
**Plastiques — Détermination des
propriétés mécaniques dynamiques —
Partie 2:
Méthode au pendule de torsion**

Plastics — Determination of dynamic mechanical properties —

Part 2: Torsion-pendulum method
**iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)**

ISO 6721-2:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/14fb7aaa-d6db-435b-a663-e488f29f1e08/iso-6721-2-2019>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 6721-2:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/14fb7aaa-d6db-435b-a663-e488f29f1e08/iso-6721-2-2019>



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	1
4 Principe	1
5 Appareillage	3
5.1 Pendule.....	3
5.2 Corps d'inertie.....	4
5.2.1 Généralités.....	4
5.2.2 Méthode A (voir la Figure 1).....	4
5.2.3 Méthode B (voir la Figure 2).....	4
5.3 Brides.....	4
5.4 Dispositif générateur d'oscillations.....	4
5.5 Équipement pour l'enregistrement de la fréquence et de l'amplitude des oscillations.....	4
5.6 Enceinte thermostatée.....	5
5.7 Alimentation en gaz.....	5
5.8 Dispositif pour le mesurage de la température.....	5
5.9 Dispositifs pour le mesurage des dimensions des éprouvettes.....	5
6 Éprouvettes	5
6.1 Généralités.....	5
6.2 Forme et dimensions.....	5
6.3 Préparation.....	5
7 Nombre d'éprouvettes	5
8 Conditionnement	5
9 Mode opératoire	6
9.1 Atmosphère d'essai.....	6
9.2 Mesurage de la section transversale de l'éprouvette.....	6
9.3 Montage des éprouvettes.....	6
9.4 Variation de la température.....	6
9.5 Réalisation de l'essai.....	6
10 Expression des résultats	6
10.1 Symboles et facteurs de correction.....	6
10.2 Calcul du décrement logarithmique, Λ	7
10.3 Calcul du module de conservation en torsion, G'_{to}	9
10.4 Calcul du module de perte en torsion, G''_{to}	9
11 Fidélité	9
12 Rapport d'essai	10
Annexe A (normative) Influence de la force longitudinale, W	11
Annexe B (informative) Facteur de correction d'amortissement, F_d	12
Annexe C (informative) Facteur de correction dimensionnel, F_c	13
Bibliographie	14

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 5, *Propriétés physicochimiques*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 6721-2:2008), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- révision éditoriale du document;
- modification de références normatives en références non datées.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 6721 est disponible sur le site web de l'ISO.

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

Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques —

Partie 2: Méthode au pendule de torsion

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie deux méthodes (A et B) pour la détermination des propriétés mécaniques dynamiques linéaires des plastiques, c'est-à-dire des composantes de conservation et de perte du module en torsion en fonction de la température, pour de petites déformations dans la gamme de fréquences allant de 0,1 Hz à 10 Hz.

NOTE La dépendance thermique de ces propriétés, mesurée sur une gamme de températures suffisamment large (par exemple de -50 °C à $+150\text{ °C}$ pour la plupart des plastiques disponibles dans le commerce), donne des informations sur les zones de transition (par exemple transition vitreuse ou fusion) d'un polymère. Elle donne aussi une information au sujet du début de l'écoulement d'un plastique.

Les deux méthodes décrites ici ne sont pas applicables aux stratifiés asymétriques (voir l'ISO 6721-3). Ces méthodes ne conviennent pas non plus pour l'essai des caoutchoucs, qui sont traités dans l'ISO 4664-2.

(standards.iteh.ai)

2 Références normatives

ISO 6721-2:2019

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 6721-1, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 1: Principes généraux*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 6721-1 s'appliquent.

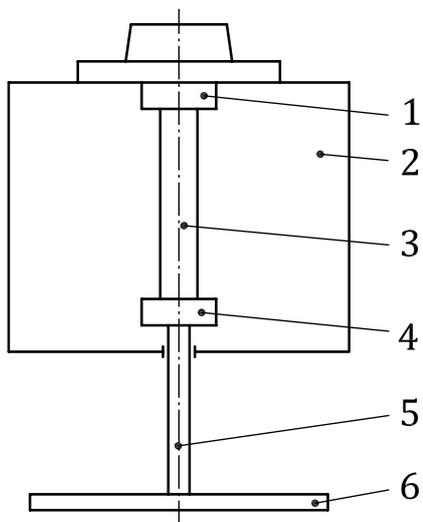
L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

4 Principe

Une éprouvette de section transversale uniforme est fixée à l'aide de deux brides, dont l'une est fixe et l'autre reliée à un disque, qui fait office de corps d'inertie, au moyen d'une tige. L'extrémité de l'éprouvette qui est reliée au disque est excitée, en même temps que le disque, pour exécuter des oscillations en torsion à amortissement libre. Le mode d'oscillation correspond au mode IV dans l'ISO 6721-1, et le type de module est G_{t0} , comme défini dans l'ISO 6721-1.

Le corps d'inertie est suspendu à l'éprouvette (méthode A, voir la [Figure 1](#)) ou à un fil (méthode B, voir la [Figure 2](#)). Dans ce dernier cas, le fil fait également partie du système oscillant élastique.

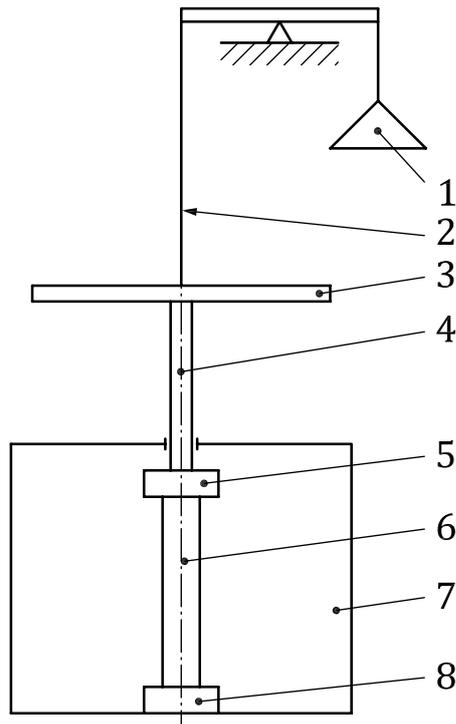


Légende

- | | | | |
|---|-------------------------|---|---------------------------|
| 1 | bride supérieure (fixe) | 4 | bride inférieure (mobile) |
| 2 | enceinte thermostatée | 5 | tige |
| 3 | éprouvette | 6 | corps d'inertie |

Figure 1 — Appareillage pour la méthode A
(standards.iteh.ai)

ISO 6721-2:2019
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/14fb7aaa-d6db-435b-a663-e488f29f1e08/iso-6721-2-2019>



Légende

- 1 contrepois
- 2 fil
- 3 corps d'inertie
- 4 tige

- iTeh STANDARD PREVIEW**
(standards.iteh.ai)
- 5 bride supérieure (mobile)
 - 6 éprouvette
 - 7 enceinte thermostatée
 - 8 bride inférieure (fixe)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/14fb7aaa-d6db-435b-a663-c88f209e08fc/iso-6721-2-2019>

Figure 2 — Appareillage pour la méthode B

Durant une séquence de températures, le corps d'inertie peut rester inchangé (il en résulte une fréquence décroissant naturellement en fonction de l'accroissement de la température) ou il peut être remplacé à des intervalles de temps adéquats par un corps d'inertie ayant un moment d'inertie différent, afin de maintenir une fréquence approximativement constante.

Pendant l'essai, la fréquence et l'amplitude d'amortissement sont mesurées. La composante de conservation G'_{t_0} et la composante de perte G''_{t_0} du module complexe en torsion $G^*_{t_0}$ peuvent être calculées à partir de ces grandeurs.

5 Appareillage

5.1 Pendule

Deux types de pendules de torsion sont spécifiés pour l'utilisation avec le présent document:

- a) le corps d'inertie est suspendu à l'éprouvette et l'extrémité basse de l'éprouvette est excitée (méthode A, [Figure 1](#));
- b) le corps d'inertie est suspendu à un fil relié à un contrepois et l'extrémité supérieure de l'éprouvette est excitée (méthode B, [Figure 2](#)).

Les deux types de pendules de torsion consistent en un corps d'inertie, deux brides pour fixer l'éprouvette (dont l'une est reliée au corps d'inertie par l'intermédiaire d'une tige) et une enceinte thermostatée contenant l'éprouvette et les brides. Pour la méthode B, un contrepois et un fil sont également nécessaires.

5.2 Corps d'inertie

5.2.1 Généralités

Le moment d'inertie, I , du corps d'inertie, qui peut être en aluminium par exemple, doit être sélectionné en fonction de la rigidité en torsion de l'éprouvette, de façon que la fréquence naturelle du système dépendant de la température soit située approximativement entre 0,1 Hz et 10 Hz.

Pour l'essai d'éprouvettes normalisées (voir 6.2), un moment d'inertie, I , d'environ 3×10^{-5} kg·m² est recommandé s'il est prévu d'utiliser le même corps d'inertie tout au long de la séquence.

NOTE Pour certains matériaux, par exemple des polymères chargés, une valeur de I d'environ 3×10^{-5} kg·m² peut être nécessaire.

Si une fréquence constante, dans un large domaine de températures, est souhaitée, des corps d'inertie interchangeables avec différentes valeurs de I peuvent être utilisés, de façon à permettre une variation par paliers du moment d'inertie de moins de 20 %, ce qui équivaut à une correspondance par paliers de la fréquence de moins de 10 %. Pour l'essai avec des éprouvettes normalisées (voir 6.2) à une fréquence d'environ 1 Hz, un moment d'inertie maximal d'environ 3×10^{-3} kg·m² est recommandé.

5.2.2 Méthode A (voir la Figure 1)

La masse totale du corps d'inertie, de la bride inférieure et de la tige de liaison doit être telle que la masse W supportée par l'éprouvette ne soit pas trop élevée [selon l'Annexe A, Formule (A.2)].

5.2.3 Méthode B (voir la Figure 2)

La masse totale du corps d'inertie, de la bride supérieure et de la tige doit être compensée à l'aide d'un contrepoids convenable, de façon à minimiser la force longitudinale, W , exercée sur l'éprouvette [selon l'Annexe A, Formule (A.2)]. Le fil supportant ces éléments fait partie du système oscillant élastique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/14fb7aaa-d6db-435b-a663-e488f29f1e08/iso-6721-2-2019>

5.3 Brides

Les brides doivent être conçues de façon à prévenir tout mouvement dans la zone bridée des éprouvettes. Elles doivent être à alignement automatique pour s'assurer que l'axe de l'éprouvette reste aligné avec l'axe de rotation et que l'éprouvette reste correctement fixée sur toute la gamme de températures, sans distorsion, ce qui permet de déterminer précisément la longueur libre de l'éprouvette.

La bride mobile doit avoir une masse faible.

Le moment d'inertie de tout le système (composé de la bride mobile, du corps d'inertie et de la tige de liaison) doit être déterminé expérimentalement.

Afin d'éviter la conduction de la chaleur de l'éprouvette vers l'entourage de l'enceinte thermostatée et vice versa, la tige de liaison, la bride mobile et le corps d'inertie doivent être des isolants thermiques.

5.4 Dispositif générateur d'oscillations

Le dispositif générateur d'oscillations doit permettre d'appliquer au pendule une pulsation en torsion avec un angle de torsion ne dépassant pas 1,5° dans chaque direction pour les matériaux courants ou ne dépassant pas 3° dans chaque direction pour les matériaux à faible module (tels que les élastomères).

5.5 Équipement pour l'enregistrement de la fréquence et de l'amplitude des oscillations

Des systèmes d'enregistrement optiques, électriques ou autres peuvent être utilisés à condition qu'ils n'influencent pas de manière significative le système oscillant. L'équipement entier pour le mesurage de la fréquence et de l'amplitude des oscillations doit être précis à ± 1 % près (± 5 % près dans la zone de transition).

5.6 Enceinte thermostatée

Selon l'ISO 6721-1.

5.7 Alimentation en gaz

Selon l'ISO 6721-1.

5.8 Dispositif pour le mesurage de la température

Selon l'ISO 6721-1.

5.9 Dispositifs pour le mesurage des dimensions des éprouvettes

Selon l'ISO 6721-1.

6 Éprouvettes

6.1 Généralités

Selon l'ISO 6721-1.

6.2 Forme et dimensions

Il est recommandé d'utiliser des éprouvettes rectangulaires ayant les dimensions suivantes:

longueur libre, L : de 40 mm à 120 mm, de préférence 50 mm

largeur, b : de 5 mm à 11 mm, de préférence 10 mm

épaisseur, h : de 0,13 mm à 2 mm, de préférence 1 mm

Les éprouvettes à section transversale rectangulaire dont la valeur de l'épaisseur et/ou de la largeur varie de plus de 3 % le long de l'axe principal de l'éprouvette par rapport à la valeur moyenne doivent être éliminées. Pour comparer des éprouvettes en différents matériaux, les dimensions des éprouvettes doivent être identiques. Il convient de choisir les dimensions d'éprouvette différentes de celles recommandées (50 mm × 10 mm × 1 mm) de façon qu'une similitude géométrique par rapport à la forme de l'éprouvette recommandée soit assurée.

Des variantes de formes d'éprouvettes peuvent être utilisées (par exemple forme cylindrique ou tubulaire); dans ce cas, les dimensions et les tolérances doivent faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

6.3 Préparation

Selon l'ISO 6721-1.

7 Nombre d'éprouvettes

Selon l'ISO 6721-1.

8 Conditionnement

Selon l'ISO 6721-1.

Si un conditionnement mécanique de l'éprouvette est requis, l'éprouvette doit être soumise à une torsion d'un angle supérieur à 5°, mais inférieur à 90° dans les deux directions par rapport à l'axe de l'essai de torsion avec retour à la position normale.

9 Mode opératoire

9.1 Atmosphère d'essai

Selon l'ISO 6721-1.

9.2 Mesurage de la section transversale de l'éprouvette

Selon l'ISO 6721-1.

9.3 Montage des éprouvettes

Fixer l'éprouvette entre les brides supérieure et inférieure. L'axe longitudinal de l'éprouvette doit coïncider avec l'axe de rotation du système oscillant. Un mauvais alignement de l'éprouvette peut occasionner des oscillations latérales qui interféreront avec le processus normal d'oscillation.

Après le bridage de l'éprouvette, mesurer la distance entre les brides (longueur libre L) à $\pm 0,5$ % près. Après le montage du système oscillant dans l'enceinte, vérifier que l'éprouvette n'est pas soumise à une contrainte.

Après avoir assemblé le système oscillant à l'éprouvette et avoir vérifié leur alignement, mettre en route le chauffage ou le refroidissement (voir [9.4](#)).

iTeh STANDARD PREVIEW
standards.iteh.ai

9.4 Variation de la température

ISO 6721-2:2019

Selon l'ISO 6721-1.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/14fb7aaa-d6db-435b-a663-e488f29f1e08/iso-6721-2-2019>

9.5 Réalisation de l'essai

Provoquer les oscillations libres par torsion du pendule ([5.1](#)) au moyen du dispositif générateur d'oscillations ([5.4](#)).

Enregistrer la fréquence d'oscillation et l'amplitude d'oscillation pendant qu'elle décroît.

S'assurer que la décroissance de l'amplitude n'est due ni au frottement entre les parties mobiles et fixes de l'appareillage, ni à un comportement non linéaire du matériau soumis à essai (voir l'ISO 6721-1).

Dans le cas d'une fréquence maintenue fixe pendant une séquence de températures, s'assurer que le corps d'inertie est remplacé à chaque fois que nécessaire.

10 Expression des résultats

10.1 Symboles et facteurs de correction

b largeur, en mètres, d'une éprouvette rectangulaire

h épaisseur, en mètres, d'une éprouvette rectangulaire

L longueur libre, en mètres, de l'éprouvette

I moment d'inertie, exprimé en kilogrammes mètres carrés ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$), du corps d'inertie (en incluant, le cas échéant, la bride mobile et la tige de liaison)

- f_d fréquence, en hertz, du système oscillant amorti
- f_0 fréquence, en hertz, du pendule utilisé dans la méthode B, sans l'éprouvette
- Λ décrétement logarithmique des oscillations amorties du pendule, avec l'éprouvette
- Λ_0 décrétement logarithmique des oscillations amorties du pendule utilisé dans la méthode B, sans l'éprouvette
- F_g facteur dimensionnel, exprimé en mètres à la puissance moins trois (m^{-3}), pour une éprouvette
- Pour des éprouvettes ayant une section transversale rectangulaire: X_0

$$F_g = 3L / bh^3 F_c \quad (1)$$

où F_c est le facteur de correction dimensionnel.

Si $0 \leq h/b \leq 0,6$

$$F_c = 1 - 0,63h/b \quad (2)$$

Si $0,6 \leq h/b \leq 1$

$$F_c = 0,843 / \left(1 + h^2/b^2\right) \quad (3)$$

Pour des éprouvettes ayant une section transversale circulaire:

$$F_g = 32L / \pi d^4 \quad (4)$$

où d est le diamètre, en mètres, de l'éprouvette

F_d facteur de correction d'amortissement, donné par la formule

$$F_d = 1 - (\Lambda / 2\pi)^2 \quad (5)$$

G'_{to} module de conservation en torsion, en pascals, de l'éprouvette

G''_{to} module de perte en torsion, en pascals, de l'éprouvette

NOTE 1 Les [Équations \(2\)](#) et [\(3\)](#) sont seulement approximativement justes, l'erreur maximale étant de 0,9 % (voir l'[Annexe C](#)).

NOTE 2 Le facteur dimensionnel ne contient pas les corrections de la longueur concernant les effets de bridage. En conséquence, seuls des mesurages réalisés avec des rapports identiques entre l'épaisseur, la largeur et la longueur de l'éprouvette donnent précisément des résultats comparables (voir l'ISO 6721-1).

10.2 Calcul du décrétement logarithmique, Λ

Le décrétement logarithmique, Λ , peut être calculé à l'aide de la [Formule \(6\)](#):

$$\Lambda = \ln(X_q / X_{q+1}) \quad (6)$$

où X_q et X_{q+1} sont les amplitudes de deux oscillations successives dans la même direction (voir l'ISO 6721-1).