
Mécanique des nœuds : étude expérimentale de tiges élastiques entrelacées

Paul Grandgeorge^{*1}, Paul Johanns¹, Alastair Flynn², Changyeob Baek , John Maddocks², Tomohiko G. Sano³, and Pedro M. Reis¹

¹Laboratoire des Structures Flexibles, Institut de Génie-Mécanique, EPFL – Suisse

²LCVM2, Institut de Mathématiques, EPFL – Suisse

³Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University – Japon

Résumé

Dans l'industrie navale, l'escalade ou encore dans le contexte chirurgical, les nœuds sont utilisés sur une large gamme d'échelles. Une vaste connaissance empirique a été acquise à leur sujet au fil des siècles, mais il arrive encore à ces nœuds de se rompre ou de se défaire, avec des conséquences parfois catastrophiques. Accéder à une compréhension plus fondamentale de la mécanique des nœuds permettrait donc d'en améliorer sensiblement les performances. Au cours des dernières décennies, des modèles géométriques ont été proposés pour décrire les nœuds serrés. Ceux-ci ne tiennent compte ni des propriétés mécaniques des fibres telles que leur élasticité, ni de la friction entre brins en contact, et sont donc limités dans un cadre pratique. D'autres modèles, plus mécaniques, incluent les propriétés physiques des fibres mais sont essentiellement restreints aux nœuds lâches, qui ont peu d'applications fonctionnelles. Dans le but de développer une compréhension plus prédictive de la mécanique de nœuds serrés, nous nous tournons vers l'acquisition d'images volumétriques de nœuds réels à l'aide d'un micro-tomographe à rayon X. Plus précisément, nous étudions des tiges d'élastomères nouées (nœud simple ou nœud de huit par exemple), et nous nous intéressons à différentes caractéristiques géométriques de ces structures intriquées telles que la courbure de la ligne centrale de la tige, la déformation de la section ou encore les zones d'auto-contact, clé pour la friction. Par ailleurs, nous analysons aussi une configuration plus simple, où deux tiges d'élastomère sont amenées en contact mécanique puis courbées l'une sur l'autre, en enlacement orthogonal. Ce système modèle pourra être vu comme un bloc élémentaire de construction de nœuds plus généraux, et permettra d'appréhender leur mécanique dans un cadre plus contrôlé.

Nous espérons que cette étude apportera de nouvelles pistes d'optimisation aussi bien pour les topologies de nœuds que pour la sélection des matériaux les plus performants selon les besoins et les contraintes des différents domaines d'applications.

Mots-Clés: structures élancées, nœuds, élasticité, grande déformation

*Intervenant