

Avis de Soutenance

Monsieur Mojtaba NOROUZISADEH

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Modélisation des effets de mouillabilité pour les écoulements diphasiques en milieux poreux géologiques

dirigés par Monsieur Mohamed AZAROUAL et Monsieur Cyprien SOULAINÉ

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 **jeudi 21 mars 2024** à 14h30

Lieu : 1A Rue de la Férollerie, CS 20066, 45071 Orléans

Salle : 1

Composition du jury proposé

M. Mohamed AZAROUAL	Université d'Orléans	Directeur de thèse
M. PHILIPPE BELTRAME	INRA PACA-Corse (Institut National de la Recherche Agronomique)	Rapporteur
M. Luis CUETO-FULGEROSO	Universidad Politécnica de Madrid	Rapporteur
M. Jean-Louis ROUET	Institut des sciences de la terre d'Orléans (ISTO)	Examineur
M. Arnault LASSIN	Bureau de Recherches Géologiques et Minières	Examineur
M. Benjamin SOBAC	Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFCR)	Examineur
M. Damien JOUGNOT	Sorbonne Université	Examineur
M. Cyprien SOULAINÉ	Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO / CNRS)	Co-encadrant de thèse
M. Philippe LEROY	Bureau de Recherches Géologiques et Minières	Invité

Mots-clés : Modèle de lubrification, Ecoulements multiphasiques, Mouillabilité, Double couche électrique, milieux poreux, Physico-chimie des interfaces

Résumé :

Le piégeage de fluides dans les milieux poreux par des forces capillaires est essentielle dans de nombreux processus souterrains, tels que la capture et le stockage du carbone dans les aquifères salins profonds, la remédiation des eaux souterraines et la récupération améliorée du pétrole dans les réservoirs de pétrole. Dans de tels processus, les propriétés de mouillabilité près de la région de contact triphasique sont vitales pour décrire les mécanismes de capture et la stabilité à long terme des gouttelettes piégées. Cependant, la mouillabilité de la roche et, par conséquent, l'écoulement multiphasique peuvent être modifiés par un changement de composition de l'eau des pores (pH, salinité) et des propriétés physico-chimiques interfaciales. Par exemple, lors de l'injection d'eau à faible salinité pour la récupération améliorée du pétrole, une phase d'huile piégée dans un pore peut être plus facilement remobilisée en raison d'une modification de la mouillabilité ou la dissolution de dioxyde de carbone dans l'aquifère peut modifier la mouillabilité, la capacité de capture et la sécurité du stockage. La mouillabilité de la surface minérale est traditionnellement décrite via des angles de contact, mesurés visuellement lors d'expériences. Cette approche ne reflète pas bien la modification de la mouillabilité due au changement des propriétés du système telles que le pH et la salinité. En revanche, la mouillabilité du système peut être exprimée via les interactions intermoléculaires. L'interaction intermoléculaire pour la région de contact triphasique est étudiée à travers les différentes composantes de la pression de désintégration. La pression de désintégration comprend les interactions de Van der Waals (VDW), la double couche électrique (EDL) et les interactions structurelles. Le rôle de la géométrie du domaine proche du contact est souvent ignoré dans la littérature. Dans cette étude, nous avons d'abord étudié le rôle de la géométrie en forme de coin de la région

de contact pour les potentiels VDW et nous avons comparé nos prédictions avec des résultats de la littérature. Ensuite, nous avons résolu l'équation de Poisson-Boltzmann (P-B) en deux dimensions pour obtenir le rôle de la région de contact triphasique sur l'interaction intermoléculaire électrostatique (EDL). L'interaction des charges sur les surfaces du domaine est souvent négligée dans la littérature lors de l'évaluation de l'EDL. Ici, nous avons pris en compte l'interaction des charges sur les limites du domaine en couplant le P-B avec un modèle de complexation de surface. Nous avons validé la mise en œuvre du schéma et étudié l'interaction électrostatique pour un système quartz/eau/air. Les résultats montrent la dépendance de l'interaction électrostatique à l'angle de contact et à la régulation des charges qui devient importante près du contact. De plus, les résultats montrent un changement d'énergie de surface dû à l'électrostatique. Finalement, nous avons développé un modèle de lubrification physiquement enraciné pour les films minces afin de modéliser la modification de la mouillabilité. Le modèle remplace le concept de l'angle de contact en tenant compte des forces intermoléculaires, notamment des forces de Van der Waals, de la double couche électrique et du potentiel d'hydratation à travers une pression de disjonction. Contrairement à d'autres approches, nous introduisons une pression de disjonction dépendante de la pente qui découle de l'hypothèse d'une géométrie en forme de coin. Le modèle a été soigneusement vérifié et utilisé pour étudier le rôle de la salinité et du pH sur la mouillabilité. Nous avons découvert que la pression de disjonction dépendante de la pente et l'épaisseur du film précurseur modifient la stabilité de l'étalement. Les travaux futurs se concentreront sur l'intégration du modèle de lubrification dans un simulateur d'écoulement à deux phases et sur l'étude de l'effet de la mouillabilité dans un milieu poreux.