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

**Partie 1:
Principes généraux**

*Plastics — Determination of dynamic mechanical properties —
Part 1: General principles*
**iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)**

ISO 6721-1:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ad6e797d-188c-4a02-aa3-89ab776d251e/iso-6721-1-2001>



PDF — Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6721-1:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ad6e797d-188c-4a02-aa3-89ab776d251e/iso-6721-1-2001>

© ISO 2001

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 au 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.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

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 3.

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 de la présente partie de l'ISO 6721 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.

La Norme internationale ISO 6721-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 2, *Propriétés mécaniques*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 6721-1:1994), dont elle constitue une révision technique mineure (deux références supplémentaires ont été ajoutées à la bibliographie).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/606797d-188c-4a02-aa02-89ab776d251e/iso-6721-1-2001>

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*
- *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*

D'autres parties sont prévues.

Les annexes A et B de la présente partie de l'ISO 6721 sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

Les méthodes spécifiées dans les neuf premières parties de l'ISO 6721 peuvent être utilisées pour la détermination des modules de conservation et de perte dans un domaine de températures ou de fréquences, en faisant varier la température de l'éprouvette ou la fréquence de l'oscillation. Les tracés des modules de conservation ou de perte, ou les deux, sont représentatifs des caractéristiques viscoélastiques de l'éprouvette. Les zones à variations rapides des propriétés viscoélastiques à des températures ou des fréquences particulières sont normalement rapportées à des zones de transition. En outre, c'est grâce à la dépendance de la température et de la fréquence des modules de perte que l'amortissement du son et des vibrations des polymères et des systèmes métal-polymère peut être estimé.

Des divergences apparentes peuvent se présenter dans les résultats obtenus dans des conditions expérimentales différentes. Sans changer les données obtenues, rapportées en totalité (comme cela est décrit dans les différentes parties de l'ISO 6721), les conditions dans lesquelles les données ont été obtenues permettront d'accorder des différences observées dans différentes études.

Les définitions des modules complexes ne s'appliquent exactement qu'à des oscillations sinusoïdales avec une amplitude constante et une fréquence constante pendant chaque mesurage. D'autre part, des mesurages de petits angles de déphasage entre la contrainte et la déformation impliquent quelques difficultés dans les conditions mentionnées. C'est parce que ces difficultés ne sont pas impliquées dans certaines méthodes basées sur des vibrations à amortissements libres ou sur des variations de fréquences proches de la résonance que celles-ci sont fréquemment utilisées (voir ISO 6721-2 et ISO 6721-3). Dans ces cas, certaines de ces équations définissant les propriétés viscoélastiques sont seulement approximativement valables.

(standards.iteh.ai)

[ISO 6721-1:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ad6e797d-188c-4a02-aa3-89ab776d251e/iso-6721-1-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ad6e797d-188c-4a02-aa3-89ab776d251e/iso-6721-1-2001>

Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques —

Partie 1: Principes généraux

1 Domaine d'application

Les différentes parties de l'ISO 6721 spécifient des méthodes pour la détermination des propriétés mécaniques dynamiques de plastiques rigides dans le domaine de comportement viscoélastique linéaire. La présente partie de l'ISO 6721 établit des principes généraux incluant les définitions et tous les aspects communs à toutes les méthodes individuelles, décrites dans les parties subséquentes.

Les différents modes de déformation peuvent produire des résultats qui ne sont pas directement comparables. Par exemple, la vibration en traction conduit à une contrainte uniforme dans toute l'épaisseur de l'éprouvette, alors que les mesures en flexion sont influencées préférentiellement par les propriétés des couches superficielles de l'éprouvette.

Les valeurs découlant des données de l'essai de flexion seront comparables à celles découlant des données de l'essai de traction seulement aux niveaux de déformation pour lesquels la relation contrainte-déformation est linéaire, et pour des éprouvettes de structure homogène.

2 Références normatives

ISO 6721-1:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ad6e797d-188c-4a02-aa3f-89ab776d251e/iso-6721-1-2001>

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 6721. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 6721 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 291:1997, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai.*

ISO 293:1986, *Plastiques — Moulage par compression des éprouvettes en matières thermoplastiques.*

ISO 294 (toutes les parties), *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques.*

ISO 295:1991, *Plastiques — Moulage par compression des éprouvettes en matières thermodurcissables.*

ISO 1268 (toutes les parties), *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication de plaques d'essai.*

ISO 2818:1994, *Plastiques — Préparation des éprouvettes par usinage.*

ISO 4593:1993, *Plastiques — Film et feuille — Détermination de l'épaisseur par examen mécanique.*

ISO 6721-2:1994, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 2: Méthode au pendule de torsion.*

ISO 6721-3:1994, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 3: Vibration en flexion — Méthode en résonance.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 6721, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE La plupart des termes définis ici le sont aussi dans l'ISO 472:1999, *Plastiques — Vocabulaire*. Les définitions données ici ne sont pas strictement identiques mais sont équivalentes à celles de l'ISO 472:1999.

3.1

module complexe

M^*

rapport de la contrainte dynamique donnée par $\sigma(t) = \sigma_A \exp(i2\pi ft)$, à la déformation dynamique donnée par $\varepsilon(t) = \varepsilon_A \exp[i(2\pi ft - \delta)]$, d'un matériau viscoélastique soumis à une vibration sinusoïdale, où σ_A et ε_A sont les amplitudes des cycles de contrainte et de déformation, f est la fréquence, δ est l'angle de phase entre la contrainte et la déformation (voir 3.5 et Figure 1) et t est le temps

Le module complexe est exprimé en pascals (Pa).

Selon le mode de déformation, le module complexe peut être E^* , G^* , K^* ou L^* (voir Tableau 3).

$$M^* = M' + iM'' \quad (\text{voir 3.2 et 3.3}) \quad (1)$$

où

$$i = (-1)^{1/2} = \sqrt{-1}$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Pour les relations entre les divers types de modules complexes, voir Tableau 1.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ad6e797d-188c-4a02-aa3b-89eb776d251e/iso-6721-1-2001>

NOTE 1 Pour les matériaux viscoélastiques isotropes, seulement deux des paramètres d'élasticité G^* , E^* , K^* , L^* et μ^* sont indépendants (μ^* est le coefficient de Poisson complexe, donné par $\mu^* = \mu' + i\mu''$).

NOTE 2 Le terme le plus critique contenant le coefficient de Poisson est le terme volumétrique $1 - 2\mu$, ayant des valeurs situées entre 0 et 0,4 pour μ compris entre 0,5 et 0,3. Les relations du Tableau 1 contenant le terme volumétrique $1 - 2\mu$ ne peuvent être utilisées qu'à la condition que ce terme soit connu avec suffisamment de précision.

On peut constater d'après le Tableau 1 que le terme volumétrique $1 - 2\mu$ peut seulement être estimé en toute confiance à partir d'une connaissance du module de compressibilité K ou du module en déformation uniaxiale L et de E ou G . C'est parce que les mesurages de K et L mettent en œuvre des déformations lorsque la composante de déformation volumétrique est relativement grande.

NOTE 3 Jusqu'à maintenant, aucun mesurage du module de compressibilité mécanique dynamique K et seulement un petit nombre de résultats concernant les expériences de mesure de relaxation $K(t)$, ont été décrits dans la littérature.

NOTE 4 Le module en déformation uniaxiale L est basé sur une charge avec une haute composante de contrainte hydrostatique. Par conséquent, des valeurs de L compensent le manque de valeurs de K et le terme volumétrique $1 - 2\mu$ peut être estimé avec suffisamment de précision en se basant sur les paires de modules (G, L) et (E, L) . La paire (G, L) est recommandée, parce que G est basé sur des charges sans composante hydrostatique.

NOTE 5 Les relations données dans le Tableau 1 sont valables pour les modules complexes ainsi que pour leurs amplitudes (voir 3.4).

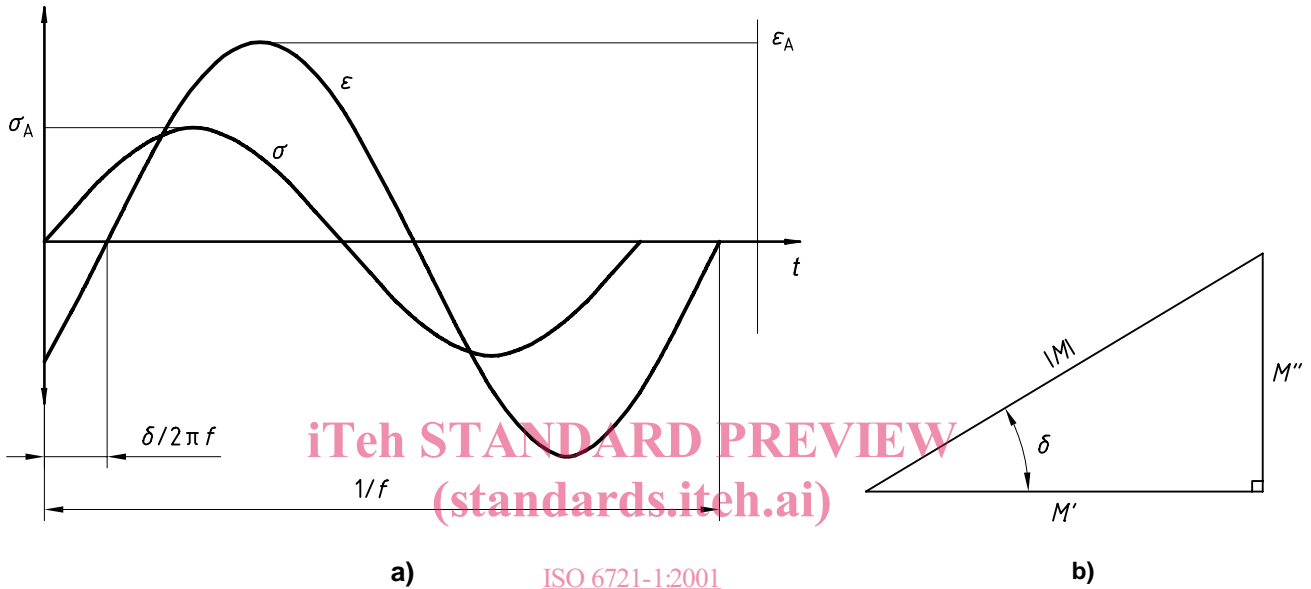
NOTE 6 La plupart des relations, pour le calcul des modules, données dans les autres parties de l'ISO 6721 sont, dans une certaine mesure, des approximations. Elles ne prennent pas en compte, par exemple, les «effets d'extrémité» des éprouvettes dus à la fixation et incluent en plus d'autres simplifications. L'utilisation des relations données dans le Tableau 1, par conséquent nécessite des corrections additionnelles. Ces dernières sont données dans la littérature (voir par exemple les références [1] et [2] dans la Bibliographie).

NOTE 7 Pour le comportement viscoélastique linéaire, la complaisance complexe C^* est l'inverse du module complexe M^* , soit:

$$M^* = (C^*)^{-1} \tag{2}$$

Donc

$$M' + iM'' = \frac{C' - iC''}{(C')^2 + (C'')^2} \tag{3}$$



Déphasage $\delta/2\pi f$ entre la contrainte σ et la déformation ϵ d'un matériau viscoélastique soumis à une oscillation sinusoïdale (σ_A et ϵ_A sont les amplitudes respectives et f est la fréquence).

Relation entre le module de conservation M' , le module de perte M'' , l'angle de phase δ et la grandeur $|M|$ du module complexe M^* .

Figure 1 — Angle de phase et module complexe

Tableau 1 — Relations entre les modules pour les matériaux homogènes isotropes

	G et μ	E et μ	K et μ	G et E	G et K	E et K	G et L^a
Coefficient de Poisson, μ $1 - 2\mu =^b$				$3 - \frac{E}{G}$	$\frac{G/K}{1 + G/3K}$	$\frac{E}{3K}$	$\frac{1}{L/G - 1}$
Module de cisaillement, $G =$		$\frac{E}{2(1 + \mu)}$	$\frac{3K(1 - 2\mu)}{2(1 + \mu)}$			$\frac{E}{3 - E/3K}$	
Module en traction, $E =$	$2G(1 + \mu)$		$3K(1 - 2\mu)$		$\frac{3G}{1 + G/3K}$		$\frac{3G(1 - 4G/3L)}{1 - G/L}$
Module de compressibilité, $K =^c$	$\frac{2G(1 + \mu)}{3(1 - 2\mu)}$	$\frac{E}{3(1 - 2\mu)}$		$\frac{G}{3(3G/E - 1)}$			$L - \frac{4G}{3}$
Module en déformation uniaxiale ou d'onde longitudinale, $L =$	$\frac{2G(1 - \mu)}{1 - 2\mu}$	$\frac{E(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}$	$\frac{3K(1 - \mu)}{1 + \mu}$	$\frac{G(4G/E - 1)}{3G/E - 1}$	$K + \frac{4G}{3}$	$\frac{K(1 + E/3K)}{1 - E/9K}$	

^a Voir note 4 dans la définition en 3.1.

^b Voir note 2 dans la définition en 3.1.

^c Voir note 3 dans la définition en 3.1.

3.2

module de conservation

M'

partie réelle du module complexe M^* [voir Figure 1 b)]

Le module de conservation est exprimé en pascals (Pa).

Il est proportionnel à l'énergie maximale emmagasinée durant un cycle de charge et représente la rigidité d'un matériau viscoélastique.

Les divers types de modules de conservation, correspondant aux différents modes de déformation, sont: E'_t module de conservation en traction, E'_f module de conservation en flexion, G'_s module de conservation en cisaillement, G'_{10} module de conservation en torsion, K' module de conservation en flambage, L'_c module de conservation en déformation uniaxiale et L'_w module de conservation en onde longitudinale.

3.3

module de perte

M''

partie imaginaire du module complexe [voir Figure 1 b)]

Le module de perte est exprimé en pascals (Pa).

Il est proportionnel à l'énergie dissipée (perdue) durant un cycle de charge. Comme pour le module de conservation (voir 3.2), le mode de déformation est désigné conformément au Tableau 3, par exemple E''_t est le module de perte en traction.

iTeh STANDARD PREVIEW

3.4

grandeur $|M|$ du module complexe

(standards.iteh.ai)

racine carrée de la somme des carrés du module de conservation et du module de perte, comme indiqué dans l'équation

ISO 6721-1:2001

$$|M|^2 = (M')^2 + (M'')^2 = (\sigma_A / \varepsilon_A)^2 \tag{4}$$

où σ_A et ε_A sont les amplitudes des cycles de contrainte et de déformation, respectivement

Le module complexe est exprimé en pascals (Pa).

La relation entre le module de conservation M' , le module de perte M'' , l'angle de phase δ , et la grandeur $|M|$ du module complexe est représentée à la Figure 1 b). Comme pour le module de conservation, le mode de déformation est désigné conformément au Tableau 3, par exemple $|E_t|$ est la grandeur du module en traction complexe.

3.5

angle de phase

δ

déphasage entre la contrainte dynamique et la déformation dynamique d'un matériau viscoélastique soumis à une oscillation sinusoïdale (voir Figure 1)

L'angle de phase est exprimé en radians (rad).

Comme pour le module de conservation (voir 3.2), le mode de déformation est désigné conformément au Tableau 3, par exemple δ_t est l'angle de phase en traction.

3.6

facteur de perte (tan δ)

rapport du module de perte au module de conservation, donné par l'équation

$$\tan \delta = M'' / M' \tag{5}$$

où δ est l'angle de phase entre la contrainte et la déformation (voir 3.5)

Le facteur de perte est exprimé comme un nombre sans dimension.

Le facteur de perte $\tan \delta$ est couramment utilisé comme une mesure de l'amortissement d'un système viscoélastique. Comme pour le module de conservation (voir 3.2), le mode de déformation est désigné conformément au Tableau 3, par exemple $\tan \delta_t$ est le facteur de perte en traction.

3.7

boucle d'hystérésis contrainte-déformation

contrainte en fonction de la déformation d'un matériau viscoélastique soumis à des vibrations sinusoïdales

NOTE En supposant une viscoélasticité linéaire, cette courbe est une ellipse (voir Figure 2).

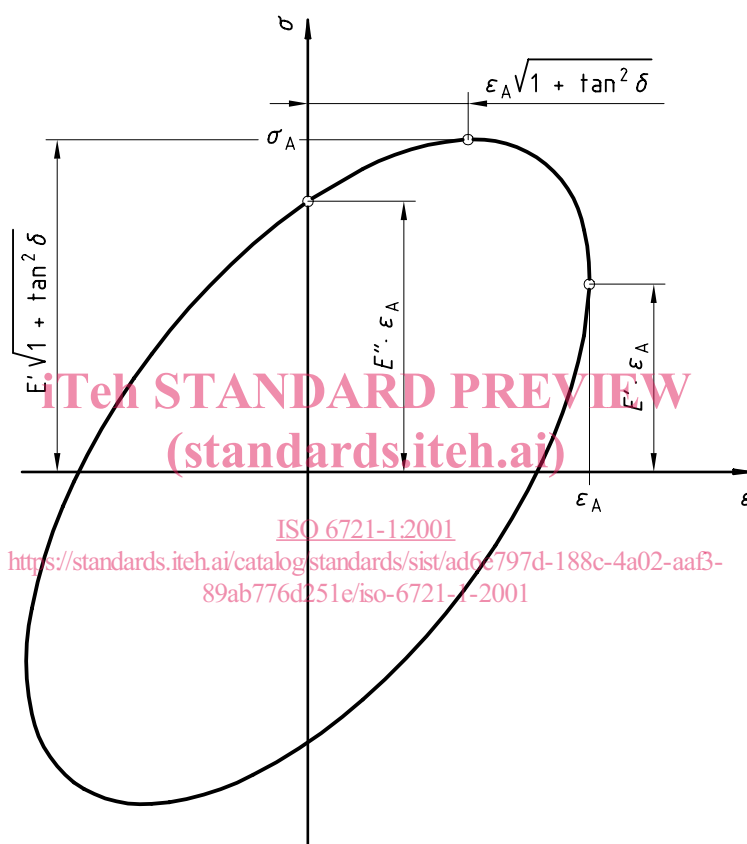


Figure 2 — Boucle d'hystérésis dynamique contrainte-déformation d'un matériau à viscoélasticité linéaire soumis à des vibrations sinusoïdales en traction

3.8

vibration amortie

déformation ou taux de déformation dépendant du temps $X(t)$ d'un système viscoélastique soumis à des vibrations à amortissement libre (voir Figure 3), donné(e) par l'équation

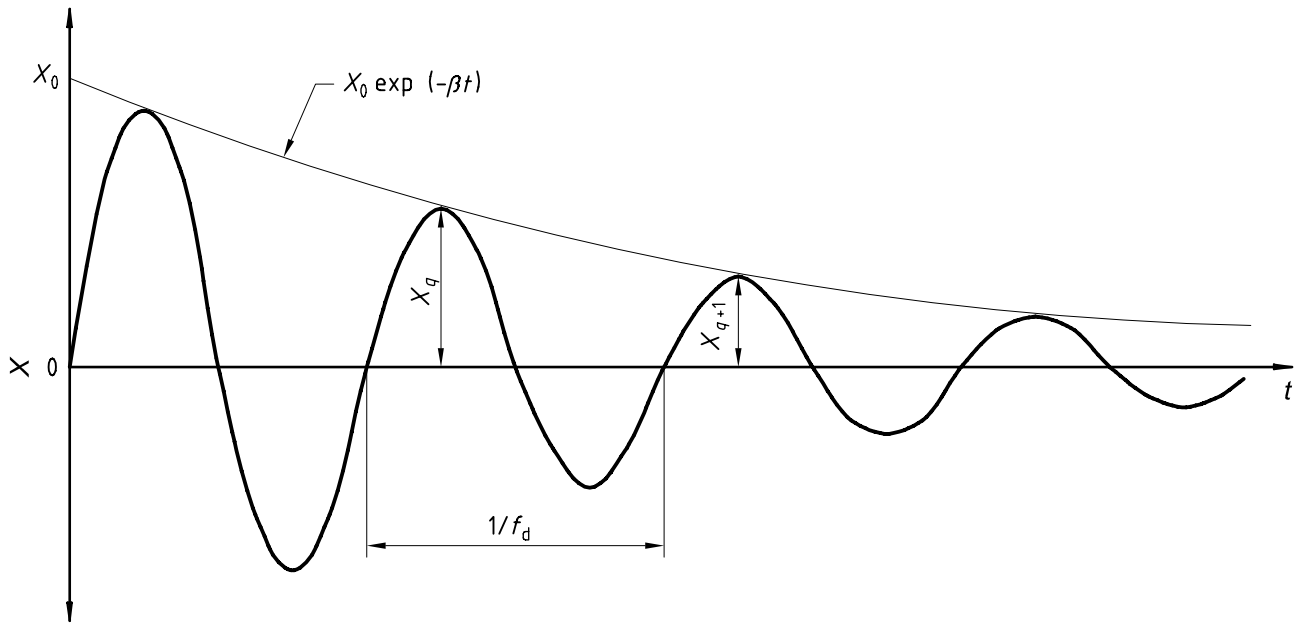
$$X(t) = X_0 \exp(-\beta t) \times \sin 2\pi f_d t \quad (6)$$

où

X_0 est la grandeur, au temps zéro, de la courbe exponentielle des amplitudes de cycle;

f_d est la fréquence du système amorti;

β est la constante d'amortissement (voir 3.9).



[X est la déformation ou le taux de déformation dépendant du temps, X_q est l'amplitude du $q^{\text{ième}}$ cycle, et X_0 et β définissent la courbe exponentielle de l'amortissement des amplitudes de cycle — voir l'équation (6).]

Figure 3 — Courbe de vibration amortie d'un système viscoélastique soumis à des vibrations à amortissement libre

3.9 constante d'amortissement

β
 coefficient déterminant l'amortissement en fonction du temps de la vibration à amortissement libre, c'est-à-dire la dépendance du temps de l'amplitude X_q de la déformation ou du taux de déformation [voir Figure 3 et l'équation (6)]

La constante d'amortissement est exprimée en seconde à la puissance moins un (s^{-1}).

3.10 décrétement logarithmique

Λ
 logarithme naturel du rapport de deux amplitudes successives dans la même direction que les oscillations à amortissement libre d'un système viscoélastique (voir Figure 3), donné par l'équation

$$\Lambda = \ln(X_q/X_{q+1}) \tag{7}$$

où X_q et X_{q+1} sont deux amplitudes successives de déformation ou de taux de déformation dans la même direction

Le décrétement logarithmique est exprimé comme un nombre sans dimension.

Il est utilisé comme une mesure de l'amortissement d'un système viscoélastique.

En mesurant la constante d'amortissement β et la fréquence f_d , le décrétement logarithmique est donné par l'équation

$$\Lambda = \beta/f_d \tag{8}$$

Le facteur de perte $\tan \delta$ est relié au décrétement logarithmique par l'approximation

$$\tan \delta \approx \Lambda/\pi \tag{9}$$

NOTE Les vibrations à amortissement libre conviennent particulièrement pour l'analyse du type d'amortissement, par exemple le comportement viscoélastique linéaire ou non linéaire, du matériau soumis à l'essai et le frottement entre les parties mobiles et fixes de l'appareillage (voir l'annexe B).

3.11

courbe de résonance

courbe représentant l'amplitude de la déformation D_A ou l'amplitude du taux de déformation R_A en fonction de la fréquence d'un système viscoélastique et inerte soumis à des vibrations forcées avec une amplitude de charge L_A constante, à des fréquences proches de la résonance et à la fréquence de résonance (voir Figure 4 et l'annexe A)

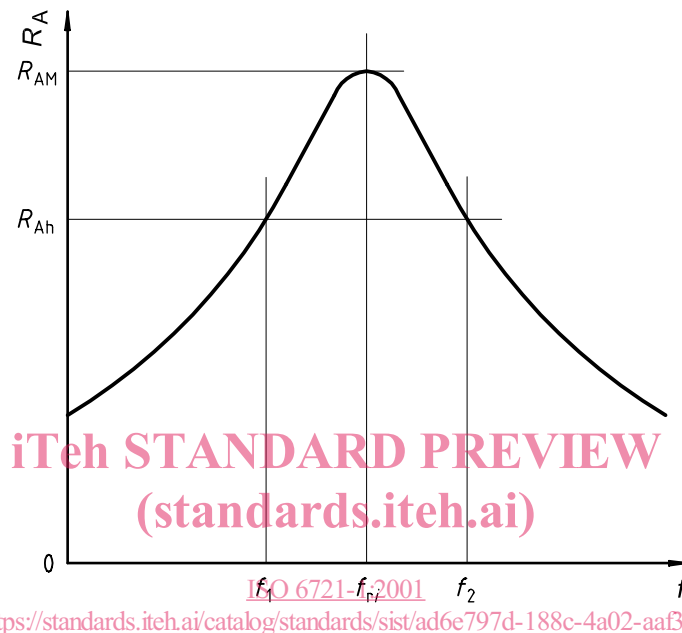


Figure 4 — Courbe de résonance d'un système viscoélastique soumis à des vibration forcées
(Amplitude du taux de déformation R_A en fonction de la fréquence f à une amplitude de charge constante; échelle de fréquences logarithmique)

3.12

fréquences de résonance

f_{ri}

fréquences des amplitudes de pic dans une courbe de résonance

L'indice i renvoie au numéro d'ordre de la vibration de résonance.

Les fréquences de résonance sont exprimées en hertz (Hz).

NOTE Pour des matériaux viscoélastiques, les fréquences de résonance découlant de mesures d'amplitude de déplacement seront légèrement différentes de celles obtenues à partir de mesures de taux de déplacement; plus grande sera la perte dans le matériau (voir l'annexe A) et plus la différence sera importante. Les modules de conservation et de perte sont liés, de façon exacte, par de simples expressions aux fréquences de résonance obtenues à partir de courbes du taux de déplacement. L'emploi de fréquences de résonance basées sur des mesures de déplacement entraîne une petite erreur qui est significative seulement si l'éprouvette présente une perte importante. Dans ces conditions, les essais en résonance ne conviennent pas.

3.13

largeur de bande d'un pic de résonance

Δf_i

différence entre les fréquences f_1 et f_2 du pic de référence du $i^{\text{ème}}$ ordre lorsque la hauteur R_{Ah} de la courbe de résonance à f_1 et f_2 est reliée à la hauteur du pic R_{AMi} du $i^{\text{ème}}$ mode par

$$R_{Ah} = 2^{-1/2} R_{AM} = 0,707 R_{AM} \quad (10)$$