

Dynamique de flambage et post-flambage de coques sphériques

M. Mokbel¹, L. Stein-Montalvo², A. Djellouli^{3,4}, D. Holmes², S. Aland^{1,5}, C. Quilliet³ & G. Coupier³

¹ University of Applied Sciences (HTW) Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, Germany

² Department of Mechanical Engineering, Boston University, Boston, MA, USA

³ Université Grenoble Alpes, CNRS, LIPhy, F-38000 Grenoble, France

⁴ School of Engineering and Applied Sciences Cambridge, Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138, USA

⁵ Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestrasse 6, 09599 Freiberg, Germany

gwennou.coupier@univ-grenoble-alpes.fr

Le flambage de structures élastiques est un moyen efficace de produire des mouvements rapides à toutes échelles. Ce mécanisme se retrouve notamment dans des processus de réorientation de micronageurs [1], de propulsion dans des fluides [2], ou d'actuation de valves [3]. Réaliser un design approprié du matériau élastique considéré, alors appelé méta-matériau, est désormais devenu un intense sujet de recherche [4].

En ce qui concerne la modélisation, les différentes formes d'équilibre de structures de géométrie simple sont maintenant bien connues, ainsi que les seuils permettant de basculer entre ces états. L'existence d'au moins deux états stables séparés par une barrière de potentiel permet de développer des systèmes robustes dont l'état se maintient dans une certaine gamme de paramètres extérieurs sans apport supplémentaire d'énergie. Utiliser optimalement ces systèmes nécessite néanmoins de connaître également leur dynamique de transition et leurs modes de déformations autour de leurs configurations stables.

Nous nous proposons dans cette contribution de discuter d'une part de la dynamique de flambage de sphères élastiques creuses, lorsque le matériau de la coque est visco-élastique. En utilisant les théories déterminant la pression seuil en présence d'un défaut de sphéricité [5], nous montrerons alors que la dynamique de flambage peut être associée à la croissance du défaut qui a initialement nucléé. Ceci nous conduira à prédire le temps nécessaire pour le flambage en fonction de la pression appliquée et des caractéristiques rhéologiques du matériau de la coque, en accord avec des expériences réalisées.

Dans un second temps, nous explorerons au travers d'expériences et de simulations 3D la dynamique d'oscillation autour de l'état flambé alors atteint. Dans cette configuration, volume et surface de la coque peuvent évoluer de façon indépendante et nous montrerons qu'une description de la dynamique à partir de ces deux variables permet de rendre compte des fréquences d'oscillation autour de l'équilibre, résultant d'un couplage entre les contributions de la compressibilité du gaz interne et de l'élasticité du matériau de la coque [6].

Références

1. Son K, Guasto J, Stocker R. 2013 Bacteria can exploit a flagellar buckling instability to change direction. *Nature Phys.* **9**, 494–498.
2. Djellouli A, Marmottant P, Djeridi H, Quilliet C, Coupier G. 2017 Buckling Instability Causes Inertial Thrust for Spherical Swimmers at All Scales. *Phys. Rev. Lett.* **119**, 224501.
3. Gomez M, Moulton DE, Vella D. 2017 Passive control of viscous flow via elastic snap-through. *Phys. Rev. Lett.* **119**, 144502.
4. Holmes DP. 2019 Elasticity and stability of shape-shifting structures. *Curr. Op. Coll. Interf. Science* **40**, 118 – 137.
5. Lee A, F López Jiménez F, Marthelot J, Hutchinson JW, Reis PM. 2016 The geometric role of precisely engineered imperfections on the critical buckling load of spherical elastic shells *J. Appl. Mech.* **83**, 111005.
6. Mokbel M, Djellouli A, Quilliet C, Aland S, Coupier G. 2021 Post-buckling oscillations of spherical shells *Proc. Roy. Soc. A* **Soumis**.