Proposal for a Master 1 or 2 internship

Influence des motifs de nage des bactéries sur leur déplacement sur une surface avec ou sans gradient chimique

with Adam Gargasson (**adam.gargasson@universite-paris-saclay.fr**),
Harold Auradou (**harold.auradou@universite-paris-saclay.fr**), Carine Douarche
(**carine.douarche@u-psud.fr**) and Peter Mergaert (**peter.mergaert@i2bc.paris-saclay.fr**).
Laboratoire FAST, Université Paris-Saclay, CNRS 91405 Orsay, France

Les bactéries motiles se propulsent dans les fluides à l'aide de fagelles hélicoïdaux, reliés à des moteurs rotatifs sur leur membrane cellulaire [1–3]. Différentes stratégies d'utilisation de ce système de propulsion ont été identifiées ces dernières années. Ainsi, en fonction du nombre de flagelles, leur emplacement sur la paroi, leur direction de rotation ou encore leur vitesse et leur synchronisation différents motifs de nage apparaissent. Le plus connu est celui des bactéries *Escherichia coli* qui est une succession de "runs" (mouvement en ligne droite) interrompus par des "tumbles" (désynchronisation du faisceau de flagelles). Ce motif, de très loin le plus étudié, n'est ni le seul ni le plus répandu [4]. Par exemple, des bactéries ont adopté des modes en "run"-"reverse" avec parfois des basculements du corps ("flick") [5] quand d'autres choisissent d'enrouler leur flagelle sur leur corps ("coiling" ou "wrapping") [6]. Si les différentes nages commencent à être bien caractérisées en suspension dans un fluide, elles demeurent nettement plus mystérieuses en contact avec des surfaces.

Le premier objectif du stage sera donc de caractériser la nage de *Sinorhizobia meliloti* et de *Cabelleronia insecticola* proche des surfaces et de les comparer avec la nage des bactéries *Escherichia coli*. Pour cela des films seront réalisés à des résolutions spatiales et temporelles suffisantes pour extraire les trajectoires des bactéries. Une analyse statististique sera ensuite réalisée pour déterminer la statistique des longueurs de "run", les vitesses et les angles de changement de direction. Des modàles physique incorporant les nouvelles intéractions hydrodynamiques introduites par la présence des surfaces ou la mécanique des flagelles seront proposés.

Le second objectif du stage sera d'étudier l'influence de ses motifs de nage sur le déplacement dans un gradient chimique. Pour cela, nous utiliserons une puce microfluique développée au laboratoire, qui permet d'observer la nage des bactéries dans un gradient chimique contrôlé. Ce système a déjà été employé pour étudier le chimiotactisme bactérien *Escherichia coli* ce qui nous donnera un point de comparaison avec nos nouvelles observations. A partir de ces dernières, nous déterminerons si le motif de nage favorise le chimiotactisme et nous discuterons les avantages évolutifs de ces motifs.

This project will be eligible for funding from the Object Interdisciplinaire Microbes.

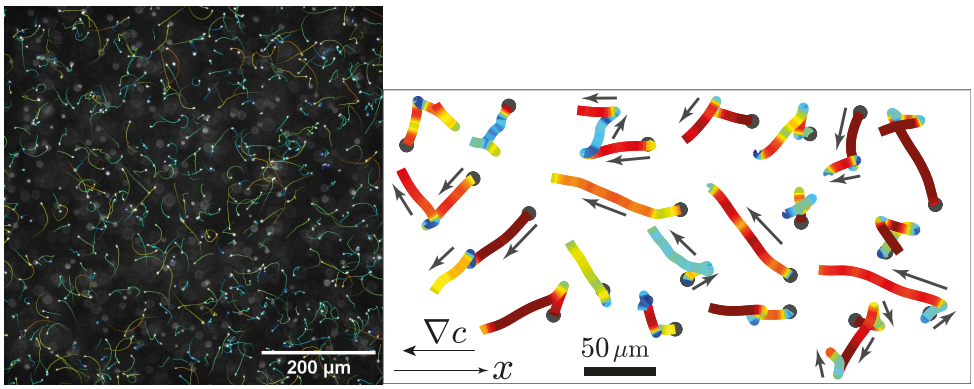

FIGURE 1 – Left : typical image and trakcs of *Escherichia coli* observed on a surface. Due to the hydrodynamic interactions, the trajectories are curved. Right : example of tracks of *Sinorhizobia meliloti* obtained after image treatment. In this experiment, the bacteria swim in a gradient and their trajectory is more elongated in the favourable direction of the gradient.

Références

[1] Eric Lauga and Thomas R Powers. The hydrodynamics of swimming microorganisms. *Reports on Progress in Physics*, 72(9) :096601, September 2009.

[2] Jeffrey S. Guasto, Roberto Rusconi, and Roman Stocker. Fluid mechanics of planktonic microorganisms. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 44(1) :373–400, January 2012.

[3] Eric Lauga. Bacterial hydrodynamics. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 48(1) :105–130, 2016.

[4] Marianne Grognot and Katja M Taute. More than propellers : how flagella shape bacterial motility behaviors. *Current Opinion in Microbiology*, 61 :73–81, June 2021.

[5] Li Xie, Tuba Altindal, Suddhashil Chattopadhyay, and Xiao-Lun Wu. Bacterial flagellum as a propeller and as a rudder for efficient chemotaxis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(6) :2246–2251, February 2011.

[6] Marius Hintsche, Veronika Waljor, Robert Großmann, Marco J. Kühn, Kai M. Thormann, Fernando Peruani, and Carsten Beta. A polar bundle of flagella can drive bacterial swimming by pushing, pulling, or coiling around the cell body. *Scientific Reports*, 7(11) :16771, December 2017.