** Avis de Soutenance**

Monsieur Viktor GREDIČAK

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Approche microfluidique du transfert de masse aux interfaces fluide–fluide dans les milieux poreux avec contrôle de mouillabilité par plasma et analyse par spectroscopie Raman*

dirigés par Madame SOPHIE ROMAN et Madame Claire DOUAT

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU
Unité de recherche : ISTO - Institut des Sciences de la Terre d’Orléans

Soutenance prévue le ***vendredi 04 juillet 2025*** à 9h00
Lieu :   CNRS, Délégation régionale, 3E avenue de la recherche scientifique, 45071 Orléans
Salle : Amphithéâtre Charles Sadron
URL salle virtuelle :
<https://cnrs.zoom.us/j/95814157369?pwd=guTLGuaGBr52Iq3bVNG2nG7OoKnBbD.1>

**Composition du jury proposé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Mme SOPHIE ROMAN  | Université d'Orléans  | Directrice de thèse  |
| M. Rino MORENT  | Ghent University  | Rapporteur  |
| M. Joaquin JIMENEZ-MARTINEZ  | Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology  | Rapporteur  |
| Mme Eva KOVACEVIC  | Université d'Orléans  | Examinatrice  |
| M. Yves MEHEUST  | Université Rennes 1  | Examinateur  |
| M. Jean-Louis ROUET  | Universite d'Orléans  | Examinateur  |
| Mme Claire DOUAT  | Universite d'Orleans  | Invitée |
| Mme Aneta SLODCZYK  | CNRS  | Invitée |

|  |  |
| --- | --- |
| **Mots-clés :**  | microfluidique,milieux poreux,écoulements multiphasiquess,spectroscopie vibrationnelle,traitement plasma,stockage de CO2 |

|  |
| --- |
| **Résumé :**   |
| Cette thèse de doctorat s’inscrit dans le cadre du projet INTER-AQ porté par le CNRS, une initiative de recherche interdisciplinaire visant à élucider les dynamiques complexes et couplées du transfert de masse et de la redistribution des fluides aux interfaces fluide-fluide dans les milieux poreux. Le projet combine la microfluidique expérimentale pour reproduire des environnements souterrains, la spectroscopie Raman pour la quantification chimique in situ, et des techniques innovantes à base de plasma pour moduler les propriétés de surface des pores. Ces approches intégrées ciblent des enjeux énergétiques majeurs, tels que le stockage géologique du CO2. Dans ce cadre, la recherche doctorale apporte une contribution à l’échelle des pores, en développant des méthodes expérimentales permettant d’analyser comment les phénomènes interfaciaux influencent le comportement des fluides dans les systèmes poreux. Cette thèse vise à combler une lacune essentielle dans la compréhension du transfert de masse à l’échelle des pores, en s’intéressant spécifiquement à l’impact de la mouillabilité sur les échanges aux interfaces fluide–fluide et sur les mécanismes de piégeage. Cette étude présente le développement d’une plateforme expérimentale intégrant la microfluidique et la spectroscopie μRaman. Les dispositifs microfluidiques sont des réseaux de pores transparents constitués de canaux, simulant des environnements poreux souterrains et permettant une visualisation directe des comportements des fluides. Cette étude propose, pour la première fois, l’utilisation in situ du traitement plasma à pression atmosphérique comme outil de contrôle de la mouillabilité. Les connaissances acquises sur le transfert de masse interfacial en fonction des propriétés de mouillabilité devraient permettre d’améliorer l’étalonnage des modèles numériques à l’échelle des pores comme à l’échelle du réservoir, augmentant ainsi la précision des prévisions pour le stockage du carbone dans les réservoirs géologiques. L’étude s’articule autour de trois questions de recherche principales. Premièrement, la faisabilité de la propagation d’un plasma atmosphérique dans des canaux microfluidiques fermés est examinée pour contrôler la mouillabilité des surfaces. Le travail démontre qu’un jet de plasma à pression atmosphérique peut être introduit et contrôlé avec succès dans les dispositifs, permettant une modification fiable de la mouillabilité des canaux. Les résultats obtenus par mesure in situ de l’angle de contact sur images indiquent un traitement homogène avec un accroissement des propriétés hydrophiles. La mouillabilité obtenue sur le verre avec notre configuration montre une stabilité pouvant atteindre 70 jours, selon les paramètres de traitement plasma et de stockage. Deuxièmement, l’étude examine comment les conditions de mouillabilité affectent le piégeage capillaire et le transfert de masse interfacial. En utilisant des dispositifs microfluidiques de complexité géométrique croissante, les expériences révèlent que la mouillabilité de surface influence effectivement le piégeage résiduel, l’évaporation de l’eau et la dissolution du CO2 sous différentes conditions d’écoulement. Troisièmement, le potentiel de la spectroscopie μRaman pour une analyse in situ semi-quantitative de la dissolution du CO2 est évalué. L’analyse Raman permet de capturer l’évolution temporelle des espèces dissoutes, fournissant des données chimiques complémentaires aux observations visuelles des écoulements, et permettant la quantification des taux de transfert de masse interfaciale. En résumé, cette recherche intègre les plasmas atmosphériques, la microfluidique et la spectroscopie μRaman, pour l’étude du transfert de masse à l’échelle des pores sous conditions de mouillabilité contrôlées. La thèse apporte de nouvelles connaissances sur les mécanismes régissant le piégeage du CO2 dans les milieux poreux, essentiels à la conception et à l’optimisation des stratégies de séquestration du carbone. |