



Plastiques — Détermination des propriétés d'amortissement et du module complexe, au moyen de vibration en flexion

Plastics — Determination of damping properties and complex modulus by bending vibration

Première édition — 1983-09-15

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6721:1983

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1365dfc3-e650-4001-8f1b-b01656f73567/iso-6721-1983>



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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 6721 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, et a été soumise aux comités membres en mai 1982.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Finlande	Roumanie
Allemagne, R.F.	France	Suède
Belgique	Hongrie	Suisse
Bésil	Inde	Tanzanie
Canada	Iran	Tchécoslovaquie
Chine	Israël	URSS
Corée, Rép. de	Italie	USA
Égypte, Rép. arabe d'	Japon	
Espagne	Pologne	

Le comité membre du pays suivant l'a désapprouvée pour des raisons techniques :

Royaume-Uni

Plastiques — Détermination des propriétés d'amortissement et du module complexe, au moyen de vibration en flexion

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode de détermination des propriétés d'amortissement et du module complexe des plastiques homogènes et stratifiés, spécialement destinés à l'isolation acoustique, par exemple plaque métallique recouverte d'une couche de plastique amortissant, ou sandwich constitué de deux parements métalliques avec une âme en plastique.†

Pour de nombreux problèmes pratiques, il est utile de déterminer ces propriétés en fonction de la température.

D'autres méthodes pour la détermination des propriétés d'amortissement sont décrites dans l'ISO 537 et l'ISO 2856.

2 Références

ISO 537, *Plastiques — Essai au pendule de torsion*.

ISO 2856, *Élastomères — Spécifications générales pour essais dynamiques*.

3 Définitions

3.1 module complexe, $E^* = E' + i E''$: Le rapport contrainte-déformation d'un matériau visco-élastique soumis à une charge sinusoïdale (pulsation $\omega = 2\pi f$). La définition de E^* tient compte du déphasage entre la contrainte et la déformation.

3.2 module de conservation, E' : La partie réelle du module complexe; il peut être considéré comme une mesure de l'énergie accumulée et recouvrée durant un cycle de charge.

3.3 module de perte, E'' : La partie imaginaire du module complexe; il peut être considéré comme une mesure de la perte (dissipation) d'énergie durant un cycle de charge.

3.4 facteur de perte, d ; coefficient de perte, $\tan \delta$: La tangente de l'angle de déphasage δ entre la contrainte et la déformation; il est donné par le quotient $\tan \delta = E''/E'$. On utilise habituellement $d = \tan \delta$ comme une mesure de l'amortissement d'un système soumis à des vibrations forcées.

3.5 courbe de résonance: Courbe indiquant la corrélation avec la fréquence de l'amplitude d'un système amorti soumis à des vibrations forcées.

3.6 fréquence de résonance, $f_R = f_{\max}$: La fréquence pour l'amplitude maximale de la courbe de résonance; f_R est proportionnelle à la racine carrée du module de conservation E' d'un système visco-élastique.

3.7 largeur à mi-hauteur de la courbe de résonance, Δf : Grandeur mesurée aux amplitudes $A = (1/\sqrt{2})A_R = 0,707 A_R$ de la courbe de résonance, où A_R est l'amplitude de résonance. Δf est reliée au facteur de perte d par l'équation $d = \Delta f/f_R$.

4 Principe

L'essai est effectué sur des éprouvettes en forme de barre ou de bande, qui sont soit disposées verticalement, l'extrémité supérieure étant encastrée et l'extrémité inférieure étant libre, soit supportées horizontalement par des fils fins placés en deux nœuds de vibration. L'éprouvette est soumise à des vibrations forcées, dans une gamme de fréquences comprises entre 100 et 1 000 Hz environ. À partir de la courbe de résonance (voir 3.5) obtenue par cet essai, le module de conservation E' (voir 3.2) est calculé dans la gamme d'à peu près 5×10^{-1} à 2×10^{-5} MPa et le facteur de perte d (3.4) dans la gamme d'à peu près 1×10^{-2} à 1×10^{-1} .

5 Appareillage

5.1 Dispositifs étalonnés, pour mesurer les dimensions et la densité.

† Pour information supplémentaire à ce sujet, voir:

[1] OBERST, H. et FRANKENFELD, K., *Acustica* 2, AB 181 (1952).

[2] SCHWARZL, F., *Acustica* 8, 164 (1958).

[3] OBERST, H., *Phil. Trans. R. Soc. London Ser. A* 263, 441 (1968).

5.2 Dispositif d'encastrement ou de support, pour l'éprouvette.

5.3 Deux transducteurs électromécaniques, l'un pour l'excitation des vibrations et l'autre pour la réception des vibrations.

5.4 Équipement électronique, comportant un générateur de fréquence, un dispositif convenable pour amplifier et mesurer l'amplitude de vibration de l'éprouvette, un dispositif de mesure de fréquence, un enregistreur pour tracer la courbe de résonance et un oscillographe pour contrôler la forme de la vibration.

5.5 Enceinte thermostatée, contenant le dispositif d'encastrement ou le dispositif de support, l'éprouvette et les transducteurs électromécaniques.

La figure 1 représente un schéma d'appareillage d'essai avec l'éprouvette encastrée à une extrémité [figure a)] et avec l'éprouvette supportée en deux nœuds de vibration par des fils fins textiles [figure b)]. Dans le cas de l'éprouvette encastrée, toutes les pièces de l'appareil doivent être suffisamment rigides et serrées de façon que soient exclues des erreurs dues à des vibrations des pièces et qu'il ne puisse se produire un amortissement complémentaire dans le dispositif d'encastrement. Pour les essais de matériaux stratifiés, il est souvent nécessaire d'enlever la couche de plastique de la feuille d'acier dans la zone d'encastrement.

6 Éprouvettes

6.1 Préparation

Les éprouvettes (barres ou lames, homogènes ou stratifiées) doivent présenter un écoulement plastique négligeable à l'intérieur de la plage de températures des mesures. Les éprouvettes des plastiques homogènes peuvent être faites de plaques moulées, ou extrudées, ou coulées par usinage ou par découpage à l'emporte-pièce, ou peuvent être directement coulées. Il faut prendre des précautions particulières afin d'éviter une éventuelle anisotropie et des possibles contraintes internes. Des petites plaques d'acier, minces et suffisamment légères, doivent être collées sur les éprouvettes, au voisinage des extrémités, afin de permettre l'excitation et la réception des vibrations au moyen de transducteurs électromécaniques. Pour éviter des erreurs supérieures à 4 % sur E' , il faut maintenir au-dessous de 1 % le rapport de la masse ajoutée à la masse de l'éprouvette. Pour éviter que les plaques d'acier accroissent la rigidité, il faut qu'elles ne s'étendent pas sur plus de 2 % de la longueur de l'éprouvette. La distance entre les plaques d'acier doit être suffisamment grande pour éviter des interférences entre l'excitateur et le récepteur. Les éprouvettes à plusieurs couches doivent être fabriquées en fonction des épaisseurs et par des techniques de production envisagées en vue d'application. Par exemple, pour un matériau plastique sur une feuille d'acier, la couche de plastique peut être déposée sur le métal par pulvérisation, masticage ou collage.

6.2 Forme et dimensions

L'épaisseur des éprouvettes doit être assez grande pour que la rigidité à la flexion soit seule déterminante pour le comportement vibratoire. D'autre part, l'épaisseur doit être suffisamment faible par rapport à la longueur d'onde de flexion. L'épaisseur de l'éprouvette peut aussi être limitée par des considérations de déformation de cisaillement et d'inertie de rotation, lorsqu'on exige des valeurs précises de E' . Il faudrait éviter des rapports longueur/épaisseur inférieurs à 50, lorsqu'on exige des valeurs E' avec une précision de 5 %, des mesures dans le rang des modes 6 et au-delà, pour des éprouvettes homogènes et isotropes.

L'épaisseur des couches d'un matériau multicouches dépend de l'application technique du système. Quand on compare différents systèmes par l'essai de vibration en flexion, il faudrait préférer 0,2 comme rapport de masse entre la couche de plastique et la feuille de métal. La largeur de l'éprouvette doit être inférieure à la moitié de la longueur d'onde, afin d'éviter des vibrations transversales de résonance. Dans la plupart des cas, une largeur de $10 \pm 0,1$ mm peut convenir. La longueur des éprouvettes dépend de la fréquence souhaitée. Pour les éprouvettes encastrées à une extrémité, la longueur doit être suffisamment grande pour éviter une influence sensible du dispositif d'encastrement sur les vibrations. La plupart du temps, une longueur de $180 \pm 0,5$ mm conviendra. Si l'éprouvette n'est pas encastrée à une extrémité, la longueur libre de l'éprouvette doit être de $150 \pm 0,5$ mm.

6.3 Nombre d'éprouvettes

Au moins deux éprouvettes de dimensions identiques doivent être essayées.

7 Mode opératoire

7.1 Éprouvette encastrée à une extrémité

Cette disposition est souhaitable pour l'essai d'éprouvettes de la plupart des plastiques, y compris les matériaux relativement souples.

Déterminer la masse volumique ρ et l'épaisseur h de l'éprouvette avec une précision de $\pm 0,5$ %, en utilisant les dispositifs étalonnés (5.1). Mesurer h en cinq points situés à des écarts à peu près égaux le long de l'axe principal de l'éprouvette. Si l'épaisseur, en l'un de ces points, diffère de la valeur moyenne de plus de 0,05 mm, l'éprouvette ne doit pas être normalement utilisée.

Si l'essai d'un échantillon d'épaisseur uniforme, issu d'un objet fini est impossible, l'essai peut toutefois être effectué. Seul le facteur de perte peut alors être déterminé.

Encastrer l'éprouvette de telle façon que l'effort d'encastrement soit suffisamment grand pour éviter, dans la mesure du possible, un amortissement complémentaire par frottement entre l'éprouvette et le dispositif d'encastrement (5.2). Mesurer la longueur libre l de l'éprouvette avec une précision de $\pm 0,2$ % ($\pm 0,3$ mm pour $l = 150$ mm).

Ajuster les systèmes de réception et d'excitation aussi près que possible de l'éprouvette, mais assez loin d'elle pour éviter une influence notable de l'aimant permanent sur les vibrations. Avec l'appareillage d'essai usuel (5.4), la distance recommandée est de 3 mm environ.

Dès que la température souhaitée est atteinte dans l'enceinte (5.5), exciter l'éprouvette en utilisant le générateur de fréquence (voir 5.4) et déterminer l'amplitude maximale (ou l'amplitude efficace) de vibration à l'aide de l'amplificateur et l'enregistreur (voir 5.4). En faisant varier la fréquence, enregistrer la courbe de résonance.

Mesurer l'amplitude A et la fréquence f avec une précision de $\pm 1\%$ et $\pm 0,5$ Hz, respectivement. D'ordinaire, il est possible de déterminer la courbe de résonance dans la gamme allant du rang 1 jusqu'au 6 ou 7 des modes de la vibration. Mais puisque le rang 1 est la plupart du temps perturbé par amortissement externe dans le dispositif d'encastrement et puisque les amplitudes des vibrations des rangs des modes supérieurs décroissent rapidement, on doit choisir des rangs des modes intermédiaires pour les mesures.

Si le facteur de perte et le module doivent être mesurés en fonction de la température, dès que la température désirée a été atteinte, à l'intérieur d'une enceinte thermostatée (voir la figure), cette température doit être maintenue pendant environ 10 min afin que l'ensemble de l'éprouvette atteigne la température désirée. D'un autre côté, la température ne doit pas être maintenue plus de 10 min afin d'éviter la dégradation de la matière essayée.

7.2 Éprouvette à deux extrémités libres

Cet arrangement convient spécialement avec des éprouvettes rigides, de forme stable, par exemple, feuille métallique amortie avec une couche de plastique.

Monter l'éprouvette en des nœuds de vibration, la plupart du temps en des nœuds voisins des extrémités de l'éprouvette. Calculer la distance l_n entre les premiers nœuds et les extrémités de l'éprouvette.

Le quotient de l_n par la longueur l de l'éprouvette est donné, avec une bonne approximation, par les formules

$$\frac{l_n}{l} = 0,224 \quad \text{pour } n = 1$$

et

$$\frac{l_n}{l} = \frac{0,660}{2n + 1} \quad \text{pour } n > 1$$

où n est le numéro de mode de la vibration.

Suspendre l'éprouvette sur un dispositif de support convenable (5.2) par des fils fins (de préférence des fils textiles) aux premiers nœuds de vibration calculés. Effectuer l'opération d'essai comme décrit en 7.1. Répéter l'ensemble du mode opératoire, y compris le montage de l'éprouvette, si la fréquence de résonance à un autre numéro de mode doit être mesurée.

8 Expression des résultats

8.1 Calcul du module de conservation à partir de la fréquence de résonance

Le module de conservation E' est donné par la formule

$$E' = \left(\frac{4 \pi \sqrt{3} \rho l^2}{h} \right)^2 \left(\frac{f_n}{k_n} \right)^2$$

où

ρ est la masse volumique de l'éprouvette;

l est la longueur (libre) de l'éprouvette;

h est l'épaisseur de l'éprouvette;

f_n est la fréquence de résonance;

k_n est un facteur numérique.

Pour l'éprouvette encastree à une extrémité, $k_1 = 3,52$, $k_2 = 22,0$

Pour l'éprouvette avec les deux extrémités libres, $k_1 = 22,4$, $k_2 = 61,7$

Pour des rangs des modes $n > 2$, k_n peut être calculé (avec une bonne approximation) par

$k_n = (n - 1/2)^2 \pi^2$, pour l'éprouvette encastree à une extrémité, et

$k_n = (n + 1/2)^2 \pi^2$ pour l'éprouvette avec les deux extrémités libres.

À condition de prendre en considération toutes les instructions qui sont données au sujet de la détermination de chaque grandeur élémentaire de la formule, la précision sur la mesure de E' est comprise entre $\pm 3\%$ et $\pm 4\%$. Dans le cas de systèmes stratifiés, E' représente un module effectif du système.

8.2 Calcul du facteur de perte à partir de la largeur à mi-hauteur de la courbe de résonance

Après que la largeur à mi-hauteur Δf de la courbe de résonance aura été déterminée selon 3.7, calculer le facteur de perte d , à la fréquence de résonance f_R , au moyen de la formule

$$d = \frac{\Delta f}{f_R}$$

La précision de la mesure du facteur de perte est de $\pm 2\%$ à $\pm 3\%$ environ, si les instructions données en 7.1 ont été suivies.

8.3 Représentation graphique du facteur de perte en fonction de la température

Si le facteur de perte d est mesuré en fonction de la température, non seulement d , mais aussi la fréquence pour laquelle d est mesuré, doivent être représentés graphiquement en fonction de la température, car la fréquence de résonance d'une quelconque éprouvette en plastique est décalée vers des

valeurs plus basses de la fréquence lorsque la température s'élève. Le facteur de perte à fréquence constante, qui dépend de la température, peut être obtenu par interpolation seulement si la courbe de d en fonction de la température a été mesurée pour plusieurs fréquences (par exemple pour différents rangs des modes de vibration).

8.4 Calcul du module de perte à partir du module de conservation et du facteur de perte

Calculer le module de perte E'' , qui est proportionnel à la perte d'énergie durant un cycle de vibration, à partir du module de conservation E' (voir 8.1) et du facteur de perte d (voir 8.2 et 8.3) en utilisant la formule

$$E'' = E' d$$

9 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

- a) référence de la présente Norme internationale;
- b) type, désignation et forme du produit essayé;
- c) dimensions, conditions de fabrication et traitement préalable des éprouvettes;
- d) nombre d'éprouvettes soumises à l'essai;
- e) appareils d'essai utilisés;
- f) températures d'essai;
- g) valeurs individuelles et moyennes, ou courbes du facteur de perte et, si nécessaire, des modules de conservation et de perte.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6721:1983

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1365dfc3-e650-4001-844f-b01656f73567/iso-6721-1983>

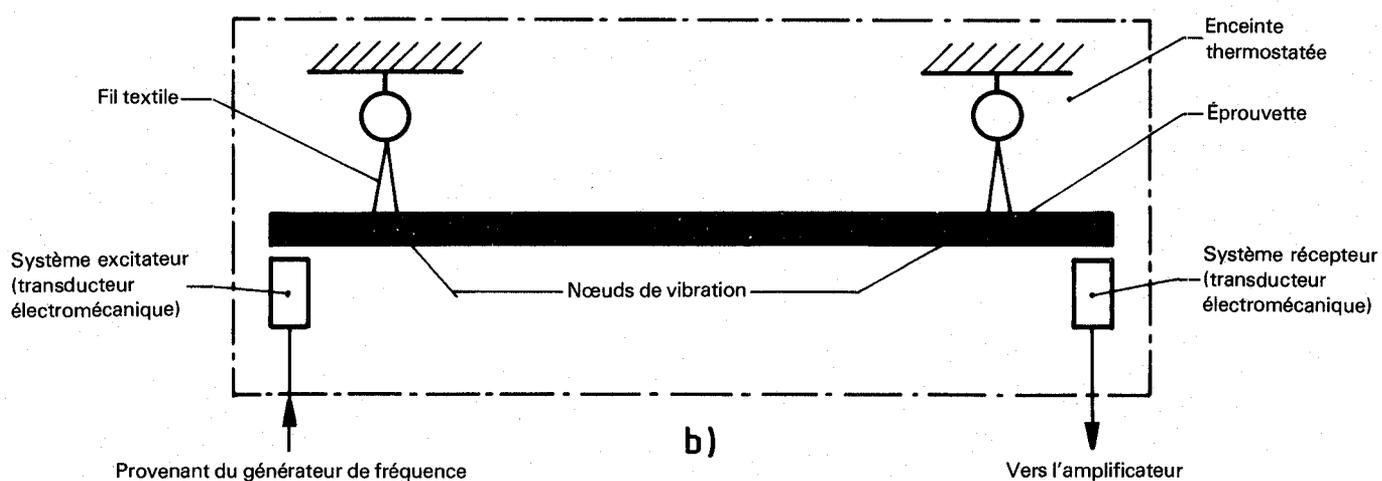
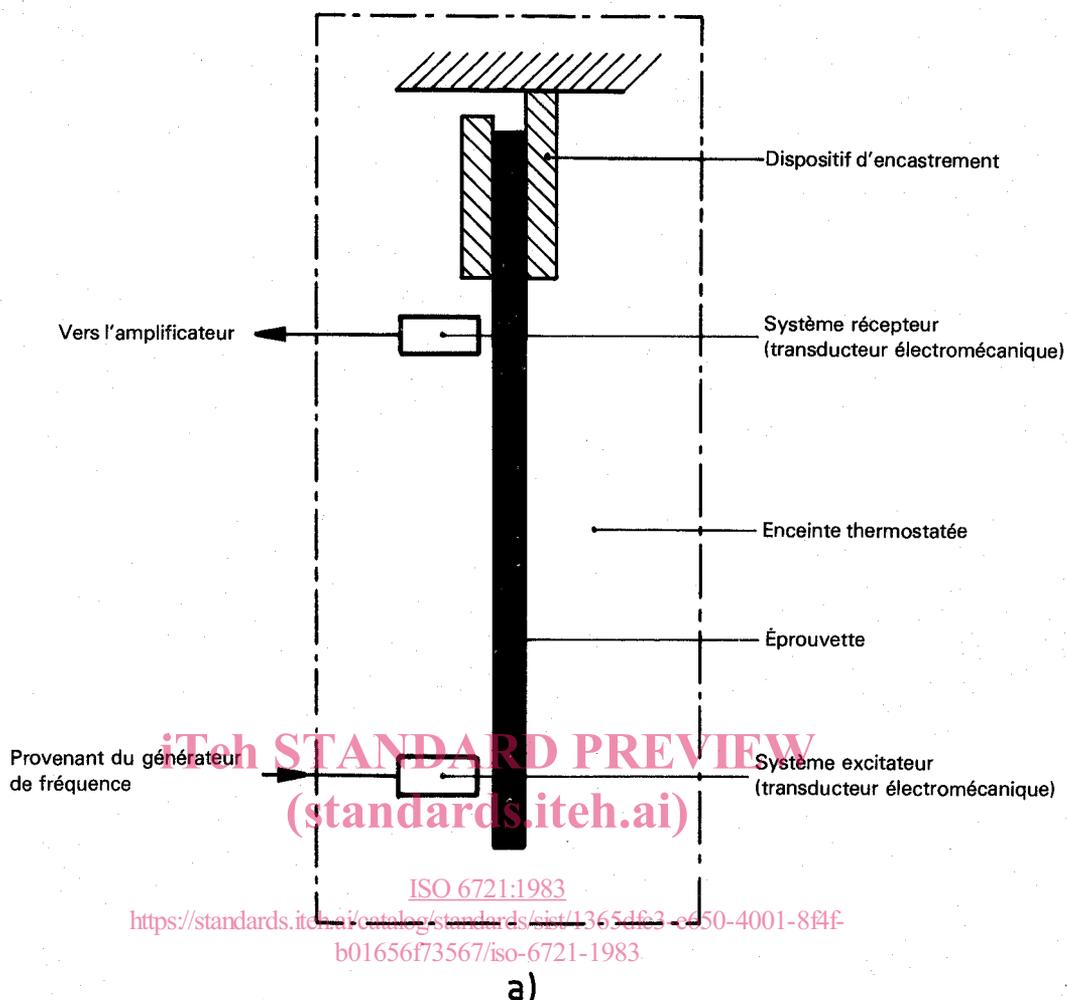


Figure — Schéma de l'appareillage d'essai

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6721:1983

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1365dfc3-e650-4001-844f-b01656f73567/iso-6721-1983>