



Institut de physique

Actualités scientifiques

Déterminer les caractéristiques mécaniques des matériaux mous en s'inspirant des chauves-souris

Décembre 2018

Un signal modulé en fréquence et en amplitude, semblable au signal ultrasonore émis par les chauves-souris ou les dauphins, a permis à des chercheurs de mesurer de manière précise et rapide le spectre viscoélastique de matériaux mous.

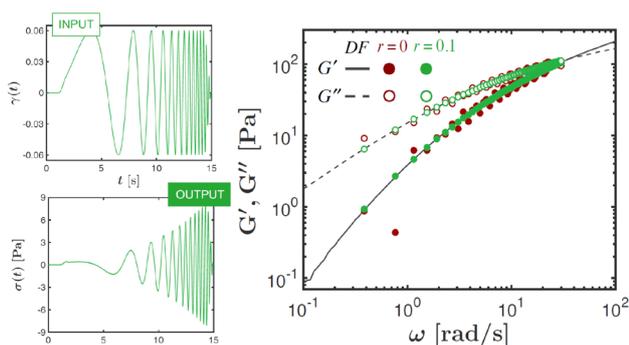
La plupart des matériaux qui nous entourent comme la mayonnaise, le ketchup, la mousse à raser ou encore les crèmes cosmétiques ne sont ni tout à fait liquide, ni tout à fait solide, mais présentent un comportement intermédiaire qualifié de viscoélastique. En effet, selon les échelles de temps et les conditions sous lesquelles on les examine, ces matériaux peuvent supporter leur propre poids et garder leur forme comme le ferait un solide élastique ou, au contraire, s'écouler à la manière d'un liquide visqueux. Ce comportement viscoélastique est caractérisé par un spectre de type complexe dont la partie réelle quantifie la réponse élastique du matériau, et la partie imaginaire la réponse visqueuse.

Jusqu'à présent la mesure d'un tel spectre viscoélastique se faisait en sondant la réponse mécanique du matériau étudié pour une série de fréquences discrètes. Cette méthode, qui consiste à imposer une déformation oscillante de faible amplitude pour chaque fréquence considérée, présente deux inconvénients majeurs : elle est extrêmement lente et conduit en général à imposer une déformation totale qui peut excéder le domaine de réponse linéaire du matériau. Elle est notamment inadaptée à l'étude des matériaux viscoélastiques dont les propriétés

évoluent au cours du temps, comme c'est le cas pour de nombreux matériaux mous qui se gélifient, se solidifient ou séchent.

L'utilisation d'une courte impulsion de déformation oscillante, dont la fréquence est modulée au cours du temps, offre une alternative efficace pour sonder sur un temps court le spectre viscoélastique d'un matériau dont les propriétés sont instables dans le temps. Cette méthode dite de *rhéologie par transformée de Fourier* avait d'ores et déjà permis à une équipe de recherche grenobloise de suivre l'évolution du spectre viscoélastique d'une solution de polymère lors de sa gélification, mais au prix de spectres de mauvaise qualité. Cette imprécision qui résulte de la forme rectangulaire de l'enveloppe de l'impulsion utilisée, peut être notablement réduite en modulant astucieusement l'amplitude de l'impulsion. C'est en s'inspirant directement des signaux ultrasonores émis par les chauves-souris pour détecter leurs proies dont la fréquence et l'amplitude sont modulées au cours du temps, qu'un collectif international de chercheurs du CNRS, du MIT, de l'université de Louvain (Belgique) et de Swansea (Pays de Galles) a déterminé les conditions optimales pour l'obtention rapide d'un spectre viscoélastique. En réalisant une série d'expériences sur des matériaux modèles, ces chercheurs ont amélioré le rapport signal sur bruit de plusieurs ordres de grandeurs et ainsi déterminé la forme optimale de l'enveloppe de l'impulsion oscillante conduisant au spectre viscoélastique le moins bruité possible.

Cette nouvelle méthode, publiée dans *Physical Review X*, offre la possibilité de suivre l'évolution temporelle des propriétés viscoélastiques de matériaux mous avec une précision et une rapidité inégalées, ouvrant de nouvelles perspectives pour les études expérimentales et numériques de ces matériaux d'utilisation courante. De plus, une interface Matlab disponible gratuitement sur simple demande à l'adresse owch@mit.edu permet de calculer les paramètres optimaux de l'impulsion oscillante à fournir au rhéomètre, offrant ainsi la possibilité d'adapter cette technique à chaque utilisateur suivant ses besoins.



Le graphe principal montre le spectre viscoélastique d'une solution de 8.5 % de PIB (Polyisobuthylène) dans de l'hexadécane, i.e. la dépendance des modules élastique (G') et visqueux (G'') en fonction de la fréquence. Les courbes noires correspondent au spectre mesuré point à point en 45 minutes sur la gamme de fréquence 0.1 à 100 rad/s. Les courbes en rouge carmin correspondent au spectre mesuré en 14 secondes par une impulsion modulée en fréquence entre 0.3 et 30 rad/s. Enfin, les courbes vertes correspondent au même spectre mesuré en 14 secondes par une impulsion modulée en fréquence et en amplitude (modulation par une fenêtre dite de Tukey avec un paramètre $r=0.1$). Pour ce dernier cas, l'impulsion de déformation utilisée et la réponse en contrainte de la solution de polymères sont représentées à gauche. Pour les trois expériences, l'amplitude de la déformation oscillante imposée vaut 6 %.

En savoir plus

Time-resolved mechanical spectroscopy of soft materials via optimally windowed chirps

M. Geri, B. Keshavarz, T. Divoux, C. Clasen, D.J. Curtis et G.H. McKinley
Physical Review X (2018), doi: 10.1103/PhysRevX.8.041042

Lire l'article scientifique sur la base d'archives ouvertes [ArXiv](https://arxiv.org/)

Contact chercheur

Thibaut Divoux, chargé de recherche au CNRS

Informations complémentaires

Centre de recherche Paul Pascal (CRPP, CNRS/Université de Bordeaux)

Multiscale material science for energy and environment (MSE, CNRS/MIT/AMU)

MIT (Etats-Unis)

Université de Leuven (Belgique)

Université de Swansea (Pays de Galle)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie

3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp.com@cnrs.fr

www.cnrs.fr/inp