

Titre en français : Écoulements dans des réseaux vasculaires induits par des contractions actives

Titre en anglais : Flows in self-contracting vascular networks

Nom du directeur de thèse : Christophe Eloy / Martin Brandenbourger

Tel : 0413552116

E-Mail : martin.brandenbourger@univ-amu.fr

Laboratoire : IRPHE

Financement : demandé

Résumé en français :

Les écoulements dans les réseaux vasculaires sont parmi les moyens les plus efficaces pour transporter la matière et l'information dans les systèmes vivants. Cette stratégie a été imitée dans les réseaux vasculaires artificiels, sans jamais reproduire le même niveau d'autonomie et d'adaptabilité. Les organismes les plus efficaces contrôlent le transport de fluides grâce à des vaisseaux qui se contractent lors de la détection de stimuli. Cela permet d'adapter de façon autonome la distribution de substances tels que des aliments ou des cellules immunitaires là où elles sont nécessaires. Comment ces écoulements sont-ils contrôlés par ces contractions actives ? Peut-on décrire avec des modèles mécaniques l'adaptabilité et la résilience de ce transport de fluides ? Il n'y a pas de réponse à ces questions. Les études sur les organismes ne permettent pas de contrôler la nature des contractions actives, les conditions initiales et la topologie du réseau. Cette thèse cherchera à comprendre comment des réseaux vasculaires artificiels, fait de capteurs et d'actuateurs, peuvent révéler comment des contractions actives permettent un transport de fluide adaptable et résilient. Grâce à cet atout expérimental renforcé par des modèles théoriques et numériques, nous répondrons aux questions suivantes :

- Comment des contractions actives permettent le transport de fluides dans des réseaux vasculaires ?
- Comment des contractions actives permettent l'adaptabilité à des signaux extérieurs ?
- Comment les contractions actives augmentent la résilience du transport ?

Cela se fera en développant une approche mécaniste décrivant la propagation d'ondes actives sur un réseau et le transport de fluides qui en émerge. Ces modèles répondront aux besoins cruciaux de dispositifs fluidiques autonomes et de robots souples capables d'interagir avec leur environnement. Self-Flow impactera la recherche médicale, où la complexité des processus biologiques limite la compréhension des défaillances du transport de fluides.

Résumé en anglais :

Liquid flows in vascular networks are among the most effective ways to transport matter and information for life. Artificial vascular networks have mimicked this strategy, without reproducing the same level of autonomy and adaptability. In the most adaptable organisms, the vascular network contracts upon local stimuli to orient fluid transport where it is needed. This enables autonomous functionalities without the need for a complex nervous system. These organisms use fluid transfer to locomote towards objectives, remodel their environment or exchange information with their pairs. Self-contracting networks are a good candidate to create artificial soft materials with similar living matter

functionalities. Such material would sense stimuli and perform actions like robots, but also retain its functionalities under shape change, division, or reassembly like condensed matter.

Profil du candidat recherché :

Candidates with either Physics or Engineering backgrounds and interested in the general area of soft/compliant mechanics, active matter or fluid mechanics are welcome to apply. The candidate should have an interest in experimental studies and in theoretical modelling or numerical simulations.

Publications sur le sujet :

- [1] Brandenbourger, M., et al (2019). Non-reciprocal robotic metamaterials. Nat. Commun
- [2] Zheng, E., Brandenbourger, et al (2023). Self-oscillation and synchronization transitions in elastoactive structures. Phys. Rev. Lett.
- [3] M. Brandenbourger, C. Scheibner, J. Veenstra, V. Vitelli, C. Coulais, Active impact and locomotion in robotic matter with nonlinear work cycles. arXiv preprint arXiv:2108.08837, (2021).
- [4] K. Alim, G. Amselem, F. Peaudecerf, M. P. Brenner, A. Pringle, Random network peristalsis in Physarum polycephalum organizes fluid flows across an individual. Proceedings of the National Academy of Sciences 110, 13306-13311 (2013).

Insertion professionnelle après thèse : publique et privée