

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



Transport interfacial en nanofluidique : thermo-osmose

Le transport interfacial constitue l'une des spécificités de la nanofluidique [1], un domaine en plein essor qui combine des problématiques fondamentales riches et variées et des grandes attentes en termes d'application, sur la gestion des ressources en eau (désalinisation, ...) ou les énergies nouvelles. De manière générique, ce type de transport découle de phénomènes interfaciaux qui prennent place à l'interface solide-liquide, en réponse à un forçage externe sous la forme d'un champ électrique ou, plus récemment, de gradients de concentration [2]. Bien que des effets similaires soient attendus en présence de gradients thermique, ceux-ci n'ont été jusqu'à maintenant ni considérés, ni étudiés expérimentalement. Ceci est d'autant plus surprenant que les phénomènes de transport nanofluidique en présence de gradients de températures se rencontrent dans un grand nombre de situations telles qu'aquifères ou réservoirs géologiques.

L'objectif du stage sera de mettre en évidence et de caractériser le transport thermo-osmotique en nanocanaux. Les expériences seront menées pour commencer sur des systèmes gravés dans des puces silicium, développées au sein de l'équipe. Ces expériences s'appuieront sur les meilleures méthodes de mesure de débit ultra-bas ($< \text{fL/s}$!), développées sur place autour des techniques de microscopie optique [2]. En plus de mettre en évidence le phénomène, cette expérience modèle aux surfaces contrôlées devrait fournir des éléments de compréhension permettant d'éclairer des phénomènes hors équilibres proches (la thermophorèse [3]) dont la description est restée jusqu'à maintenant débattue.

A plus long terme, les développements en thèse pourront inclure des études sur les réponses interfaciales géantes a priori prédites au voisinage de surfaces structurées et hydrophobes. Plus généralement, nous nous intéresserons aux nouveaux phénomènes d'écoulements interfaciaux en milieux confinés, sous l'action de gradients externes. Sans limitations, on peut particulièrement citer : les surfaces intelligentes (pilotables), les interfaces fluides, etc.

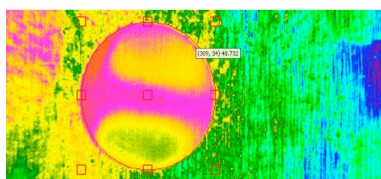


Figure 1 - Water droplet (5mm) on a superhydrophobic surface. A temperature gradient is applied on the surface.

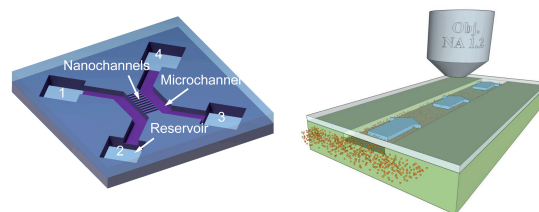


Figure 2 – Sketch of the silicon-etched nanochannel, and optical microscopy flow measurement.

Domaines et techniques : microscopie de fluorescence, microfluidique, effets thermiques, analyse d'image, mécanique des fluides, transport hors d'équilibre.

Poursuite possible en thèse. En complément des aspects expérimentaux, possibilité d'aborder les aspects théoriques du transport confinés (colab. L. Joly, éq. MMCI). Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de collaborations internationales (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.

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.

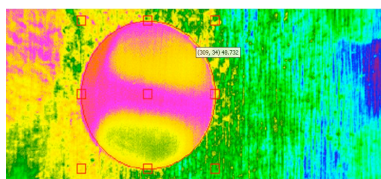


Figure 1 - Water droplet (5mm) on a superhydrophobic surface. A temperature gradient is applied on the surface.

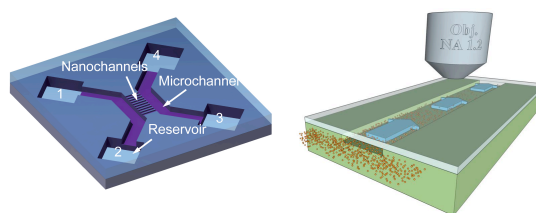


Figure 2 – Sketch of the silicon-etched nanochannel, and optical microscopy flow measurement.

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.