
Plastiques — Détermination des propriétés en flexion

Plastics — Determination of flexural properties

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 178:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d9ee8ed-eaf6-49f6-b83b-bd615d3367df/iso-178-2019>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 178:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d9ee8ed-eaf6-49f6-b83b-bd615d3367df/iso-178-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Principe	5
5 Machine d'essai	6
5.1 Généralités.....	6
5.2 Vitesse d'essai.....	6
5.3 Supports et poinçon de charge.....	6
5.4 Systèmes de mesurage de charge et de flèche.....	6
5.4.1 Remarques introductives.....	6
5.4.2 Définition des exigences de précision et d'exactitude.....	7
5.4.3 Mesurage de la flèche.....	8
5.5 Dispositifs de mesurage de la largeur et de l'épaisseur des éprouvettes.....	9
6 Éprouvettes	9
6.1 Forme et dimensions.....	9
6.1.1 Généralités.....	9
6.1.2 Type d'éprouvette recommandé.....	9
6.1.3 Autres éprouvettes.....	10
6.2 Matériaux anisotropes.....	10
6.3 Préparation des éprouvettes.....	11
6.3.1 Compositions pour moulage, extrusion et coulée.....	11
6.3.2 Feuilles.....	11
6.4 Contrôle des éprouvettes.....	12
6.5 Nombre d'éprouvettes.....	12
7 Atmosphère de conditionnement et d'essai	12
8 Mode opératoire	13
9 Calcul et expression des résultats	17
9.1 Contrainte en flexion.....	17
9.2 Déformation en flexion.....	17
9.3 Module en flexion.....	17
9.4 Paramètres statistiques.....	18
9.5 Chiffres significatifs.....	18
10 Fidélité	18
11 Rapport d'essai	18
Annexe A (informative) Déclaration de fidélité	20
Annexe B (informative) Influence des changements de la vitesse d'essai sur les valeurs mesurées des propriétés en flexion	22
Annexe C (normative) Correction de la complaisance pour le type d'essai III	23
Annexe D (informative) Relation entre le module en traction et le module en flexion: Attentes théoriques et observations sur le terrain	25
Bibliographie	26

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 sixième édition annule et remplace la cinquième édition (ISO 178:2010) qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle incorpore également l'Amendement ISO 178:2010/Amd.1:2013. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- la différenciation des exigences d'étalonnage en fonction du type d'essai;
- l'introduction de déflectomètres;
- la réintroduction des modes opératoires pour la correction de la complaisance;
- l'ajout d'une nouvelle [Annexe D](#) montrant la relation entre le module en traction et le module en flexion.

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 flexion

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode pour la détermination des propriétés en flexion des plastiques rigides et semi-rigides dans des conditions définies. Une éprouvette recommandée est définie, mais des paramètres sont inclus pour d'autres dimensions d'éprouvettes lorsque l'usage est approprié. Une gamme de vitesses d'essai est incluse.

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 les conditions définies. Elle s'applique à une poutre supportée sans contrainte, chargée au milieu de sa portée (essai de chargement en trois points).

La méthode est adaptée à la gamme de matériaux suivants:

- matériaux thermoplastiques pour moulage, extrusion et coulée, y compris les compositions chargées et renforcées en plus des types non chargés; feuilles thermoplastiques rigides;
- matériaux thermodurcissables pour moulage, y compris les compositions chargées et renforcées; feuilles thermodurcissables.

En accord avec l'ISO 10350-1^[5] et l'ISO 10350-2^[6] le présent document s'applique aux compositions renforcées de fibres dont les longueurs avant mise en œuvre sont inférieures ou égales à 7,5 mm. Pour les matériaux renforcés de fibres longues (stratifiés) avec des longueurs de fibres supérieures à 7,5 mm, voir l'ISO 14125^[7].

La méthode n'est normalement pas adaptée pour utilisation avec des matériaux alvéolaires rigides ou à structures sandwich contenant des matériaux alvéolaires. Dans ces cas, les normes ISO 1209-1^[3] et/ou ISO 1209-2^[4] peuvent être utilisées.

NOTE 1 Pour certains types de plastiques renforcés de fibres textiles, un essai de flexion en quatre points est utilisé. Ce dernier est décrit dans l'ISO 14125.

La méthode est réalisée à l'aide d'éprouvettes qui peuvent être soit moulées aux dimensions spécifiées, soit usinées à partir de la partie centrale d'une éprouvette normalisée à usages multiples (voir l'ISO 20753) ou usinées à partir de produits finis ou semi-finis, tels que des pièces moulées, des stratifiés ou des feuilles extrudées ou coulées.

La méthode spécifie 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 influencer sur les résultats.

NOTE 2 En fonction des conditions de moulage, pour les polymères semi-cristallins moulés par injection en particulier, l'épaisseur de la couche (peau) orientée affecte les propriétés en flexion.

La méthode n'est pas adaptée pour la détermination des paramètres de calcul mais elle peut être utilisée pour les essais de matériaux et comme essai dans un contrôle qualité.

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

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*

ISO 295, *Plastiques — Moulage par compression des éprouvettes de matériaux thermodurcissables*

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

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

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

ISO 10724-1, *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*

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

ISO 20753, *Plastiques — Éprouvettes*

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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 vitesse d'essai

v
vitesse de déplacement relatif entre les supports d'éprouvette et le poinçon de charge

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

3.2 contrainte en flexion

σ_f
contrainte nominale de la surface externe de l'éprouvette à mi-portée

Note 1 à l'article: Elle est calculée à partir de la relation donnée dans la [Formule \(5\)](#).

Note 2 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.3 contrainte en flexion à la rupture

σ_{fB}
contrainte en flexion à la rupture de l'éprouvette

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

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

3.4 résistance en flexion

σ_{fM}

contrainte maximale en flexion (3.2) supportée par l'éprouvette durant un essai de flexion

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

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

3.5 contrainte en flexion à la flèche conventionnelle

σ_{fc}

contrainte en flexion à la flèche conventionnelle, s_c (3.7)

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

Note 2 à l'article: Voir également [Figure 1](#), courbe c.

3.6 flèche

s

distance parcourue durant la flexion par la surface supérieure ou inférieure de l'éprouvette à mi-portée à partir de sa position initiale

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

3.7 flèche conventionnelle

s_c

flèche (3.6) égale à 1,5 fois l'épaisseur, h , de l'éprouvette

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

Note 2 à l'article: En utilisant une portée, L , de $16h$, la flèche conventionnelle correspond à une déformation en flexion (3.8) de 3,5 %.

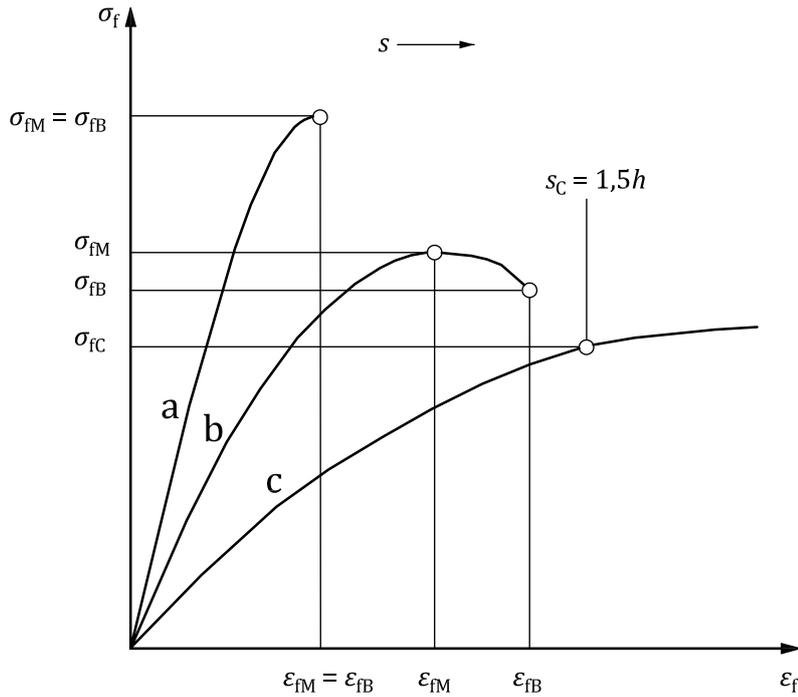
3.8 déformation en flexion

ε_f

variation fractionnaire nominale de la longueur d'un élément pris à mi-portée dans la surface externe de l'éprouvette

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

Note 2 à l'article: Elle est calculée à partir de la relation donnée dans les [Formules \(6\)](#) et [\(7\)](#).



Légende

courbe a éprouvette avec rupture avant le seuil d'écoulement
 courbe b éprouvette présentant un maximum puis une rupture avant la flèche conventionnelle, s_c
 courbe c éprouvette ne présentant ni maximum ni rupture avant la flèche conventionnelle, s_c

Figure 1 — Courbes types de la contrainte en flexion σ_f par rapport à la déformation en flexion, ϵ_f et la flèche, s

3.9 déformation en flexion à la rupture

ϵ_{fB}
 déformation en flexion à la rupture de l'éprouvette

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 a et b.

3.10 déformation en flexion à la résistance en flexion

ϵ_{fM}
 déformation en flexion à la contrainte en flexion maximale

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 a et b.

3.11 module d'élasticité en flexion module en flexion

E_f
 rapport de la différence de contrainte, $\sigma_{f2} - \sigma_{f1}$, à la différence de déformation correspondante $\epsilon_{f2} (= 0,0025) - \epsilon_{f1} (= 0,0005)$

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

Note 2 à l'article: Le module en flexion représente seulement une valeur approximative du module de Young.

Note 3 à l'article: Voir [Formule \(9\)](#).

3.12

plastique rigide

plastique possédant un *module d'élasticité en flexion* ([3.11](#)) ou, à défaut, en traction, supérieur à 700 MPa dans un certain ensemble de conditions

[SOURCE: ISO 472:2013, 2.884, modifié — La note à l'article a été omise.]

3.13

plastique semi-rigide

plastique possédant un *module d'élasticité en flexion* ([3.11](#)) ou, à défaut, en traction, entre 70 MPa et 700 MPa dans un certain ensemble de conditions

[SOURCE: ISO 472:2013, 2.909, modifié — La note à l'article a été omise.]

3.14

portée entre supports d'éprouvette

L

distance entre les points de contact de l'éprouvette et les supports d'éprouvette

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

Note 2 à l'article: Voir [Figure 2](#).

3.15

taux de déformation en flexion

r

vitesse à laquelle la *déformation en flexion* ([3.8](#)) augmente durant un essai

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en pour cent par minute (% · min⁻¹).

4 Principe

Une éprouvette de section transversale rectangulaire, reposant sur deux supports, est soumise à une flexion au moyen d'un poinçon de charge agissant sur l'éprouvette à mi-chemin entre les supports. L'éprouvette est soumise de cette manière à une flexion à vitesse constante à mi-portée jusqu'à rupture sur la face externe de l'éprouvette ou jusqu'à ce que la déformation atteigne une valeur maximale de 5 % (voir [3.8](#)), selon ce qui se produit en premier. Durant cet essai, la charge appliquée à l'éprouvette et la flèche qui en résulte à mi-portée sur l'éprouvette sont mesurées.

Le présent document spécifie deux méthodes: la méthode A et la méthode B. La méthode A utilise un taux de déformation de 1 %/min pendant tout l'essai. La méthode B utilise deux taux de déformation différents: 1 %/min pour la détermination du module en flexion et 5 %/min ou 50 %/min, en fonction de la ductilité du matériau, pour la détermination du reste de la courbe contrainte en flexion-déformation.

NOTE 1 Les taux de déformation mentionnés ci-dessus doivent être interprétés comme des valeurs nominales. Les valeurs d'essai nominales sont calculées à l'aide de la [Formule \(4\)](#). Pour les réglages de la machine, choisir les mieux adaptés dans le [Tableau 1](#).

NOTE 2 Pour les matériaux présentant un comportement contrainte/déformation non linéaire, les propriétés en flexion sont uniquement nominales. Les formules indiquées ont été définies dans l'hypothèse d'un comportement élastique linéaire et sont valables lorsque la flèche d'une éprouvette est petite comparée à l'épaisseur de celle-ci. La flèche est de 1,5*h* pour l'éprouvette recommandée (qui mesure 80 mm × 10 mm × 4 mm) à la déformation en flexion conventionnelle de 3,5 % et pour un rapport portée sur épaisseur, *L/h*, de 16. Les essais de flexion sont donc plus adaptés aux matériaux rigides et fragiles qui présentent de faibles déformations à la rupture que pour des matériaux très souples et ductiles.

5 Machine d'essai

5.1 Généralités

La machine doit être conforme à l'ISO 7500-1 et l'ISO 9513 et répondre aux exigences énoncées de 5.2 à 5.4.

5.2 Vitesse d'essai

La machine d'essai doit être capable de maintenir la vitesse d'essai, comme spécifié dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Valeurs recommandées pour la vitesse d'essai, v

Vitesse d'essai, v mm/min	Tolérance %
1 ^a	±20
2	±20
5	±20
10	±20
20	±10
50	±10
100	±10
200	±10
500	±10

^a La plus petite vitesse est utilisée pour les éprouvettes présentant des épaisseurs comprises entre 1 mm et 3,5 mm (voir également [8.5](#)).

5.3 Supports et poinçon de charge

Deux supports et un poinçon de charge central doivent être disposés comme représenté à la [Figure 2](#). Les supports et le poinçon de charge doivent être parallèles à max. ±0,2 mm sur la largeur de l'éprouvette.

Le rayon, R_1 , du poinçon de charge et le rayon, R_2 , des supports doivent être comme suit:

$$R_1 = 5,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm};$$

$$R_2 = 2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm pour des épaisseurs d'éprouvette} \leq 3 \text{ mm};$$

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

La portée, L , doit être réglable.

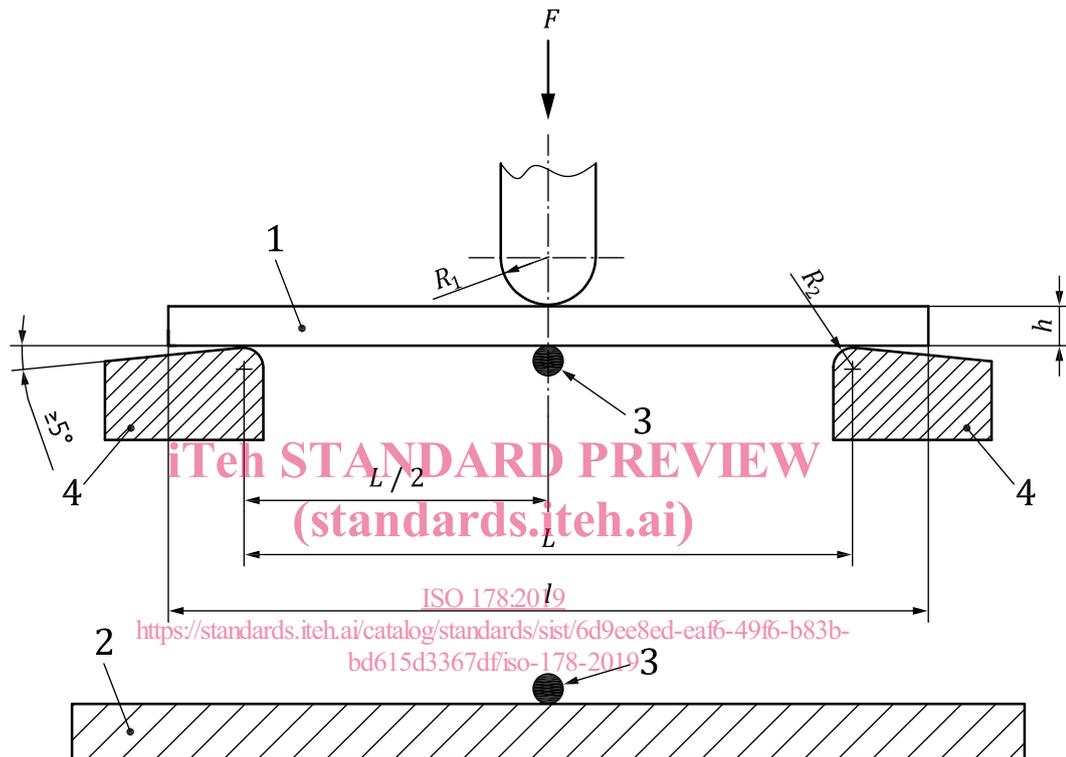
5.4 Systèmes de mesurage de charge et de flèche

5.4.1 Remarques introductives

Selon les exigences spécifiques sur les données à obtenir, les essais de flexion peuvent être divisés en plusieurs classes qui comprennent une complexité différente et différentes exigences en matière d'exactitude. Pour commencer, des essais simples sont effectués pour obtenir la résistance en flexion uniquement d'une part. D'autre part, cela nécessite l'utilisation d'un déflectomètre afin d'obtenir la flèche exacte sans effets de complaisance de la machine. La complaisance des machines d'essai de flexion a différentes sources possibles (jeu et déformations sur les dispositifs, déformations sur le train de charge et déformations de la cellule de charge). La détermination précise et fidèle de la flèche est particulièrement importante pour la détermination du module de flexion pour laquelle l'utilisation d'un déplacement non corrigé de la traverse n'est pas appropriée. Pour une détermination répétable des résultats du module de flexion, une correction de la complaisance doit être appliquée ou, de préférence, un déflectomètre doit être utilisé.

5.4.2 Définition des exigences de précision et d'exactitude

Le [Tableau 2](#) définit les objectifs des essais en ordre croissant de la complexité des essais et le besoin associé en exactitude. Une bonne précision sans exactitude absolue comme les essais de type III peut être suffisante dans de nombreux environnements de contrôle qualité lorsque les propriétés doivent être surveillées uniquement sur des périodes de temps. Des résultats exacts, c'est-à-dire justes et précis, tel qu'indiqué pour les essais de type IV, sont nécessaires si les résultats doivent être comparés entre laboratoires. Différents types de mesurages de flèche et différentes exigences en matière d'exactitude pour le mesurage de la flèche sont donc définis sur la base des besoins de précision et de fidélité des résultats d'essai.



Légende

1	éprouvette	h	épaisseur de l'éprouvette
2	plaque de base du support	F	force appliquée
3	position du déflectomètre	l	longueur de l'éprouvette
4	supports	L	portée entre supports
R_1	rayon du poinçon de charge	R_2	rayon des supports

Figure 2 — Position de l'éprouvette et du déflectomètre au début de l'essai

Tableau 2 — Types d'essai et exigences pour l'étalonnage

Types (I-IV)				
d'essai en ordre croissant de complexité et d'exigences en exactitude				
Objectif exigé des essais	Contrainte/ résistance unique- ment	Contrainte/ résistance/ déformations > 1 %	Contrainte/ résistance/ déformations/ module répétable et précis	Contrainte/ résistance/ déformations/ module exact
Propriété	I	II	III	IV
σ_{fB}	×	×	×	×
σ_{fM}	×	×	×	×
σ_{fC}		×	×	×
S_C		×	×	×
ϵ_{fB}		×	×	×
ϵ_{fM}		×	×	×
E_f			×	×
Exigence d'étalonnage				
Force	ISO 7500-1, Classe 1			
Mesurage de la flèche	—	ISO 9513, Classe 2	ISO 9513, Classe 2 plus ensemble des conditions en 5.4.3	ISO 9513, Classe 1 plus ensemble des conditions en 5.4.3
Type de mesurage de flèche	—	Déplacement de la traverse	Déplacement de la traverse avec correction de la complaisance	Mesurage direct à l'aide d'un déflectomètre

5.4.3 Mesurage de la flèche

La machine doit être capable d'enregistrer en continu le déplacement de la traverse avec une exactitude conforme à la classe indiquée au Tableau 2 de l'ISO 9513. Cela doit être applicable sur toute la plage de flèches à mesurer. Des systèmes sans contact peuvent être utilisés à condition de satisfaire aux exigences d'exactitude indiquées ci-dessus. Le système de mesurage ne doit pas être influencé par la complaisance de la machine.

Pour la détermination du module en flexion comme indiqué au type IV, le système de mesurage de flèche, conformément à l'ISO 9513 Classe 1, doit être capable de mesurer la variation de la flèche avec une exactitude de 1 % de la valeur correspondante ou mieux, correspondant à $\pm 3,4 \mu\text{m}$, pour une portée entre supports, L , de 64 mm et une épaisseur d'éprouvette, h , de 4,0 mm (voir Figure 3).

Pour les essais de type III, le système de mesurage de flèche, conformément à l'ISO 9513 Classe 2, doit être capable de mesurer la variation de la flèche avec une exactitude de 2 % de la valeur correspondante ou mieux, correspondant à $\pm 6,8 \mu\text{m}$, pour une portée entre supports, L , de 64 mm et une épaisseur d'éprouvette, h , de 4,0 mm.

D'autres portées de supports et épaisseurs d'éprouvette conduisent à des exigences différentes relatives à l'exactitude du système de mesurage de flèche.

Pour la détermination du module de flexion à l'aide du déplacement de traverse tel qu'indiqué au type III, celui-ci doit être corrigé de la complaisance de la machine. Si la machine est équipée de programmes intégrés pour la correction de la complaisance, celles-ci doivent de préférence être appliquées. Si de tels programmes ne sont pas disponibles, le mode opératoire indiqué en Annexe C doit être utilisé.

NOTE L'Annexe C donne également des explications sur les sources possibles de complaisance de la machine.

L'utilisation d'un déflectomètre réduit encore plus les erreurs introduites par la configuration d'essai et est donc recommandée.