

Hydrodynamique et élasticité de micro-filaments : comparaison de modèles et applications

Clément MOREAU, Université Côte d'Azur, Inria, Team McTAO

Laetitia GIRALDI, Université Côte d'Azur, Inria, Team McTAO

Hermes GADÉLHA, University of York

L'étude du mouvement d'un filament inextensible et élastique plongé dans un fluide joue un rôle central dans de nombreux problèmes liés à la microbiologie (déplacement de bactéries ou de cellules telles que les spermatozoïdes) et à la micro-ingénierie (micro-nageurs artificiels).

On s'intéresse ici à un filament élastique immergé dans un fluide se déplaçant dans un plan. La modélisation du système doit prendre en compte le couplage entre les interactions hydrodynamiques et l'élasticité du filament. Pour modéliser l'interaction hydrodynamique entre le filament et le fluide qui l'entoure, on se place dans le cadre de la Resistive Force Theory [1], qui relie linéairement la densité de la force de frottement hydrodynamique à la vitesse d'un point sur le filament. On présentera deux approches pour la résolution de la dynamique du filament. La première approche, fondée sur la théorie de l'élasticité de Kirchhoff, conduit à un système d'équations aux dérivées partielles. La deuxième approche se base sur une approximation spatiale du filament par des segments de longueur fixée, que l'on suppose reliés entre eux par des ressorts de torsion qui modélisent l'élasticité, et conduit à un système d'équations différentielles ordinaires (EDO). On comparera les performances numériques de ces deux approches. Le modèle EDO, simple à implémenter, présente une très bonne précision et réduit grandement le temps de calcul, même dans des cas considérés comme délicats. Il permet ainsi d'étudier aisément des applications prometteuses dont on présentera deux exemples : comportement d'un filament soumis à des forces de compression (flambage) et guidage d'un micro-nageur magnétique.

Références

- [1] J. GRAY, G. J. HANCOCK, *The Propulsion of Sea-Urchin Spermatozoa*, Journal of Experimental Biology, 1955 32: 802-814;
- [2] C. MOREAU, L. GIRALDI, H. GADÉLHA, *A practical and efficient asymptotic coarse-graining model for the elasto-hydrodynamics of slender-rods and filaments*, en préparation.