
**Plastiques — Détermination des propriétés
mécaniques dynamiques —**

Partie 8:

**Vibrations longitudinale et en cisaillement —
Méthode de propagation des ondes**

iTeh STANDARD PREVIEW

Plastics — Determination of dynamic mechanical properties —

Part 8: Longitudinal and shear vibration — Wave-propagation method

ISO 6721-8:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c327ad00-2b3c-4c89-9302-2c4a6ed83963/iso-6721-8-1997>



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 6721-8 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 2, *Propriétés mécaniques*.

L'ISO 6721 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques*:

- *Partie 1: Principes généraux*
- *Partie 2: Méthode au pendule de torsion*
- *Partie 3: Vibration en flexion — Méthode en résonance*
- *Partie 4: Vibration en traction — Méthode hors résonance*

© ISO 1997

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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse
Internet central@iso.ch
X.400 o=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

- *Partie 5: Vibration en flexion — Méthode hors résonance*
- *Partie 6: Vibration en cisaillement — Méthode hors résonance*
- *Partie 7: Vibration en torsion — Méthode hors résonance*
- *Partie 8: Vibrations longitudinale et en cisaillement — Méthode de propagation des ondes*
- *Partie 9: Vibration en traction — Méthode de propagation de signaux acoustiques*
- *Partie 10: Viscosité complexe en cisaillement à l'aide d'un rhéomètre à oscillations à plateaux parallèles*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 6721-8:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c327ad00-2b3c-4c89-9302-2c4a6ed83963/iso-6721-8-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c327ad00-2b3c-4c89-9302-2c4a6ed83963/iso-6721-8-1997>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6721-8:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c327ad00-2b3c-4c89-9302-2c4a6ed83963/iso-6721-8-1997>

Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques —

Partie 8:

Vibrations longitudinale et en cisaillement — Méthode de propagation des ondes

1 Domaine d'application

La présente partie de la norme internationale ISO 6721 décrit une méthode de propagation des ondes ultrasoniques qui permet de déterminer les composantes de conservation du module complexe sous propagation d'ondes longitudinales L^* et du module complexe sous propagation d'ondes de cisaillement G^* des polymères à certaines fréquences discrètes généralement situées dans la plage allant de 0,5 MHz à 5 MHz. Cette méthode convient pour mesurer les propriétés de matériaux dont les modules de conservation sont compris entre 0,01 GPa et 200 GPa et dont les facteurs de perte sont inférieurs à 0,1 aux environs de 1 MHz. Dans le cas de matériaux présentant une perte supérieure, des erreurs significatives apparaissent lors du mesurage de la vitesse, en raison de la distorsion de la forme de l'onde, et ces erreurs ne peuvent être réduites qu'en appliquant des méthodes qui ne sont pas abordées dans la présente norme.

La présente méthode permet d'effectuer des mesurages sur des éprouvettes de petite taille, mesurant généralement 50 mm x 20 mm x 5 mm, ou sur certaines petites parties de feuilles ou éprouvettes plus grandes. Il est ainsi possible d'obtenir des informations sur l'homogénéité ou l'anisotropie (voir 10.5) du module de l'éprouvette.

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 de normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 1183: 1987, Plastiques - Méthodes pour déterminer la masse volumique et la densité relative des plastiques non alvéolaires.

ISO 6721-1: 1994, Plastiques - Détermination des propriétés mécaniques dynamiques - Partie 1 : Principes généraux.

3 Définitions

Voir ISO 6721-1, 4.

3.1 module sous propagation longitudinale

Rapport d'une contrainte uniaxiale en traction ou compression, appliquée à une éprouvette, à la déformation uniaxiale en résultant, lorsque la déformation dans un plan transversal par rapport à l'axe de la contrainte appliquée est nulle. Voir tableau 5 de l'ISO 6721-1, concernant les relations entre ce module et les autres.

3.2 onde acoustique longitudinale

Onde acoustique dans laquelle le déplacement des particules se fait dans la direction de propagation de l'onde.

3.3 onde acoustique transversale

Onde acoustique dans laquelle le déplacement des particules se fait perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde.

3.4 onde dans la masse

Mode de propagation d'une onde acoustique dans un matériau dont les limites perpendiculaires à la direction de propagation sont infiniment éloignées. En pratique, ce mode est adopté dans le cas d'ondes dont la longueur d'onde est très inférieure aux dimensions de l'éprouvette situées à la perpendiculaire de la direction de propagation de l'onde. La fréquence de l'onde acoustique est alors ultrasonique.

4 Principe

On procède à des mesurages d'une part, de la vitesse de propagation d'ondes acoustiques longitudinales et transversales dans une éprouvette et d'autre part, au mesurage de la masse volumique de cette dernière. La fréquence de l'onde est choisie de façon à ce que la longueur d'onde à l'intérieur de l'éprouvette soit nettement inférieure aux dimensions de cette dernière dans un plan transversal par rapport à la direction de propagation des ondes. L'onde se propage comme une onde dans la masse. Les modules de conservation sous propagation d'ondes longitudinales et de cisaillement sont obtenus en multipliant la masse volumique du matériau et le carré des vitesses des ondes longitudinales et de cisaillement, respectivement.

Dans la présente norme internationale, deux méthodes sont décrites pour mesurer la vitesse des ondes. Dans le cas de la méthode de l'immersion, l'éprouvette intercepte un faisceau d'ondes acoustiques longitudinales, émis dans un bain liquide approprié, entre un transducteur émetteur et un transducteur récepteur. A incidence normale, les ondes longitudinales sont excitées dans l'éprouvette. Au fur et à mesure que l'on augmente l'angle d'incidence, l'amplitude de l'onde longitudinale réfractée diminue et une onde transversale (de cisaillement) réfractée est produite. Les vitesses des ondes longitudinales et transversales sont obtenues à partir des différences mesurées entre les durées de parcours des signaux selon que l'éprouvette se trouve ou non dans le faisceau et des connaissances relatives à la vitesse du son dans le liquide.

Dans le cas de la méthode où il y a contact avec les transducteurs, l'éprouvette est prise en sandwich entre deux transducteurs dont l'un émet et l'autre reçoit des signaux acoustiques. Pour déterminer les vitesses des ondes longitudinales et transversales, on utilise respectivement des paires de transducteurs à polarisations longitudinale et transversale. Là encore, les vitesses des ondes sont obtenues à partir des différences mesurées entre les durées de parcours des signaux selon que l'éprouvette se trouve ou non dans le faisceau.

5 Dispositif d'essai

5.1 Appareillage

Les exigences requises de l'appareillage doivent permettre de mesurer les vitesses de propagation d'ondes ultrasoniques longitudinales et transversales dans une éprouvette. Deux méthodes différentes sont décrites dans la présente norme internationale.

5.1.1 Méthode A: Méthode de l'immersion

La figure 1a représente schématiquement un appareillage approprié au mesurage de la vitesse par la méthode de l'immersion. Deux transducteurs d'ultrasons sont montés coaxialement dans un bain liquide. L'un d'entre eux sert d'émetteur T d'ondes ultrasoniques longitudinales et l'autre de récepteur R. L'émetteur est actionné par des signaux électriques de haute tension et de courte durée qui sont émis en série par un organe moteur. Un intervalle de récurrence des signaux d'environ 1 ms est satisfaisant. Des signaux acoustiques sont émis par l'émetteur à travers le liquide et l'éprouvette et détectés par le récepteur. L'éprouvette est montée sur une table tournante placée entre les transducteurs T et R de manière à pouvoir faire varier l'angle d'incidence du faisceau acoustique, la précision de mesurage devant être de $\pm 0,5^\circ$. L'éprouvette peut être soustraite à l'influence du faisceau. Le récepteur est raccordé à l'équipement électronique qui permet de mesurer la différence entre les durées de parcours des signaux reçus selon que l'éprouvette se trouve ou non dans le faisceau. Un oscilloscope dont la base de temps est étalonnée avec précision et déclenchée par l'organe moteur du transducteur, convient à cette fin.

Le récepteur peut être remplacé par une surface réfléchissante comme un bloc de métal, placée perpendiculairement à l'axe de l'émetteur conformément à la représentation donnée figure 1b. L'émetteur, cette fois utilisé pour détecter le faisceau des impulsions réfractées par le liquide et l'éprouvette, est raccordé au dispositif de mesurage des durées de parcours.

NOTE 1 : Cette configuration d'essai peut s'avérer plus appropriée si l'éprouvette est une feuille mince puisque la durée de parcours à travers l'éprouvette est le double de celle obtenue en utilisant la configuration émetteur - récepteur.

5.1.2 Méthode B : Méthode où il y a contact avec les transducteurs

La figure 2a représente une méthode de mesurage de la vitesse de propagation des ondes par contact direct des deux transducteurs avec la surface de l'éprouvette. Pour déterminer la vitesse de propagation des ondes longitudinales, on utilise des paires de transducteurs qui émettent et reçoivent des ondes acoustiques longitudinales alors que pour déterminer la vitesse de propagation des ondes transversales, on emploie des transducteurs d'ondes de cisaillement (transversales). Il est possible de faire varier l'écartement des transducteurs afin de permettre la mise en place d'éprouvettes d'épaisseurs différentes, et d'établir également un contact direct entre les deux transducteurs. Un liquide de couplage est nécessaire pour maximiser l'amplitude des impulsions reçues par l'éprouvette et le récepteur.

Le récepteur peut être remplacé par une surface réfléchissante en contact avec l'éprouvette, conformément à la représentation donnée figure 2b. L'émetteur, cette fois utilisé pour détecter le faisceau des impulsions réfractées par l'éprouvette, est raccordé au dispositif de mesurage des durées de parcours (voir note 1).

5.2 Transducteurs

Lorsque l'émetteur est mis en fonctionnement par l'organe moteur, il convient qu'il émette un signal court à sa fréquence propre, d'une durée d'environ trois ou quatre cycles. Une forme d'onde appropriée est représentée figure 3. Il est possible d'utiliser des signaux plus longs mais il se peut qu'ils ne permettent pas de mesurer les vitesses de propagation des ondes par le biais d'une évaluation des intervalles qui séparent ceux qui ont été réfléchis intérieurement par les surfaces de l'éprouvette en raison de leur chevauchement.

Dans le cas des deux configurations de la figure 2, il convient d'intercaler un matériau tampon entre le dispositif de résonance acoustique et la surface de l'émetteur afin d'empêcher que le contact avec l'éprouvette, le récepteur ou le dispositif réfléchissant n'influe sur les performances acoustiques de l'émetteur et donc, sur la forme des signaux émis.

5.3 Équipement de mesurage des durées de parcours

L'équipement de traitement des données doit permettre de mesurer l'intervalle de temps qui sépare la réception de deux signaux, la précision de mesurage devant être de $\pm 0,5 \%$ de l'intervalle de temps.

NOTE 2 : L'intervalle de temps qui sépare la réception des signaux dépend de l'épaisseur de l'éprouvette et de la vitesse de propagation des ondes à travers le matériau. Pour les matériaux d'amortissement tels que la plupart des polymères, et lorsque l'on ne peut utiliser que des éprouvettes de quelques millimètres d'épaisseur seulement, les intervalles de temps sont de l'ordre de la microseconde.

L'emploi d'un oscilloscope à mémoire numérique à haute vitesse d'échantillonnage ou d'un oscilloscope dont la base de temps est déclenchée par l'organe moteur du transducteur par un circuit de temporisation numérique précis, convient à cette fin.

5.4 Mesurage de la température et contrôle

Voir ISO 6721-1, paragraphe 5.5.

NOTE 3 : Pour déterminer la vitesse de propagation des ondes au moyen des méthodes décrites dans la présente norme, il faut mesurer l'intervalle de temps qui sépare la réception de deux signaux. Lorsque les signaux en question sont émis alors que l'éprouvette se trouve, ou non, dans le faisceau acoustique, il est important que la température de l'appareillage n'ait pas varié significativement entre les deux mesurages. A titre de recommandation générale, il convient que toute variation de température soit inférieure à 0,5 K dans le cas de la méthode du contact direct, et à 0,2 K dans celui de la méthode de l'immersion.

6 Éprouvettes

Voir ISO 6721-1, article 6.

6.1 Forme et dimensions

Les éprouvettes en forme de barreau ou de plaque conviennent. Les surfaces normales à la direction de propagation des ondes doivent être lisses, planes et parallèles sur une surface comparable à celle des faces de l'émetteur et du récepteur. La dimension d de l'éprouvette dans la direction de propagation ne doit pas varier de plus de $\pm 0,2 \%$ sur toute cette surface.

Pour être sûr de mesurer la vitesse de propagation des ondes dans la masse (voir 4.4), les dimensions perpendiculaires à la direction de propagation des ondes doivent être supérieures à $3 \times$ la longueur d'onde du signal longitudinal qui traverse l'éprouvette. La longueur d'onde λ (m) peut se calculer à partir de la fréquence du signal f (Hz) et de la vitesse de propagation des ondes longitudinales dans l'éprouvette v_L (ms^{-1}), à l'aide de l'équation

$$\lambda = \frac{v_L}{f} \quad \dots(1)$$

6.2 Préparation

Voir ISO 6721-1, paragraphe 6.2.

7 Nombre d'éprouvettes

Voir ISO 6721-1, article 7.

8 Conditionnement

Voir ISO 6721-1, article 8.

9 Mode opératoire

9.1 Atmosphère d'essai

Voir ISO 6721-1, paragraphe 9.1.

9.2 Mesurage des dimensions de l'éprouvette

Mesurer les dimensions de l'éprouvette dans la direction de propagation des ondes en trois points situés dans la zone traversée par le faisceau d'ultrasons. Si les valeurs de mesure ainsi obtenues varient de plus de $\pm 0,5 \%$ les unes par rapport aux autres, choisir une autre région de l'éprouvette ou une autre éprouvette.

9.3 Réalisation de l'essai

9.3.1 Méthode A : Méthode de l'immersion

Sans placer l'éprouvette sur la trajectoire du faisceau d'ultrasons, choisir un point de référence sur le signal reçu, qui puisse être utilisé pour enregistrer avec précision la durée de parcours du signal. Il est recommandé de choisir un point auquel l'amplitude du signal est de zéro volt au début de l'impulsion, conformément à la représentation donnée figure 3. Enregistrer la durée qui caractérise le point de référence.

NOTE 4 : Avec les matériaux viscoélastiques ou polyphasiques, des variations de la forme du signal après le passage à travers l'éprouvette peuvent se produire en raison de la dispersion ou de la diffusion. Il en résulte une erreur lors du mesurage de la durée de parcours, qui est difficile à quantifier. Cette erreur peut être minimisée en choisissant un point de référence situé au voisinage du flanc de montée du signal.

Placer l'éprouvette sur la table tournante et s'assurer que la surface d'incidence est perpendiculaire à $\pm 0,5^\circ$ près à l'axe commun à l'émetteur et au récepteur. Enregistrer la durée du parcours du point de référence choisi sur le signal traversant l'éprouvette. Faire tourner la table jusqu'à ce que l'onde transversale réfractée atteigne approximativement son amplitude maximale. Enregistrer la durée du parcours du signal produit par l'onde transversale (voir note 5) et l'angle d'incidence.

NOTE 5 : L'amplitude de l'onde longitudinale réfractée diminue au fur et à mesure que l'angle d'incidence augmente. Si les ondes longitudinales et transversales réfractées sont visibles sur la forme d'onde du signal reçu, l'onde transversale est caractérisée par la plus longue durée de parcours.

D'autres mesurages de la durée de parcours de l'onde transversale réfractée peuvent être effectués à d'autres angles d'incidence pour augmenter la précision du mesurage de la vitesse de propagation des ondes transversales.

Si d'autres impulsions sont visibles sur la forme d'onde du signal reçu, du fait des réflexions internes sur les surfaces de l'éprouvette, un autre mesurage de la vitesse de propagation de l'onde peut être effectué en enregistrant les durées de parcours de plusieurs impulsions consécutives. Cet autre mesurage est, en général, inapproprié aux angles d'incidence supérieurs à zéro puisque le faisceau réfléchi intérieurement se décale par rapport à l'axe du faisceau, d'où certaines erreurs lors du mesurage de la durée de parcours.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c527ad00-2b3c-4c89-9302-2c4a6ed83963/iso-6721-8-1997>

9.3.2 Méthode B : Méthode où il y a contact avec les transducteurs

Mettre l'émetteur en contact avec le récepteur (figure 2a) ou le réflecteur (figure 2b) en utilisant un liquide de couplage et en appliquant une pression suffisante pour que l'amplitude et la durée de parcours du signal reçu ne varient pas de manière significative avec une éventuelle augmentation de la pression appliquée. Enregistrer la durée de parcours d'un point de référence approprié choisi sur le signal reçu, conformément à la description du 9.3.1.

Placer l'éprouvette entre l'émetteur et le récepteur ou entre l'émetteur et le réflecteur. La pression de contact ne doit pas provoquer plus de 0,5 % de réduction de l'épaisseur de l'éprouvette. Enregistrer la durée de parcours du point de référence de l'impulsion qui traverse l'éprouvette (voir note 4).

Effectuer ces mesurages en utilisant à la fois les transducteurs d'ondes longitudinales et transversales.

Si d'autres impulsions sont visibles sur la forme d'onde du signal reçu, du fait des réflexions internes sur les surfaces de l'éprouvette, un autre mesurage de la vitesse de propagation des ondes peut être effectué en enregistrant les durées de parcours des points de référence choisis sur plusieurs impulsions consécutives.

9.3.3 Mesurage de la masse volumique de l'éprouvette

Mesurer la masse volumique avec une précision de $\pm 0,5\%$, suivant l'une des méthodes décrites dans l'ISO 1183.

9.4 Variation de la température

Voir ISO 6721-1, paragraphe 9.4.

10 Expression des résultats

10.1 Symboles

$d(m)$	dimension de l'éprouvette dans la direction de propagation des ondes
$t_L, t_T(s)$	durées de parcours des signaux provoqués par les ondes longitudinales et transversales, respectivement
$t_R(s)$	durée de parcours du signal sans mettre l'éprouvette sur la trajectoire du faisceau
$t_{2L}, t_{2T}(s)$	durées de parcours des signaux émis par les ondes longitudinales et transversales, respectivement, produits par les réflexions internes sur les surfaces de l'éprouvette
I	angle d'incidence du faisceau acoustique sur l'éprouvette dans le cadre de la méthode de l'immersion
R	angle de réfraction du faisceau acoustique par l'éprouvette dans le cadre de la méthode de l'immersion
$v_L(ms^{-1})$	vitesse de propagation des ondes longitudinales dans l'éprouvette
$v_T(ms^{-1})$	vitesse de propagation des ondes transversales dans l'éprouvette
$v_W(ms^{-1})$	vitesse du son dans le liquide à la température de mesurage dans le cadre de la méthode de l'immersion
$\rho(kgm^{-3})$	masse volumique de l'éprouvette

10.2 Détermination de la vitesse de propagation des ondes longitudinales v_L

10.2.1 Méthode A : Méthode de l'immersion

Lorsque les mesurages des durées de parcours des signaux longitudinaux ont été effectués en utilisant à la fois un émetteur et un récepteur (figure 1a), la vitesse de propagation des ondes est donnée par

$$v_L = \frac{dv_W}{d - v_W(t_R - t_L)} \quad \dots(2)$$