

NORME
INTERNATIONALE

ISO
178

Troisième édition
1993-05-15

**Plastiques — Détermination des propriétés
en flexion**

Plastics — Determination of flexural properties
iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 178:1993

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/758271d3-ad03-443b-ba00-edb81999f7c5/iso-178-1993>



Numéro de référence
ISO 178:1993(F)

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 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.

La Norme internationale ISO 178 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 178:1975), qui a été améliorée eu égard aux points suivants:

- références normatives particulières pour la préparation d'éprouvettes et l'utilisation de l'éprouvette à usages multiples conformément à l'ISO 3167;
- définition du module;
- un seul taux de déformation est recommandé;
- harmonisation des grandeurs par rapport à celles d'autres Normes internationales pour l'essai des plastiques, en conformité avec l'ISO 31.

© ISO 1993

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Plastiques — Détermination des propriétés en flexion

1 Domaine d'application

1.1 La présente Norme internationale prescrit une méthode pour la détermination des propriétés en flexion des plastiques dans des conditions définies. Une éprouvette normalisée est décrite mais des paramètres sont inclus pour d'autres dimensions d'éprouvettes lorsque l'usage est approprié. Une gamme de vitesses d'essais est incluse.

1.2 La méthode est utilisée pour l'étude du comportement en flexion des éprouvettes et pour la détermination de la résistance en flexion, du module en flexion et d'autres aspects des relations entre la contrainte et la déformation en flexion dans des conditions définies. Elle s'applique uniquement à une poutre simple, supportée sans contrainte, chargée au milieu de sa portée (méthode des trois points).

1.3 La méthode est applicable à la gamme des matériaux suivants:

- matières thermoplastiques pour moulage et extrusion, y compris les compositions chargées et renforcées en plus des types non chargés; feuilles thermoplastiques rigides;
- matières thermodurcissables pour moulage, y compris les compositions chargées et renforcées; feuilles thermodurcissables, y compris les stratifiés;
- composites thermoplastiques et thermodurcissables renforcés de fibres comportant des renforts unidirectionnels et multidirectionnels tels que mat, tissus, tissus stratifiés, fils de base coupés, combinaison de renforcements et hybrides, stratifiés et fibres broyées, feuilles réalisées à partir de matières préimprégnées (prepregs);
- polymères de cristaux liquides thermotropes.

La méthode ne convient normalement pas à l'utilisation de matériaux alvéolaires rigides et de structures sandwichs contenant des matériaux alvéolaires.

NOTE 1 Pour certains types de plastiques renforcés avec des fibres textiles, un essai de flexion en quatre points est recommandé. Ceci est en cours d'étude à l'ISO.

1.4 La méthode est adaptée à l'utilisation d'éprouvette qui sont, soit moulées aux dimensions choisies, soit usinées à partir de la partie centrale de l'éprouvette à usages multiples (voir ISO 3167) ou usinées à partir de produits finis et semi-finis, tels que pièces moulées, stratifiés et feuilles extrudées ou coulées.

1.5 La méthode prescrit les dimensions recommandées pour les éprouvettes. Des essais réalisés avec des éprouvettes de dimensions 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 comparatifs sont nécessaires, ces facteurs devront être soigneusement contrôlés et enregistrés.

1.6 Les propriétés en flexion ne peuvent être utilisées que pour des études d'ingénierie pour les matériaux ayant un comportement contrainte-déformation linéaire. Pour les matériaux à comportement non linéaire, les propriétés en flexion ne sont que nominales. L'essai de flexion devra être utilisé préférentiellement avec des matériaux fragiles, étant donné qu'ils sont difficiles à soumettre à l'essai de traction.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 291:1977, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai.*

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

ISO 294:—¹⁾, *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques.*

ISO 295:1991, *Plastiques — Moulage par compression des éprouvettes en matières thermodurcissables.*

ISO 1209-1:1990, *Plastiques alvéolaires rigides — Essais de flexion — Partie 1: Essai de flexion.*

ISO 1209-2:1990, *Plastiques alvéolaires rigides — Essais de flexion — Partie 2: Détermination des propriétés de flexion.*

ISO 1268:1974, *Matières plastiques — Préparation de plaques ou de panneaux en stratifiés verre textile-résine basse-pression pour la réalisation d'éprouvettes.*

ISO 2557-1:1989, *Plastiques — Thermoplastiques amorphes — Préparation des éprouvettes à niveau de retrait maximal spécifié — Partie 1: Barres.*

ISO 2557-2:1986, *Plastiques — Thermoplastiques amorphes — Préparation des éprouvettes à niveau de retrait spécifié — Partie 2: Plaques.*

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

ISO 2818:—²⁾, *Plastiques — Préparation des éprouvettes par usinage.*

ISO 3167:—³⁾, *Plastiques — Éprouvettes à usages multiples.*

ISO 5893:1985, *Appareils d'essai du caoutchouc et des plastiques — Types pour traction, flexion et compression (vitesse de translation constante) — Description.*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 vitesse d'essai, v : Taux de mouvement relatif entre les supports et le poinçon hémisphérique, exprimée en millimètres par minute (mm/min).

- 1) À publier. (Révision de l'ISO 294:1975)
- 2) À publier. (Révision de l'ISO 2818:1980)
- 3) À publier. (Révision de l'ISO 3167:1983)

3.2 contrainte en flexion, σ_f : Contrainte nominale de la surface externe de l'éprouvette au milieu de la portée.

Elle est calculée conformément à la relation donnée en 9.1, équation (3), et est exprimée en mégapascals (MPa).

3.3 contrainte en flexion à la rupture, σ_{fB} : Contrainte en flexion à la rupture de l'éprouvette (voir figure 1, courbes a et b).

Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.4 résistance à la flexion, σ_{fM} : Contrainte en flexion maximale supportée par l'éprouvette durant un essai de flexion (voir figure 1, courbes a et b).

Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.5 contrainte en flexion à la flèche conventionnelle, σ_{fc} : Contrainte à la flexion conventionnelle s_c conformément à 3.7 (voir figure 1, courbe c).

Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.6 flèche, s : Distance parcourue durant la flexion, à partir de la position initiale, par la surface inférieure ou supérieure de l'éprouvette au milieu de la portée.

Elle est exprimée en millimètres (mm).

3.7 flèche conventionnelle, s_c : Flèche égale à 1,5 fois l'épaisseur h , de l'éprouvette.

Elle est exprimée en millimètres (mm).

En utilisant une portée $L = 16h$, la flèche conventionnelle correspond à une déformation en flexion de 3,5 % (voir 3.8).

3.8 déformation en flexion, ε_f : Variation fractionnaire nominale de la longueur d'un élément pris dans la surface externe de l'éprouvette au milieu de la portée.

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

Elle est calculée conformément à la relation donnée en 9.2, équation (4).

3.9 déformation en flexion à la rupture, ε_{fB} : Déformation en flexion à la rupture de l'éprouvette (voir figure 1, courbes a et b).

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

3.10 déformation en flexion à la résistance en flexion, ε_{fM} : Déformation en flexion à la contrainte en flexion maximale (voir figure 1, courbes a et b).

3.11 module d'élasticité en flexion; module en flexion, E_f : Rapport de la différence de contrainte σ_{f2} moins σ_{f1} à la différence de déformation correspondante $\varepsilon_{f2} = 0,002\ 5$ moins $\varepsilon_{f1} = 0,000\ 5$ [voir 9.2, équation (5)].

Il est exprimé en mégapascals (MPa).

NOTES

2 Le module en flexion représente seulement une valeur approximative du module d'élasticité de Young.

3 La détermination du module E_f à l'aide d'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 points.

4 Principe

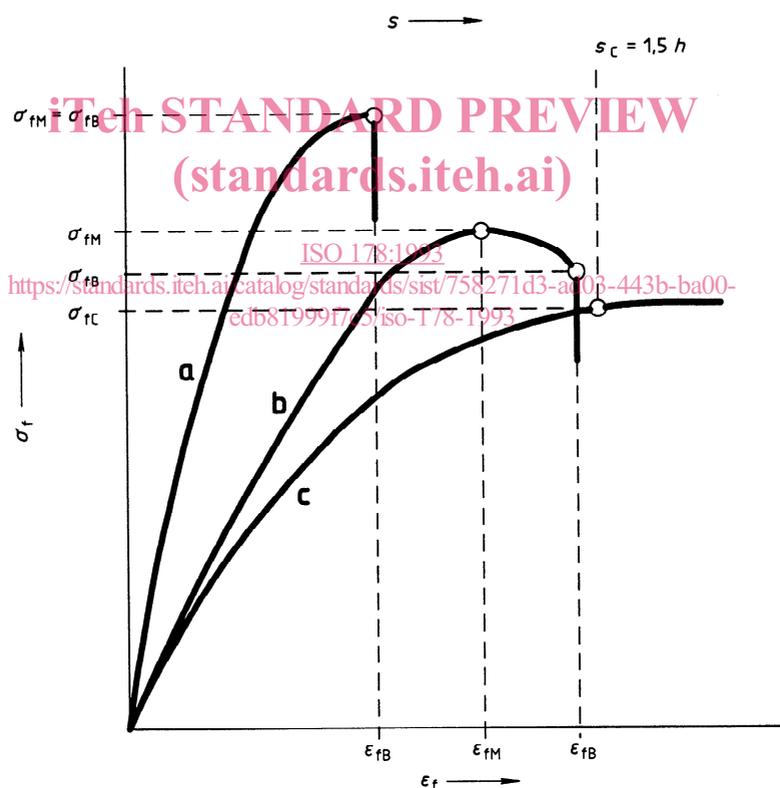
L'éprouvette, supportée comme une poutre, est soumise à une flexion, au milieu de la portée, à une vitesse constante, jusqu'à la rupture de l'éprouvette ou jusqu'à ce que la déformation ait atteint une valeur prédéterminée. Durant cet essai, la charge supportée par l'éprouvette est mesurée.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai.

5.1.1 Généralités

La machine doit être conforme à l'ISO 5893 et répondre aux prescriptions de 5.1.2 à 5.1.4, comme suit.



Courbe a Éprouvette avec rupture avant le seuil d'écoulement

Courbe b Éprouvette présentant un maximum et avec rupture avant la flèche conventionnelle s_c

Courbe c Éprouvette ne présentant pas de seuil d'écoulement et sans rupture avant la flèche conventionnelle s_c

Figure 1 — Courbes types de contrainte en flexion σ_f en fonction de la déformation ε_f et de la flèche s

5.1.2 Vitesse d'essai

La machine d'essai doit être capable de maintenir la vitesse d'essai (voir 3.1), comme prescrit dans le tableau 1.

Tableau 1 — Valeurs recommandées pour les vitesses d'essai

Vitesse mm/min	Tolérance %
1 ¹⁾	± 20 ²⁾
2	± 20 ²⁾
5	± 20
10	± 20
20	± 10
50	± 10
100	± 10
200	± 10
500	± 10

1) La plus petite vitesse est utilisée pour les éprouvettes avec des épaisseurs comprises entre 1 mm et 3,5 mm, voir 8.3.

2) Les tolérances sur les vitesses 1 mm/min et 2 mm/min sont plus faibles que celles indiquées dans l'ISO 5893.

$$R_1 = 5,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$$

$R_2 = 2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ pour des épaisseurs d'éprouvette inférieures ou égales à 3 mm, et

$R_2 = 5,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ pour des épaisseurs d'éprouvette supérieures à 3 mm.

La portée L doit être réglable.

5.1.4 Indicateurs de charges et de flèche

L'erreur pour la force indiquée ne doit pas dépasser ± 1 %, et pour la flèche indiquée, ne pas dépasser ± 1 % à pleine échelle (voir ISO 5893).

5.2 Micromètres et comparateurs

5.2.1 Micromètre ou équivalent, avec une précision d'au moins 0,01 mm (pour le mesurage de l'épaisseur h et de la largeur b de l'éprouvette, voir figure 3).

5.2.2 Comparateur à vernier ou équivalent, précis à ± 0,1 % près par rapport à la portée L pour la détermination de la portée (voir 8.2 et figure 2).

iTeH STANDARD PREVIEW
(standards.iTeH.ai)

5.1.3 Supports et poinçon de charge

Deux supports et un poinçon hémisphérique de charge sont disposés conformément à la figure 2. L'alignement des supports et du poinçon hémisphérique doit être parallèle à 0,02 mm près.

Le rayon R_1 du poinçon hémisphérique et le rayon R_2 des supports doivent être les suivants:

6 Éprouvettes

6.1 Formes et dimensions

6.1.1 Généralités

Les dimensions des éprouvettes doivent être conformes à la norme du matériau concerné, et, si applicable, à 6.1.2 ou 6.1.3. Autrement, le type d'éprouvettes doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

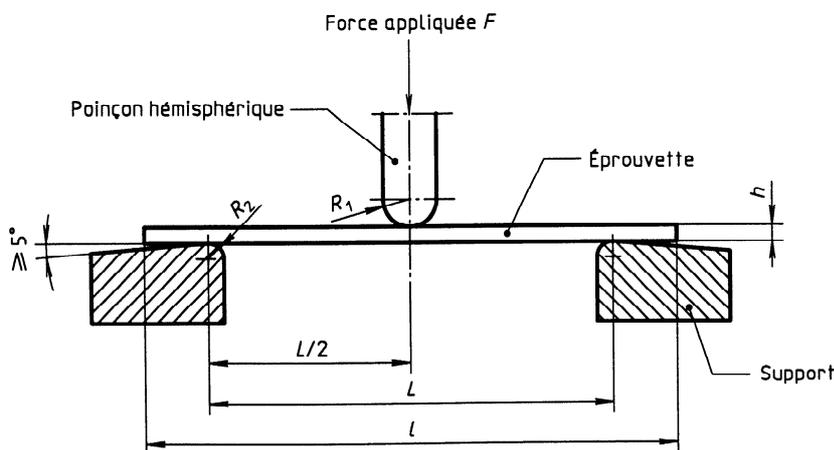


Figure 2 — Position de l'éprouvette au départ de l'essai

6.1.2 Type d'éprouvette recommandé

Les dimensions recommandées, en millimètres, doivent être

- longueur: $l = 80 \pm 2$
- largeur: $b = 10,0 \pm 0,2$
- épaisseur: $h = 4,0 \pm 0,2$

Quelle que soit l'éprouvette, l'épaisseur dans la portée centrale sur un tiers de la longueur ne doit pas varier de plus de 2 % de sa valeur moyenne. La variation maximale correspondante pour la largeur est de 3 %. La section transversale doit être rectangulaire et ne pas avoir de bords arrondis.

NOTE 4 L'éprouvette recommandée peut être usinée dans la partie centrale de l'éprouvette à usages multiples conformément à l'ISO 3167.

6.1.3 Autres éprouvettes

Lorsqu'il n'est pas possible ou souhaitable d'utiliser l'éprouvette recommandée, les limites suivantes doivent s'appliquer.

La longueur et l'épaisseur de l'éprouvette doivent être dans le même rapport que celui de l'éprouvette recommandée, c'est-à-dire:

$$\frac{l}{h} = 20 \pm 1 \quad \dots (1)$$

à moins que d'autres dispositions ne soient prévues en 8.2, points a), b) ou c).

NOTE 5 Certaines spécifications exigent que les éprouvettes prélevées dans des feuilles d'épaisseur supérieure à une limite prescrite soient réduites à l'épaisseur normalisée par usinage d'une face seulement. Dans ce cas, il est d'usage courant de placer l'éprouvette de façon que la surface d'origine de l'éprouvette soit en contact avec les deux surfaces et que la force soit appliquée par le poinçon hémisphérique de charge central sur la face usinée de l'éprouvette.

La valeur de la largeur applicable donnée dans le tableau 2 doit être utilisée.

6.2 Matériaux anisotropes

6.2.1 Dans le cas de matériaux ayant des propriétés physiques, par exemple élasticité, dépendant de la direction, les éprouvettes doivent être choisies de façon que la contrainte en flexion lors de l'essai soit appliquée dans la même direction que celle dont les produits (articles moulés, feuilles, tubes, etc.) sont soumis en service. La relation de l'éprouvette à l'application est déterminante pour la possibilité de l'utilisation des éprouvettes normalisées (voir 6.1 et 8.2).

Tableau 2 — Valeurs pour la largeur b , dépendant de l'épaisseur h

Dimensions en millimètres

Épaisseur nominale h	Largeur $b \pm 0,5$ ¹⁾	
	Compositions pour moulage et extrusion, feuilles thermoplastiques et thermodurcissables	Textile et matériaux renforcés de fibres longues
$1 < h \leq 3$	25,0	} 15,0
$3 < h \leq 5$	10,0	
$5 < h \leq 10$	15,0	
$10 < h \leq 20$	20,0	30,0
$20 < h \leq 35$	35,0	50,0
$35 < h \leq 50$	50,0	80,0

1) Pour les matériaux avec des charges grossières, la largeur minimale doit être de 20 mm à 50 mm.

NOTE 6 La position ou l'orientation et les dimensions des éprouvettes ont parfois une influence très significative sur les résultats d'essai. Ceci est particulièrement le cas pour les stratifiés.

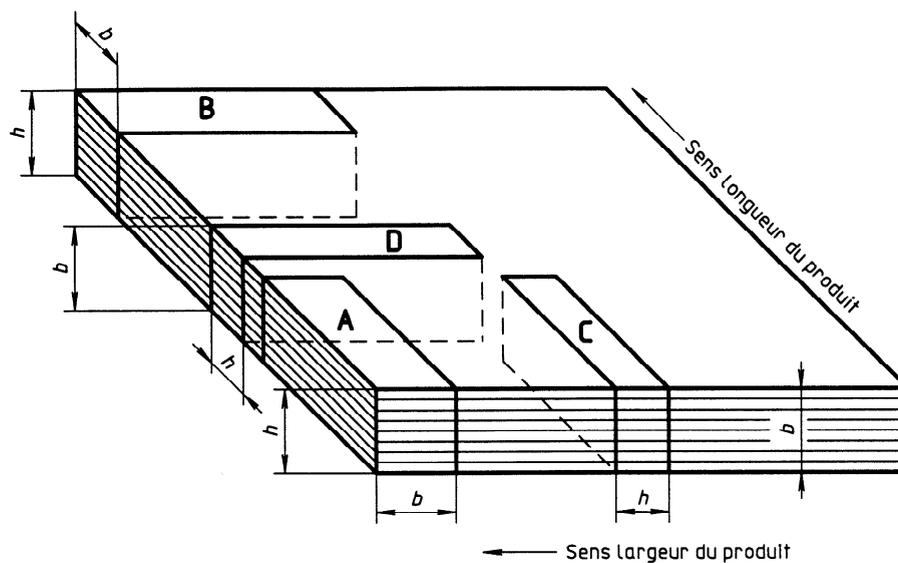
6.2.2 Lorsque la matière présente une différence significative des propriétés en flexion dans deux directions principales, elle doit être essayée dans ces deux directions. L'orientation des éprouvettes par rapport aux directions principales doit être notée (voir figure 3).

NOTE 7 Si, à cause d'une application, ce matériau est soumis à une contrainte à quelque orientation spécifique par rapport à la direction principale, il est souhaitable d'essayer ce matériau dans cette direction.

6.3 Préparation

6.3.1 Compositions pour moulage et extrusion

Les éprouvettes doivent être préparées conformément à la norme du matériau concerné. Lorsqu'il n'existe aucune spécification, ou sans autre indication, les éprouvettes doivent être soit moulées directement par compression ou par injection à partir de la matière conformément à l'ISO 293, l'ISO 294, l'ISO 295, l'ISO 2557-1 ou l'ISO 2557-2, selon le cas.



Position de l'éprouvette	Direction du produit	Direction de la force
A	longueur	} normale
B	largeur	
C	longueur	} parallèle
D	largeur	

Figure 3 — Position de l'éprouvette par rapport à la direction du produit et à la direction de la force

6.3.2 Feuilles

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

6.3.3 Matériaux renforcés avec des fibres longues

Une plaque doit être préparée conformément à l'ISO 1268 ou à une méthode de préparation prescrite ou agréée. Les éprouvettes doivent être usinées à partir d'elle, conformément à l'ISO 2818.

6.4 Contrôle

Les éprouvettes doivent être exemptes de torsion et doivent avoir des surfaces parallèles mutuellement perpendiculaires. Les surfaces et les bords doivent être exempts de rayures, creux, retassures et de bavures.

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

Des éprouvettes montrant tout manquement observable ou mesurable pour une ou plusieurs de ces exigences doivent être éliminées ou usinées aux dimensions et à la forme correctes avant l'essai.

6.5 Nombre d'éprouvettes

6.5.1 Un minimum de cinq éprouvettes doivent être soumises à l'essai dans chaque direction, voir figure 3. Le nombre de mesurages peut être supérieur à cinq si une précision plus grande sur la valeur moyenne est requise. Il est possible d'évaluer ceci à l'aide de l'intervalle de confiance (probabilité à 95 %, voir ISO 2602).

6.5.2 Les résultats provenant d'éprouvettes dont la rupture s'effectue à l'extérieur du tiers de la longueur de la portée, doivent être éliminés et de nouvelles éprouvettes doivent être soumises à l'essai à leur place.

7 Conditionnement

Les éprouvettes doivent être conditionnées comme prescrit dans la norme du matériau concerné. En l'absence de cette information, la condition la plus

appropriée doit être sélectionnée à partir de l'ISO 291, sauf indication contraire agréée par les parties intéressées, par exemple pour des essais à haute ou basse température.

8 Mode opératoire

8.1 L'essai doit être effectué dans l'atmosphère prescrite dans la norme du matériau concerné. En l'absence de cette information, la condition la plus appropriée doit être sélectionnée à partir de l'ISO 291, sauf indication contraire agréée par les parties intéressées, par exemple pour des essais à haute ou basse température.

8.2 Mesurer la largeur b de chaque éprouvette à 0,1 mm près et l'épaisseur h à 0,01 mm près au centre de chaque éprouvette. Calculer l'épaisseur moyenne \bar{h} pour la série d'éprouvettes.

Éliminer la ou les éprouvette(s) ayant une épaisseur dont la tolérance dépasse $\pm 0,5\%$ de la valeur moyenne et remplacer par une autre éprouvette prélevée au hasard.

Régler la portée L répondant à l'équation

$$L = (16 \pm 1)\bar{h} \quad \text{IS(2)78:1993} \quad \text{ou}$$

et mesurer la portée résultante à 0,5 % près.

L'équation (2) doit être utilisée sauf lorsque les dispositions suivantes s'appliquent:

- Pour les éprouvettes de fibres unidirectionnelles, très épaisses, si cela est nécessaire, la distance entre les supports doit être calculée avec un rapport L/\bar{h} plus élevé pour éviter le délaminage au cisaillement.
- Pour les éprouvettes très minces, si cela est nécessaire, utiliser une portée calculée avec un rapport L/\bar{h} plus faible pour permettre des mesurages en fonction de la capacité de charge de la machine d'essai.
- Pour les thermoplastiques mous, il est nécessaire d'éviter l'indentation des supports dans les éprouvettes, en utilisant un rapport plus grand pour L/\bar{h} .

8.3 Régler la vitesse d'essai conformément à la norme du matériau concerné. En l'absence de cette information, sélectionner la valeur dans le tableau 1 donnant un taux de déformation aussi proche que possible de 1 % par minute. Ceci résulte de la vitesse d'essai qui produit une flèche la plus proche de 0,4 fois l'épaisseur de l'éprouvette en 1 min, par exemple

2 mm/min pour l'éprouvette recommandée conforme à 6.1.2.

8.4 Placer l'éprouvette sur les deux supports et appliquer la force au milieu de la portée (voir figure 2).

8.5 Enregistrer la force et la flèche correspondante de l'éprouvette durant l'essai, en utilisant, si cela est possible, un système d'enregistrement automatique traçant une courbe complète de contrainte en flexion/flèche pour cette opération [voir 9.1, équation (3)].

Déterminer toutes les contraintes, flèches et déformations appropriées définies dans l'article 4 sur une courbe charge/flèche ou une courbe contrainte/flèche, ou à l'aide de données équivalentes.

9 Calcul et expression des résultats

9.1 Contrainte en flexion

Calculer la contrainte en flexion σ_f , exprimée en mégapascals, à l'aide de l'équation

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \quad \dots (3)$$

où

F est la charge, en newtons;

L est la portée, en millimètres;

b est la largeur, en millimètres, de l'éprouvette;

h est l'épaisseur, en millimètres, de l'éprouvette.

9.2 Module en flexion

Pour le mesurage du module en flexion, calculer les flèches s_1 et s_2 correspondant aux valeurs données de déformation en flexion $\varepsilon_{f1} = 0,0005$ et $\varepsilon_{f2} = 0,0025$, à l'aide de l'équation

$$s_i = \frac{\varepsilon_i L^2}{6h} \quad (i = 1;2) \quad \dots (4)$$

où

s_i est une flèche individuelle, en millimètres;

ε_{fi} est la déformation individuelle en flexion correspondante, dont les valeurs ε_{f1} et ε_{f2} sont données ci-dessus;

L est la portée, en millimètres;

h est l'épaisseur, en millimètres, de l'éprouvette.