

Modélisation de la synchronisation de cils à 2D

L'objectif du stage est de modéliser la synchronisation des cils sur les tissus de l'épithélium bronchique humain.

Contexte scientifique :

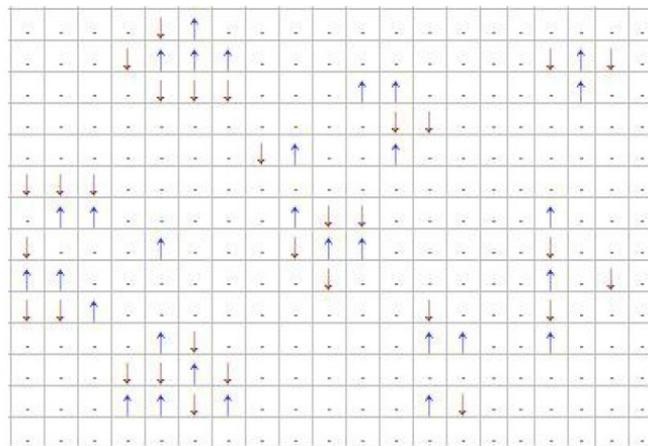
Le battement ciliaire et la synchronisation de cils est un phénomène récurrent en sciences du vivant et dont la fonction associée est celle du transport ou du mouvement. Les tissus des bronches par exemple, sont constitués de plusieurs types cellulaires dont les cellules ciliées et les cellules productrices de mucus, un fluide viscoélastique qui sert de barrière aux corps étrangers. Le battement coordonné des cils assure le transport du mucus et donc la fonction muco-ciliaire, i.e. le nettoyage continu des bronches. Les conditions d'une synchronisation des cils ne sont à ce jour pas élucidées et font l'objet d'études de plus en plus nombreuses expérimentales et théoriques. Le sujet de stage fait partie d'un projet beaucoup plus large multi-disciplinaire, réunissant des biologistes, médecins du CHU et physiciens de Montpellier autour de la compréhension de la fonction muco-ciliaire en condition normale et pathologique.

Nous avons abordé la question de la synchronisation de tapis de cils à partir d'un modèle dans lequel les cils sont représentés par des oscillateurs couplés par l'hydrodynamique du fluide et arrangés selon un réseau uni-dimensionnel. Nous avons ensuite introduit une hétérogénéité spatiale dans l'organisation des cils et étendu notre modèle à un système homogène à deux dimensions. Les systèmes hétérogènes à deux dimensions (en « patches ») ont fait l'objet d'une étude préliminaire et méritent encore une étude approfondie. C'est l'objet du stage que de poursuivre l'étude à 2D.

Travail et résultats attendus :

Il s'agira pour le stagiaire, en partant des premiers résultats obtenus à deux dimensions, d'en augmenter la taille et en étudier les différentes configurations (hétérogénéités de position et de direction de battement, existence de patches) dans le but de comprendre les conditions de coordination et de synchronisation des cils. Des fonctions de corrélation spatio-temporelles seront calculées, dans différentes configurations géométriques et pour différentes densités de cils, ainsi que les spectres de fréquences de battement des cils. Plus précisément, un système en patches (plus réaliste) sera construit sur la base d'observation expérimentales et la quantité minimale de clusters par unité de surface nécessaire pour obtenir une coordination entre patches voire une onde métachronale sera déterminée. Le lien entre coordination et degré d'ordre orientationnel pour la direction de battement sera étudié.

Tout au long du déroulement du stage, un lien sera fait entre les réalisations expérimentales effectuées au laboratoire et le modèle ainsi construit.



Encadrement :

Le stagiaire sera encadré par Estelle Pitard et Gladys Massiera. Il sera accueilli au sein de l'équipe de Physique théorique du Laboratoire Charles Coulomb (L2C), UMR 5221, CNRS/ Université de Montpellier.

Profil du candidat : Candidats ayant une expérience en simulation numérique et en Master dans les domaines de la biophysique, la matière molle, la physique statistique, la chimie physique ou autres domaines proches.

Contacts: estelle.pitard@umontpellier.fr

gladys.massiera@umontpellier.fr

Références:

- M Cosentino Lagomarsino, P Jona, and B Bassetti. Metachronal waves for deterministic switching two-state oscillators with hydrodynamic interaction. *Physical Review E*, 68(2):021908, 2003.
- Giovanni M Cicuta, Enrico Onofri, Marco Cosentino Lagomarsino, and Pietro Cicuta. Patterns of synchronization in the hydrodynamic coupling of active colloids. *Physical Review E*, 85(1):016203, 2012
- Juan A. Acebron, L. L. Bonilla, Conrad J. Perez Vicente, Felix Ritort, and Renato Spigler. The kuramoto model: A simple paradigm for synchronization phenomena. *Rev. Mod. Phys.*, 77:137{185, Apr 2005.
- D.J. Smith, E.A. Gaffney, and J.R. Blake. Modelling mucociliary clearance. *Respiratory physiology and Neurobiology*, 163, 2008.
- Collective behavior in a minimal model of cilia beating: synchronization, phase-locking and entrainment, S. Dey, G. Massiera, E. Pitard, *Phys. Rev. E*, 012403, 2018 .