

Proposition de stage M2 au Laboratoire Jean Perrin, Sorbonne Université

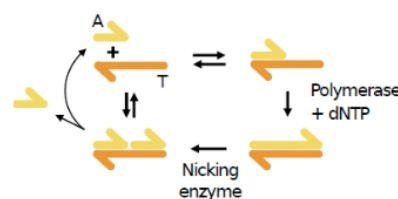
Responsables de stage : Jean-Christophe Galas et André Estévez-Torres

Matière active programmable

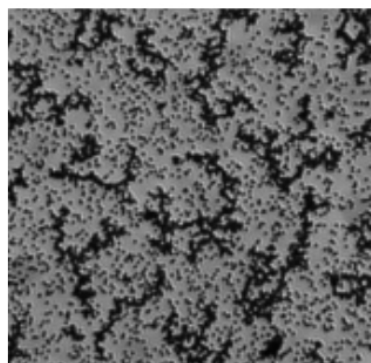
Notre groupe de recherche s'intéresse aux **mécanismes responsables de la génération d'ordre dans le vivant**. Pour ce faire nous assemblons et étudions des systèmes moléculaires biochimiques capables d'auto-organisation dans l'espace et dans le temps. Nous menons cette approche biomimétique avec deux objectifs. D'un côté, en étudiant des systèmes moléculaires simples qui miment leurs analogues biologiques nous espérons pouvoir mieux comprendre l'émergence de l'ordre dans le vivant, particulièrement lors de la morphogenèse. D'un autre côté, ces systèmes dynamiques moléculaires peuvent être vus comme un nouveau type de matériau avec des propriétés qui sont classiques dans les organismes vivants mais rares dans les matériaux synthétiques : des matériaux capables de se construire par eux mêmes, de bouger et de "parler" avec le vivant. De ce fait, nos recherches peuvent intéresser autant des physiciens à l'aise avec une approche analytique que des (bio)chimistes ou ingénieurs motivés par une approche synthétique.

L'approche bottom-up qui est la notre consiste à mettre au point des programmes moléculaires dissipatifs reproduisant deux mécanismes responsables de la génération d'ordre dans le vivant. Un mécanisme de type réaction-diffusion qui génèrent des structures spatiales de concentration, telles des ondes chimiques. Et un mécanisme de type matière active qui génère des forces localement et donc des structures spatiales d'écoulements. Les premiers sont étudiés grâce à un système à base d'ADN et d'enzymes et le deuxième à l'aide d'un système à base de filaments et moteurs moléculaires du cytosquelette (microtubules et kinésine).

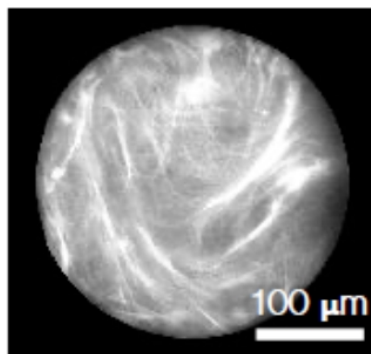
Dans ce contexte, plusieurs sujets de stage sont envisageables. Un premier sujet concerne l'étude expérimentale et théorique de l'apparition de structures spatio-temporelles dans la matière active. Quelles instabilités sont en jeu ? Quels paramètres contrôlent ces instabilités ? Un deuxième sujet, plus synthétique, vise à coupler ces deux grands types de mécanismes dans un système modèle à base d'ADN, de filaments protéiques et de moteurs moléculaires mis au point au laboratoire. Que se passe-t-il quand on couple la matière active à la réaction-diffusion ? Quels types de structures apparaissent ? Peut-on utiliser ce système pour mieux comprendre le couplage chimio-mécanique et mécano-chimique en biologie ?



Une réaction autocatalytique
ADN/enzyme



Billes agrégées par un pattern
de concentration d'ADN



Matière active confinée dans une
goutte

Ces projets majoritairement expérimentaux impliquent biochimie des acides nucléiques ou des protéines du cytosquelette, cinétique chimique, théorie des systèmes dynamiques, microscopie de fluorescence, analyse d'images et modélisation numérique. Ce sont des projets inter-disciplinaires, à l'interface entre la biophysique, la biologie synthétique, la chimie des systèmes, la physique de la matière molle et la programmation moléculaire.

Contact

Laboratoire: Laboratoire Jean Perrin. Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris, tour 32-33, 5ème étage
(<http://ljp-morpho.free.fr/index.php>)

Responsables de stage : Jean-Christophe Galas et André Estevez-Torres

Email : jean-christophe.galas@upmc.fr et andre.estevez-torres@upmc.fr

Références

- Padirac, A.; Fujii, T.; Estévez-Torres, A.; Rondelez, Y., Spatial Waves in Synthetic Biochemical Networks, **J. Am. Chem. Soc.** 2013
- Zadorin AS, Rondelez Y, Galas J-C, & Estevez-Torres A, Synthesis of programmable reaction-diffusion fronts using DNA catalyzers. **Phys. Rev. Lett.** 2015
- A. Zadorin, Y. Rondelez, G. Gines, V. Dilhas, G. Urtel, A. Zambrano, J.-C. Galas, A. Estevez-Torres, Synthesis and materialization of a reaction-diffusion French flag pattern, **Nature chem.**, 2017
- Senoussi A, Kashida S, Voituriez R, Galas J-C, Maitra A, Estévez-Torres A, Tunable corrugated patterns in an active gel sheet, **PNAS**, 2019
- Urtel G, Estévez-Torres A, Galas J-C, DNA-based long-lived reaction-diffusion patterning in a host hydrogel, **Soft Matter**, 2019