

Plaques et coques orthotropes multistables : conception et applications au contrôle de forme via des matériaux électroactifs

Corrado Maurini^{1,2}, Amâncio Fernandes^{1,2}, Stefano Vidoli³, & Angela Vincenti^{1,2}

¹ UPMC Univ Paris 06, UMR 7190, Institut Jean Le Rond d'Alembert, F-75005 Paris, France.

² CNRS, UMR 7190, Institut Jean Le Rond d'Alembert, F-75005 Paris, France.

³ Università di Roma La Sapienza, Dip. di Ing. Strutturale e Geotecnica, via Eudossiana 18, 00184 Rome, Italie
corrado.maurini@upmc.fr

Les plaques et coques élastiques présentent des phénomènes non-linéaires intrinsèquement liés à la géométrie des surfaces. Ces phénomènes induisent des propriétés de multistabilité intéressantes [1] à exploiter dans les applications au contrôle de forme des structures souples constituées de matériaux électroactifs [2].

Un premier objectif de notre travail est d'étudier l'influence de la géométrie initiale, des propriétés matérielles et des déformations induites par des effets thermiques et par des matériaux actifs sur la forme et le nombre des configurations d'équilibre stable de plaques et coques orthotropes. Pour des plaques et coques à courbures modérées et avec bords libres, ces propriétés peuvent être étudiées en utilisant un modèle simplifié basé sur l'hypothèse de courbure uniforme dans l'espace. Les équilibres stables sont caractérisés comme minima d'une fonction énergie potentielle, somme de l'énergie élastique en flexion et en extension. Par le biais des relations de compatibilité géométrique, cette énergie peut être écrite seulement en terme des courbures [3]. L'étude numérique montre que des coques orthotropes possèdent jusqu'à trois positions d'équilibre stable. Ensuite, un modèle simplifié basé sur l'hypothèse d'inextensibilité nous permet de résoudre analytiquement la dépendance des propriétés de multistabilité en fonction des paramètres de la loi de comportement et des courbures initiales. Nous montrons en particulier que ces structures sont tristables pour une large gamme de courbures initiales lorsque la matrice de rigidité en flexion approche une condition de singularité [4]. Nous nous posons alors le problème de la conception de composites multicouches avec propriétés matérielles optimisées pour la tristabilité. Nous présenterons alors plusieurs exemples réalistes de coques multicouches tristables en employant une méthode polaire de représentation de tenseurs de rigidité [5].

Le deuxième objectif est la conception d'un actionnement multiparamétrique efficace pour ces structures non linéaires. Certains auteurs ont étudié numériquement et expérimentalement l'utilisation d'un actionnement piézoélectrique pour contrôler le passage entre les deux configurations d'équilibre stable de plaques composites avec précontraintes d'origine thermiques [2]. Avec un seul paramètre d'actionnement ce passage s'obtient avec des phénomènes de type snap-through. Par contre, avec un actionnement multiparamétrique, nous montrons qu'on peut réaliser une transition quasi-statique entre les deux configurations d'équilibre stable sans phénomène d'instabilité. Des simulations numériques éléments finis seront présentées afin de valider les résultats obtenus avec les modèles simplifiés basés sur l'hypothèse de courbure uniforme.

Références

1. Y. Forterre, J. Skotheim, J. Dumais and L. Mahadevan 2005, How the Venus flytrap snaps, *Nature*, **433**, 421-425.
2. M. R. Schultz and M. W. Hyer 2003, Snap-through of unsymmetric cross-ply laminates using piezoceramic actuators, *J. Intelligent Material Systems and Structures*, **14**, 795-814.
3. K. A. Seffen 2007 , 'Morphing' bistable orthotropic elliptical shallow shells, *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A Math. Phys. Eng. Sci.* **463**(2077), 67-83.
4. S. Vidoli and C. Maurini 2008 , Tristability of thin orthotropic shells with uniform initial curvature, *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A Math. Phys. Eng. Sci.*, **464**(2099), 2949-2966.
5. P. Vannucci 2005, Plane anisotropy by the polar method, *Meccanica*, **40**, 437-454