

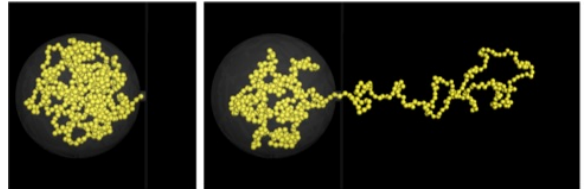
# Sujets de mémoire 2020-2021 InFluX

Les différents mémoires proposés sont tous dans la thématique “systèmes complexes” et seront réalisés sous la supervision conjointe de Pascal Damman et d’un des doctorants du service. Ces brefs descriptifs sont volontairement simplifiés, les étudiants intéressés sont donc encouragés à nous contacter pour obtenir des informations plus complètes ([pascal.damman@umons.ac.be](mailto:pascal.damman@umons.ac.be))

## 1. Diffusion de chaînes confinées (Paul Rambach)

(Physique Statistique hors-équilibre et Stochastique - Simulation/théorie)

Le fonctionnement des organismes vivants repose sur une machinerie complexe, à l’oeuvre dans chacune de ses cellules. Cette machinerie est basée sur un nombre gigantesque de moteurs moléculaires stochastiques agissant de concert.



L’exemple le plus simple de ces processus est le passage d’une protéine (un polymère) au travers de la membrane cellulaire (souvent avec l’aide de nanopores). La dynamique d’une chaîne qui effectue une telle translocation est généralement décrite par un processus de diffusion anormale. Malgré de nombreuses tentatives, les mécanismes conduisant à cette translocation restent largement inconnus. La raison principale des difficultés rencontrées réside dans le caractère non Gaussien des marches aléatoires décrivant ces chaînes (Self-avoiding random walk).

L’étudiant réalisera des simulations en dynamique moléculaire du processus de translocation de chaînes (code LAMMPS). Il sera ensuite amené à modéliser les résultats obtenus par une approche en scaling puis stochastique basée sur l’utilisation des équations de Langevin et de Fokker-Planck.

## 2. Particules actives dans un labyrinthe (Denis Dumont)

(Physique Statistique hors-équilibre - Expériences/simulation/théorie)

La matière dite “passive”, généralement constituée de molécules, colloïdes, ou grains macroscopiques, peut être vue comme une collection de particules dont le comportement est entièrement déterminé par la température, leurs interactions et les forces extérieures. En opposition, la matière dite “active” consiste en une collection de particules « motorisées » (c.-à-d. capable de se mouvoir d’elles-mêmes même dans un milieu dissipatif en l’absence de forces extérieures). Les troupeaux d’animaux, les cellules biologiques, des essaims de drones, ou encore une foule humaine sont quelques exemples de matières actives.



Ce champs d’étude est apparu très récemment (début des années 2000), les mécanismes d’auto-organisation de ces particules restent très largement incompris. Ces systèmes intrinsèquement complexes, non-linéaires et hors-équilibre mènent à une riche phénoménologie

de comportements collectifs (émergence de mouvement d'ensemble, transition de blocage, transition de phase (MIPS),...).

Pour ce mémoire, nous avons choisi d'aborder une question qui n'a pas encore été abordée : Comment des particules actives s'échappent-elles d'un confinement ? Seront-elles plus ou moins efficaces que de simples particules Browniennes passives ? Des gaz de particules seront confinés avec un potentiel de forme plus ou moins complexe (du simple "double puits" au labyrinthe). L'étudiant sera amené à étudier le comportement de ces particules dans différents "labyrinthes" au travers d'expériences et de simulations numériques. La modélisation théorique de ces observations à l'aide de la méthode du First-passage-time sera également abordée.

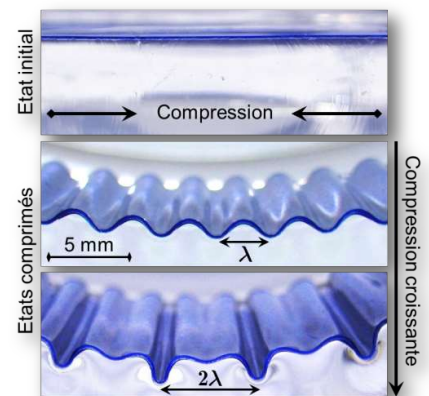
### 3. Plissement de feuilles comprimées (Ayrton Draux)

(Physique nonlinéaire - Expériences/théorie)

Lorsqu'une feuille élastique est soumise à des contraintes de compression, ses modes de déformation peuvent faire émerger des plis ou des singularités. Pour former des plis, la feuille rigide doit être accolée à un substrat mou, la balance des énergies de déformation de ces deux objets conduit à la formation de pattern très réguliers de rides. Au contraire, les singularités élastiques apparaissent pour des feuilles isolées soumises à un confinement. Elles conduisent à l'émergence d'un réseaux complexe de points et de plis focalisant la déformation de la feuille. Leur apparition est liée à la minimisation de l'énergie totale de déformation.

Suivant la géométrie imposée, il est possible de supprimer (rideau) ou d'amplifier (rubans torsadés) cet effet de focalisation de l'énergie.

Dans le cadre de ce mémoire, combinant expérience et théorie, nous étudierons la formation de structures dans des empilements complexes de feuilles de rigidité différentes. Pour les systèmes les plus simples que nous avons étudiés, une feuille accolée à un liquide ou un élastomère, les nonlinéarités font apparaître soit une focalisation dans un seul pli central soit une cascade de bifurcation (period-doubling).



### 4. Voler avec une aile sphérique ! Déplacement d'un nageur au sein d'un bain granulaire (Denis Dumont)

(Physique Soft Matter - simulation/théorie)

Le comportement souvent surprenant des matériaux granulaires (tels que le sable, les poudres, les céréales...) reste encore mal compris. Parmi ces propriétés, une observation peu décrite est liée au déplacement d'un nageur dans un bain granulaire. De manière contre-intuitive, si on lui applique une force horizontale, le nageur remonte en surface dû à un effet de portance lié aux propriétés étranges des milieux granulaires.

De manière surprenante cet effet existe même si l'objet étudié est de symétrie sphérique.

Pendant le mémoire, nous étudierons ce phénomène au moyen de simulations numériques (LIGGGHTS) afin de proposer des pistes pour une modélisation théorique. D'un point de vue biomécanique, ce phénomène pourrait permettre de mieux comprendre le déplacement d'animaux vivant dans les déserts tels que les lézards sandfish ou les vipères des sables.

