



## Modélisation numérique des vibrations linéaires et non linéaires des structures sandwichs à âme viscoélastique



*J'ai le plaisir de vous inviter à ma soutenance de thèse de doctorat qui aura lieu le jeudi 07 octobre 2010 à 13h30 dans la salle Ferrari de l'Université de Metz, île du Sauley.*

**Auteur :** Massamaesso BILASSE, Laboratoire de Physique et Mécanique des Matériaux, Université Paul Verlaine-Metz

Composition du jury :

**Rapporteurs :** Prof.Dr Erasmo CARRERA, Ecole Polytechnique de Torino  
Prof.Dr Bruno COCHELIN, Ecole Centrale de Marseille

**Examineurs :** Prof.Dr Lahcen AZRAR, FST de Tanger  
Prof.Dr Nouredine BOUHADDI, Université Franche Comté  
Prof.Dr Jean-François DEÛ, CNAM Paris  
Prof.Dr Paolo VANNUCCI, Université de Versailles

**Directeur :** Prof.Dr El Mostafa DAYA, Université Paul Verlaine-Metz

### Résumé

On s'intéresse à la modélisation numérique des structures sandwichs trois couches à âme viscoélastique utilisées pour l'amortissement passif et le contrôle des vibrations dans divers domaines d'application tels que l'aéronautique, l'aérospatial, l'automobile et l'électroménager. La complexité de la modélisation en dynamique de ces structures est liée d'une part aux non linéarités matérielles dues à la dépendance en fréquence et en température de la rigidité et d'autre part aux non linéarités géométriques dues aux grands déplacements. Nous proposons dans ce travail un cadre de modélisation des vibrations linéaires et non linéaires des poutres et des plaques sandwichs avec la dépendance en fréquence du comportement viscoélastique. En couplant la méthode asymptotique numérique et les techniques de différentiation automatique, nous avons développé un algorithme générique de résolution du problème numérique de valeur propre complexe gouvernant les vibrations libres linéaires des structures sandwichs viscoélastiques.

L'algorithme est implémenté sous un solveur numérique en langage Matlab et permet pour une structure sandwich donnée, de déterminer de façon directe et exacte les propriétés amortissantes et les modes propres de vibration, quelle que soit la non linéarité en fréquence de la loi viscoélastique. L'efficacité de l'algorithme est illustrée sur trois modèles viscoélastiques différents: le modèle à module constant, le modèle de Maxwell généralisé et le modèle à dérivées fractionnaires.

Puis, nous avons présenté une théorie basée sur la méthode des éléments finis pour la modélisation des vibrations non linéaires des poutres sandwichs. Cette théorie combine la technique d'équilibrage harmonique à la méthode de Galerkin à un mode et permet de réduire le problème de vibration non linéaire à une équation d'amplitude complexe. La résolution de l'équation d'amplitude permet de caractériser les propriétés modales et les réponses en amplitude. L'évaluation du choix de la base de Galerkin pour différentes approximations des modes a permis de montrer l'inadéquation des modes réels classiquement utilisés dans l'analyse des vibrations linéaires et non linéaires.

Enfin, la théorie est appliquée pour modéliser les vibrations non linéaires des plaques sandwichs. Les coefficients de l'équation d'amplitude gouvernant les vibrations non linéaires sont formulés dans le cadre élément fini et nécessitent la résolution numérique de trois problèmes: un problème de valeur propre complexe non linéaire et deux problèmes linéaires. Pour l'efficacité de la méthode numérique ainsi proposée, la base de Galerkin est améliorée en utilisant des modes complexes afin de prendre en compte l'amortissement dans les modes de vibration. Les résultats obtenus montrent l'effet des non linéarités géométriques, des conditions aux limites et de la température sur les propriétés modales et les réponses en amplitude.

**Mots clés :** sandwich viscoélastique, vibration non linéaire, amortissement, élément fini, fréquence propre, mode réel, mode complexe, équation d'amplitude, méthode asymptotique numérique, différentiation automatique

