

---

---

**Papier et carton — Essais des mandrins —**

Partie 7:

**Détermination du module de flexion par  
la méthode à trois points**

*Paper and board — Testing of cores —*

*Part 7: Determination of flexural modulus by the three-point method*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 11093-7:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/04b85e4d-1111-4f41-90c1-f5b130ea1c3b/iso-11093-7-2011>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11093-7:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/04b85e4d-1111-4f41-90c1-f5b130ea1c3b/iso-11093-7-2011>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2011

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	1
4 <b>Principe</b> .....	1
5 <b>Appareillage</b> .....	2
5.1 <b>Support de l'éprouvette</b> .....	2
5.2 <b>Dispositif de mesure</b> .....	2
5.3 <b>Charge</b> .....	3
6 <b>Éprouvette</b> .....	4
6.1 <b>Échantillonnage</b> .....	4
6.2 <b>Taille des éprouvettes</b> .....	4
6.3 <b>Conditionnement</b> .....	4
7 <b>Mode opératoire</b> .....	4
7.1 <b>Généralités</b> .....	4
7.2 <b>Mise en place des appuis et du dispositif de mesure</b> .....	5
7.3 <b>Application de la charge</b> .....	5
7.4 <b>Détermination</b> .....	5
8 <b>Calcul du module de flexion</b> .....	5
9 <b>Estimation de la force nécessaire</b> .....	6
10 <b>Rapport d'essai</b> .....	6
<b>Bibliographie</b> .....	7

ISO 11093-7:2011  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/04b85e4d-1111-4f41-90c1-f5b130ea1c3b/iso-11093-7-2011>

## Avant-propos

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

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

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

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 11093-7 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 6, *Papiers, cartons et pâtes*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 11093-7:1997), qui a fait l'objet d'une révision technique. Par rapport à l'ISO 11093-7:1997, les modifications suivantes ont été apportées:

- a) adaptation aux règles rédactionnelles relatives aux Normes internationales;
- b) suppression du facteur de Timoshenko et de l'équation correspondante, car l'effet de la structure transversale sur la flèche est si faible avec des mesurages habituels de mandrins de bobines qu'il peut être négligé étant donné la diversité des matériaux rencontrés.

L'ISO 11093 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Papier et carton — Essais des mandrins*:

- *Partie 1: Échantillonnage*
- *Partie 2: Conditionnement des échantillons pour essai*
- *Partie 3: Détermination de la teneur en eau par séchage à l'étuve*
- *Partie 4: Mesurage des dimensions*
- *Partie 5: Détermination des caractéristiques de rotation*
- *Partie 6: Détermination de la résistance à la flexion par la méthode des trois points*
- *Partie 7: Détermination du module de flexion par la méthode à trois points*
- *Partie 8: Détermination de la fréquence propre et du module de flexion par analyse modale expérimentale*
- *Partie 9: Détermination de la résistance à l'écrasement à plat*

# Papier et carton — Essais des mandrins —

## Partie 7:

# Détermination du module de flexion par la méthode à trois points

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11093 spécifie une méthode pour la détermination, par la méthode à trois points, du module de flexion des mandrins cylindriques de papier et carton qui respectent les critères suivants:

- diamètre intérieur: 50 mm à 350 mm;
- épaisseur de paroi minimale: 0,05 fois le diamètre intérieur, mais supérieure ou égale à 10,0 mm;
- longueur minimale du mandrin: 10 fois le diamètre intérieur, mais supérieure ou égale à 1 000 mm.

Si le module de flexion est utilisé pour le calcul de la fréquence propre d'un mandrin de papier, l'ISO 11093-8<sup>[2]</sup> s'applique à la place de la présente partie de l'ISO 11093.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 11093-1, *Papier et carton — Essais des mandrins — Partie 1: Échantillonnage*

ISO 11093-3, *Papier et carton — Essais des mandrins — Partie 3: Détermination de la teneur en eau par séchage à l'étuve*

## 3 Termes et définitions

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

### 3.1

#### module de flexion

*E*

propriété du matériau qui, avec les dimensions du mandrin, caractérise la résistance du mandrin à la traction ou à la déformation par flexion

## 4 Principe

Pour déterminer le module de flexion, un essai de flexion statique est réalisé sur l'éprouvette. L'éprouvette est considérée comme une «poutre» et la théorie classique pour la déformation des «poutres minces» est appliquée. Pendant l'essai, l'éprouvette est maintenue par ses extrémités et soumise transversalement à une charge appliquée par un poids suspendu. Des mesures spéciales sont prises pour éviter une déformation permanente de l'éprouvette et pour garantir la validité des équations utilisées pour le calcul.

Le module de flexion est calculé comme décrit à l'Article 8.

## 5 Appareillage

### 5.1 Support de l'éprouvette

L'éprouvette est maintenue à chaque extrémité par deux rouleaux agencés en V, appelés *appuis inférieurs* (voir Figure 1). L'angle entre les deux rouleaux doit être de  $120^\circ \pm 2^\circ$ . Le diamètre  $a$  des rouleaux doit être de  $(30 \pm 1)$  mm. La largeur  $b$  doit être suffisante pour que l'éprouvette repose sur les surfaces cylindriques des rouleaux. À un angle de  $120^\circ$ , la valeur minimale théorique de  $b$  représente la moitié du diamètre extérieur  $D$  du mandrin.

Dimensions en millimètres

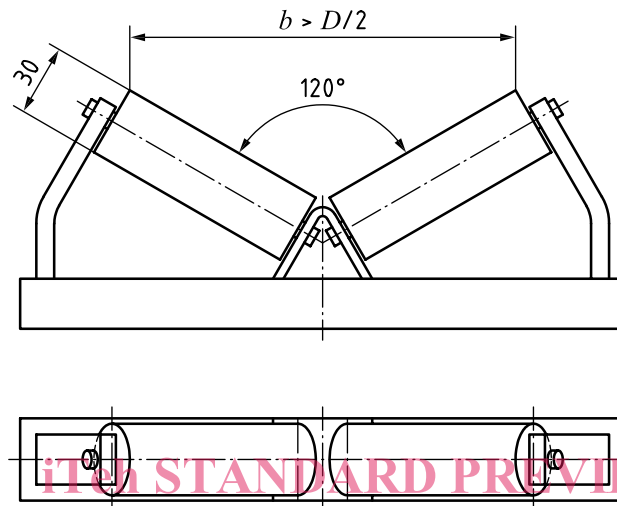


Figure 1 — Schéma des appuis

ISO 11093-7:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/04b85e4d-1111-4f41-90c1-f5b130ea1c3b/iso-11093-7-2011>

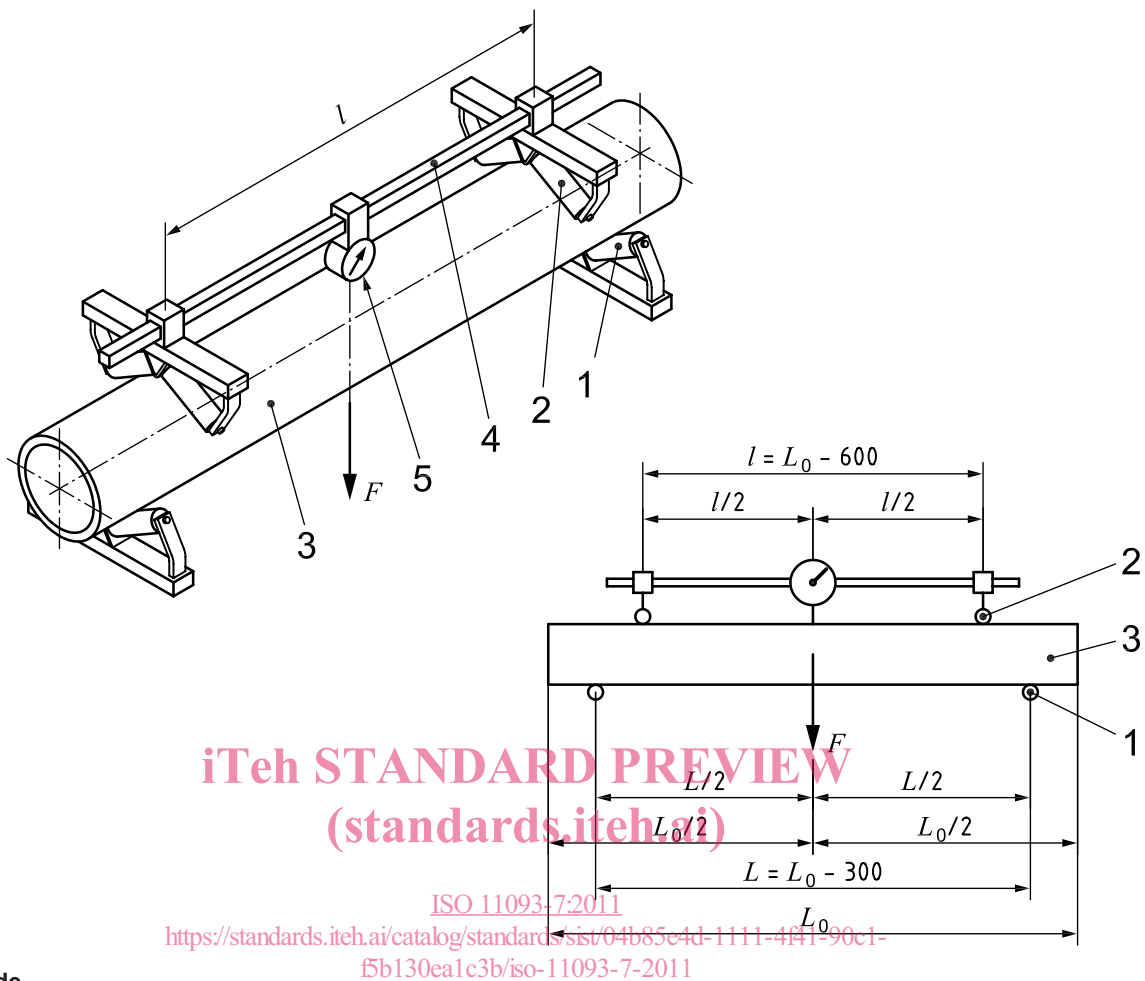
### 5.2 Dispositif de mesure

Le dispositif de mesure est constitué de deux rouleaux disposés en V, appelés *appuis supérieurs*, d'une barre d'appui sur laquelle les appuis supérieurs sont installés et d'un comparateur de déplacement. Les appuis inférieurs et supérieurs sont disposés suivant une symétrie d'image inversée. Le dispositif de mesure est placé sur l'éprouvette.

La variation de la flèche  $f$  de l'éprouvette est mesurée dans la direction de la force appliquée à l'aide du comparateur de déplacement (voir Figure 2).

Si une machine d'essai de matériaux est utilisée pour appliquer la charge (voir 5.3), elle peut également être utilisée pour mesurer la flèche de l'éprouvette. Elle doit avoir une exactitude de  $\pm 0,01$  mm.

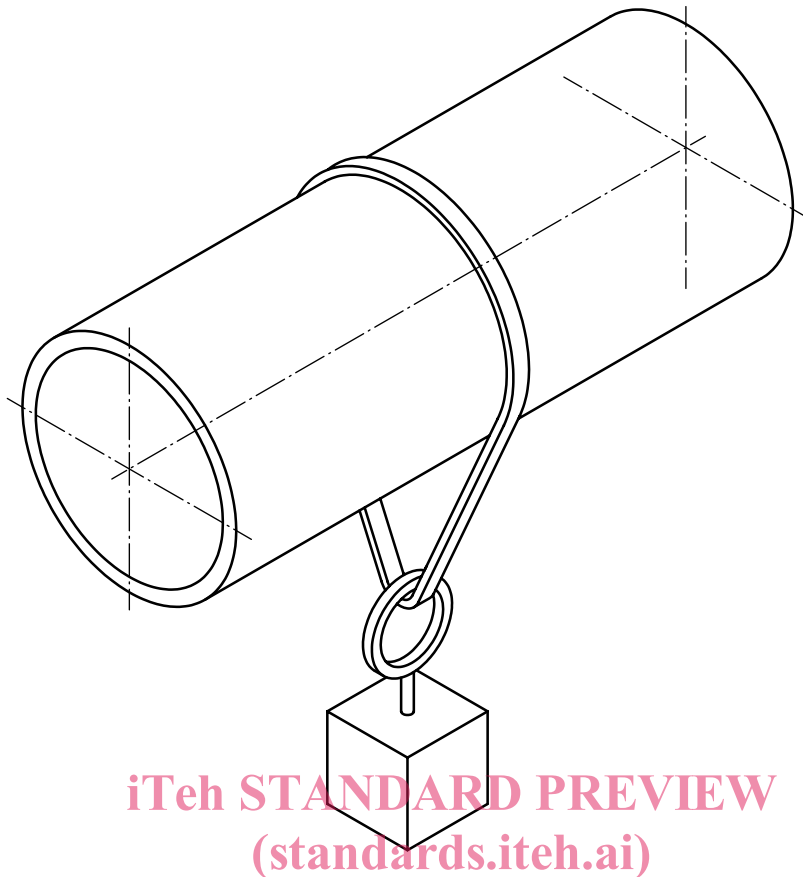
Les tolérances de distance et la force  $F$  sont définies à l'Article 7.

**Légende**

- 1 appui inférieur
- 2 appui supérieur
- 3 éprouvette
- 4 barre d'appui
- 5 comparateur à cadran
- $F$  charge (force)
- $L_0$  longueur de l'éprouvette, longueur du mandrin de papier
- $L$  distance centre à centre des appuis inférieurs
- $l$  distance centre à centre des appuis supérieurs

**Figure 2 — Schéma du dispositif de mesure****5.3 Charge**

L'importance de la charge à utiliser dans l'essai peut être estimée à l'aide de l'Équation (2). La charge  $F$  est appliquée à l'éprouvette par des poids suspendus à une courroie. La largeur de la courroie doit être d'environ 50 mm (voir Figure 3). La courroie doit présenter une ouverture afin de permettre au comparateur de déplacement de reposer sur l'éprouvette.



**Figure 3 — Schéma du système de mise en charge**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/04b85e4d-1111-4f41-90c1-1b1c1d1e1f1g>

La charge peut également être appliquée par une machine d'essai permettant d'appliquer la charge à une vitesse de déplacement de  $(10 \pm 0,1)$  mm/min et de mesurer la charge avec une exactitude de  $\pm 0,1$  N.

## 6 Éprouvette

### 6.1 Échantillonnage

Les échantillons doivent être prélevés conformément à l'ISO 11093-1.

### 6.2 Taille des éprouvettes

Préparer au moins cinq éprouvettes de façon que leur longueur  $L_0$  corresponde à 10 fois le diamètre interne du mandrin de papier ou de carton. Si la longueur calculée est inférieure à 1 000 mm, la longueur de l'éprouvette doit être de  $(1\ 000 \pm 2)$  mm.

### 6.3 Conditionnement

Dans la pratique, l'éprouvette doit être séchée de sorte que sa teneur en eau mesurée conformément à l'ISO 11093-3 soit égale à celle spécifiée pour le lot.

## 7 Mode opératoire

### 7.1 Généralités

Effectuer l'essai dans les mêmes conditions atmosphériques que celles utilisées pour le conditionnement de l'éprouvette.



Le diamètre extérieur  $D$  et le diamètre intérieur  $d$  du mandrin doivent être déterminés avec une exactitude de  $\pm 0,1$  mm.

## 7.2 Mise en place des appuis et du dispositif de mesure

La longueur de l'éprouvette  $L_0$  doit être déterminée avec une exactitude de  $\pm 1$  mm. L'éprouvette doit être centrée sur les appuis inférieurs avec une tolérance de  $\pm 2$  mm.

Placer les appuis inférieurs de sorte que leur distance centre à centre  $L$  soit inférieure de 300 mm à la longueur de l'éprouvette  $L_0$  et placer les appuis supérieurs de sorte que leur distance centre à centre  $l$  soit inférieure de 600 mm à la longueur de l'éprouvette, chaque distance étant mesurée avec une exactitude de  $\pm 2$  mm.

Les centres des appuis inférieurs et supérieurs et les positions du comparateur de déplacement ainsi que l'application de la force dans le sens de l'axe de l'éprouvette doivent être centrés par rapport au centre de l'éprouvette avec une exactitude de  $\pm 2$  mm.

Le comparateur de déplacement est positionné au centre de l'éprouvette. Le comparateur de déplacement est fixé verticalement sur une barre d'appui. La flèche est mesurée sur le côté supérieur de l'éprouvette.

## 7.3 Application de la charge

Appliquer la charge  $F$  à l'aide d'un poids approprié suspendu à une courroie placée au centre de la longueur de mesure  $L$  de l'éprouvette (voir Figure 3). Le poids suspendu doit être appliqué lentement.

La charge peut aussi être appliquée par une machine d'essai. La vitesse de charge (vitesse d'avance) doit être de 10 mm/min.

La charge doit être positionnée de sorte que la flèche  $f$  se situe entre 0,20 mm et 0,70 mm (voir Article 9).

## 7.4 Détermination

Si la charge est appliquée par un poids suspendu, en moins de 2 s après l'application de la charge, la flèche enregistrée par le comparateur de déplacement doit être lue. Si la charge est appliquée par une machine d'essai, déterminer la charge requise pour produire une flèche  $f$  comprise entre 0,20 mm et 0,70 mm. En appliquant les valeurs  $F$ ,  $L$ ,  $l$  et  $f$  utilisées dans l'Équation (1), le module de flexion doit être calculé pour chaque éprouvette.

Répéter les opérations 7.2 à 7.4 pour les éprouvettes supplémentaires.

## 8 Calcul du module de flexion

Le module de flexion  $E$ , ou module de Young, est calculé conformément à l'Équation (1) qui est développée à partir de la théorie de la flexion pour les poutres minces.

$$E = \frac{2Fl^2(3L-l)}{3\pi f(D^4-d^4)} \quad (1)$$

où

- $F$  est la charge transversale appliquée sur l'éprouvette, exprimée en newtons; la charge doit être positionnée de façon que la flèche  $f$  se situe entre 0,20 mm et 0,70 mm;
- $L$  est la distance de centre à centre des appuis inférieurs, exprimée en millimètres;
- $l$  est la distance de centre à centre des appuis supérieurs, exprimée en millimètres;
- $f$  est la différence, exprimée en millimètres, entre les flèches avec et sans charge, mesurées dans le sens de la charge appliquée;
- $D$  est le diamètre extérieur du mandrin, exprimé en millimètres;
- $d$  est le diamètre intérieur du mandrin, exprimé en millimètres.