

Spreading of bacterial colonies on gels

Internship & PhD proposal

Laboratory: Matière & Systèmes Complexes (MSC), UMR 7057, Univ. Paris Cité

Intern./PhD supervisor: Adrian Daerr (office 771A, Condorcet building)

adrian.daerr@u-paris.fr

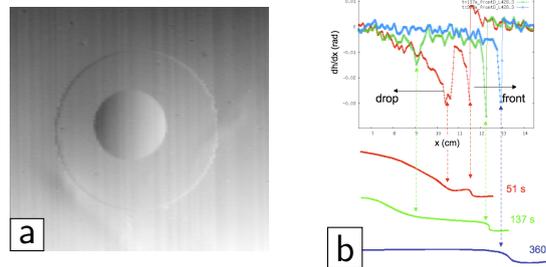
<https://msc.u-paris.fr/annuaire/adrian-daerr/> tél.: +33 (0)1 57 27 62 73

PhD thesis possibility after internship: yes

Funding already secured: no

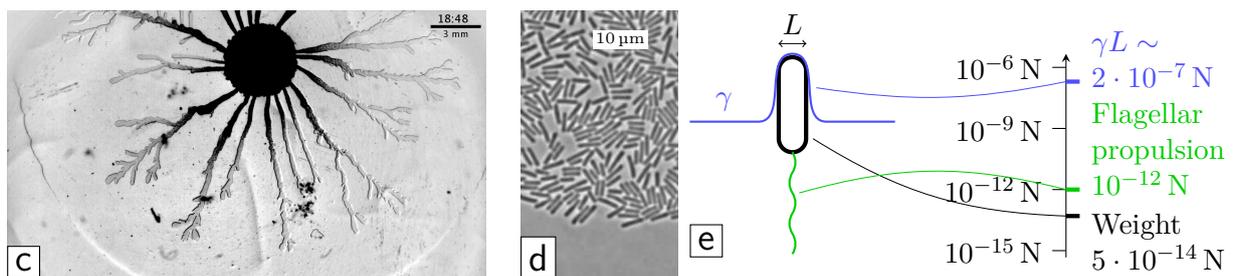
[English] The spatial organisation of living beings is not coded explicitly in their DNA, but results from the collective dynamics of millions of cells. Predicting emerging behaviour and macroscopic shapes from the microscopic interactions between individual cells is a formidable challenge for out-of-equilibrium statistical physics. Here we study bacterial spreading on hydrogels as a paradigm of morphogenesis.

During the internship we will first study the spreading of a drop containing surfactants (a), without bacteria, to better understand the interaction between surfactant and gel which notably produces a non-dispersive swelling front (b).



(a) Left-right slope of a drop of surfactant and its environment, showing a clearly marked circular swelling front. (b) The radial slope profile shows a wave that propagates without changing width or amplitude.

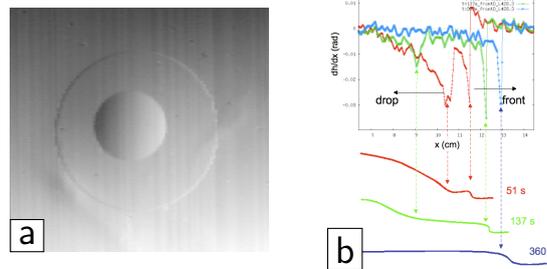
The wider aim of the proposed PhD thesis is to quantify the forces at play during mass swarming of *Bacillus subtilis*. Capillary forces are dominant in this setting (e): bacteria do not swim individually but collectively move the sharp boundary that delimits the colony (d). To probe the forces at play, we will control the friction of the bacteria on the gel, and to study how a change in this parameter affects the spreading dynamics.



(c) Dendritic spreading of bacteria from a central inoculum by mass swarming. The gel surface is seen from above. (d) Tip of a dendrite at high magnification, showing the sharp boundary. (e) Capillary forces dominate by several orders of magnitude the propelling forces of the bacteria..

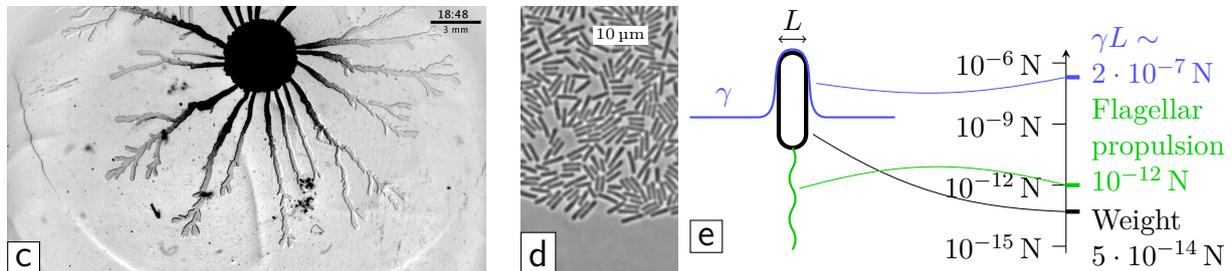
[Français] L'organisation spatiale du vivant, des colonies bactériennes aux organes des mammifères, n'est pas explicitement codée dans l'ADN de l'organisme, mais résulte d'une dynamique collective de millions de cellules. Déduire le comportement macroscopique des interactions microscopiques est un défi pour la physique statistique hors équilibre, que nous proposons de relever pour un système modèle: l'étalement d'une colonie de bactéries sur un hydrogel.

L'objectif du stage est d'observer dans un premier temps l'étalement d'une goutte contenant des surfactants (a), sans bactéries, afin de mieux comprendre l'interaction entre surfactant et gel qui produit notamment un front de gonflement non dispersif. (b).



(a) Mesure de la pente dans la direction gauche-droite d'une goutte de surfactant, qui montre un front de gonflement qui s'éloigne de la goutte. (b) Le profil radial du front reste invariant au cours du temps.

En thèse il s'agira de quantifier les forces en jeu dans l'essaimage en masse de *Bacillus subtilis* à la surface d'un gel (c). Les forces capillaires sont dominantes dans cette configuration (e): les bactéries ne peuvent plus nager individuellement comme en culture liquide, mais se déplacent collectivement en repoussant la frontière nette qui les sépare de l'environnement (d). En tant que physicien, on voudrait décrire ce mouvement comme le résultat d'une pression exercée par un « colloïde chaud » (les bactéries qui nagent activement) sur son interface.



(c) Étalement dendritique de bactéries à partir de la colonie mère au centre. Le mouvement est confiné à la surface d'un gel nutritif, vu ici de face. (d) Avant d'un dendrite à fort grossissement. Une frontière très nette délimite la population dense de bactéries. (e) Les forces capillaires dominant de plusieurs ordres de grandeur les forces que les bactéries parviennent à générer à l'aide des flagelles.

Pour déterminer le rôle des forces capillaires lors de l'extension de la colonie, nous allons les contrôler en modifiant la pression du milieu nutritif contenu dans le gel, et observer l'effet d'un changement sur la progression de l'essaim de bactéries. Nous allons en particulier nous intéresser au seuil de dépiégeage du pourtour de la colonie, qui peut être décrit comme un phénomène d'hystérèse de mouillage.