



HAL
open science

Viscoélasticité des matériaux hétérogènes étudiée directement en DMA virtuelle par solveur spectral

Julien Boisse, Stéphane André, Farge Laurent

► **To cite this version:**

Julien Boisse, Stéphane André, Farge Laurent. Viscoélasticité des matériaux hétérogènes étudiée directement en DMA virtuelle par solveur spectral. DEPOS 28 : DEformation des POLymères Solides 28ème édition, Sep 2018, La Bresse, France. . hal-03810225

HAL Id: hal-03810225

<https://hal.science/hal-03810225>

Submitted on 19 Oct 2022

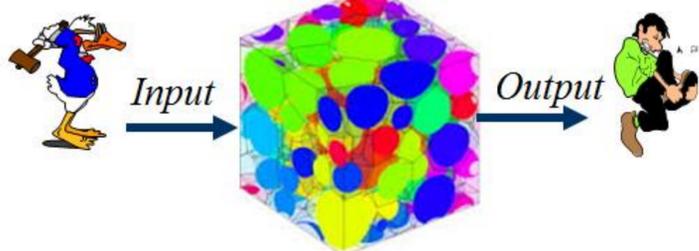
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Résumé: L'idée exposée ici est de montrer le potentiel résultant du concept de Fonction de Transfert (TF) pour caractériser rhéologiquement le comportement viscoélastique de matériaux hétérogènes complexes. Ce concept, classique en ingénierie, ne s'applique toutefois que si l'on reste dans un comportement linéaire du système "matériau" en regard des excitations appliquées. Avec ce concept, il est possible de caractériser virtuellement le matériau par technique spectroscopique (DMA) en partant de la connaissance de sa microstructure et des propriétés des constituants pour prévoir la réponse du matériau à n'importe quelle excitation.

Concept de fonction de Transfert

System
(material)



Physical regime	Independent variable	Input	Output
Time-dependent	time t	$x(t)$	$y(t) = (f * x)(t) = \int_0^t f(\tau)x(t-\tau) d\tau$
	frequency s (Laplace variable)	$X(s)$	$Y(s) = F(s)X(s)$
Harmonic (Virtual DMA)	complex frequency $s = j\omega$	$x^*(j\omega)$	$y^*(j\omega) = F(j\omega)x^*(j\omega)$

Outils requis

- ★ **Modélisation fine de la réponse à une entrée idéalisée (ou reproduisant un signal expérimental réel) en régime périodique établi, sur une microstructure donnée (topologie et comportement):**

↳ **Solveur CRAFT étendu en variables complexes**

H. Moulinec, P. Suquet, A numerical method for computing the overall response of nonlinear composites with complex microstructure, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, 157, 69-94, 1998.

- ★ **Modèles de Fonctions de Transferts (Admittance/Impédance) dans l'espace des fréquences**

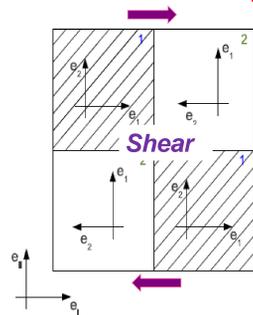
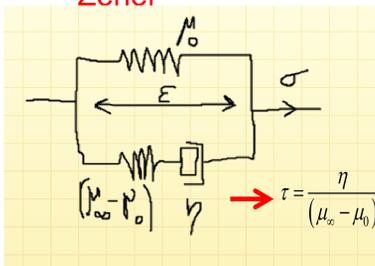
↳ **Exemple : Modèles à pôles et zéros distribués (Biot) ou par opérateurs non-entiers**

- ★ **Maîtrise du problème d'identification paramétrique de la fonction de Transfert sur les données fines simulées**

↳ **Etude d'identifiabilité**

Exemple 1: Validation de l'approche sur un milieu hétérogène simpliste dit à structure en damier

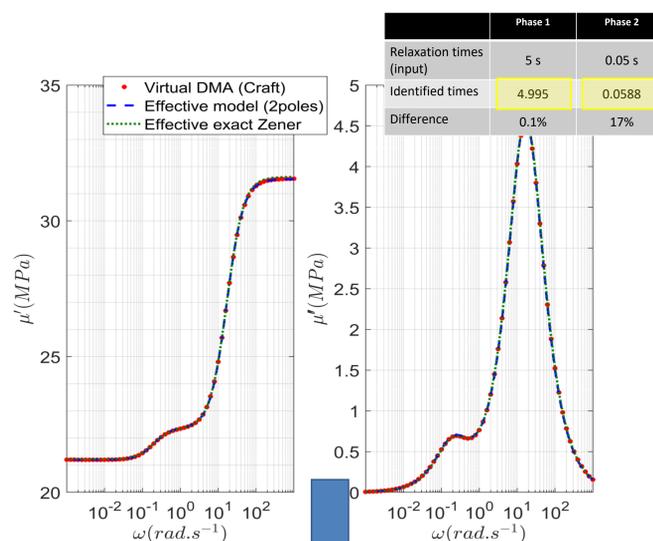
1. Composite en damier : 2 constituants de type Zener



2. TF model and Identification :

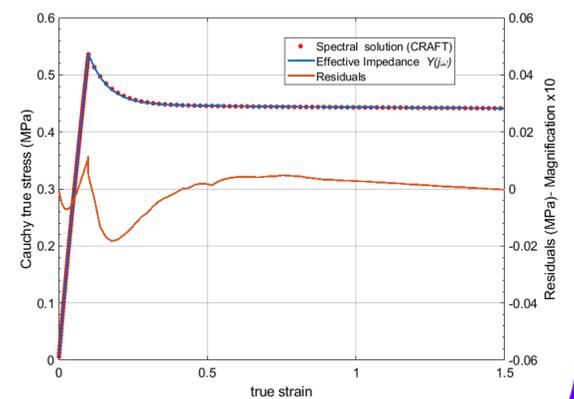
2-terms Prony series, 5-parameters transfer function

$$Y(j\omega) = \tilde{\mu}_\infty + (\tilde{\mu}_0 - \tilde{\mu}_\infty) \frac{1 + j\omega\tau_0}{(1 + j\omega\tau_{p1})(1 + j\omega\tau_{p2})}$$



3. Prediction to any temporal excitation :

$$\sigma(t) = \int_0^t Y(t-\tau) \gamma(\tau) d\tau$$



$$\dot{\sigma} + \frac{\sigma}{\tau} = \mu_\infty^{elastic} \dot{\epsilon} + \frac{\mu_0^{relax}}{\tau} \epsilon$$

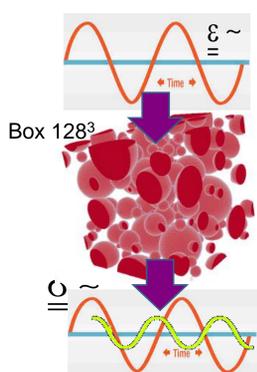
Solution analytique exacte du milieu effectif :

$$\tilde{\mu}_\infty = \sqrt{\mu_\infty^{(1)} \mu_\infty^{(2)}} \rightarrow \tilde{\mu} = \tilde{\mu}_\infty \sqrt{\frac{(j\omega + \frac{1}{\theta^{(1)}})(j\omega + \frac{1}{\theta^{(2)}})}{(j\omega + \frac{1}{\tau^{(1)}})(j\omega + \frac{1}{\tau^{(2)}})}}$$

$$\frac{1}{\theta^{(k)}} = \frac{\mu_0^{(k)}}{\mu_\infty^{(k)} \tau^{(k)}}$$

Exemple 2: Composite particulaire

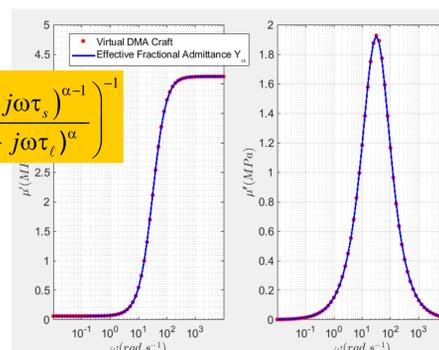
- Step 1 : Virtual DMA data



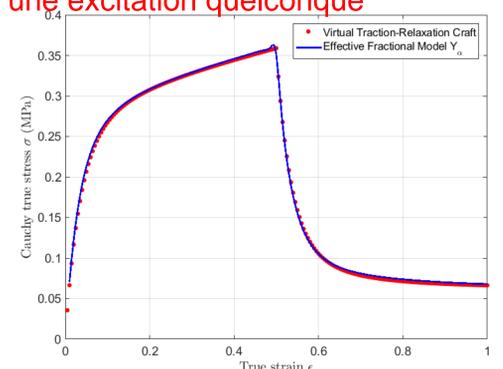
- Step 2 : perfect characterization of transfer function

Admittance model:

$$Y_a(j\omega) = \left(s'' + (s^r - s'') \frac{(1 + j\omega\tau_s)^{\alpha-1}}{(1 + j\omega\tau_l)^\alpha} \right)^{-1}$$



- Step 3 : prédiction de la réponse à une excitation quelconque



Conclusions: Ce travail montre premièrement tout l'intérêt et le potentiel renouvelé d'application des solveurs spectraux pour résoudre les problèmes de caractérisation rhéologique (et métrologique !) des matériaux composites. Il propose de reconsidérer le classique problème d'homogénéisation sous l'angle de l'identification d'une fonction de transfert « système » en régime harmonique et déporte ainsi la problématique sur la mise au point de modèles de comportements effectifs directement dans l'espace des fréquences.