

Internship:

Entrance effects in osmotic nanofluidics for Blue Energy

Date: from 3 to 6 months in spring 2022

Level: master 1st or 2nd year

Supervision: Corentin Trégouët corentin.tregouet@espci.fr
Annie Colin annie.colin@espci.fr

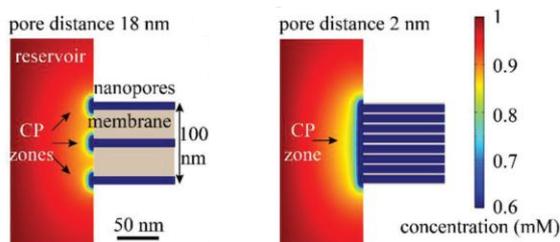
Environnement : team Innovative Materials for Energy (MIE) in the group CBI in ESPCI-Paris, within the Institut Pierre-Gilles de Gennes pour la microfluidique. (www.mie.spip.espci.fr)

Field: experimental physics, fluid mechanics, chemical physics.

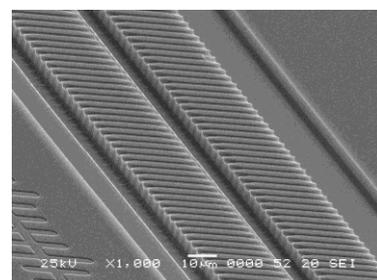
Osmosis is the phenomenon responsible for spontaneous liquid transfers through porous membranes separating water reservoirs with different salinities. In specific conditions, these phenomena enable the generation of electrical currents between two reservoirs of brine and fresh water. Based on this principle, the production of electricity where sea water meets fresh water from the river: this is called the Blue Energy. However, there is a huge and yet unexplained discrepancy between the promising results based on single nanopores, and the maximum power that can actually be harvested with nanoporous membranes.

Consequently, before being able to harvest efficiently this energy, it is necessary to finely understand the flows occurring in the membrane nanopores. More specifically, complex effects at the entrance and the exit of nanopores result from couplings between ion concentrations, electric fields, electrostatic forces, pressure and flow, described by the advection-diffusion equation, Navier-Stokes, Boltzmann, and Poisson equations.

The aim of the internship is to use nanofluidic chips which model nanoporous membranes to study experimentally these phenomena in well-controlled conditions. More specifically, we will first focus on the effect of the surface treatment (and hence surface charges) on diffusio-osmosis, and based on this, on the effect of the density of nanopores. This second part, the core of the project, is experimental and possibly numerical, and will be focused on the coupling between neighboring nanopores. Experimentally, the concentration field of a ionic dye will be measured using confocal microscopy to measure and understand this coupling.



Simulations performed by Gao and coworkers (2019)



SEM image of the nanofluidic chip: two rows of nanochannels connecting the reservoirs.

Offre de stage :

Effets d'entrée en osmose et nanofluidique pour l'Énergie Bleue

Date : de 3 à 6 mois au semestre de printemps 2022

Niveau : stage de master (1^{ère} ou 2^{ème} année)

Encadrement : Corentin Trégouët corentin.tregouet@espci.fr
Annie Colin annie.colin@espci.fr

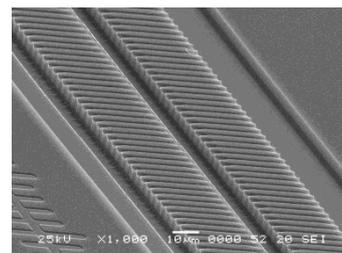
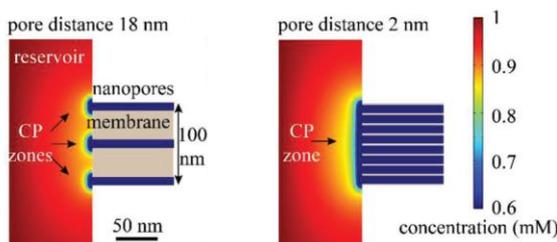
Environnement : équipe Matériaux Innovants pour l'Énergie (MIE) du groupe CBI à l'ESPCI-Paris et l'Institut Pierre-Gilles de Gennes pour la microfluidique. (www.mie.spip.espci.fr)

Thématique : physique expérimentale, mécanique des fluides, physico-chimie.

L'osmose est le phénomène responsable des transferts spontanés de liquides à travers des membranes séparant des volumes d'eau de concentrations différentes en sel. Dans certaines conditions, ces phénomènes permettent de générer des courants électriques entre un réservoir d'eau salée et un réservoir d'eau douce. Basée sur ce principe, la production d'énergie électrique là où l'eau douce des fleuves rencontre l'eau salée des océans est ce qu'on appelle l'Énergie Bleue. Cependant, on observe un écart très important, et toujours inexplicé entre les résultats prometteurs sur les nanopores uniques, et les puissances maximums obtenues sur des membranes nanoporeuses.

En conséquence, avant de parvenir à récupérer cette énergie de manière efficace, il est nécessaire de finement comprendre les écoulements dans les nanopores des membranes. En particulier, les effets à l'entrée et à la sortie des nanopores mettent en jeu des couplages complexes entre concentration ionique, champs électrique, forces électrostatiques, pression et écoulements, décrits par les équations d'advection-diffusion, de Navier-Stokes, de Boltzmann, et de Poisson.

L'objet du stage est d'utiliser des puces nanofluidiques modélisant les membranes nanoporeuses pour étudier expérimentalement ces phénomènes dans des conditions bien contrôlées. On s'intéressera en particulier à l'effet du traitement de surface (donc de la charge de surface) sur la diffusio-osmose, et sur cette base, à l'effet de la densité en nanocanaux. Cette seconde partie est le cœur du projet. Ce travail expérimental et éventuellement numérique, se focalisera sur les couplages entre nanopores voisins. Expérimentalement, la mesure au microscope confocal du champ de concentration d'un colorant ionique permettra de mesurer, quantifier et comprendre ces couplages.



Simulations effectuées par Gao et collaborateur (2019)

Image MEB de la puce nanofluidique : deux rangées de nanocanaux reliant les réservoirs