
**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 6721-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-8799f7080dab/iso-6721-1-2019>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 6721-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-8799f7080dab/iso-6721-1-2019>



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
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Principe	9
5 Appareillage	13
5.1 Type.....	13
5.2 Systèmes mécaniques, électroniques et enregistreurs.....	13
5.3 Enceinte thermostatée.....	13
5.4 Alimentation en gaz.....	13
5.5 Dispositif pour le mesurage de la température.....	13
5.6 Dispositifs pour le mesurage des dimensions des éprouvettes.....	13
6 Éprouvettes	13
6.1 Généralités.....	13
6.2 Forme et dimensions.....	14
6.3 Préparation.....	14
7 Nombre d'éprouvettes	14
8 Conditionnement	14
9 Mode opératoire	14
9.1 Atmosphère d'essai.....	14
9.2 Mesurage de la section transversale de l'éprouvette.....	14
9.3 Montage des éprouvettes.....	14
9.4 Variation de la température.....	14
9.5 Variation de la fréquence.....	15
9.6 Variation de l'amplitude de déformation dynamique.....	15
10 Expression des résultats	16
11 Fidélité	16
12 Rapport d'essai	16
Annexe A (informative) Courbes de résonance	18
Annexe B (informative) Déviation à partir du comportement linéaire	24
Bibliographie	25

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 quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 6721-1:2011), 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, et ajout des références normatives dans les [Tableaux 4](#) et [5](#).

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.

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 des plastiques 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 à la température et à 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 et/ou sur des variations de fréquences proches de la résonance que ces méthodes sont fréquemment utilisées (voir l'ISO 6721-2 et l'ISO 6721-3). Dans ces cas, certaines des équations définissant les propriétés viscoélastiques sont seulement approximativement valables.

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 6721-1:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-8799f7080dab/iso-6721-1-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-8799f7080dab/iso-6721-1-2019>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6721-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-8799f7080dab/iso-6721-1-2019>

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. Le présent document spécifie les définitions et décrit les principes généraux incluant tous les aspects communs à toutes les méthodes individuelles décrites dans les parties suivantes.

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 mesurages en flexion sont influencés 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 6721-1:2019

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 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

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

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

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

ISO 6721-4, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 4: Vibration en traction — Méthode hors résonance*

ISO 6721-5, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 5: Vibration en flexion — Méthode hors résonance*

ISO 6721-6, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 6: Vibration en cisaillement — Méthode hors résonance*

ISO 6721-7, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 7: Vibration en torsion — Méthode hors résonance*

ISO 6721-8, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 8: Vibrations longitudinale et en cisaillement — Méthode de propagation des ondes*

ISO 6721-9, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 9: Vibration en traction — Méthode de propagation de signaux acoustiques*

ISO 6721-10, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 10: Viscosité complexe en cisaillement à l'aide d'un rhéomètre à oscillations à plateaux parallèles*

ISO 6721-12, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 12: Vibration en compression — Méthode hors résonance*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants 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/>

NOTE Certains des termes définis ici le sont aussi dans l'ISO 472. Les définitions données ici ne sont pas strictement identiques à celles de l'ISO 472, mais sont plus détaillées.

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 et t est le temps

Note 1 à l'article: Le module complexe est exprimé en pascals (Pa).

Note 2 à l'article: L'angle de phase (3.5), δ , est indiqué dans la Figure 1.

Note 3 à l'article: Selon le mode de déformation, le module complexe peut être E^* , G^* , K^* ou L^* (voir le Tableau 3).

$$M^* = M' + i M''$$

où $i = (-1)^{1/2} = \sqrt{-1}$ et M' et M'' sont définis en 3.2 et 3.3 respectivement.

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

Note 4 à l'article: 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 5 à l'article: 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 6 à l'article: 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 7 à l'article: 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 8 à l'article: Les relations données dans le [Tableau 1](#) sont valables pour les modules complexes ainsi que pour leurs *amplitudes* (3.4).

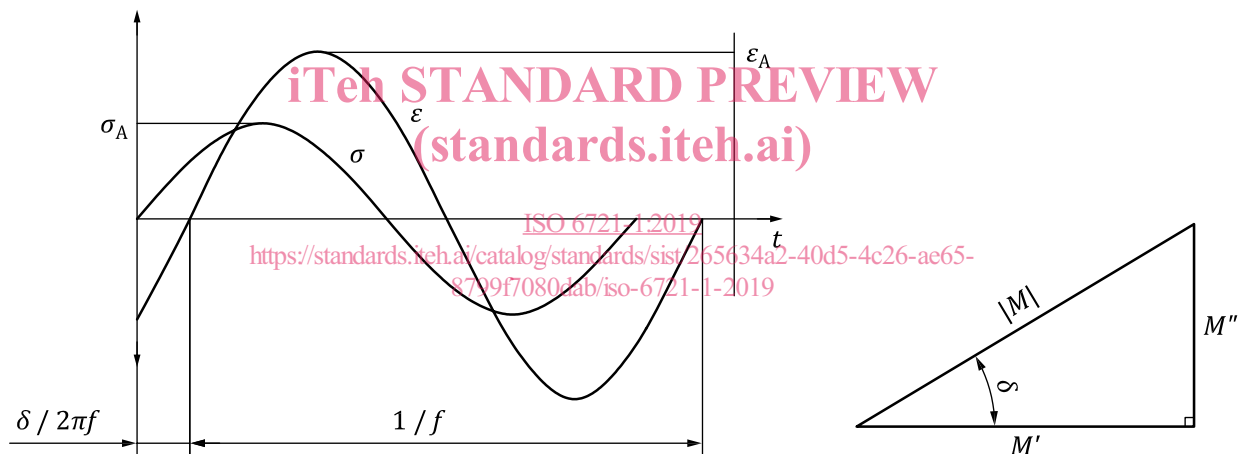
Note 9 à l'article: La plupart des relations pour le calcul des modules données dans les autres parties de la présente Norme internationale sont, dans une certaine mesure, des approximations. Elles ne prennent pas en compte, par exemple, les «effets d'extrémité» des éprouvettes dus à la fixation et incluent en plus d'autres simplifications. L'utilisation des relations données dans le [Tableau 1](#) nécessite par conséquent des corrections additionnelles. Ces dernières sont données dans la littérature (voir par exemple les Références[Z] et[8] dans la Bibliographie).

Note 10 à l'article: Pour le comportement viscoélastique linéaire, la complaisance complexe C^* est l'inverse du module complexe M^* , soit:

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

Donc

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



a) 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).

b) 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

	<i>G</i> et μ	<i>E</i> et μ	<i>K</i> et μ	<i>G</i> et <i>E</i>	<i>G</i> et <i>K</i>	<i>E</i> et <i>K</i>	<i>G</i> et <i>L</i> ^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, <i>G</i> =		$\frac{E}{2(1 + \mu)}$	$\frac{3K(1 - 2\mu)}{2(1 + \mu)}$			$\frac{E}{3 - E/3K}$	
Module en traction, <i>E</i> =	$2G(1 + \mu)$		$3K(1 - 2\mu)$		$\frac{3G}{1 + G/3K}$		$\frac{3G(1 - 4G/3L)}{1 - G/L}$
Module de compressibilité, <i>K</i> = ^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 en onde longitudinale, <i>L</i> =	$\frac{2G(1 - \mu)}{1 - 2\mu}$	$\frac{E(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}$	$\frac{3K(1 - \mu)}{1 + \mu}$	$\frac{G(4G/E - 1)}{3G/E - 1}$	$K + \frac{4G}{3}$	$\frac{K(1 + E/3K)}{1 - E/9K}$	

^a Voir 3.1, Note 7 à l'article.

^b Voir 3.1, Note 5 à l'article.

^c Voir 3.1, Note 6 à l'article.

iTeh STANDARD PREVIEW

3.2 module de conservation

(standards.iteh.ai)

M'
partie réelle du module complexe *M**

ISO 6721-1:2019

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-8799f7080dab/iso-6721-1-2019)

[8799f7080dab/iso-6721-1-2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/265634a2-40d5-4c26-ae65-8799f7080dab/iso-6721-1-2019)

Note 1 à l'article: Le module de conservation est exprimé en pascals (Pa).

Note 2 à l'article: Le module de conservation *M'* est indiqué à la Figure 1 b).

Note 3 à l'article: Il est proportionnel à l'énergie maximale emmagasinée durant un cycle de charge et représente la rigidité d'un matériau viscoélastique.

Note 4 à l'article: 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_{to}'* 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

Note 1 à l'article: Le module de perte est exprimé en pascals (Pa).

Note 2 à l'article: Le module de perte *M''* est indiqué à la Figure 1 b).

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

3.4 grandeur du module complexe

$[M]$

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

$$[M]^2 = (M')^2 + (M'')^2 = (\sigma_A / \varepsilon_A)^2$$

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

Note 1 à l'article: Le module complexe est exprimé en pascals (Pa).

Note 2 à l'article: 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 complexe en traction.

3.5 angle de phase

δ

déphasage entre la contrainte dynamique et la déformation dynamique d'un matériau viscoélastique soumis à une oscillation sinusoïdale

Note 1 à l'article: L'angle de phase est exprimé en radians (rad).

Note 2 à l'article: L'angle de phase δ est indiqué à la [Figure 1](#).

Note 3 à l'article: Comme pour le *module de conservation* (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

$\tan \delta$

rapport du module de perte au module de conservation, donné par la formule

$$\tan \delta = M'' / M'$$

où δ est l'angle de phase entre la contrainte et la déformation

Note 1 à l'article: Le facteur de perte est exprimé comme un nombre sans dimension.

Note 2 à l'article: Le rapport du module de perte M'' au module de conservation M' est indiqué à la [Figure 1](#) b).

Note 3 à l'article: 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* (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 1 à l'article: En supposant une viscoélasticité linéaire, cette courbe est une ellipse (voir la [Figure 2](#)).

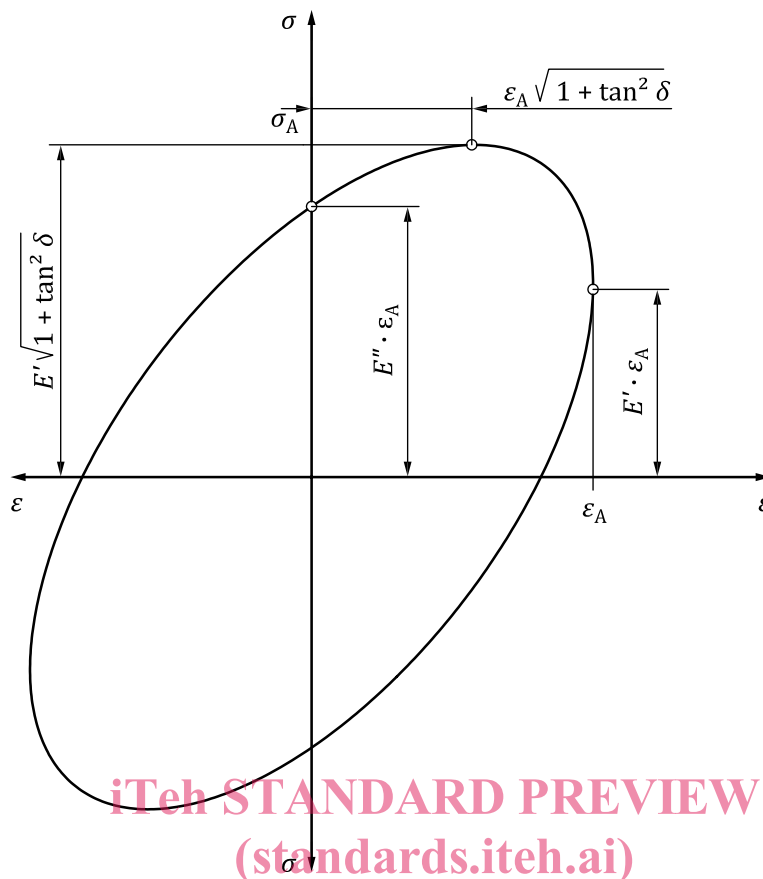


Figure 2 — Boucle d'hystérésis dynamique contrainte-déformation d'un matériau à viscoélasticité linéaire soumis à des vibrations sinusoïdales en traction

8799f7080dab/iso-6721-1-2019

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, donné(e) par la formule

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

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 (3.9)

Note 1 à l'article: La Figure 3 montre une courbe typique des vibrations à amortissement libre.