

Module d'élasticité

Un **module d'élasticité** (ou **module élastique** ou **module de conservation**) est une grandeur intrinsèque d'un matériau, définie par le rapport d'une contrainte à la déformation élastique provoquée par cette contrainte. Les déformations étant sans dimension, les modules d'élasticité sont homogènes à une pression et leur unité SI est donc le pascal ; en pratique on utilise plutôt un multiple, le MPa ou le GPa.

Le comportement élastique d'un matériau homogène isotrope et linéaire est caractérisé par deux modules (ou constantes) d'élasticité indépendants. Le tableau nommé « Formules de conversion » en bas de page indique les relations des paires de modules d'élasticité, sur un total de six modules : E , G , K , M , ν^1 et λ . L'utilisation des relations données dans ce tableau nécessite cependant des corrections qui sont données dans la littérature².

En ingénierie structurelle, le choix le plus courant est la paire module de Young et coefficient de Poisson (E , ν) ; la paire équivalente (E , G) est aussi utilisée. Le module E (lié à la raideur) est souvent utilisé en acoustique.

La connaissance des caractéristiques rhéologiques en fonction de la température revêt un grand intérêt. Les évolutions de modules ou de viscosités sont souvent importantes. Voir aussi Température de transition vitreuse (T_v) et Thermostabilité.

Sommaire

Typologie

Modules en régime dynamique

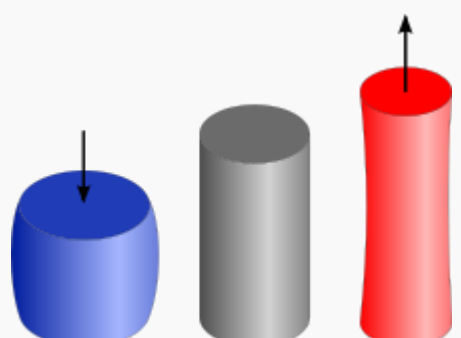
Notes et références

Bibliographie

Articles connexes

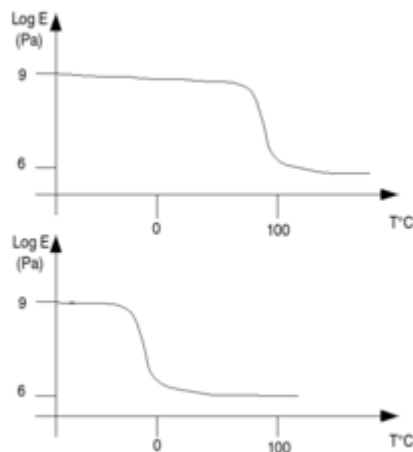
Typologie

Module d'élasticité



Un module d'élasticité est le rapport entre une contrainte et la déformation relative qui en résulte.

Unités SI	pascal (MPa, GPa)
Dimension	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$
Nature	Grandeur <u>tensorielle intensive</u>
Symbole usuel	Suivant le module considéré : <i>E</i> , <i>G</i> , <i>K</i> , λ , ν , <i>M</i> , <i>P-wave modulus</i>



La connaissance du module et son évolution en fonction de T sont nécessaires pour la sélection du matériau le plus adapté.

Selon le *type* de déformation³, le module d'élasticité d'un matériau peut être :

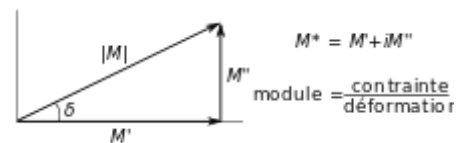
- le module de Young ou de traction, d'élasticité longitudinale, de compression, de flexion (E_f), souvent appelé simplement « *module d'élasticité* » (E) ;
- le module de cisaillement ou d'élasticité tangentielle, de torsion (G_{t0}), etc. (G) ;
- le module d'élasticité isostatique ou de compressibilité, de compression en flambage, etc. (K) ;
- ou le module d'onde de compression ou d'onde plane (L^4 ou M).

Divers types de modules d'élasticité correspondant aux différents types de déformation (exemples) :

Nom	Comportement du matériau	Loi de comportement
<u>Module de traction</u>	Soumis à une contrainte uniaxiale σ_E , l'échantillon subit une dilatation linéaire ϵ_E faible par rapport à l'épaisseur.	$\sigma_E = E_t \epsilon_E$
<u>Module de cisaillement</u>	Soumis à une contrainte de cisaillement ⁵ σ_C , l'échantillon subit une déformation ϵ_C sans changer de volume.	$\sigma_C = G_s \epsilon_C$
<u>Module de compressibilité mécanique</u>	Soumis à une contrainte de compressibilité σ_K , l'échantillon subit une variation de volume ϵ_K sans changer de forme.	$\sigma_K = K \epsilon_K$
<u>Module en déformation uniaxiale</u>	Soumis à une contrainte de pseudo-compressibilité σ_M , l'échantillon subit une variation de volume ϵ_M sans changer de forme. La déformation résultante est grande par rapport à l'épaisseur.	$\sigma_M = L \epsilon_M$

Modules en régime dynamique

En général, pour un matériau viscoélastique, il n'existe pas de relation contrainte \leftrightarrow déformation (équation rhéologique) indépendante du temps (t), c'est le cas notamment du rapport contrainte sur déformation. Le rapport contrainte dynamique $\sigma(t)$ sur déformation dynamique $\epsilon(t)$ d'un matériau viscoélastique soumis à une vibration sinusoïdale est appelé *module complexe* ou *module dynamique* ou *module viscoélastique*, noté M^* ⁶



Représentation dans le plan complexe.

$$M^*(t) = \frac{\sigma(t)}{\epsilon(t)} = M'(t) + iM''(t) = \frac{1}{C^*(t)}$$

$$|M|^2 = \left(\frac{\sigma_A}{\epsilon_A} \right)^2 = (M')^2 + (M'')^2$$

avec :

- M' , le *module de conservation*, partie réelle de M^* , représentant la composante élastique de M^* et la rigidité du matériau viscoélastique ;
- M'' , le *module de perte*, partie imaginaire de M^* , représentant la composante visqueuse de M^* ;
- C^* , la complaisance complexe, pour un comportement viscoélastique linéaire ;
- σ_A et ϵ_A , les amplitudes des cycles de contrainte et de déformation, respectivement.

Les contraintes élastiques et visqueuses sont liées aux propriétés du matériau par le module.

Le schéma ci-dessus représente diverses propriétés mécaniques dynamiques dans le plan complexe, dans une expérience utilisant des déformations sinusoïdales ; δ est l'angle de phase entre la contrainte et la déformation.

Un matériau est considéré comme viscoélastique linéairement si, lorsqu'il est faiblement déformé, le rapport contrainte sur déformation (ou module) n'est fonction que de la fréquence (ou du temps) et de la température (T). À partir d'un niveau de déformation critique, le comportement de l'échantillon est non linéaire.

Un module viscoélastique est déterminé en DMA à partir de la géométrie et de la raideur dynamique de l'échantillon. Par exemple, les modules viscoélastiques E' et E'' d'un solide déformable peuvent être mesurés en DMA en soumettant l'échantillon à une contrainte de traction-compression ou de flexion. Les modules viscoélastiques G' et G'' d'un produit solide, d'un (polymère) fondu, d'une résine, d'un bitume, etc., peuvent être mesurés en DMA ou au moyen d'un rhéomètre dynamique (hors échantillon solide dans ce dernier cas) ; la caractérisation se fait en torsion (sur un solide) ou en cisaillement.

La viscosité dynamique η' est proportionnelle à G'' .

Notes et références

1. D'après la norme (fr) ISO 6721-1:1994(F), *Plastiques - Détermination des propriétés mécaniques dynamiques - Partie 1 : Principes généraux*, le coefficient de Poisson a pour symbole μ .
2. D'après la norme ISO 6721-1:1994(F), qui indique par exemple les références [1] et [2] citées dans la Bibliographie.
3. À ne pas confondre avec les *modes* de déformation que sont le fluage et la relaxation, liés à leur dépendance temporelle.
4. D'après la norme ISO 6721-1:1994(F), le module en compression uniaxiale (sur feuilles minces) a pour symbole L_c et le module en onde de compression longitudinale a pour symbole L_w .
5. Cisaillement, en anglais : *shear*, d'où la notation G_s pour le module correspondant.
6. À ne pas confondre avec le module d'onde de compression, L ou M .

Bibliographie

- [1] Nederveen, C.J. et van der Wal, C.W., *Rheol. Acta*, **6** (4), p. 316 (1967)
- [2] Read, B.E. et Dean, G.D., *The determination of dynamic properties of polymers and composites*, 207 p., Adam Hilger, Bristol, 1978 (ISBN 0-85274-363-7)

Articles connexes

- Notion de module
- Loi de Hooke
- Déformation élastique
- Module de Young
- Coefficient de Lamé
- Essai mécanique
- Rhéologie des solides

- Complaisance
 - Principe d'équivalence temps-température
 - Tenseur des constantes élastiques
 - Facteur de forme
 - Module de relaxation
-
-

Ce document provient de « https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Module_d%27élasticité&oldid=181563581 ».

La dernière modification de cette page a été faite le 4 avril 2021 à 17:57.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution, partage dans les mêmes conditions ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les conditions d'utilisation pour plus de détails, ainsi que les crédits graphiques. En cas de réutilisation des textes de cette page, voyez comment citer les auteurs et mentionner la licence.

Wikipedia® est une marque déposée de la Wikimedia Foundation, Inc., organisation de bienfaisance régie par le paragraphe 501(c)(3) du code fiscal des États-Unis.

Politique de confidentialité

À propos de Wikipédia

Avertissements

Contact

Développeurs

Statistiques

Déclaration sur les témoins (cookies)