

Plastiques

Détermination des propriétés en traction

Partie 1: Principes généraux

Norme Marocaine homologuée

Par décision du Directeur de l'Institut Marocain de Normalisation N° B.O N° , publiée au

Cette norme annule et remplace la norme NM ISO 527-1 homologuée en 2018.

Correspondance

La présente norme est une reprise intégrale de la norme ISO 527-1 : 2019.

Droits d'auteur ⚠

Droit 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 accord formel. Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients de l'IMANOR, Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

Avant-Propos National

L'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) est l'Organisme National de Normalisation. Il a été créé par la Loi N° 12-06 relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation sous forme d'un Etablissement Public sous tutelle du Ministère chargé de l'Industrie et du Commerce.

Les normes marocaines sont élaborées et homologuées conformément aux dispositions de la Loi N° 12-06 susmentionnée.

La présente norme marocaine NM ISO 527-1 a été examinée et adoptée par la Commission de Normalisation des des Matières plastiques (1).

projet de norme marocaine

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
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.....	7
5 Appareillage	7
5.1 Machine d'essai.....	7
5.1.1 Généralités.....	7
5.1.2 Vitesses d'essai.....	7
5.1.3 Mors.....	8
5.1.4 Indicateur de force.....	8
5.1.5 Indicateur de contrainte.....	8
5.1.6 Enregistrement des données.....	10
5.2 Appareils pour le mesurage de la largeur et de l'épaisseur des éprouvettes.....	11
6 Éprouvettes	11
6.1 Forme et dimensions.....	11
6.2 Préparation des éprouvettes.....	11
6.3 Repères.....	11
6.4 Contrôle des éprouvettes.....	12
6.5 Anisotropie.....	13
7 Nombre d'éprouvettes	13
8 Conditionnement	14
9 Mode opératoire	14
9.1 Atmosphère d'essai.....	14
9.2 Dimensions des éprouvettes.....	14
9.3 Serrage.....	14
9.4 Précontraintes.....	15
9.5 Réglage des extensomètres.....	15
9.6 Vitesse d'essai.....	16
9.7 Enregistrement des données.....	16
10 Calcul et expression des résultats	17
10.1 Contrainte.....	17
10.2 Déformation.....	17
10.2.1 Déformations déterminées avec un extensomètre.....	17
10.2.2 Déformation nominale.....	18
10.3 Module d'élasticité en traction.....	19
10.3.1 Généralités.....	19
10.3.2 Pente sécante.....	19
10.3.3 Pente d'une droite de régression.....	20
10.4 Coefficient de Poisson.....	20
10.5 Paramètres statistiques.....	21
10.6 Chiffres significatifs.....	21
11 Fidélité	21
12 Rapport d'essai	21
Annexe A (informative) Détermination de la déformation au seuil d'écoulement	23
Annexe B (informative) Exactitude d'un extensomètre pour la détermination du coefficient de Poisson	26

Annexe C (normative) Exigences en termes d'étalonnage pour la détermination du module d'élasticité en traction	27
Bibliographie	29

Projet de norme marocaine

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

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

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 2, *Comportement mécanique*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 527-1:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- suppression d'une erreur à la [Figure 1](#) concernant ε_{tM} ;
- élimination de l'incohérence concernant l'exactitude de l'allongement utilisée dans le calcul du module d'élasticité en traction en [5.1.5.1](#), sur la [Figure 1](#) et dans l'[Annexe C](#). Pour les longueurs de référence $L_0 \leq 50$ mm, l'exactitude est fixée à $\pm 1 \mu\text{m}$;
- mise à jour des références normatives (voir [l'Article 2](#));
- modifications éditoriales mineures;
- clarification du langage utilisé.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 527 est disponible sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Plastiques — Détermination des propriétés en traction —

Partie 1: Principes généraux

1 Domaine d'application

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

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

ISO 9513:2012, *Matériaux métalliques — Étalonnage des chaînes extensométriques utilisées lors d'essais uniaxiaux*

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

3.1 longueur de référence

L_0
distance initiale entre les repères sur la partie centrale de l'éprouvette

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres (mm).

Note 2 à l'article: 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 1 à l'article: 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 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres (mm).

3.4 section transversale

A
produit de la *largeur* (3.3) et de l'*épaisseur* (3.2) initiales, $A = bh$, d'une éprouvette

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres carrés (mm²).

3.5 vitesse d'essai

v
vitesse de séparation des mâchoires de serrage

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres par minute (mm/min).

3.6 contrainte

σ
force par unité de surface de la *section transversale* (3.4) initiale de la *longueur de référence* (3.1)

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

Note 2 à l'article: 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* ([3.7.1](#))

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

Note 2 à l'article: Elle peut être inférieure à la contrainte maximale pouvant être atteinte (voir [Figure 1](#), courbe 2).

3.6.2

résistance

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

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

Note 2 à l'article: 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, ε , atteint la valeur spécifiée x exprimée en pourcentage

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

Note 2 à l'article: La contrainte à x % de déformation peut par exemple être utile si la courbe de contrainte/déformation ne présente pas de seuil d'écoulement (voir [Figure 1](#), courbe 4).

3.6.4

contrainte à la rupture

σ_b
contrainte à laquelle l'éprouvette se rompt

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

Note 2 à l'article: Il s'agit de la valeur la plus élevée sur la courbe de 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 1 à l'article: 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 la déformation sans augmentation de contrainte

Note 1 à l'article: Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

Note 2 à l'article: Voir [Figure 1](#), courbes (2) et (3).

Note 3 à l'article: Se référer à l'[Annexe A](#) 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* (3.6) à une valeur inférieure ou égale à 10 % de la *résistance* (3.6.2) lorsque la rupture se produit avant le seuil d'écoulement

Note 1 à l'article: Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

Note 2 à l'article: Voir [Figure 1](#), courbes (1) et (4).

3.7.3

déformation à la résistance

ε_m
déformation à laquelle la *résistance* (3.6.2) est atteinte

Note 1 à l'article: Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

3.8

déformation nominale

ε_t
représentation de la *déformation* (3.7) calculée à partir du déplacement des mors et de la *distance de serrage* (3.11) par une des méthodes données en 10.2.2

Note 1 à l'article: Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

Note 2 à l'article: Elle peut être calculée soit sur la base du déplacement des mors depuis le début de l'essai, soit sur la base de l'incrément de déplacement des mors 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_{tb}
déformation nominale au dernier point enregistré avant la réduction de la *contrainte* (3.6) à une valeur inférieure ou égale à 10 % de la *résistance* (3.6.2) lorsque la rupture se produit après le seuil d'écoulement

Note 1 à l'article: Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

Note 2 à l'article: Voir [Figure 1](#), courbes (2) et (3).

3.8.2

déformation nominale à la résistance

ε_{tm}
déformation nominale à laquelle la *résistance* (3.6.2) est atteinte

Note 1 à l'article: Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

Note 2 à l'article: Voir [Figure 1](#), courbes (2) et (3).

3.9

module d'élasticité en traction

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

Note 1 à l'article: Il est exprimé en mégapascals (MPa).

Note 2 à l'article: 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 4).

Note 3 à l'article: La présente définition ne s'applique pas aux films.

3.10 coefficient de Poisson

μ

rapport négatif de la variation de la déformation $\Delta\varepsilon_n$, selon l'un des deux axes perpendiculaires à la direction d'allongement, sur la variation de la déformation $\Delta\varepsilon_1$ correspondante dans la direction d'allongement, dans la partie linéaire de la courbe de déformation longitudinale en fonction de la déformation normale

Note 1 à l'article: Il est exprimé comme un rapport sans dimension.

Note 2 à l'article: Puisque la variation de déformation latérale $\Delta\varepsilon_n$ est un nombre négatif et la variation de déformation longitudinale $\Delta\varepsilon_1$ est positive, le rapport de Poissons comme défini en 3.10 est un nombre positif.

3.11 distance de serrage

L

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

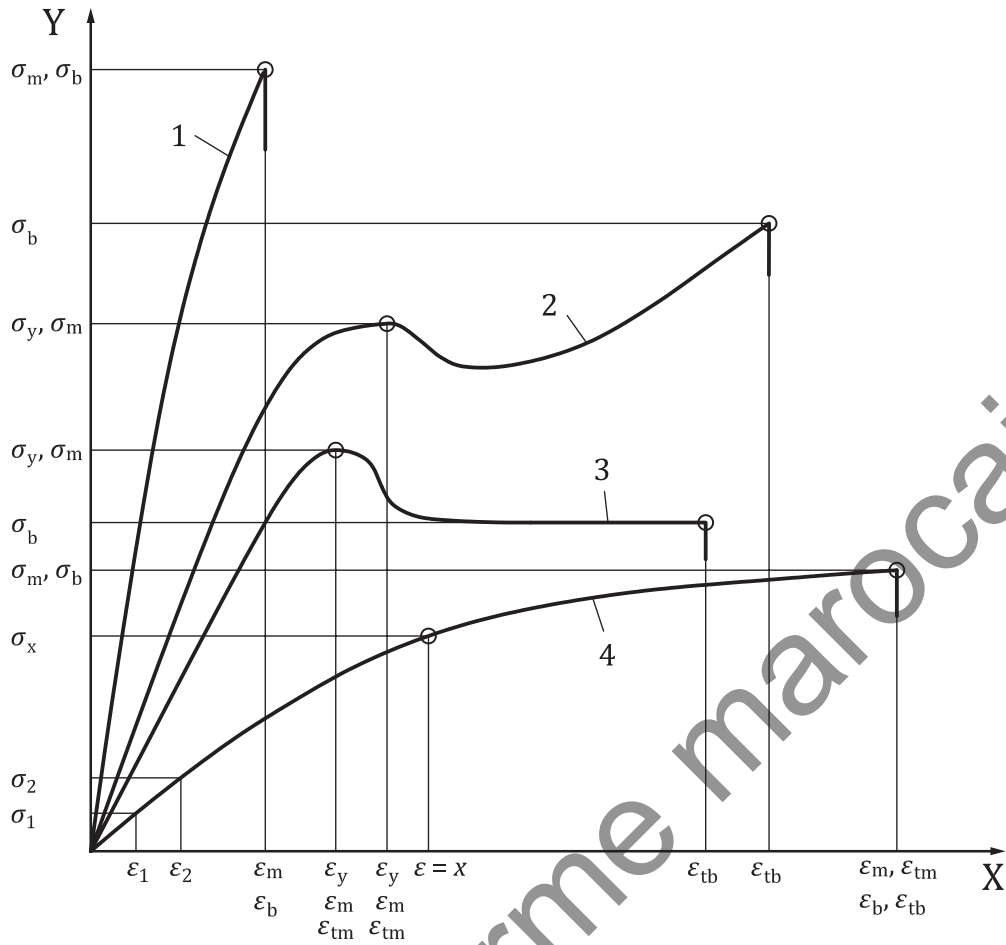
Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres (mm).

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



Légende

X déformation et/ou déformation nominale

Y contrainte

1 La courbe (1) représente un matériau fragile, se rompant aux faibles déformations sans présenter de seuil d'écoulement.

La courbe (4) représente un matériau souple de type caoutchouc, qui se rompt à des déformations plus élevées (>50 %).

2, 3 Les courbes (2) et (3) représentent des matériaux avec (2) ou sans (3) augmentation de contrainte après le seuil d'écoulement. Les courbes (2) et (3) sont des courbes de "contrainte en fonction de la déformation" jusqu'au seuil d'écoulement et de "contrainte en fonction de la déformation nominale" après le seuil d'écoulement.

4 La courbe (4) peut être soit une courbe de "contrainte en fonction de la déformation", soit une courbe de "contrainte en fonction de la déformation nominale" selon l'équipement utilisé.

Figure 1 — Courbes type de contrainte/déformation

4 Principe et méthodes

4.1 Principe

L'éprouvette subit une traction le long de son axe longitudinal principal à une vitesse d'essai 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 leur préparation sont décrits dans la partie pertinente de l'ISO 527 se rapportant au 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 indiquées de [5.1.2](#) à [5.1.6](#).

5.1.2 Vitesses d'essai

La machine d'essai de traction doit être capable de maintenir les vitesses d'essai choisies à l'intérieur des tolérances spécifiées 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 l'éprouvette 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 cassure prématurée au niveau des mâchoires ou d'écrasement de l'éprouvette dans les mâchoires.

En ce qui concerne la détermination 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.

5.1.5 Indicateur de contrainte

5.1.5.1 Extensomètres

Les extensomètres avec contact doivent être conformes à l'ISO 9513, 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 la détermination du module d'élasticité en traction, l'instrument doit être capable de mesurer la variation de la longueur de référence de l'éprouvette avec une exactitude d'au moins 1 % de la valeur concernée pour toutes les longueurs de référence de 50 mm ou plus, ce qui correspond à une valeur absolue d'exactitude exigée de $\pm 1 \mu\text{m}$ pour une longueur de référence de 50 mm et de $\pm 1,5 \mu\text{m}$ lorsque la longueur de référence de 75 mm est utilisée.

Pour des longueurs de référence inférieures comprises entre 20 mm et 50 mm, une exactitude absolue de $\pm 1 \mu\text{m}$ est suffisante (voir Figure 2 et Annexe C).

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. L'exactitude absolue constante utilisée pour le mesurage de la variation de longueur de référence conduit à des exactitudes relatives de 2 % pour une longueur de référence de 25 mm et de 2,5 % pour une longueur de référence de 20 mm (voir Figure 2).

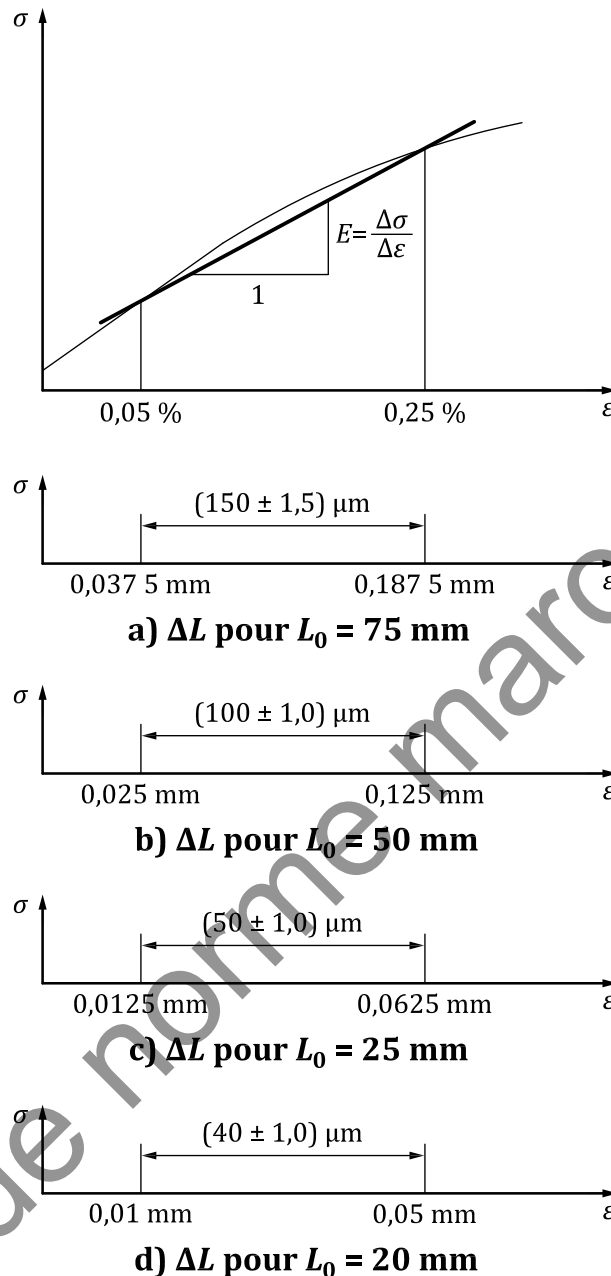


Figure 2 — Exigences d'exactitude pour les extensomètres pour la détermination du module d'élasticité en traction à différentes longueurs de référence

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 mesure de déformation qui calculent la moyenne des déformations des côtés opposés de l'éprouvette. Cela est pertinent pour la détermination d'un module d'élasticité en traction, mais l'est moins pour le mesurage de déformations plus importantes.

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 minimale d'acquisition de données, f_{\min} , nécessaire pour permettre la transmission intégrale des données acquises du capteur vers l'indicateur, peut être calculée suivant la [Formule \(1\)](#):

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

où

f_{\min} est la fréquence, exprimée en hertz (Hz);

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

L_0 / L est le rapport entre la longueur de référence L_0 et la distance de serrage initiale L ;

r est 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 d'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, de l'exactitude et de la distance de serrage. Le module d'élasticité en traction, 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 la [Formule \(2\)](#):

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

où

\dot{F} est la vitesse d'augmentation de la force, exprimée en newtons par seconde (N/s);

E_t 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 minute (mm/min);

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

Les Formules (3) à (5) 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 d'élasticité en traction pour définir l'exigence d'exactitude de la même manière que pour l'extensomètre.

Différence de force dans la plage de module d'élasticité en traction:

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

Exactitude (moitié de 1 %):

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

Fréquence d'enregistrement:

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

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

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

6 Éprouvettes

6.1 Forme et dimensions

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

6.2 Préparation des éprouvettes

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

6.3 Repères

Voir la partie appropriée de l'ISO 527 portant sur les conditions applicables 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 des repères sur l'éprouvette afin de définir la longueur de référence. Ceux-ci doivent être approximativement équidistants du centre ($\pm 1 \text{ mm}$) et la longueur de référence 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 est nécessaire de 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.

L'allongement des repères dû à l'étirage ne doit pas influencer les mesurages de déformation.

6.4 Contrôle des éprouvettes

Idéalement, les éprouvettes devraient être exemptes de torsion et devraient avoir des surfaces parallèles mutuellement perpendiculaires (voir NOTE 1, NOTE 2 et [Figure 3](#)). Les surfaces et les bords doivent être exempts de défauts pouvant affecter les résultats d'essai comme les rayures, creux, retassures et bavures. Des angles de dépouille jusqu'à 2° et des retassures avec une différence d'épaisseur $\Delta h \leq 0,1$ mm sont acceptables, de même que les effets purement optiques n'affectant pas le résultat de l'essai.

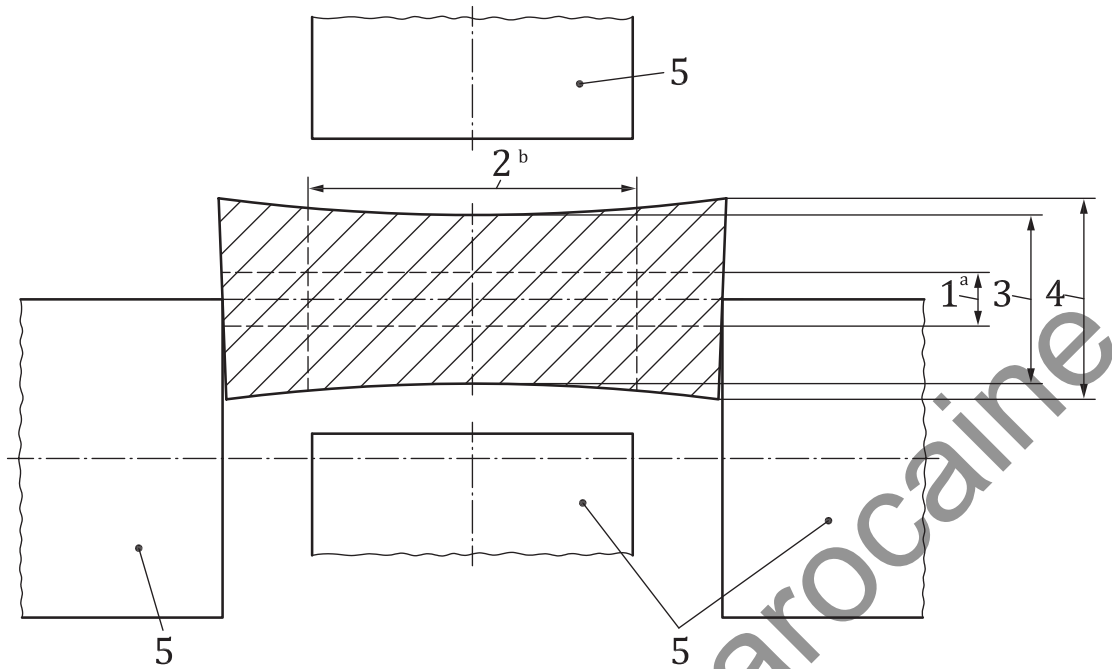
Les éprouvettes doivent être contrôlées pour la conformité avec ces exigences par observation visuelle de la rectitude des bords, de la perpendicularité, de la planéité et avec des comparateurs micrométriques.

Les éprouvettes montrant tout manquement observable ou mesurable à 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.

NOTE 1 Les éprouvettes moulées par injection nécessitent des angles de dépouille allant de 1° (dans la section de référence) à 2° (au niveau des épaulements) 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.

NOTE 2 L'ISO 294-1:2017, Annexe D, fournit des recommandations sur la façon de réduire les retassures dans les éprouvettes moulées par injection.

Projet de norme marocaine



Légende

- 1 détermination de la largeur
- 2 détermination de l'épaisseur
- 3 plus petite épaisseur, h_{\min}
- 4 plus grande épaisseur, h_{\max}
- 5 touche de mesure du micromètre

^a Le bord de la touche de mesure du micromètre doit être en contact avec l'éprouvette dans la zone de $\pm 0,5$ mm à partir du centre.

^b La touche de mesure du micromètre doit être en contact avec l'éprouvette dans la zone de $\pm 3,25$ mm à partir du centre.

NOTE $\Delta h = h_{\max} - h_{\min} \leq 0,1$ mm.

Figure 3 — Section transversale d'une éprouvette moulée par injection comportant des retassures et un angle de dépouille (exagérés), et touches de mesure du micromètre

6.5 Anisotropie

Voir la partie de l'ISO 527 pertinente 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.

8 Conditionnement

L'éprouvette doit être conditionnée comme spécifié dans la norme appropriée pour le 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 pour des essais à haute ou à basse température.

L'atmosphère de conditionnement préférentielle est une température de (23 ± 2) °C et une humidité relative de (50 ± 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 de l'éprouvette, sauf accord contraire entre les parties intéressées, par exemple pour des essais à haute ou à basse température.

9.2 Dimensions des éprouvettes

9.2.1 Mesurer la largeur et l'épaisseur de l'éprouvette (voir [9.2.2](#)), selon les recommandations générales de l'ISO 16012 ou de l'ISO 23529, suivant le cas, dans les domaines de mesure indiqués à la [Figure 3](#), à 0,1 mm près pour la largeur et à 0,01 mm près pour l'épaisseur.

Éviter de mesurer l'épaisseur au bord de l'éprouvette et directement au centre (voir la NOTE). Pour les touches de mesure avec des faces rectangulaires ou tranchantes, le bord long de la touche de mesure doit être parallèle à la direction de la largeur lors du mesurage de l'épaisseur, et parallèle à la direction de l'épaisseur lors du mesurage de la largeur.

NOTE Cela exclut les épaisseurs maximale et minimale qui, pour des éprouvettes moulées par injection, se trouvent généralement au bord et au centre, respectivement. Les éprouvettes moulées par injection préparées conformément à l'ISO 294-1 auront généralement des différences d'épaisseur dues aux retassures de $\Delta h = h_{\max} - h_{\min} \leq 0,1$ mm (voir [Figure 3](#)).

Pour les éprouvettes moulées par injection, il suffit de déterminer la largeur et l'épaisseur à moins de 5 mm de la mi-distance entre les épaulements.

9.2.2 Dans le cas d'éprouvettes moulées par injection obtenues avec des 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 du présent document, 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 la 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 de 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,

a) pour un mesurage de module d'élasticité en traction:

$$0 < \sigma_0 \leq E_t / 2000 \quad (6)$$

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

b) 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 Formules (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 d'élasticité en traction 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 Réglage 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 pour le 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 la partie de l'ISO 527 pertinente pour le matériau soumis à essai.

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 données

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 la [Formule \(8\)](#):

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

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 pertinente 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 la [Formule \(9\)](#):

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

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 lorsqu'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.

NOTE En fonction du type de grip utilisé et d'autres sources de conformité, telles que les capteurs de force et les appareils, le déplacement de la traverse peut être différent du déplacement de la grip, en particulier au début de l'essai. Lorsque cela est préoccupant, il est prévu de corriger le déplacement de la traverse pour tenir compte des effets de conformité.

La déformation nominale peut être déterminée à l'aide des Méthode A (voir [10.2.2.2](#)) et Méthode B (voir [10.2.2.3](#)).

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 la [Formule \(10\)](#):

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

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 le déplacement des mors de la machine à partir du début de l'essai. Calculer la déformation nominale à l'aide de la [Formule \(11\)](#):

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

où

- ε_t est la déformation nominale, exprimée comme 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 distance 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 solutions suivantes [voir les [Formules \(12\)](#) à [\(14\)](#)].

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.

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

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 $0,0005 \leq \varepsilon \leq 0,0025$, 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, et écarter la zone du module d'élasticité, les sections qui peuvent être influencées par les variations de la vitesse d'essai et le seuil d'écoulement, s'il existe.

Déterminer la pente $\Delta n/\Delta L$ de la courbe de variation de largeur (épaisseur) par rapport à la variation de longueur en utilisant une analyse de régression linéaire des moindres carrés. Le coefficient de Poisson est déterminé d'après la [Formule \(14\)](#):

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

où

μ est le coefficient de Poisson, sans dimension;

$\Delta\varepsilon_n$ est la variation de la 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 la variation de la déformation dans la direction longitudinale, exprimée sous la forme d'un rapport sans dimension ou d'un pourcentage;

L_0 est la longueur de référence dans la direction longitudinale, exprimées en millimètres (mm);

n_0 est la longueur de référence dans la direction transversale, exprimées en millimètres (mm);

Δn est la diminution de la longueur de l'éprouvette dans la direction transversale: $n = b$ (largeur) ou $n = h$ (épaisseur), exprimée en millimètres (mm);

ΔL est l'augmentation correspondante de la longueur dans la direction longitudinale, exprimée 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.

Si des extensomètres sont utilisés, il est recommandé de déterminer le coefficient de Poisson 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 (modification de dimension dans la direction transversale en fonction de la modification de dimension dans la direction longitudinale dans la zone de référence correspondante). Le coefficient de Poisson est obtenu en déterminant la valeur de la pente de la partie linéaire de ce tracé.

Si des jauges de contrainte sont utilisées pour déterminer le coefficient de Poisson, le mesurage peut également être réalisé dans la zone de déformation où le module d'élasticité en traction est déterminé ($0,05 \% \leq \varepsilon \leq 0,25 \%$).

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 de l'ISO 527 pertinente 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) une référence à la partie pertinente de l'ISO 527;
- b) tous les renseignements nécessaires à l'identification du matériau soumis à essai, y compris le type, l'origine, le numéro de code du fabricant et l'historique, si ces informations sont connues;
- 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, la méthode de fabrication, la répartition des couches et les traitements préliminaires;
- d) le type d'éprouvette;
- 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) pour chaque éprouvette, la largeur, l'épaisseur et les résultats d'essai des propriétés définies à l'[Article 3](#);

- n) la ou les valeurs moyennes de largeur, d'épaisseur et des propriétés mesurées;
- 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.

Projet de norme marocaine

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 il convient que cela soit pris en compte lors du calcul des propriétés.

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

- a) 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).
- b) 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).
- c) Cependant, il convient que le point sélectionné soit significatif d'un point de vue physique: un bruit de signal peut provoquer une sélection de points non appropriés.
- d) 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 de contrainte/déformation est calculée. Cette méthode a un effet de lissage/filtrage et réduit l'influence du bruit. De plus, il convient qu'un critère soit 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.

La [Formule \(A.1\)](#) constitue un critère proposé, 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. 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 la Référence [5].

Pour l'estimation de la largeur des intervalles de déformation, la [Formule \(A.3\)](#) peut être utilisée.

$$n = f \Delta t = f \frac{\Delta \varepsilon}{\dot{\varepsilon}} \quad (\text{A.2})$$

$$\Delta \varepsilon = \dot{\varepsilon} \frac{n}{f} = \frac{v}{60L} \frac{n60Lr}{vL_0} = \frac{nr}{L_0} \quad (\text{A.3})$$

où

n est le nombre de points de données;

f est le débit de données de la machine [voir [Formule \(1\)](#)], en secondes moins un (s^{-1});

$\Delta \varepsilon$ est l'intervalle de déformation;

$\dot{\varepsilon}$ est le taux de déformation, en secondes moins un (s^{-1});

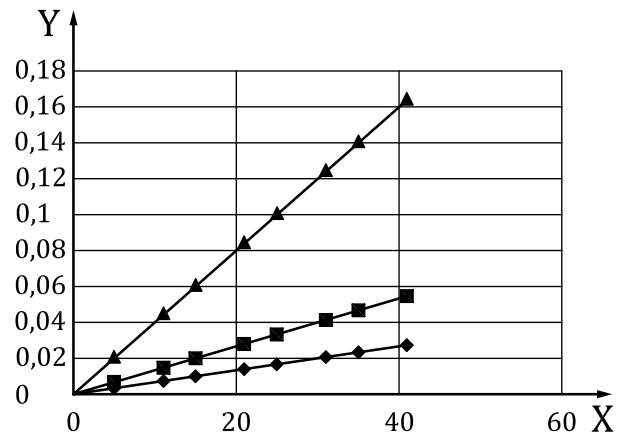
v est la vitesse de la traverse, en millimètres par minute (mm/min);

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

L_0 est la longueur de référence, en millimètres (mm);

r est la résolution, en millimètres (mm).

L'intervalle de déformation obtenu conformément à la [Formule \(A.2\)](#) 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 (%)
- ◆ $r = 0,5 \mu\text{m}$
 ■ $r = 1 \mu\text{m}$
 ▲ $r = 3 \mu\text{m}$

Figure A.1 — Intervalle de déformation obtenu selon la [Formule \(A.2\)](#)

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 d'élasticité en traction, l'allongement de la longueur de référence est déterminé avec une exactitude de 1 %, c'est-à-dire qu'en utilisant une éprouvette à usages multiples, il convient que l'extensomètre puisse 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.

projet de norme internationale

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 L'ISO 9513 permet à l'utilisateur de définir différentes plages de mesure pour lesquelles des extensomètres sont étalonnés. Ces plages sont définies par le rapport de la déformation mesurée dans chaque plage. La plage a) est définie pour $l_{\max}/l_{\min} \leq 10$, et la plage b) pour $10 < l_{\max}/l_{\min} \leq 100$. La plage a) s'applique à la détermination du module d'élasticité en traction ($l_{\max}/l_{\min} = 5$) et la plage b) s'applique aux mesurages jusqu'à environ 25 % (à une longueur de référence de 50 mm).

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 dans l'ISO 9513 pour préparer le système à la vérification.

Suivre le mode opératoire décrit dans l'ISO 9513 en utilisant deux mesurages supplémentaires, dans la direction de déplacement croissante correspondant à 0,05 % et 0,25 % de la longueur de référence requise. 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 ce présent document, 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	Premier déplacement	Deuxième déplacement	Changement de déplacement	Exigences d'exactitude (voir 5.1.5)
mm	μm	μm	μm	$\pm\mu\text{m}$
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 d'élasticité en traction soient réalisés sur des éprouvettes ayant des longueurs de référence supérieures ou égales à 50 mm.

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 9513:2012, Tableau 2, pour la classe 0,2.

C.2.3 Rapport d'étalonnage

Le rapport d'étalonnage doit contenir les informations suivantes:

- a) une référence à la présente annexe du présent document, à savoir l'ISO 527-1:2019, 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.

Projet de norme marocaine

Bibliographie

- [1] ISO 294-1:2017, *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] ISO 20753, *Plastiques — Éprouvettes*
- [4] ASTM D638, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*
- [5] RIDES M., LORD J. TENSTAND final report: *Computer-controlled tensile testing according to EN 10002-1: Results of a comparison test programme to validate a proposal for an amendment of the standard*. National Physical Laboratory, Teddington, 2005

Projet de norme marocaine