

THESE

Pour l'obtention du titre de :

DOCTEUR de L'UNIVERSITE DE LORRAINE

Ecole doctorale : Energie Mécanique et Matériaux (EMMA)

Domaine de Recherche : Sciences des Matériaux

Présentée par :

Koffi Sénanou LEDI

**Approche inverse pour l'identification des propriétés
viscoélastiques de structures sandwichs amorties**

Présentée et soutenue publiquement le 12 Octobre 2018 à METZ

Composition du jury

M. Frédéric DRUESNE	Enseignant-Chercheur HDR, UTC	Rapporteur
M. Loïc DARIDON	Professeur des universités, Université de Montpellier	Rapporteur
M. Noureddine BOUHADDI	Professeur des universités, Université de Franche-Comté	Examineur
Mme. Laetitia DUIGOU	Maître de conférence, Université de Bretagne sud	Examineur
M. El Mostafa DAYA	Professeur des universités, LEM3	Directeur de thèse
M. Salim BELOUETTAR	Professeur des universités, LIST	Examineur
M. Mohamed HAMDAROU	Maître de conférence, LEM3	Co-directeur de thèse
M. Guillaume ROBIN	Ingénieur d'Etudes, LEM3	Co-encadrant de thèse

*LEM3-UMR7239**7 Rue Félix Savart-57073 METZ CEDEX 03*

Résumé

Dans ce travail de thèse, une méthode d'identification inverse des propriétés mécaniques du matériau viscoélastique (module de cisaillement G_0 et facteur de perte η_c) fonctionnalisés dans une structure sandwich à trois couches symétriques est proposée. L'objectif de ce travail est de pouvoir identifier les propriétés mécaniques in situ. À travers un modèle éléments finis basé sur le modèle Zig-Zag de Rao, notre modèle assure la détermination des paramètres modaux de la poutre sandwich. L'approche inverse consiste en une procédure itérative qui détermine les formes de mode étant donné les paramètres matériaux puis calcule les propriétés viscoélastiques à partir des modes en utilisant un quotient de Rayleigh jusqu'à ce que la convergence sur les propriétés du matériau soit satisfaite. Les paramètres d'entrée du modèle inverse sont les fréquences de résonance et facteurs de perte de la poutre sandwich obtenues expérimentalement. En conséquence, la dépendance en fréquence des propriétés du matériau viscoélastique de la poutre sandwich est déterminée par une démarche automatisée. La méthode a été comparée avec succès aux formules de Ross-Kerwin-Ungar ; à une approche d'optimisation standard et à la littérature.

À partir des résultats, nous avons pu déduire les lois de comportement du cœur viscoélastique suivant des modèles rhéologiques tels que le modèle de Maxwell généralisé, d'ADF, de GHM et du Zéner fractionnaire. Ce dispositif expérimental couplé à la méthode d'identification a permis l'investigation des paramètres modaux de la poutre à différentes températures pour étudier l'effet de la température sur les lois rhéologiques.

Pour étudier la robustesse de notre méthode, nous avons procédé des essais de répétabilité, de reproductibilité sur une population d'échantillon. L'efficacité de notre méthode étant prouvée, une étude de sensibilité a été menée sur les caractéristiques géométriques de notre structure et les paramètres d'entrée. Les résultats obtenus montrent le fort impact de certains paramètres sur l'identification.

Abstract

In this work, an inverse identification method of the mechanical properties of the viscoelastic material (shear modulus G_0 and loss factor η_c) functionalized in a sandwich structure with three symmetrical layers is proposed. The objective of this work is to be able to identify the mechanical properties in situ. Through a finite element model based on Rao's Zig-Zag model, our model ensures the modal parameter determination of the sandwich beam. The inverse approach consists of an iterative procedure that determines the mode shapes given the material parameters and then calculates the viscoelastic properties from the modes using a Rayleigh quotient until convergence on the properties of the material is satisfied. The input parameters of the inverse model are the resonance frequencies and loss factors of the sandwich beam obtained experimentally. As a result, the frequency dependence of the viscoelastic properties of the sandwich beam is determined by an automated way. The method has been successfully compared to Ross-Kerwin-Ungar formulas; a standard optimization approach and the literature.

From the results, we have been able to deduce the constitutive laws of the viscoelastic heart according to rheological models such as the generalized Maxwell model, ADF, GHM and fractional Zener. This experimental device coupled to the method of identification allowed the investigation of modal parameters of the beam at different temperatures to study the effect of the temperature on the rheological laws. To study the robustness of our method, we carried out tests repeatability, reproducibility on a sample population. Since the effectiveness of our method has been proven, a sensitivity study has been carried out on the geometrical characteristics of our structure and the input parameters. The results obtained show the strong impact of certain parameters on identification.