

Offre de thèse

Réseaux de pores multiéchelles basés sur l'imagerie à différentes échelles pour l'étude des écoulements diphasiques gaz - eau dans les milieux poreux

Contexte : Ce projet concerne l'étude numérique des écoulements diphasiques gaz-eau dans des milieux à large distribution de taille de pores (argilite, ciment, etc). En raison des nombres capillaires extrêmement faibles (écoulements très lents, notion de drainage hyperlent¹) susceptible de caractériser ces écoulements, il est crucial de déterminer avec une grande précision les propriétés macroscopiques (courbe de rétention, perméabilités relatives) dans la gamme des très fortes saturations en eau. C'est précisément une gamme de saturation où l'acquisition de ces données par voie expérimentale est peu fiable. Il y a donc un espoir très sérieux d'améliorer significativement la caractérisation de ces propriétés par voie numérique en tirant pleinement avantage des progrès en imagerie à différentes échelles.

Objectif : Pour mener à bien ce projet, l'équipe TCM de l'IUSTI et l'équipe GEMP de l'IMFT propose un contrat doctoral en physique des transferts dont l'objectif est le développement de modules de modélisation d'écoulements diphasiques gaz-eau par une approche réseaux de pores obtenus à partir d'images 3D et du logiciel open source iMorph (<http://imorph.fr>).

L'objectif principal est le développement d'un modèle de réseau de pores multiéchelles pour l'étude des écoulements diphasiques eau-gaz adapté à des milieux à très large distribution de tailles de pores. Une idée clé est de construire le réseau à partir d'images de la microstructure obtenues à différentes échelles : typiquement images 3D à l'échelle « FIB » (pour les pores franchement submicroniques) et à l'échelle « microtomographie X » (pour les pores voisins du microns et au-delà). L'ensemble de la phase non résolue à l'échelle microtomographie X est occupé par un réseau de pores qui a les propriétés du réseau de pores construit à l'échelle FIB (échelle FIB = cube de 1 micron contenant des pores entre 5-10 nm et une centaine de nm typiquement). Il peut donc y avoir un très grand rapport (100-1000) entre la distance moyenne entre les pores à l'échelle microtomographie X et à l'échelle FIB si bien que le domaine de calcul (qui est le cube de l'ordre de 1mm de côté de l'échelle microtomographie X) peut éventuellement contenir un nombre très grand (de l'ordre de 10000^3 à 100000^3) de « pores FIB » dans un milieu bien connecté à cette échelle. Il est actuellement absolument impossible de calculer un écoulement diphasique par la méthode réseau de pores sur un aussi grand nombre de pores. La solution consiste en une renormalisation –upscaling du réseau FIB. Le réseau FIB est remplacé dans le domaine de calcul par un réseau beaucoup plus grossier mais qui a les « bonnes » propriétés (= courbe de rétention ou perméabilité relatives) du réseau « FIB ». Une alternative consiste à remplacer le réseau FIB par un milieu continu (modèle de Darcy généralisé dont les propriétés sont calculées par simulations sur réseau de pores à l'échelle FIB). Il y a bien sûr des questions relatives à la connexion entre les deux échelles. Diverses solutions ont été proposées sur ce point dans la littérature et seront reconsidérées dans le cadre du présent projet. Une fois le réseau multi-échelle obtenu, la courbe de rétention (via l'algorithme de percolation d'invasion), la perméabilité et les perméabilités relatives seront calculées et comparées avec des données expérimentales disponibles pour l'illite.

Type de contrat : Contrat doctoral

Compétences requises : Le candidat devra être titulaire d'un Master en physique ou en mathématiques appliquées ou équivalent..

Lieu de travail : Équipe TCM, Laboratoire IUSTI UMR7343, Technôpole Château Gombert, 5 rue enrico fermi, 13453 Marseille

Contacts : jerome vicente (jerome.vicente@univ-amu.fr) / Marc Prat (mprat@imft.fr)

¹ P.Lefort, Analyse des écoulements eau/gaz dans les argilites du Callovo-Oxfordien à l'aide de la théorie de la percolation en gradient. Conditions d'applicabilité du modèle biphasique continu pour les argilites. Thèse Université de Toulouse (2014)