

Formation spontanée de nœuds sur une fibre flexible advectée par un écoulement chaotique

Benjamin Favier¹

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE, Marseille, 13013, France
 favier@irphe.univ-mrs.fr

Nous considérons le problème d'une fibre flexible mais inextensible advectée par un écoulement chaotique. Dans ce contexte, est-il possible que la fibre se noue spontanément [1]? En utilisant un modèle unidimensionnel de Cosserat pour la fibre, un couplage visqueux local entre la fibre et l'écoulement et un modèle discret pour les forces de contact, nous explorons la probabilité de trouver des nœuds le long de la fibre lorsque celle-ci interagit avec un écoulement ABC. Nous utilisons pour cela une librairie développée au sein de la communauté polymère [2] pour identifier systématiquement les nœuds potentiellement présents le long de la fibre (voir un exemple en Figure 1).

Une étude systématique permet de dégager une première phénoménologie pour cette transition topologique. La rigidité élastique de la fibre joue un rôle marginal pourvu qu'elle soit suffisamment faible pour autoriser le repliement de la fibre sur elle-même. La longueur de la fibre influe quant à elle très fortement sur l'émergence spontanée de nœuds. Des nœuds complexes de 8 croisements et plus sont observés mais certains nœuds, dont nous éluciderons les propriétés spécifiques, sont beaucoup plus probables que d'autres. L'exposant de Lyapunov de l'écoulement semble agir favorablement sur l'apparition des nœuds, tandis que l'hélicité moyenne, propre aux écoulements ABC, semble sans effet notable. Les forces de contact sont enfin fondamentales puisque les configurations nouées sont stables sur des temps très longs par rapport au temps de retournement de l'écoulement, ce qui n'est pas observé lorsque la fibre est libre de s'intersecter.

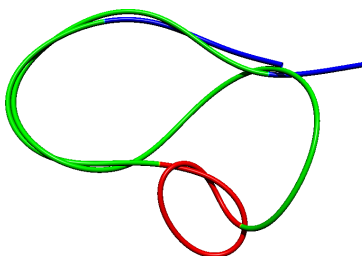


Figure 1. Exemple de nœuds composites observés sur une fibre flexible 6 fois plus longue que la longueur intégrale de l'écoulement. La partie rouge correspond à un nœud simple 3_1 , la partie verte à un nœud 5_2 tandis que la partie bleue est considérée comme non nouée.

References

1. J. Hickford, R. Jones, S. Courrech Du Pont, and J. Eggers. Knotting probability of a shaken ball-chain. *Physical Review E*, 74(052101), 2006.
2. L. Tubiana, G. Polles, E. Orlandini, and C. Micheletti. Kymoknot: A web server and software package to identify and locate knots in trajectories of linear or circular polymers. *The European Physical Journal E*, 41(72), 2018.