

Flambement de poutres minces hyperélastiques

Lestringant¹ & Audoly¹

Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, UMR 7190 *∂*Alembert, F-75005 Paris, France
claire.lestringant@dalembert.upmc.fr

Les poutres minces sont des objets qui se prêtent naturellement à l'étude des instabilités en mécanique du solide : d'une part parce que leur forme élancée les fait flamber facilement - y compris sous chargement relativement faible -, et d'autre part parce que leurs équilibres sont décrits par des équations différentielles ordinaires dont l'analyse est bien plus aisée que celles des plaques, coques, ou corps élastique tridimensionnels.

Lors du flambement d'une poutre, deux types de non-linéarités peuvent intervenir : les non-linéarités géométriques associées aux grandes rotations, et les non-linéarités de comportement. Le cadre le plus étudié est celui du flambement d'une poutre infiniment mince : dans ce cas, la déformation au seuil de flambement est infinitésimale, et la non-linéarité de comportement ne joue généralement aucun rôle près du seuil. Les non-linéarités de comportement induisent des corrections au comportement prédit par l'analyse de stabilité linéaire dans les cas de poutres épaisses ou en post-bifurcation, mais sans modifier fondamentalement la réponse de la structure. Nous nous intéressons au cas opposé et relativement peu exploré où le comportement non-linéaire joue un rôle essentiel dans la sélection du mode de flambement.

Des expériences récentes [1] ont mis en évidence une compétition entre deux modes de flambage très différents dans un système expérimental constitué par deux rubans d'élastomère assemblés avec pré-contrainte. Un des modes (semi-hélice) est une version fortement post-flambée du mode de flambage sinusoïdal d'une plaque à bord précontraint. L'autre mode est un mode en hélice. Ce système modèle est remarquable car il combine un comportement non-linéaire bien identifié (des simulations finies utilisant un modèle de Gent néo-Hookéen reproduisent la réponse en flambage expérimentale), tout en produisant une compétition entre modes de flambage inédite pour les poutres.

L'étude de la stabilité d'un modèle 1D combinant deux poutres en flexion liées par un paramètre de couplage interne fait apparaître un comportement qui rappelle celui de ce dispositif expérimental, et permet en particulier d'expliquer la sélection de la longueur d'onde au seuil de flambement et la transition entre le mode de flambement sinusoïdal en semi-hélice (mode "micro") et le mode de flambement global en hélice. Des simulations numériques d'élasticité finie 2D sont menées sur une poutre modèle à section hétérogène présentant un fort contraste de raideur. Celles-ci permettent de valider la pertinence du modèle 1D et d'identifier ses coefficients.

Références

1. J. HUANG, J. LIU, B. KROLL, K. BERTOLDI, AND D. R. CLARKE, Spontaneous and deterministic three-dimensional curling of pre-strained elastomeric bi-strips, *Soft Matter*, **8**, 6291–6300 (2012).