

Thèse – Mouillage et séchage dans des pores nanométriques : effets thermiques inédits et enjeux dans le domaine de l'énergie



L'eau confinée joue un rôle crucial dans les processus biochimiques du vivant mais aussi dans divers phénomènes à l'échelle nanométrique qui sont fondamentaux pour relever plusieurs défis sociétaux majeurs, tels que **l'alimentation en eau douce**, assurée dans de nombreux points du globe par dessalement d'eau de mer, ou encore la **défossilisation de nos ressources énergétiques** en valorisant à l'inverse le **mélange de l'eau douce des fleuves avec l'eau de mer dans les estuaires**. Cette source d'énergie non intermittente, connue sous le nom d'**énergie osmotique**¹, est répertoriée depuis 2022 dans la directive européenne pour les énergies renouvelables.

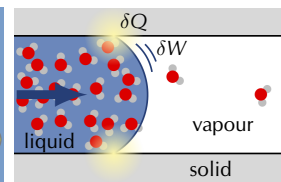
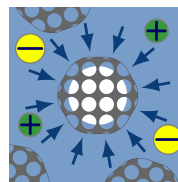
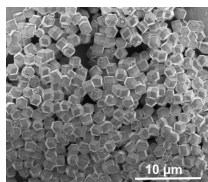
Dans ce contexte applicatif touchant à l'eau et à l'énergie, la **recherche fondamentale en nanofluidique** vise à comprendre les phénomènes de transport couplés, principalement de masse, de solutés et de courant ionique au voisinage de l'échelle nanométrique. En revanche le transport de chaleur et plus largement les **effets thermiques spécifiques** de ces échelles sont restés dans l'ombre alors que leur rôle n'est pas anodin. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de thèse, financé par le projet ANR franco-brésilien HTD-PoM, qui vise à explorer les phénomènes mécaniques et thermiques lors du confinement de solutions aqueuses dans des nanopores hydrophobes. Trois axes sont pressentis dans le cadre de ce travail expérimental. L'étude du **couplage subtil entre énergie osmotique et énergie thermique**, la caractérisation des **propriétés thermoélastiques de fluides confinés**, enfin l'exploration de la **conductivité thermique de matériaux nanoporeux en fonction de leur contenu**. Certains matériaux nanoporeux constituent d'**exceptionnels isolants thermiques**. Or nous avons récemment prédit numériquement un comportement surprenant : une conductivité thermique encore plus faible lorsque les particules sont remplies en liquide à l'opposé de ce qu'on constate à l'échelle macroscopique (chacun sait qu'un vêtement humide est moins isolant et favorise les transferts thermiques). L'expérience confirme-t-elle cette prédiction ? Votre thèse permettra de répondre à cette question.

Plus précisément, le travail sera fondé sur une **approche expérimentale originale** reposant sur l'emploi de particules nanoporeuses hydrophobes ordonnées immergées dans de l'eau ou une solution aqueuse. Le remplissage forcé s'opère par pressurisation du liquide à plusieurs centaines de bars tandis que le séchage est spontané lorsque la pression est relâchée. Le dispositif expérimental permet de caractériser finement les pressions ainsi que les variations de température caractéristiques de ces processus en fonction de leur durée contrôlée par le dispositif sur quatre décades de temps². Ces mesures mécaniques et thermiques constituent des signatures macroscopiques des **phénomènes de mouillage et séchages à l'oeuvre sous confinement nanométriques voire sub-nanométriques**, phénomènes dont l'étude est restée marginale dans le champ de la nanofluidique.

Cette thèse sera réalisée conjointement à des travaux numériques dans le cadre du projet HTD-PoM et contribuera également à un projet appliqué au laboratoire dédié à une **approche innovante pour la récupération de l'énergie osmotique**³. Comme prérequis, sont attendus une solide formation en physique, en matière molle et en thermodynamique, ainsi qu'un intérêt certain pour la physico-chimie et plus généralement, une appétence pour l'interdisciplinarité, l'instrumentation et les défis expérimentaux !

Candidature : <https://emploi.cnrs.fr/Offres/Doctorant/UMR5588-CYRPIC-003/Default.aspx>

Contacts: Cyril Picard, Romain Lhermerout
 Laboratoire Interdisciplinaire de Physique,
 Université Grenoble Alpes
cyril.picard@univ-grenoble-alpes.fr
romain.lhermerout@univ-grenoble-alpes.fr
 LIPHy MODI team



1. *La Science, CQFD – Énergie osmotique, ce rêve bleu, Quoi de neuf chercheur – L'Énergie Bleue expliquée par Cyril Picard.*

2. L. Michel et al. A Dynamical calo-porosimeter to characterize wetting and drying processes in lyophobic nanometric pores, *Rev. Sci. Instrum.* **95**.10 (2024),

3. C. Picard et al. *Procédé de conversion d'énergie osmotique en énergie hydraulique et de dessalement.*