



Institut Lumière Matière, Université Lyon 1
Equipe ***Liquides et Interfaces***, Bâtiment Brillouin
<http://ilm.univ-lyon1.fr/liquides>

Sujets de stage M2 / thèses 2016-2017

1) Nanofluidique

- Des écoulements nanofluidiques pour récupérer de l'énergie (Anne-Laure Biance, Oriane Bonhomme)
- Des champs électriques pour stabiliser les mousses ? (Anne-Laure Biance, Oriane Bonhomme)
- Surface transport in nanofluidics: thermo-osmosis (Christophe Ybert, Cécile Cottin-Bizonne)

2) Mécanique des interfaces et granulaires

- Earthquakes version1.0 (Osvanny Ramos)
- Rupture d'un élastomère : Trajectoires de fissures en grande déformation (Loïc Vanel)

3) Systèmes actifs

- Robots in Panic (Osvanny Ramos)
- Comportement collectif de bactéries magnétotactiques : rhéologie et jamming (Cécile Cottin-Bizonne, Christophe Ybert)
- Pression et forces de Casimir pour des nageurs interfaciaux (Cécile Cottin-

Bizonne, Christophe Ybert, François Detcheverry)

- Random walks of swimming bacteria (François Detcheverry)
- Collective dynamics of heated colloidal particles (François Detcheverry, Samy Merabia)

4) Eau métastable et mouillage

- Water: one liquid, two structures? Spectroscopic study (Frédéric Caupin)
- Drop dynamics on a liquid substrate (Frédéric Caupin, Christophe Pirat, Stella Ramos-Canut)

5) Fluides complexes et matériaux

- Creep and fluidization in soft glassy systems (François Detcheverry, Samy Merabia)
- Rupture des matériaux mous : micromécanique d'un gel colloidal alimentaire (Mathieu Leocmach, Loïc Vanel)
- Quel est le rôle de l'humidité dans le repassage ? (Anne-Laure Biance)

Stage de Master

Des écoulements nanofluidiques pour récupérer de l'énergie

Un des grands défis du XXIème siècle est de réussir « la transition énergétique ». Dans ce cadre, nous cherchons à identifier des **procédés et des sources d'énergie plus propres**.

Un moyen de récupérer l'énergie est d'utiliser **les propriétés des écoulements de liquide proche de surface**, en utilisant des membranes poreuses. On peut ainsi transformer de l'énergie osmotique (différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau d'une rivière) en énergie électrique grâce à ces membranes [Siria et al., Nature 2013]. De même, ces membranes pourraient produire de l'électricité ou désaliniser de l'eau de mer à partir de faibles différences de température. Leurs performances restent cependant en deçà des attentes théoriques et commerciales.



Nous proposons ici de **comprendre les interactions du liquide** avec différentes **surfaces** afin d'optimiser les matériaux pour concevoir ces membranes. Nous effectuerons des **expériences à l'échelle d'un canal unique**.

En plus d'une partie de conception des systèmes et leurs caractérisations via des **techniques de nano/micro fabrication** (dépôt d'oxides, microfluidique, photolithographie, microscopie électronique, AFM...), les expériences de nanofluidique envisagées visent à **mesurer de faibles courants ou débits**, tout en caractérisant localement la surface liquide/solide par une méthode **d'optique non linéaire** (collaboration avec l'équipe ONLI du laboratoire). Les montages expérimentaux disponibles dans l'équipe pour y parvenir sont soit des expériences « tout électrique » de mesure de courants et de flux [Gadaleta et al., Nanoscale 2015], soit des mesures couplées avec de la microscopie de fluorescence [Lee, Cottin et al., PRL2014].

Nous cherchons un(e) candidat(e) qui a un goût prononcé pour les expériences de pointe avec un intérêt pour la mécanique des fluides, la physique statistique ou la matière molle.

Contacts : Anne-Laure Biance / Oriane Bonhomme

Anne-Laure.Biance@univ-lyon1.fr, oriane.bonhomme@univ-lyon1.fr

Pour plus d'informations sur le projet : <https://sites.google.com/site/anrnectar/>

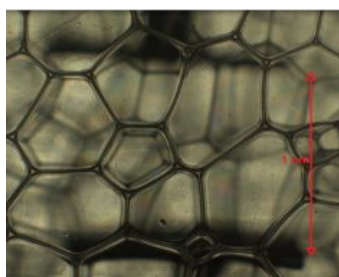
Possibilité de poursuite en thèse.



Stage de Master

Des champs électriques pour stabiliser les mousses ?

Une **mousse liquide** est une assemblée de bulles de gaz dans un liquide, généralement de l'eau, auquel l'on a ajouté du savon. Elles sont utilisées dans la vie de tous les jours (de la mousse à raser, de la mousse au chocolat, de la mousse à incendie...) mais aussi largement dans l'industrie pour faire des matériaux aérés par exemple.



Mousse liquide entre deux électrodes (cliché : C. Nobili)

Au cours de ce stage, nous nous efforcerons de comprendre **comment une mousse se comporte sous l'effet d'un champ électrique** :

Est ce qu'elle devient super stable comme on l'a observé sur des films de savon [Bonhomme2013] ? Est ce que le champ électrique peut induire des écoulements dans la mousse ?

Selon le niveau et le désir du candidat, nous proposons d'étudier ce phénomène **de façon expérimentale** (il s'agira alors de fabriquer une mousse contrôlée, des électrodes dédiées, d'observer comment elle évolue sous l'effet d'un champ et d'analyser les résultats) **ou théorique** (essentiellement par des calculs de mécanique des fluides avec des développements asymptotiques). Des résultats préliminaires aussi bien théoriques qu'expérimentaux existent et dans tous les cas, l'adéquation entre les prédictions et les résultats des expériences sera testée.

Contact : Anne-Laure Biance, Oriane Bonhomme
anne-laure.biance@univ-lyon1.fr

Nous recherchons un(e) candidat(e) ayant des compétences en physique statistique, matière molle ou mécanique des fluides. Possibilité de poursuite en thèse sur des sujets connexes.

Contact :

C. Ybert (DR)

C. Cottin-Bizonne (CR)

cecile.cottin-bizonne@univ-lyon1.fr

christophe.ybert@univ-lyon1.fr



04 72 44 82 53 / 04 72 43 15 64

Place: Team Liquids@Interfaces, ILM, Univ. Lyon 1

Surface transport in nanofluidics: thermo-osmosis

Surface transport is one of the nanofluidics specificity [1] which combines fundamental challenges with many potential outcomes in water resource management (desalination, ...) or energy harvesting. Generally, these transport arise due to interfacial effects occurring at solid-liquid boundaries, in response to an external forcing, under the form of electric potential or, more recently, concentration gradients [2].

Despite similar effects are expected to occur with thermal gradients, they have been neither experimentally explored nor considered so far. This is all the more surprising that nanofluidic transport in the presence of thermal gradients is found in a wide variety of situations. One may quote the migration of species in geological reservoirs, water aquifers, etc.

The aim of this internship will be to demonstrate and to characterize the thermo-osmotic transport induced in nanochannels. First experiments will be carried out on silicon wafer based nanosystems that have been developed in the group. They will rely on state-of-the-art fluorescence microscopy techniques for measuring ultra-low flow rates in the range of fL/s [2]. On top of demonstrating the phenomenon, we expect this model experiment with controlled surfaces to yield much insight into a related out-of-equilibrium effect (thermophoresis [3]) whose properties remained controversial so far.

At longer term, PhD developments may include investigations of the predicted giant surface response close to structured hydrophobic interfaces. More generally, it will consider surface-driven novel transport phenomena that arise in confined geometries under the action of external gradients including (without limitations): responsive surfaces, soft –fluid-interfaces, etc.

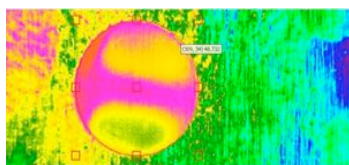


Figure 1 - Water droplet (5mm) on a superhydrophobic surface. A temperature gradient is applied on the surface.

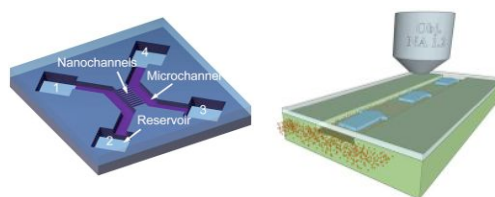


Figure 2 – Sketch of the silicon-etched nanochannel, and optical microscopy flow measurement.

This internship will involve fluorescence microscopy, microfluidics, thermal measurements, image processing, fluid mechanics, out-of-equilibrium transport.

This subject could be extended for a PhD. It will be developed in strong connection with theoretical aspects of confined transport (L. Joly, MMCI theoretical team). It benefits from international collaboration (R. Piazza, Milan), (C. Lee, Seoul).

[1] Bocquet L, Charlaix E. *Chemical Society Reviews* 2010; **39**: 1073–1095.

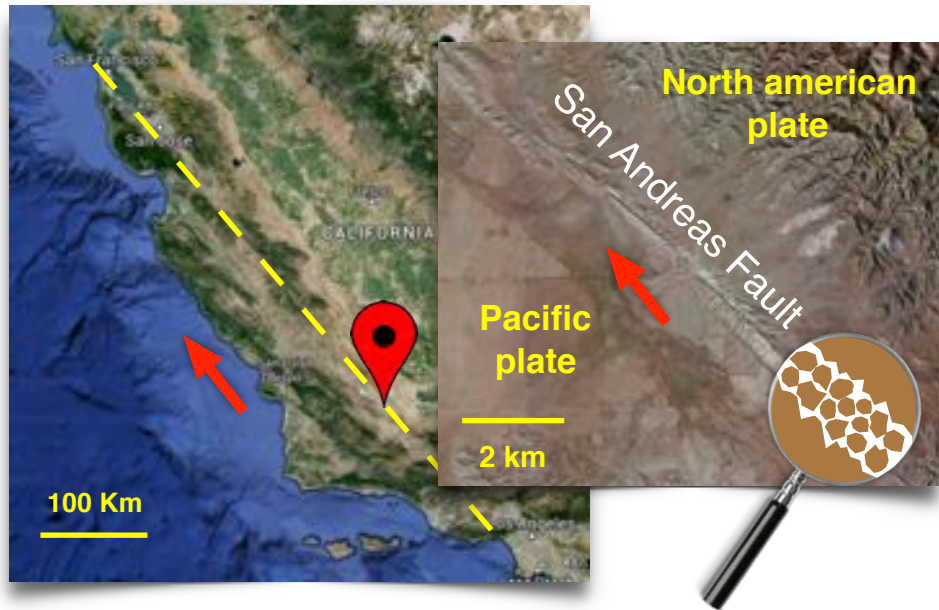
[2] Lee C, Cottin-Bizonne C, Biance A-L, Joseph P, Bocquet L, Ybert C. *Phys Rev Lett* 2014; **112**: 244501.

[3] Piazza R, Parola A. *Journal of Physics: Condensed Matter* 2008; **20**: 153102–18.

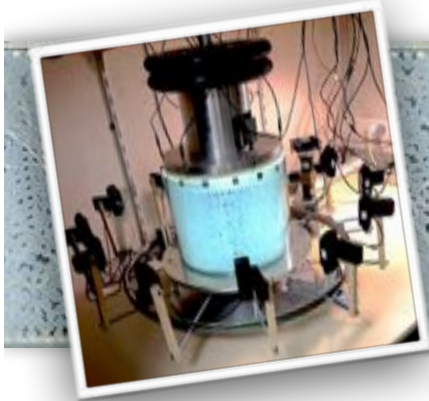


Today it is not possible to predict earthquakes...

& there is a controversy about the possible **intrinsic nature** of this **unpredictability**



We have built a table top experiment that reproduces the dynamics of a tectonic fault by shearing a compressed granular system.



some Highlights

2015, une année avec le CNRS en Rhône Auvergne

FÊTE DES LUMIÈRES

However, we are currently designing and building a much simpler experiment:

The stick-slip motion, alternating static and dynamic friction, during the sliding of two solid blocks is maybe the simplest model of the earthquake's dynamics. Although both surfaces are macroscopically flat, at the micro-scale they are rough and in general very disordered. Elastic energy will be stored in the asperities during the stick phase, until one (or more) of them will break, eventually creating a cascade of fracturing resulting on the slipping of the block.

The main question we want to solve is **when will the next slip take place?**

We will use **acoustics** as the main probe to analyse the system and look for precursors.

The experience will bring some light to the controversy about the intrinsic nature of the unpredictability in earthquakes. Eventually, it will also create original strategies to achieve prediction that may be exported to more complex experiments and real systems.

Keywords: Earthquake prediction; Scale-Invariant avalanches; Critical phenomena; Acoustics; Physics of Risks

This project will be in collaboration with **KYUSHU UNIVERSITY** and the **EARTHQUAKE RESEARCH INSTITUTE** in Tokyo.

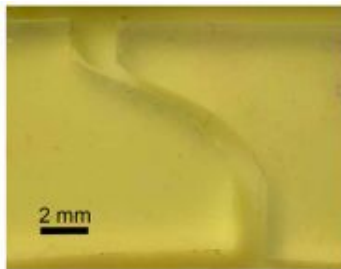
contact: [Osvanny Ramos](mailto:Osvanny.Ramos@univ-lyon1.fr)
osvanny.ramos@univ-lyon1.fr



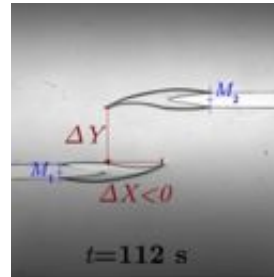
Rupture d'un élastomère : Trajectoires de fissures en grande déformation

Institut Lumière Matière, Lyon

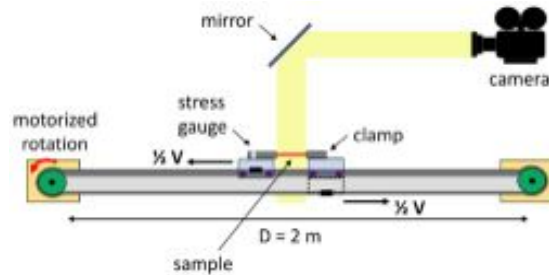
Loïc Vanel



a) Déviation dans un élastomère.



b) Fissures en interaction dans un film polymère.



c) Montage permettant la déchirure d'un élastomère et son observation.

Contact : loic.vanel@univ-lyon1.fr Tel. 04 72 43 10 21

La propagation des fissures dans un matériau très déformable, tel qu'un élastomère, ne suit pas les lois habituelles de la rupture. En particulier, au lieu de se propager tout droit, une fissure unique peut suivre une trajectoire présentant des déviations anormales (figure a). Nous avons observé que l'amplitude de cette déviation dépend de la microstructure du matériau, en particulier de la présence de nanoparticules renforçantes. Cependant, ce phénomène de déviation demeure largement incompris, et le fait que la nanostructure ait un impact aussi fort sur la propagation macroscopique est très étonnant.

Par ailleurs, lorsque deux fissures se propagent en interaction dans un matériau polymère élastique peu déformable, les fissures sont déviées et peuvent soit s'attirer, soit se repousser, selon la valeur du paramètre ΔY (voir figure b). Qualitativement, la direction de propagation des fissures peut être prédite à partir de la forme du champ de contraintes créés par l'interaction entre les deux fissures.

L'objectif du stage est d'étudier l'impact des grandes déformations, et de la microstructure, sur la propagation en interaction de deux fissures dans un matériau très déformable. Une machine de traction adaptée au grandes déformations a été mise au point dans notre laboratoire (figure c). Elle permet l'observation de la zone de rupture à l'aide d'une caméra pendant la rupture et d'appliquer une très large gamme de vitesse de traction (jusqu'à 0.5 m.s^{-1}).

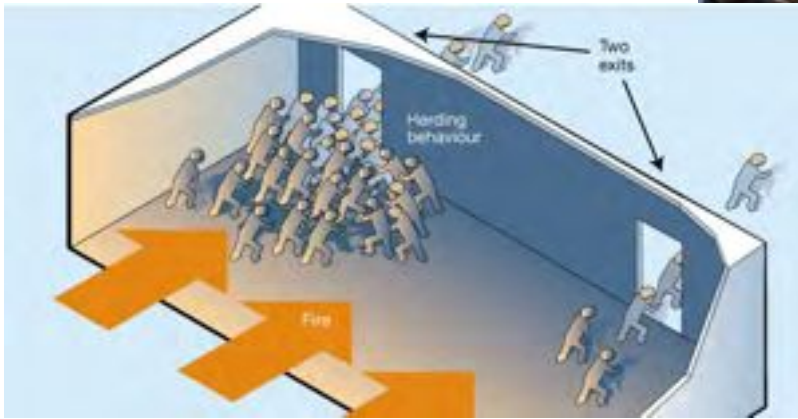
Ce travail de stage pourra être poursuivi par une thèse au sein du groupe fracture de l'iLM.



Seven people were injured during Beckham's visit to Tongji University in northeastern Shanghai on June 20, 2013
(credits: chinadaily.com)



*Simulating dynamical features of escape panic, **Nature** (2000)*
D. Helbing, I. Farkas, T. Vicsek



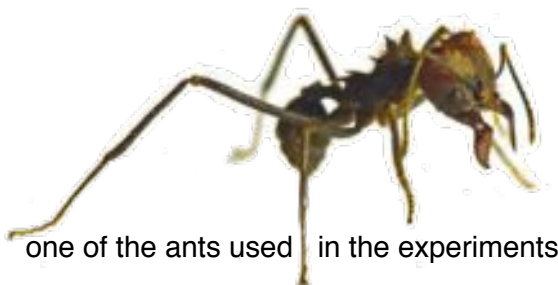
American Naturalist,
(2005)



We have studied the panic behavior in **ants**, obtaining the same “symmetry breaking induced by panic” found in humans. However:

the morphology (biped position), stability and shape of the vertical projection (ellipse with minor axis in the direction of motion) of humans differ from the species used so far in experiments. In addition, the variability (size, strength, possible existence of hierarchies) in the group of analysis could play a role in a collective response and it is difficult to control in experiments with animals

In order to overcome these limitations we are currently designing and building a simple self-balancing **robot** capable of interacting with its congeners, orienting and moving in the space. Based on a platform **Arduino**, the robot will be replicated to study “collective effects”, in particular the escaping dynamics under panic.



one of the ants used in the experiments



With the robots we shall be capable of controlling the analysis and the transmission of information for each individual, which will allow a better understanding of the phenomena related to collective behavior. The experiments with ants were performed at the **UNIVERSITY OF HAVANA**. The collaboration with Havana will continue through this projet.

Projet supported by the CNRS through

EMERGENCE 2016

contact: [Osvanny Ramos](mailto:Osvanny.Ramos)

osvanny.ramos@univ-lyon1.fr



Keywords: Active Matter; Collective behavior; Jamming; Faster is slower; Physics of Risks

Contact :

C. Cottin-Bizonne (CR)/ C. Ybert (DR)
cecile.cottin-bizonne@univ-lyon1.fr
christophe.ybert@univ-lyon1.fr



(33) 4 72 43 15 64/ 04 72 44 82 53

Place: Team Liquids@Interfaces, ILM, Univ. Lyon 1, France

ILM
INSTITUT LUMIERE MATIERE



Liquids@interfaces

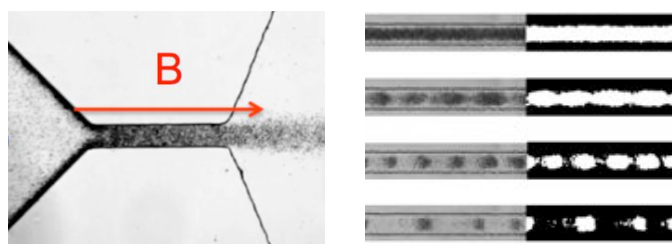
Comportement collectif de bactéries magnétotactiques : rhéologie et jamming

De nombreux organismes ont la capacité de se déplacer en développant des effets collectifs fascinants (vols d'oiseaux, bancs des poissons, foule humaine, etc.). Ces systèmes, intrinsèquement hors d'équilibre, ont fait l'objet de nombreuses études récentes. Cependant beaucoup de questions ouvertes subsistent, motivant des études dans divers domaines: la physique statistique, la mécanique des fluides, etc. Jusqu'à présent, une grande partie des études a porté sur les propriétés spontanées de ces systèmes. Des phénomènes très intéressants semblent aussi se produire lorsqu'on regarde la façon dont ces systèmes répondent à des stimuli ou des contraintes externes. Expérimentalement, très peu de systèmes permettant d'imposer un forçage contrôlé à une assemblée de particules actives existent. Récemment, nous avons développé des études autour d'un organisme biologique, permettant un tel contrôle externe.

Parmi les micro-nageurs, les bactéries magnétotactiques sont ainsi particulièrement intéressantes car lors de leur mouvement de nage naturelle, elles peuvent être pilotées de manière externe avec un simple aimant. En présence d'un champ magnétique externe, elles nagent le long des lignes de champ magnétique, avec une vitesse typique de l'ordre de 70 $\mu\text{m} / \text{s}$. Nous avons récemment montré que les statistiques d'orientation de bactéries magnétotactiques individuelles sont bien décrites par un modèle de Langevin.

Nous nous intéressons maintenant à la question du mouvement collectif d'une assemblée de bactéries sous contraintes en regardant l'(hydro)-dynamique de la matière active. Par exemple, nous avons récemment observé dans notre groupe une instabilité sous forme de « perles » d'une suspension de bactéries magnétotactiques circulant contre un écoulement hydrodynamique ; ce phénomène rappelle des instabilités hydrodynamiques classiques [1]. Les conditions d'existence de cette instabilité ont été identifiés, mais ce phénomène doit encore être caractérisé et décrit de façon plus approfondie.

L'objectif de ce stage sera d'étudier le mécanisme sous-jacent de cette instabilité ainsi que les propriétés de « jamming » de ce système actif en écoulement dans une constriction.



Gauche: jamming de bactéries magnétotactiques dans un entonnoir

Right : Instabilité d'une suspension de bactéries magnétotactiques contre un écoulement hydro.

Ce stage comportera de la microscopie optique, de la microfluidique, du traitement d'image, de la mécanique des fluides. **Ce sujet pourrait être étendu pour un doctorat.**

[1] N. Waisbord et al, Destabilization of a flow focused suspension of magnetotactic bacteria PRF 1, 053203 (2016)

Contact :

C. Cottin-Bizonne (CR)/ C. Ybert (DR)/ F. Detcheverry (CR)

cecile.cottin-bizonne@univ-lyon1.fr

christophe.ybert@univ-lyon1.fr

francois.detcheverry@univ-lyon1.fr



(33) 4 72 43 15 64/ 04 72 44 82 53

Place: Team Liquids@Interfaces, ILM, Univ. Lyon 1, France

ILM
INSTITUT LUMIERE MATIERE



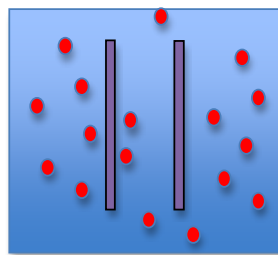
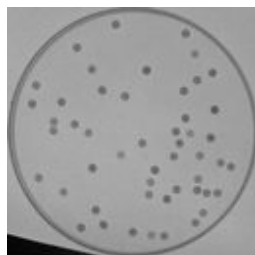
Liquids@interfaces

Pression et forces de Casimir pour des nageurs interfaciaux

Les assemblées d'éléments actifs, c'est à dire capables d'auto-propulsion, partagent la propriété fascinante de générer des comportements collectifs spectaculaires. On peut ainsi par exemple observer dans la nature des vols d'oiseaux, des bancs de poissons, ou encore des colonies de bactéries. Ces effets n'ont pas d'équivalent dans les systèmes passifs et constituent une manifestation frappante de l'état hors d'équilibre du système. Comprendre comment cet ordre émerge spontanément des individus constitue un défi passionnant pour les physiciens qui cherchent à fournir des équivalents pour la thermodynamique et la physique statistique, sans l'aide des contraintes d'équilibre.

Une approche attrayante consiste à revisiter des expériences et des concepts historiques établis pour des systèmes passifs avec les systèmes actifs. Tel est le cas avec **la notion de pression dans les systèmes actifs**, une variable thermodynamique simple et basique dans les systèmes classiques. Récemment, des études numériques et théoriques ont suggéré que la pression mécanique, à savoir la force exercée par un fluide actif sur le récipient, ne satisfait pas toujours une équation d'état [1]. Plus étrangement, elle pourrait même dépendre de la nature des parois de confinement et de leur interaction spécifique avec les éléments actifs. Ainsi, de façon surprenante changer la «nature» du récipient changerait la pression dans le système ! Jusqu'à présent, cependant, aucune étude expérimentale n'a été en mesure d'examiner cette question. De plus, d'autres phénomènes remarquables associés à l'interaction de particules actives avec des surfaces sont prédits, comme par exemple l'existence des forces de Casimir hors équilibre [2] : des particules actives évoluant dans un système avec deux parois parallèles devraient induire une force d'attraction entre les murs.

Récemment, notre groupe a développé un système de nageurs interfaciaux macroscopiques, permettant de mesurer les effets mécaniques de la matière active. Le but de ce stage sera d'étudier expérimentalement, à partir de ce système actif, des questions associées aux particules actives en interaction avec des surfaces et plus particulièrement de se concentrer sur les aspects mécaniques: la pression et les forces de Casimir.



Gauche : Vue de dessus, nageurs interfaciaux dans une boîte de Pétri (diamètre de 5cm).

Droite: les particules actives induisent une force d'attraction entre les deux plaques (force de Casimir)

Durant ce stage des expériences avec des nageurs actifs interfaciaux seront réalisées ; ce stage comportera des traitements d'images, de la physique statistique et de la mécanique des fluides. **Ce sujet pourra être étendu pour une thèse.**

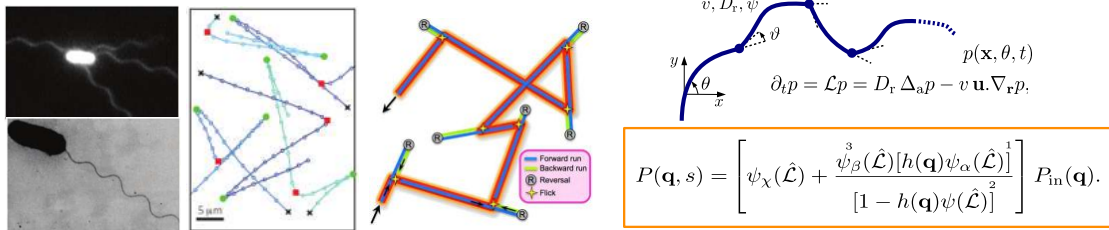
[1] A. Solon et al, Pressure is not a state function for active fluids. Nature Phys. 11, 673 (2015).

[2] D. Ray et al, PRE, 90, 013019 (2014).

Random walks of swimming bacteria

Endowed with one or several flagella driven by rotary motors, many bacteria are restless micro-swimmers. The canonical example of swimming pattern is the run-and-tumble of *Escherichia coli* [1], with bouts of persistent swimming (run) interrupted by reorientation (tumble). Current research is revealing that such run-and-tumble random motion is a theme with many variations : bacteria display a fascinating repertoire of swimming strategies. Why is this so ?

As one of the fundamental model of statistical physics, random walks is a topic rich of a long history [2]. Yet, except for particular cases, the statistical properties for many bacteria swimming patterns have long eluded analytical prediction. Even the mean-square displacement, a quantity of basic importance in experiments, could not be obtained in closed form. Extending the framework of continuous time random walks [3], we have recently proposed a method to obtain those analytical properties [4].



The goal of the internship is to build on this approach to explore new situations : bacteria swimming in external fields, in confinement and chemotaxis, thus allowing to gauge the strength of each swimming strategy. The work is mainly analytical, complemented by numerical simulations. Predictions will be useful not only for swimming bacteria but also in a variety of contexts : cell motility, animal motion or foraging strategies.

This internship thus be pursued as a PhD program, depending on funding opportunities.

- [1] *E. coli in motion*, Berg H.C. (2004).
- [2] Random walk models in biology. Codling E. et al., *J. R. Soc. Interface* (2008).
- [3] *First steps in random walks*, Klafter J. and I. M. Sokolov (2011).
- [4] Non-Poissonian run-and-turn motions, Detcheverry F., *EPL* (2015).

Key-words : random walks, run-and-tumble, bacteria swimming, cell motility, chemotaxis.

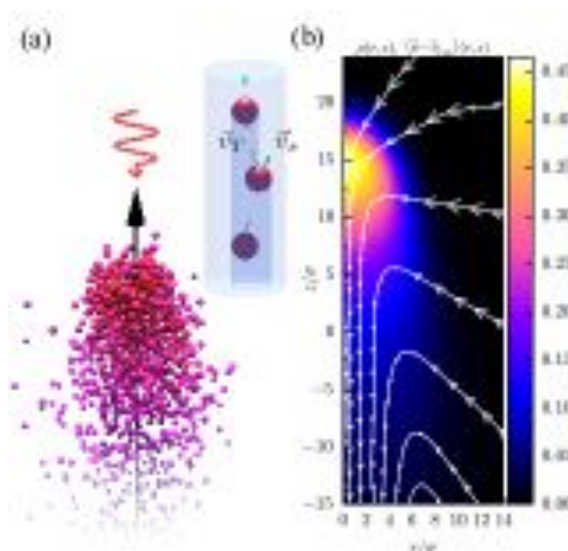
Contact : François Detcheverry (Francois.Detcheverry@univ-lyon1.fr), 04 72 43 10 25.
Liquids at interfaces group
Institut Lumière Matière (La Doua, Lyon)

Collective dynamics of heated colloidal particles

The dynamics of colloidal particles in solution is now understood since the pioneering work of Langevin, more than a century ago. A recent unique situation has emerged, when the colloidal particles are heated by a short laser pulse, driving the system **out of equilibrium**. In this situation, the particles act as small sources of heat interacting together, and the resulting dynamics is not yet understood [1]. One might expect a rich phenomenology involving the coupling between heat diffusion and Brownian motion, and the possibility to control the effective interactions between the particles through the laser. Apart from the fundamental aspect, this situation is also important for biomedical applications [2].

The goal of the internship is to study this collective dynamics on the basis of a **stochastic model**. To this end, the student will solve a **Smoluchowski** equation coupled to classical heat diffusion equations. These equations will be solved numerically using a simple finite difference code and/or Brownian dynamics simulations, depending on the taste of the student. He/she will aimed at finding situations where the particles form clusters. These calculations are of interest for the experimentalists working in the ILM Institute.

Figure: sketch of the system studied. An ensemble of colloidal particles heated by a laser pulse. From [1].



- [1] Emergent cometlike swarming of optically driven thermally active colloids, JA Cohen, R Golestanian *Physical Review Letters* **112**, 068302 (2014).
- [2] Kinetics of nanobubble generation around overheated nanoparticles, J Lombard, T Biben, S Merabia *Physical Review Letters* **112**, 105701 (2014).

Opening toward a PhD : yes (funding with «bourse ministère»)

Contact : Samy Merabia and François Detcheverry
samy.merabia@univ-lyon1.fr et francois.detcheverry@univ-lyon1.fr

Teams : «[Modélisation de la matière Condensée et Interfaces](#)» et «[Liquides aux Interfaces](#)»
 Institut Lumière Matière, La Doua, Villeurbanne

Where: ILM, Université Claude Bernard Lyon 1

Who:

Frédéric CAUPIN

frederic.caupin@univ-lyon1.fr

<http://ilm-perso.univ-lyon1.fr/~fcaupin/>

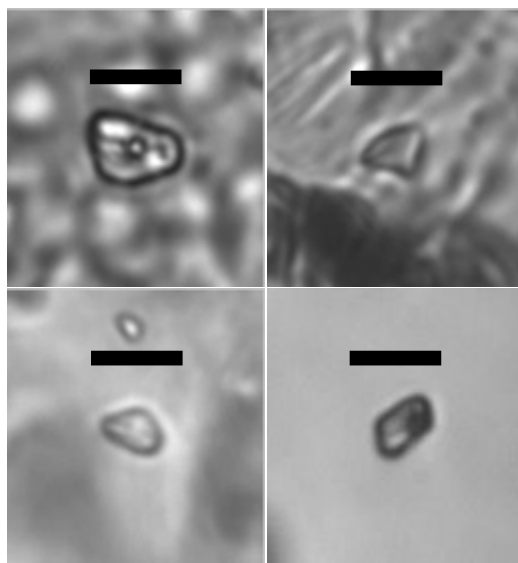
Tél : 04 72 44 85 65

WATER : ONE LIQUID, TWO STRUCTURES ?

Spectroscopic study

An hypothesis proposed for water more than 20 years ago [1] is still highly debated [2]. Water might exist in two liquid states, that would differ by the local arrangement of the molecules. The problem is that the two liquids would separate only at very low temperature. Thus, up to now, even the experiments which achieved the highest supercooling of water (-46°C [3]) were not able to detect this transition. However, such a liquid-liquid transition has been experimentally observed in water-glycerol mixtures [4].

We develop a new approach where we study not only supercooled water, but also water at negative pressure. Negative pressures can exist thanks to the liquid cohesion (trees use them to pull their sap up!), and can exceed -1000 bar. Negative pressures are generated in water inclusions in quartz crystals. Brillouin spectroscopy gives access to the sound velocity. We have thus recently discovered new anomalies in water [5] and deduced the pressure reached [5]. Our results, confirmed by numerical simulations, suggest that this behavior is the signature of a change in structure. The internship will consist in characterizing the hydrogen bonds in supercooled water at negative pressure with Raman spectroscopy.



Experimental setup and examples of inclusions studied (scale bar = $7\ \mu\text{m}$)

PhD opportunity : The internship may be followed by a PhD. Adding salt has a structure-breaking effect on hydrogen bonds: we will extend Brillouin and Raman measurements to inclusions of salty water. We also envision X-rays measurements, and we will study the effect of other solutes on water. We also have a collaboration with M. Anisimov (Univ. of Maryland) on theoretical aspects. Other topics are available (supercooled water and solutions, dewetting...).

[1] Poole *et al.*, *Nature* **360** 324 (1992)

[2] Gallo *et al.*, *Chem. Rev.* **116** 7463 (2016)

[3] Sellberg *et al.*, *Nature* **510** 381 (2014)

[4] Suzuki and Mishima, *J. Chem. Phys.* **141** 094505 (2014)

[5] Pallares *et al.*, *PNAS* **111** 7936 (2014)

[6] Pallares *et al.*, *PCCP* **18** 5896 (2016)

Where: ILM, Université Claude Bernard Lyon 1

Who:

Frédéric CAUPIN, Christophe PIRAT, Stella RAMOS-CANUT

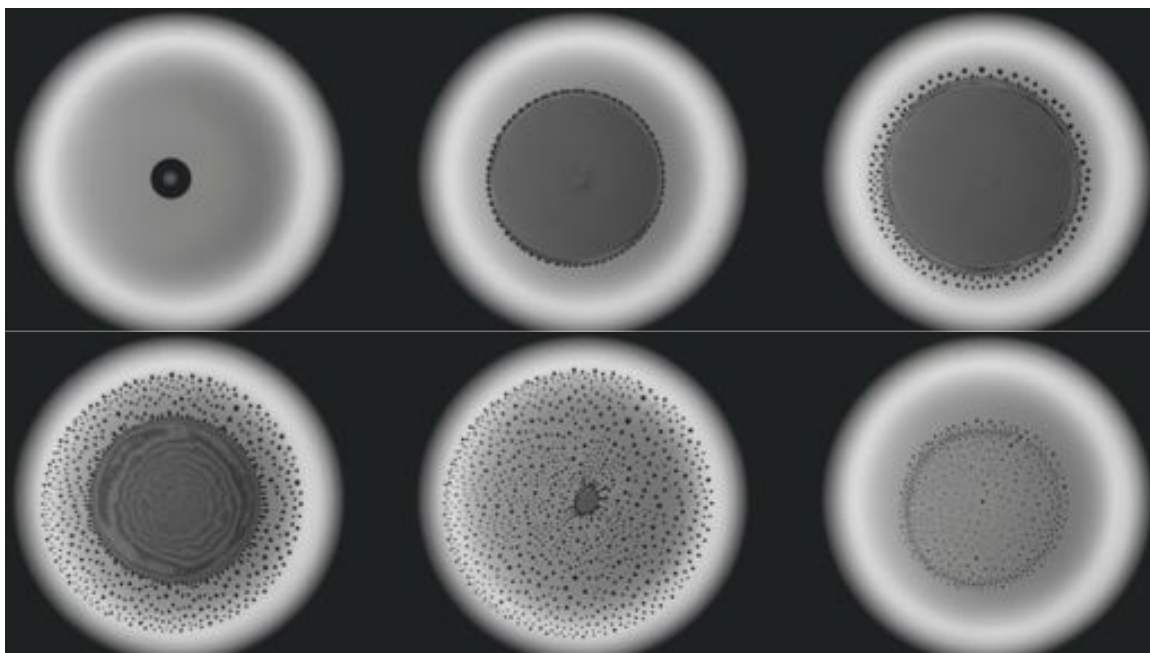
frederic.caupin@univ-lyon1.fr

<http://ilm-perso.univ-lyon1.fr/~fcaupin/>

Tél : 04 72 44 85 65

DROP DYNAMICS ON A LIQUID SUBSTRATE

A rivulet of water flowing on a window leaves a series of droplets behind. This phenomenon involves wetting properties and the growth of instabilities. When a liquid film is deposited on a non-wetted, horizontal substrate, holes may appear, allowing the film to recede. This is the *dewetting* phenomenon, detrimental to various applications such as coating, painting, adhesives and photographic films. Dewetting experiments on solid substrates are numerous, but the substrate roughness or its heterogeneity make their interpretation difficult. We have built experiments on a *liquid* substrate which, under some conditions, yield regular arrays of droplets (see image sequence below).



Top view: the liquid puddle first spreads, then its rim destabilizes, and droplets are emitted during retraction. They later gather in an annulus.

During the internship, the student will measure the spreading dynamics (radius, thickness, rim, velocity field...). The instability during retraction will be characterized. We will also study the regime without instability, which has surprisingly not yet been studied experimentally, although a model appeared recently [1]. The student will have the opportunity to use various techniques of measurement, acquisition and image processing (tensiometry, fast camera, light absorption, interferometry...).

[1] H. Gelderblom, H.A. Stone, and J.H. Snoeijer. Stokes flow in a drop evaporating from a liquid subphase. *Phys. Fluids* **25**, 102102 (2013)

PhD opportunity: The internship can lead to a PhD on similar topics in the group "Liquids and interfaces".

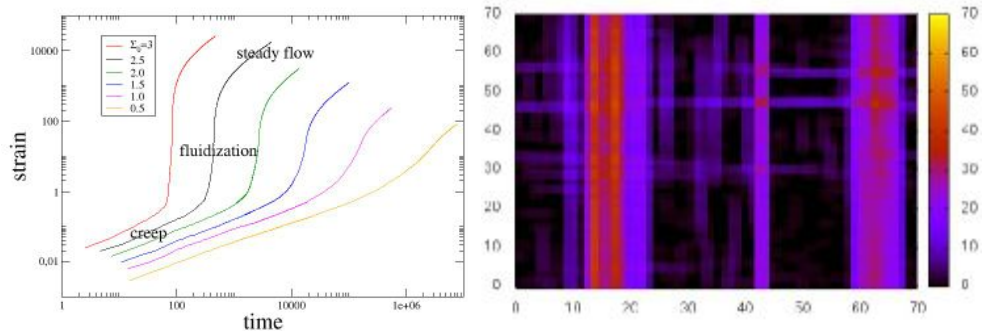
Type of funding: Ecole doctorale

M2 Research internship

Creep and fluidization in soft glassy systems

Many «soft glassy» systems (**foams, emulsions, gels**) share the same phenomenology [1]: under an applied external stress, they first creep very slowly following a power law behavior $\gamma \sim t^p$ where p is the creep exponent, which is generally smaller than 1: this is the **Andrade creep** regime which is also shared by metals. Subsequently, after a time which decreases with the applied external stress, the soft glass starts to flow, and this **fluidization** phenomenon is accompanied by the formation of transient shear bands. Eventually, a steady state regime is reached with a constant strain rate. In case of metals, Andrade creep is interpreted in terms of the gliding motion of dislocations. On the contrary, for glassy systems there is still no satisfying framework to explain these phenomena.

The goal of the internship is to study creep and fluidization on the basis of a **kinetic model**. The idea is to study the mechanical response of a disordered system characterized by a broad distribution of energy barriers [2]. These barriers may be lowered under the effect of a local deformation. Using this model, the student will study the mean deformation of the system as a function of the applied stress, and will characterize spatial heterogeneities in strain fields.



(Left) Example of soft glassy fluid; carbopol gel (Middle) Strain as a function of time for various applied stresses, increasing from bottom to top. (Right) Local strains in the system.

In practice, the work will consist in using a simple Monte Carlo code that is already written. A taste for numerical work is necessary and coding skills would be a plus. The results will be interpreted using Fokker-Planck equations on toy models, and they will be of interest for the experimentalists working in the ILM Institute.

[1] Bonn, Paredes et al, Yield stress materials in soft condensed matter, arxiv:1502.05281.

[2] Merabia and Detcheverry, Creep and fluidization in thermal amorphous solids, submitted.

Opening toward a PhD : yes (funding with «bourse ministère»)

Contact : Samy Merabia and François Detcheverry

samy.merabia@univ-lyon1.fr et francois.detcheverry@univ-lyon1.fr

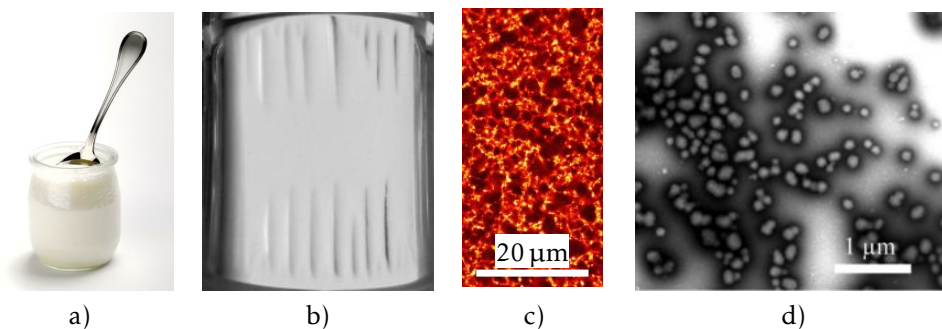
Teams : «[Modélisation de la matière Condensée et Interfaces](#)» et «[Liquides aux Interfaces](#)»

Institut Lumière Matière, La Doua, Villeurbanne

Rupture des matériaux mous : Micromécanique d'un gel colloïdal alimentaire

Institut Lumière Matière, Lyon

Mathieu Leocmach, Loïc Vanel



a) Le Yaourt: un gel alimentaire. b) Fractures d'un yaourt. c) Microstructure d'un yaourt vue par microscopie confocale en fluorescence. d) Particules formées par agrégation de protéines de lait (source: Soft Matter, 2014, 10, 6941).

Contact : mathieu.leocmach@univ-lyon1.fr Tel. 04 72 44 82 28
loic.vanel@univ-lyon1.fr

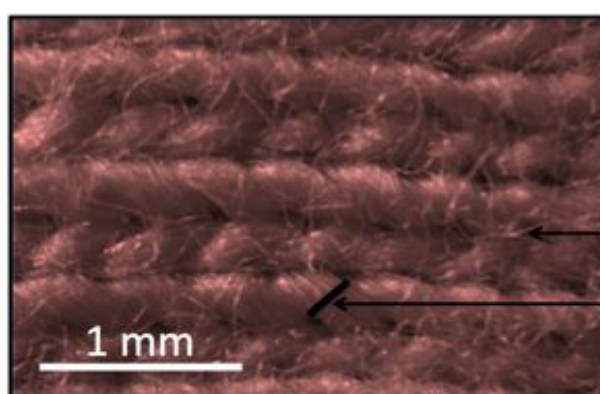
L'appréciation d'un plat vient aussi bien de son goût que de sa texture. La consistance en bouche d'un aliment (figure a) est une sensation aussi complexe que le timbre d'un instrument de musique. Un facteur déterminant est le comportement mécanique de l'aliment soumis à de grandes déformations, en particulier la façon dont il rompt et se brise (figure b). Or la rupture des matériaux mous est mal comprise, en particulier quand ils sont hétérogènes à une échelle microscopique. Par exemple les gels, comme le yaourt et la gélatine, sont composés d'un réseau solide et continu imbibé d'un solvant (figure c). Nous nous intéressons ici à un aliment modèle : un gel dont le réseau est formé de particules colloïdales provenant de l'agrégation de protéines de lait (figure d).

L'objet de ce stage est de comprendre à travers des expériences qui couplent **microscopie confocale** et **stimulation mécanique** comment et pourquoi les contraintes se concentrent dans un gel pour aboutir à la **nucléation de fractures**. En jouant sur la **formulation du gel** et donc sa structure, on s'attachera en particulier à déterminer les facteurs pilotant la rupture.

Possibilité de poursuite en thèse sur des sujets connexes impliquant plus de chimie (synthèse de systèmes colloïdaux) ou plus de mécanique.

Quel est le rôle de l'humidité dans le repassage ?

Un **textile** est un matériau complexe qui a une **structure à différentes échelles** (l'échelle d'une fibre micrométrique, d'un fil d'une fraction de millimètre, de la structure tissée ou tricotée centimétrique). Comme chacun sait, ce matériau peut se déformer et garder une signature de cette déformation passée **en formant des plis**. L'action de repasser consiste à effacer ces plis en appliquant une contrainte mécanique au matériau (on appuie avec un fer) associée à un choc thermique et en humidité.



Photographie d'un textile montrant les différentes échelles du matériau

Fibre
(diamètre: 15 μm)
Fil = assemblée de fibres
(diamètre: 250 μm)

Dans ce projet, nous voulons étudier **le rôle de la contrainte mécanique, de l'humidité et de la température** sur le **repassage** aux trois échelles du matériau : la fibre unique, le fil et la structure tissée ou tricotée. Pour cela, nous proposons de former dans le textile des plis contrôlés [Benusiglio et al., Soft Matter 2012] puis de caractériser la relaxation de ces plis sous les différents forçages. En particulier, nous nous intéressons à la formation et au réarrangement lors du repassage **de petits ménisques liquides cohésifs** (comme dans un château de sable humide) entre les fibres constituant le fil ou aux intersections de la structure textile.

Nous proposons au cours du stage d'effectuer ces expériences **à l'échelle d'une seule fibre puis d'un fil**. Nous prévoyons donc de les extraire d'un matériau tissé, de générer un pli et d'étudier la relaxation de ce pli, dans une boîte à humidité et température contrôlée, par analyse de forme. Une étude de la **micro-structure de la fibre et du fil** sera aussi effectuée par des techniques de visualisation adaptées (microscopie optique et plus si nécessaire) pour comprendre l'origine des résultats obtenus.

Ce stage est effectué en collaboration et financé par le **Groupe SEB**, leader mondial du petit électroménager, et **une poursuite en thèse pourra être envisagée**.

Nous recherchons une ou un candidat(e) ayant des compétences en physique des matériaux, mécanique, physique des liquides ou matière molle, et **intéressé par les expériences et le monde industriel**.

Contacts : Anne-Laure Biance, anne-laure.biance@univ-lyon1.fr, Cécile Cottin-Bizonne, cecile.cottin-bizonne@univ-lyon1.fr

Institut Lumière Matière (<http://ilm.univ-lyon1.fr/>), CNRS et université Lyon 1.