

Plastiques

Détermination des propriétés en compression

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 05.5.006 homologuée en 1987.

Correspondance

La présente norme est une reprise intégrale de la norme ISO 604 : 2002.

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 604 a été examinée et adoptée par la Commission de Normalisation des des Matières plastiques (1).

projet de norme marocaine

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions	2
4 Principe	5
5 Appareillage	5
6 Éprouvettes	6
7 Nombre d'éprouvettes	8
8 Conditionnement des éprouvettes	9
9 Mode opératoire	9
10 Calcul et expression des résultats	11
11 Fidélité	13
12 Rapport d'essai	13
Annexe A (normative) Petites éprouvettes	15
Annexe B (informative) Limite de flambage	16
Annexe C (normative) Correction de la complaisance	18
Bibliographie	19

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 3.

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 de la présente Norme internationale 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 604 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 2, *Propriétés mécaniques*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 604:1993), qui a fait l'objet d'une révision.

- une méthode de compensation du pied de courbe contrainte-déformation a été introduite (voir 10.2.2);
- une méthode de correction de la complaisance a été introduite (voir l'annexe C).

Les annexes A et C constituent des éléments normatifs de la présente Norme internationale. L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

Plastiques — Détermination des propriétés en compression

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode pour la détermination des propriétés en compression des plastiques dans des conditions définies. Une éprouvette normalisée est décrite et sa longueur est ajustée afin d'éviter un flambage sous charge pouvant affecter les résultats. Une gamme de vitesses d'essais est incluse.

La méthode est utilisée pour l'étude du comportement en compression des éprouvettes et pour la détermination de la résistance à la compression, du module en compression et d'autres aspects des relations entre la contrainte et la déformation en compression dans les conditions définies.

La méthode est applicable à la gammes de matériaux suivants:

- matériaux thermoplastiques rigides et semi-rigides^[1] pour moulage et extrusion, y compris les compositions chargées et renforcées, par exemple, de fibres courtes, fins bâtonnets, plaquettes et granulés, en plus des types non chargés; feuilles thermoplastiques rigides et semi-rigides;
- matériaux thermodurcissables rigides et semi-rigides pour moulage, y compris les compositions chargées et renforcées; feuilles thermodurcissables rigides et semi-rigides;
- polymères de cristaux liquides thermotropes.

En accord avec l'ISO 10350-1 et l'ISO 10350-2, cette Norme internationale s'applique aux compositions renforcées avec des fibres dont les longueurs avant mise en œuvre sont inférieures ou égales à 7,5 mm.

La méthode ne convient normalement pas à l'utilisation de matériaux renforcés par des fibres textiles (voir les références [2] et [5]), de composites plastiques renforcés par des fibres et de stratifiés (voir [5]), de matériaux alvéolaires rigides (voir [3]), de structures sandwiches contenant des matériaux alvéolaires et de caoutchouc (voir [4]).

La méthode est appliquée en utilisant des éprouvettes qui sont soit moulées aux dimensions choisies, soit usinées à partir de la partie centrale de l'éprouvette à usages multiples normalisée (voir ISO 3167) ou usinées à partir de produits finis et semi-finis, tels que pièces moulées ou feuilles extrudées ou coulées.

La méthode spécifie les dimensions recommandées pour les éprouvettes. Des essais réalisés avec des éprouvettes de dimensions différentes, ou 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. En conséquence, lorsque des résultats comparables sont nécessaires, ces facteurs doivent être soigneusement contrôlés et enregistrés.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 291:1997, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 293:1986, *Plastiques — Moulage par compression des éprouvettes en matières thermoplastiques*

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*

ISO 295:—¹⁾, *Plastiques — Moulage par compression des éprouvettes en matières thermodurcissables*

ISO 2602:1980, *Interprétation statistique de résultats d'essais — Estimation de la moyenne — Intervalle de confiance*

ISO 2818:1994, *Plastiques — Préparation des éprouvettes par usinage*

ISO 3167:—²⁾, *Plastiques — Éprouvettes à usages multiples*

ISO 5893:—³⁾, *Appareils d'essai du caoutchouc et des plastiques — Types pour traction, flexion et compression (vitesse de translation constante) — Spécifications*

ISO 10724-1:1998, *Plastiques — Moulage par injection d'éprouvettes en compositions de poudre à mouler (PMC) thermodurcissables — Partie 1: Principes généraux et moulage d'éprouvettes à usages multiples*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions suivants s'appliquent (voir également la Figure 1).

3.1 longueur de référence

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

NOTE Elle est exprimée en millimètres (mm).

3.2 vitesse d'essai

v
taux d'approche des plateaux de la machine d'essai pendant l'essai

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

1) À publier. (Révision de l'ISO 295:1991)

2) À publier. (Révision de l'ISO 3167:1993)

3) À publier. (Révision de l'ISO 5893:1993)

3.3**contrainte en compression** σ

charge de compression par unité de surface de la section transversale initiale supportée par l'éprouvette

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Pour les essais en compression, les contraintes σ et les déformations ε sont négatives. Le signe négatif est cependant généralement omis. Si cela crée une confusion, par exemple dans la comparaison des propriétés de traction et de compression, le signe négatif peut être ajouté pour ces dernières. Cela n'est pas nécessaire pour les déformations nominales en compression ε_c .**3.3.1****contrainte de compression au seuil d'écoulement** σ_y

première contrainte pour laquelle un accroissement de la déformation (voir 3.4) se produit sans un accroissement de la contrainte (voir Figure 1, courbe a, et notes 2 à 3.3)

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Elle peut être inférieure à la contrainte maximale pouvant être atteinte.

3.3.2**résistance à la compression** σ_M

contrainte de compression maximale supportée par l'éprouvette pendant un essai de compression (voir Figure 1 et note 2 de 3.3)

NOTE Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.3.3**contrainte en compression à la rupture** σ_B

contrainte de compression à la rupture de l'éprouvette (voir Figure 1 et note 2 de 3.3)

NOTE Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.3.4**contrainte en compression à x % de déformation** σ_x contrainte pour laquelle la déformation atteint la valeur prescrite x % (voir 3.5)

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 La contrainte en compression à x % de déformation peut être mesurée, par exemple, si la courbe contrainte/déformation ne présente pas de point d'écoulement (voir Figure 1, courbe b, et note 2 de 3.3). Dans ce cas, la valeur de x doit être celle indiquée dans la norme du produit concerné ou celle agréée par les parties intéressées. Cependant, dans chaque cas, la valeur de x doit être inférieure à la déformation à la résistance à la compression.**3.4****déformation en compression** ε décroissance en longueur par unité de longueur initiale de la longueur de référence L_0 [voir 10.2, équation (6) et note 2 de 3.3]

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

3.5**déformation en compression nominale** ε_c décroissance en longueur par unité de la longueur initiale L de l'éprouvette [voir 10.2, équation (8)]

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

3.5.1
déformation en compression nominale au seuil d'écoulement

ϵ_{cy}
 déformation correspondant à la contrainte au seuil d'écoulement σ_y (voir 3.3.1)

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

3.5.2
déformation nominale en compression au seuil de résistance en compression

ϵ_{cM}
 déformation correspondant à la résistance en compression σ_M (voir 3.3.2)

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

3.5.3
déformation nominale en compression à la rupture

ϵ_{cB}
 déformation de l'éprouvette à la rupture

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

3.6
module en compression

E_c
 rapport de la différence des contraintes ($\sigma_2 - \sigma_1$) à la différence de déformation correspondante ($\epsilon_2 = 0,0025$ moins $\epsilon_1 = 0,0005$) [voir 10.3, équation (9)]

NOTE 1 Il est exprimé en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Le module en compression doit être calculé uniquement à partir de la déformation en compression ϵ (voir 3.4).

NOTE 3 La détermination du module E_c à l'aide d'un équipement informatique, en utilisant deux points distincts contrainte/déformation, peut être remplacée par une procédure en régression linéaire appliquée à la partie de la courbe entre ces deux points mentionnés.

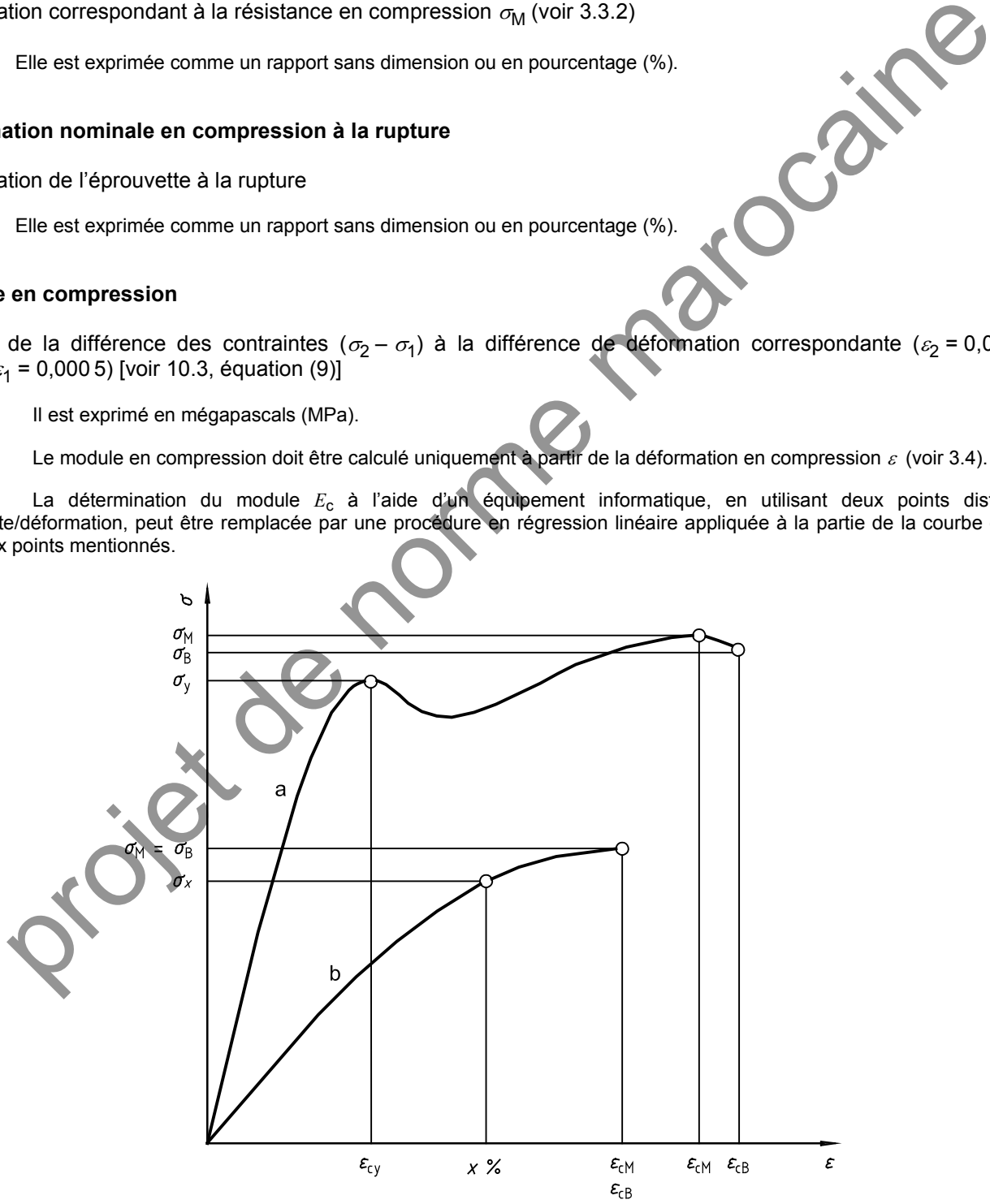


Figure 1 — Courbes types contrainte/déformation

4 Principe

L'éprouvette est comprimée le long de son axe principal, à une vitesse constante, jusqu'à la rupture de l'éprouvette ou jusqu'à ce que la charge ou la décroissance en longueur ait atteint une valeur prédéterminée. Durant cet essai, la charge supportée par l'éprouvette est mesurée.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai

5.1.1 Généralités

La machine doit être conforme à l'ISO 5893 et répondre aux spécifications données de 5.1.2 à 5.1.5, comme suit.

5.1.2 Vitesse d'essai

La machine d'essai doit être capable de maintenir les vitesses d'essai comme spécifiées dans le Tableau 1. Si d'autres vitesses sont utilisées, la machine doit être capable de maintenir la vitesse avec une tolérance de $\pm 20\%$ pour les vitesses inférieures à 20 mm/min et $\pm 10\%$ pour les vitesses supérieures à 20 mm/min.

Tableau 1 — Vitesses d'essai recommandées

Vitesse d'essai v mm/min	Tolérance %
1	± 20
2	± 20
5	± 20
10	± 20
20	$\pm 10^a$

^a Cette tolérance est inférieure à celle indiquée dans l'ISO 5893.

L'accélération, le positionnement de l'éprouvette et la complaisance de la machine peuvent contribuer à la formation d'un pied de courbe contrainte/déformation. Pour éviter que les courbes contrainte/déformation ne présentent ces pieds, voir 9.4 et 9.6.

5.1.3 Outil de compression

Des plateaux de compression en acier trempé doivent être utilisés pour appliquer la déformation à l'éprouvette, conçus de façon que la charge supportée par l'éprouvette soit axiale à 1:1 000 près et transmise par l'intermédiaire de surfaces polies d'une planéité à 0,025 mm près, parallèles l'une par rapport à l'autre et perpendiculaires à l'axe de charge.

NOTE Un dispositif d'auto-alignement peut être utilisé si cela est requis.

5.1.4 Indicateur de charge

L'indicateur de charge doit comporter un mécanisme capable d'indiquer la charge totale de compression supportée par l'éprouvette. Ce mécanisme doit être pratiquement exempt d'inertie à la vitesse d'essai spécifiée et doit indiquer la valeur de la charge avec une précision minimale de $\pm 1\%$ de la valeur appliquée.

NOTE Des systèmes aujourd'hui commercialisés utilisent des jauges de contrainte annulaires qui compensent les forces latérales susceptibles d'être engendrées par le désalignement du dispositif d'essai (voir 9.3).

5.1.5 Extensomètre

L'extensomètre doit comporter un dispositif permettant de déterminer la variation relative de la longueur de la partie appropriée de l'éprouvette. Si une déformation en compression ε doit être mesurée (cela est recommandé), la longueur est, dans ce cas, la longueur de référence; pour une déformation nominale en compression ε_c , c'est la distance entre les faces de contact de l'outil de compression. Il est souhaitable, mais non essentiel, que cet instrument enregistre automatiquement cette distance.

Cet instrument doit être exempt de retard dû à l'inertie à la vitesse d'essai spécifiée. Pour la détermination du module en utilisant une éprouvette de type A, il doit avoir une précision de $\pm 1\%$ ou supérieure pour l'intervalle de déformation concerné. Ceci correspond à $\pm 1\ \mu\text{m}$ pour la mesure du module en traction, sur la base d'une longueur de référence de 50 mm et d'un intervalle de déformation de 0,2 %.

Lorsqu'un extensomètre est fixé à l'éprouvette, il faut s'assurer que toute distorsion ou dommage pouvant survenir à l'éprouvette soit minimal, et il est essentiel qu'aucun glissement ne se produise entre l'extensomètre et l'éprouvette.

Il est aussi possible d'utiliser des jauges de contrainte longitudinales sur les éprouvettes dont la précision doit être au minimum de 1 % de la limite supérieure de la valeur réelle. Ceci correspond à une précision de la déformation de $2,0 \times 10^{-5}$ pour la mesure du module. Les jauges, la préparation de surface et les liants utilisés doivent être choisis de manière à assurer une efficacité suffisante pour le matériau retenu.

NOTE Des erreurs aux faibles déformations peuvent résulter d'un désalignement, même mineur, et d'un gauchissement initial de l'éprouvette, engendrant des différences de déformation sur les faces opposées de l'éprouvette. Il est alors possible d'utiliser des méthodes de mesure des déformations qui permettent d'établir la moyenne des déformations sur les faces opposées de l'éprouvette. Toutefois, en mettant en opposition des jauges de déformation sur chacune des faces de l'éprouvette avec une acquisition des données indépendante, le flambage et la courbure seront beaucoup plus rapidement détectés qu'avec les outils permettant d'établir la moyenne des déformations sur les faces opposées de l'éprouvette.

5.2 Appareillage pour le mesurage des dimensions des éprouvettes

5.2.1 Matériaux rigides

Un micromètre ou un instrument équivalent, avec une précision de lecture d'au moins 0,01 mm pour le mesurage de l'épaisseur, de la largeur et de la longueur doit être utilisé.

Les dimensions et la forme des palpeurs doivent convenir aux éprouvettes mesurées et ne doivent pas exercer sur elles une force susceptible d'altérer sensiblement la dimension à mesurer.

5.2.2 Matériaux semi-rigides

Un micromètre ou un instrument équivalent, avec une précision de lecture d'au moins 0,01 mm et pourvu d'une touche plate circulaire appliquant une pression de 20 kPa \pm 3 kPa pour le mesurage de l'épaisseur, doit être utilisé.

6 Éprouvettes

6.1 Formes et dimensions

6.1.1 Généralités

Les éprouvettes doivent avoir la forme d'un prisme droit, d'un cylindre ou d'un tube.

Les dimensions des éprouvettes doivent être choisies conformément aux conditions de l'équation suivante (voir aussi l'annexe B):

$$\varepsilon_c^* \leq 0,4 \frac{x^2}{l^2} \quad (1)$$

où

ε_c^* est la déformation en compression maximale nominale, exprimée comme un rapport sans dimension, pouvant se produire pendant l'essai;

l est la longueur de l'éprouvette, mesurée parallèlement à l'axe de la force de compression;

x est le diamètre du cylindre, le diamètre extérieur d'un tube ou l'épaisseur (le plus petit côté de la section transversale) d'un prisme, selon la forme de l'éprouvette.

NOTE 1 Pour le mesurage du module en compression E_c conformément à 3.6, le rapport sans dimension $x/l > 0,08$ est recommandé.

NOTE 2 En général, pour les essais en compression, le rapport dimensionnel $x/l \geq 0,4$ est recommandé. Ceci correspond à une déformation en compression maximale de 6 % environ.

L'équation (1) est basée sur un comportement contrainte/déformation linéaire du matériau soumis à l'essai. Les valeurs de ε_c^* , deux à trois fois plus élevées que la déformation maximale utilisée pour l'essai, doivent être choisies en fonction de l'accroissement de la déformation en compression et de la ductilité du matériau.

6.1.2 Éprouvettes recommandées

Les dimensions recommandées des éprouvettes sont données dans le Tableau 2.

Tableau 2 — Dimensions des éprouvettes recommandées

Dimensions en millimètres

Type	Mesurage	Longueur, l	Largeur, b	Épaisseur, h
A	Module	50 ± 2	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$
B	Résistance	$10 \pm 0,2$		

Il convient de découper les éprouvettes dans une éprouvette à usages multiples (voir ISO 3167).

NOTE L'annexe A détaille l'utilisation de deux types de petites éprouvettes à utiliser lorsque, pour un produit, un manque de matière ou des contraintes géométriques ne permettent pas d'utiliser les éprouvettes recommandées.

6.2 Préparation

6.2.1 Compositions pour moulage et extrusion

Les éprouvettes doivent être préparées conformément à la norme du matériau concerné. Lorsqu'il n'existe aucune spécification, les éprouvettes doivent être moulées directement par compression ou par injection à partir du matériau conformément à l'ISO 293, à l'ISO 294-1, à l'ISO 295 ou à l'ISO 10724-1, selon le cas, à moins que d'autres dispositions n'aient été agréées entre les parties intéressées.

6.2.2 Feuilles

Les éprouvettes doivent être usinées à partir de feuilles conformément à l'ISO 2818.

6.2.3 Usinage

Toutes les opérations d'usinage doivent être réalisées soigneusement de façon à obtenir des surfaces lisses. Un soin tout particulier doit être donné à l'usinage des extrémités de façon à obtenir des surfaces lisses, plates, parallèles avec des bords à angles droits et propres, et perpendiculaires à 0,025 mm près par rapport au plus grand axe de l'éprouvette.

Il est recommandé d'usiner les extrémités de l'éprouvette à l'aide d'un tour ou d'une fraiseuse.

6.2.4 Repères

Lorsque des indicateurs de déformation optiques sont utilisés, il est nécessaire d'apposer les repères sur l'éprouvette afin de définir la longueur de référence. Ceux-ci doivent être approximativement équidistants du centre de l'éprouvette et la distance entre les repères doit être mesurée avec une précision de 1 % ou supérieure.

Les repères ne doivent pas être réalisés à l'aide de rayures, frappés ou imprimés sur l'éprouvette de façon à occasionner des dommages au matériau soumis à l'essai. On doit s'assurer que les moyens de marquage n'ont pas d'effet destructeur sur le matériau soumis à l'essai et qu'ils sont aussi étroits que possible.

6.3 Contrôle

Les éprouvettes doivent être exemptes de torsion. Les surfaces et les bords doivent être exempts de rayures, creux, retassures, bavures et autres imperfections susceptibles d'avoir une répercussion sur les résultats. Les surfaces faces aux plateaux de compression doivent être parallèles et à angle droit avec la direction longitudinale.

Les éprouvettes doivent être contrôlées pour vérifier la conformité avec ces exigences, par une observation visuelle de la rectitude des bords, de la perpendicularité, de la planéité et par la mesure à l'aide de comparateurs micrométriques.

Des éprouvettes présentant un écart observable ou mesurable par rapport à l'une ou plusieurs de ces exigences doivent être éliminées ou usinées aux dimensions et à la forme correctes avant l'essai.

NOTE Les éprouvettes moulées par injection ont habituellement des angles de dépouille compris entre 1° et 2° pour faciliter le démoulage. Par conséquent les faces des côtés des éprouvettes moulées ne sont généralement pas parallèles.

6.4 Matériaux anisotropes

6.4.1 Dans le cas des matériaux anisotropes, les éprouvettes doivent être choisies de façon que la contrainte de compression soit appliquée dans le même sens que celui appliqué aux produits (articles moulés, feuilles, tubes, etc.) pendant leur utilisation, s'il est connu.

6.4.2 La relation entre les dimensions de l'éprouvette et celles du produit déterminent la possibilité de l'utilisation des éprouvettes recommandées. Dans le cas où l'utilisation de l'une des éprouvettes recommandées est impossible, les dimensions du produit régissent le choix des dimensions des éprouvettes de même que 6.1. Il est à noter que l'orientation et les dimensions des éprouvettes ont parfois une influence très significative sur les résultats d'essai.

6.4.3 Lorsque le matériau manifeste une différence significative des propriétés en compression dans deux directions principales, il doit être essayé dans ces deux directions. Si, en fonction de l'application à laquelle il est destiné, ce matériau doit être soumis à une contrainte en compression selon une orientation spécifique par rapport à la direction principale, il est préférable de réaliser l'essai du matériau selon cette orientation.

L'orientation des éprouvettes par rapport aux directions principales doit être notée.

7 Nombre d'éprouvettes

7.1 Un minimum de cinq éprouvettes doivent être soumises à l'essai pour chaque échantillon dans le cas de matériaux isotropes.

7.2 Un minimum de dix éprouvettes, cinq perpendiculaires et cinq parallèles à l'axe principal d'anisotropie, doivent être soumises à l'essai pour chaque échantillon dans le cas de matériaux anisotropes.

7.3 Les éprouvettes qui se rompent à cause d'un défaut manifeste doivent être éliminées et des éprouvettes supplémentaires doivent être essayées.

8 Conditionnement des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être conditionnées comme spécifié dans la Norme internationale du matériau concerné. En l'absence de cette information, la condition la plus appropriée doit être sélectionnée dans l'ISO 291, sauf indication contraire agréée par les parties intéressées.

La condition recommandée est l'atmosphère 23/50, sauf lorsque les propriétés en compression du matériau sont connues pour être insensibles à l'humidité; dans ce cas, un contrôle d'humidité n'est pas nécessaire.

9 Mode opératoire

9.1 Atmosphère d'essai

Effectuer l'essai dans l'une des atmosphères normales spécifiées dans l'ISO 291, de préférence dans la même atmosphère que celle utilisée pour le conditionnement.

9.2 Mesurage des dimensions de l'éprouvette

Mesurer la largeur et l'épaisseur ou les diamètres de l'éprouvette en trois points de sa longueur et calculer la valeur moyenne de l'aire de la section transversale.

Mesurer la longueur de chaque éprouvette à 1 % près.

9.3 Montage de l'éprouvette

Placer l'éprouvette entre les surfaces des plateaux de compression et aligner la ligne centrale des surfaces des plateaux de compression. S'assurer que les surfaces des extrémités de l'éprouvette sont parallèles aux surfaces des plateaux de compression et régler la machine de façon que les surfaces des extrémités de l'éprouvette et les surfaces des plateaux de compression soient juste en contact.

Pendant la compression, les surfaces des extrémités de l'éprouvette en contact avec les plateaux de compression peuvent glisser plus ou moins selon les textures de surface de l'éprouvette et des plateaux. Cela peut engendrer un certain degré de distorsion cylindrique pouvant avoir une répercussion sur les propriétés à mesurer. L'effet est plus prononcé avec un matériau moins rigide.

Pour les mesurages plus précis, il est recommandé que chacune des surfaces en contact avec les plateaux soit traitée avec un lubrifiant approprié pour faciliter le glissement ou qu'un papier abrasif fin soit placé entre l'éprouvette et les plateaux pour éviter le glissement. Si l'une de ces méthodes est utilisée, il faut l'indiquer dans le rapport d'essai.

9.4 Précharge

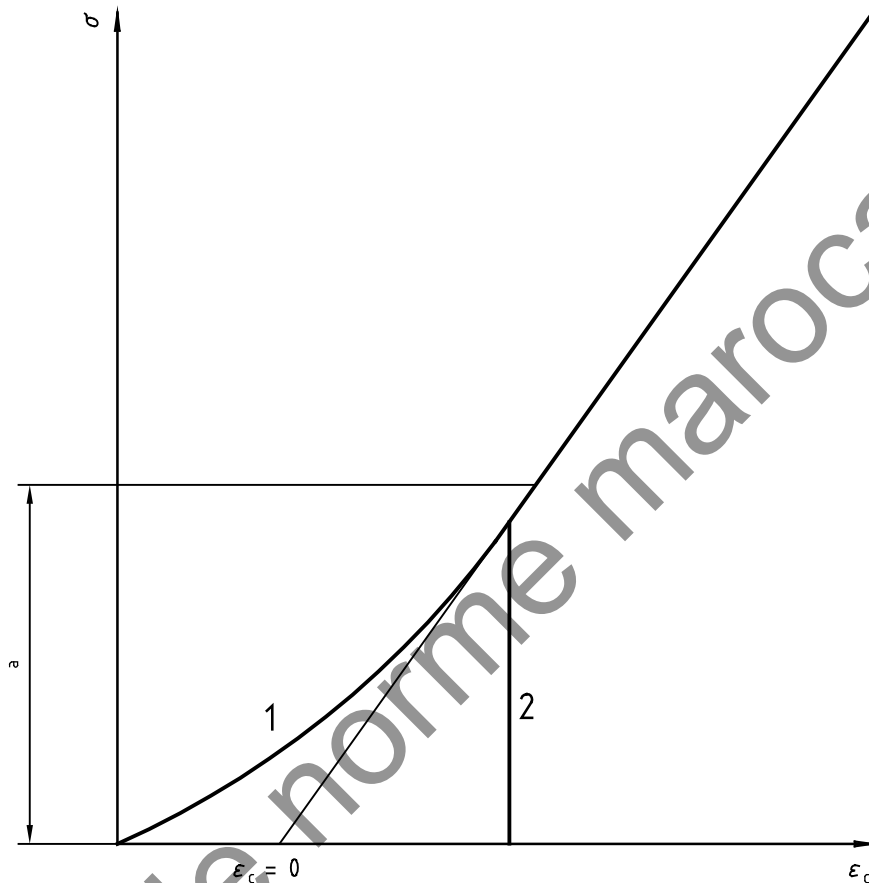
L'éprouvette ne doit pas subir une charge importante avant l'essai. Des précharges peuvent s'avérer indispensables pour éviter la formation d'un pied de courbe au début du diagramme contrainte/déformation. Pour le mesurage du module, la contrainte en compression σ_0 subsistant au début d'un essai (voir Figure 2) doit se trouver dans la plage:

$$0 \leq \sigma_0 \leq 5 \times 10^{-4} E_c \quad (2)$$

correspondant à la prédéformation de $\epsilon_{c0} \leq 0,05 \%$ et, pour mesurer les contraintes pertinentes σ_M , elle doit se trouver dans la plage:

$$0 \leq \sigma_0 \leq 10^{-2} \sigma_M \tag{3}$$

NOTE Le module en compression de matériaux fortement viscoélastiques et ductiles comme le polyéthylène, le polypropylène ou les polyamides humides est sensiblement influencé par la précontrainte.



Légende

- 1 Partie initiale de la courbe contrainte/déformation montrant un pied de courbe.
- 2 Partie initiale de la courbe contrainte/déformation montrant un saut dû aux forces mesurées uniquement au-dessus du départ.
- a $\leq 5 \times 10^{-4} E_c$ ou $\leq 10^{-2} \sigma_M$

Figure 2 — Exemple de courbes contrainte déformation avec un pied de courbe ou un saut et détermination du point zéro de déformation

9.5 Vitesse d'essai

Régler la vitesse d'essai v , en millimètres par minute (voir 3.2), conformément à la norme du matériau concerné ou, en l'absence de celle-ci, à la valeur donnée au Tableau 1 qui est l'approximation la plus proche à

$v = 0,02l$ (l en millimètres) pour les mesurages de modules;

$v = 0,1l$ (l en millimètres) pour les mesurages de résistances avec des matériaux qui se rompent avant le seuil d'écoulement;

$v = 0,5l$ (l en millimètres) pour les mesurages de résistances avec des matériaux ductiles.

Pour les éprouvettes recommandées (voir 6.1.2), les vitesses d'essai sont

1 mm/min pour les mesurages de modules ($l = 50$ mm);

1 mm/min pour les mesurages de résistances avec des matériaux qui se rompent avant le seuil d'écoulement ($l = 10$ mm);

5 mm/min pour les mesurages de résistances avec des matériaux ductiles ($l = 10$ mm).

9.6 Enregistrement des données

Déterminer la force (contrainte) et la compression correspondante (déformation) de l'éprouvette pendant l'essai. Il est préférable d'utiliser un système automatique d'enregistrement reproduisant une courbe complète contrainte/déformation pour cette opération.

Déterminer toutes les contraintes et les déformations concernées et définies dans l'article 3 à partir des données contrainte/déformation enregistrées pendant l'essai.

Si un pied de courbe est observé au début du diagramme contrainte/déformation, s'assurer qu'il ne s'étend pas au-delà des limites de précharge données en 9.4. Si la compression n'a pas été mesurée directement sur l'éprouvette, voir l'annexe C pour une méthode de correction de la complaisance.

10 Calcul et expression des résultats

10.1 Contraintes

Calculer tous les paramètres de contraintes définis en 3.3 à l'aide de l'équation suivante:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$

où

σ est le paramètre de la contrainte en compression concerné, exprimé en mégapascals;

F est la force mesurée, exprimée en newtons;

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

10.2 Déformations

10.2.1 Déformation (mesurée par extensométrie)

Calculer tout les paramètres de la déformation définis en 3.4, à l'aide des équations suivantes:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad (5)$$

$$\varepsilon \text{ (en \%)} = 100 \times \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad (6)$$

où

ε est le paramètre de déformation en compression, exprimé comme un rapport sans dimension (équation 5) ou en pourcentage (équation 6);

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

ΔL_0 est la décroissance de la longueur entre les repères de l'éprouvette, exprimée en millimètres.

10.2.2 Déformation nominale (déterminée par le déplacement de la traverse)

Calculer les paramètres de la déformation en compression nominale définis en 3.5, à l'aide des équations suivantes:

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta L}{L} \quad (7)$$

$$\varepsilon_c \text{ (en \%)} = 100 \times \frac{\Delta L}{L} \quad (8)$$

où

ε_c est la déformation en compression nominale concernée, exprimée comme un rapport sans dimension (équation 7) ou en pourcentage (équation 8);

L est la distance initiale entre les plateaux de compression, exprimée en millimètres;

ΔL est la décroissance de la longueur entre les plateaux de compression, exprimée en millimètres.

Si ΔL n'est pas directement mesurée entre les plateaux de compression au moyen d'un capteur de déplacement adapté, mais en utilisant, par exemple, le mouvement des traverses de la machine d'essai, des corrections de la complaisance doivent être appliquées pour déterminer ΔL (voir annexe C).

Si un pied de courbe est observé au début du diagramme contrainte/déformation, extrapoler le point zéro pertinent de la déformation à partir des contraintes légèrement supérieures à la contrainte résiduelle donnée en 9.4 (voir Figure 2).

10.3 Calcul du module en compression

Calculer le module en compression défini en 3.6, sur la base de deux valeurs spécifiées de la déformation mesurées suivant le paragraphe 10.2.1:

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (9)$$

où

E_c est le module en compression, exprimé en mégapascals;

σ_1 est la contrainte en compression, en mégapascals, mesurée à la valeur de déformation ε_1 de 0,000 5;

σ_2 est la contrainte en compression, en mégapascals, mesurée à la valeur de déformation ε_2 de 0,002 5.

La détermination du module en compression E_c à l'aide d'un équipement informatique, en utilisant deux points distincts contrainte/déformation, peut être remplacée par une procédure de régression linéaire appliquée à la partie de la courbe entre ces deux points mentionnés.

10.4 Paramètres statistiques

Calculer la moyenne arithmétique des cinq résultats d'essai et, si requis, l'écart-type et l'intervalle de confiance à 95 % de la valeur moyenne selon le mode opératoire donné dans l'ISO 2602.

10.5 Chiffres significatifs

Calculer la contrainte et le module en compression avec trois chiffres significatifs. Calculer la déformation en compression avec deux chiffres significatifs.

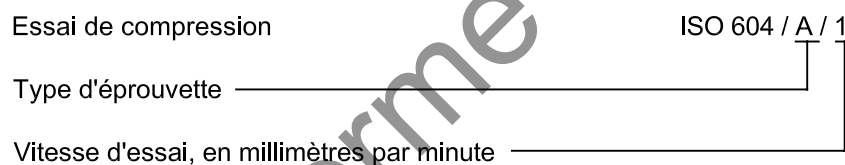
11 Fidélité

La fidélité de cette méthode d'essai n'est pas connue parce qu'il n'y a pas de données interlaboratoires. Lorsque des données interlaboratoires auront été obtenues, une déclaration de fidélité sera ajoutée lors de la prochaine révision.

12 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- a) une référence à la présente Norme internationale, y compris le type d'éprouvette et la vitesse d'essai conformément à:



- b) tous les renseignements nécessaires à l'identification complète du matériau soumis à l'essai, y compris le type, son origine, sa référence commerciale et ses antécédents, pour autant qu'ils soient connus;
- c) une description de la nature et de la forme du matériau, s'il s'agit d'un produit fini, d'un produit semi-fini, d'une plaque ou d'une éprouvette. Elle doit inclure les dimensions principales, la forme, la méthode de fabrication, la répartition des couches, les traitements préliminaires, etc.;
- d) la largeur, l'épaisseur et la longueur de l'éprouvette avec les valeurs moyennes, les valeurs minimales et maximales, si cela est applicable;
- e) la méthode de préparation de l'éprouvette et les détails de la méthode de fabrication utilisée;
- f) si le matériau est sous la forme d'un produit fini ou d'un produit semi-fini, l'orientation de l'éprouvette en relation avec le produit fini ou le produit semi-fini dans lequel elle est prélevée;
- g) le nombre d'éprouvettes soumises à l'essai;
- h) l'atmosphère utilisée pour le conditionnement et pour l'essai ou tout traitement de conditionnement particulier, si cela est exigé par la Norme internationale du matériau ou du produit concerné;
- i) le degré de précision de la machine d'essai (voir l'ISO 5893);
- j) le type d'extensomètre utilisé;
- k) le type d'outil de compression utilisé;

- l) si des inhibiteurs ou des promoteurs de glissement ont été utilisés, ou non;
- m) les résultats d'essais individuels sur les propriétés de compression 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 l'essai;
- o) (facultatif) l'écart-type et/ou le coefficient de variation et/ou les limites de confiance de la moyenne, si cela est requis;
- p) si des éprouvettes ont été éliminées ou remplacées et, dans l'affirmative, les raisons;
- q) la date de l'essai.

Projet de norme marocaine

Annexe A (normative)

Petites éprouvettes

A.1 Il peut s'avérer impossible de réaliser les éprouvettes définies dans l'article 6 à partir de la quantité de matériau disponible ou à partir d'un produit fini. Dans ces circonstances, les petites éprouvettes décrites dans la présente annexe peuvent être utilisées.

A.2 Il faut s'attendre à ce que les résultats obtenus avec les petites éprouvettes soient différents de ceux obtenus avec les éprouvettes de dimensions normalisées.

A.3 L'utilisation de petites éprouvettes doit être agréée par les parties intéressées et une référence spécifique doit en être faite dans le rapport d'essai.

A.4 L'essai doit être effectué conformément à la présente Norme internationale pour les éprouvettes normalisées, sauf pour les indications données ci-dessous.

Les dimensions nominales, en millimètres, des éprouvettes doivent être conformes aux spécifications du Tableau A.1.

Tableau A.1 — Dimensions nominales des petites éprouvettes

Dimensions en millimètres

Dimension	Type 1	Type 2
Épaisseur	3	3
Largeur	5	5
Longueur	6	35

L'éprouvette de type 2 doit uniquement être utilisée pour la détermination du module en compression; dans ce cas, l'utilisation d'une longueur de référence de 15 mm est recommandée pour faciliter le mesurage.

Annexe B (informative)

Limite de flambage

Selon Euler, la force de compression axiale critique, F^* , pour le début de flambage d'une éprouvette fixée aux deux extrémités, calculée pour un comportement contrainte/déformation linéaire du matériau soumis à l'essai est:

$$F^* = \frac{\pi^2 E_c I}{l^2} \quad (\text{B.1})$$

où

F^* est la charge critique de flambage, exprimée en newtons;

I est le deuxième plus petit moment de la surface de la section transversale, en mm à la puissance 4;

E_c est le module de compression, exprimé en newtons par millimètre carré;

l est la longueur de l'éprouvette, exprimée en millimètres.

La charge critique peut être remplacée par la déformation nominale au flambage conformément à l'équation (B.2):

$$F^* = E_c A \varepsilon_b \quad (\text{B.2})$$

où

A est l'aire de la section transversale;

ε_b est la déformation nominale en compression au flambage (sans dimensions).

Cela donne la déformation critique de flambage, qui dépend uniquement des dimensions de l'éprouvette selon l'équation (B.3):

$$\varepsilon_b = \pi^2 \times \frac{I}{A l^2} \quad (\text{B.3})$$

Pour les différents types de formes d'éprouvette, l'équation (B.3) peut être exprimée comme suit:

a) pour un prisme droit:

$$\varepsilon_b = \frac{\pi^2}{12} \times \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad (\text{B.4})$$

b) pour un cylindre droit ou tube:

$$\varepsilon_b = \frac{\pi^2}{4} \times \left(\frac{r}{l}\right)^2 \times \left[1 + \left(\frac{r_i}{r}\right)^2\right] \quad (\text{B.5})$$

où

- l est la longueur du prisme droit, du cylindre ou du tube, c'est-à-dire la dimension parallèle à la force de compression, en millimètres;
- h est l'épaisseur du prisme droit, soit le petit côté de la section transversale, en millimètres;
- r est le rayon du cylindre ou le rayon extérieur du tube, en millimètres;
- r_i est le rayon intérieur du tube (zéro pour le cylindre), en millimètres.

Par comparaison à un cylindre, la stabilité additionnelle d'un tube, conformément à l'équation (B.5), ne peut pas être utilisée puisque les tubes à parois minces ne résistent pas, du fait de modes de flambage additionnels dont il n'est pas fait état ici. Les facteurs numériques des équations (B.4) et (B.5) ont respectivement les valeurs de 0,8 et 0,6. Comme ces équations donnent seulement une estimation approximative pour la déformation de flambage, elles peuvent être assimilées à l'équation commune (1) de 6.1.1, où le facteur numérique choisi a été réduit afin d'éviter le flambage.

projet de norme marocaine

Annexe C (normative)

Correction de la complaisance

Si la décroissance ΔL de la longueur entre les plateaux de compression ne peut être mesurée directement et doit être remplacée par l'enregistrement précis du déplacement s entre les traverses de la machine d'essai, cette différence de déplacement doit être corrigée en fonction de la complaisance C_M de la machine (voir note 1). C_M est déterminé en utilisant une bande parallèle ou un prisme en un matériau de référence hautement rigide dont le module en compression est connu (voir note 2), par exemple en feuilles d'acier. La déflexion s est calculée à l'aide des équations

$$\Delta L = s - C_M F \quad (\text{C.1})$$

et

$$C_M = \frac{s_R}{F} - \frac{L_R}{(b_R d_R) E_{cR}} \quad (\text{C.2})$$

où

ΔL est la décroissance de la longueur entre les plateaux de compression, en millimètres;

s est le changement de distance entre deux points sélectionnés de la machine d'essai, en millimètres;

C_M est la complaisance de la machine d'essai entre les points sélectionnés, en millimètres par newton;

s_R est le changement de distance entre les points sélectionnés de la machine d'essai, en utilisant le matériau de référence, en millimètres;

F est la charge, en newtons;

E_{cR} est le module en compression du matériau de référence, en mégapascals;

L_R est la distance initiale entre les plateaux de compression, en millimètres;

b_R est la largeur de l'éprouvette en matériau de référence, en millimètres;

d_R est l'épaisseur de l'éprouvette en matériau de référence, en millimètres.

S'assurer que la complaisance C_M est constante pour la gamme de charges pertinente. La relation linéaire simple supposée ici ($s = C_M \times F$) pour la déformation de la machine due à sa complaisance peut ne pas être valable, si par exemple, il se produit des effets de positionnements dans un ou plusieurs composants lors de la mise en route de la machine.

NOTE 1 Trois parties de la machine d'essai contribuent à sa complaisance C_M , les contributions étant, en général et par ordre d'importance, les mâchoires, le capteur de charge et le bâti de la machine.

NOTE 2 Pour les contraintes rencontrées lors de la détermination de la complaisance des machines, on peut supposer que le module en compression du matériau de référence est identique au module en traction.

Bibliographie

- [1] ISO 472:1999, *Plastiques — Vocabulaire*
- [2] ISO 3597-3:1993, *Plastiques renforcés verre textile — Détermination des propriétés mécaniques sur joncs de stratifils — Partie 3: Détermination de la résistance en compression*
- [3] ISO 7616:1986, *Plastiques alvéolaires rigides — Détermination du fluage sous compression dans des conditions spécifiées de charge et de température*
- [4] ISO 7743:1989, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique — Détermination des propriétés de contrainte/déformation en compression*
- [5] ISO 14126:1999, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination des caractéristiques en compression dans le plan*

projet de norme marocaine