

APPEL A CANDIDATURE pour un contrat Post doctoral de 18 mois (GeoRessources / IRSN)

Modélisation des écoulements diphasiques à l'échelle du pore/réseau de pores dans les milieux poreux très peu perméables à l'aide de méthodes particulières (LBM, SPH)

Contexte et Etat de l'Art :

Le stockage souterrain des déchets radioactifs dans les argilites du Callovo-Oxfordien (Meuse/Haute-Marne) est actuellement la solution retenue pour répondre aux défis soulevés par le confinement de ces déchets sur le long terme. Les propriétés intrinsèques des argilites du Callovo-Oxfordien font de cette formation une roche hôte particulièrement intéressante, qui constituerait alors la barrière ultime du confinement des radionucléides et ce de manière passive (i.e. sans maintenance requise). En particulier, la connectivité et la topologie (géométrie) des pores de cette roche jouent un rôle important dans les mécanismes de transfert pour ces matériaux hygroscopiques. En effet, bien que l'argilite présente une porosité globale importante (de l'ordre de 18-20%), plus de 90% de celle-ci est constituée de pores de taille inférieure à 100 nm (micro- et mésopores) dont la distribution spatiale reste encore très mal connue. Il existe donc un intérêt croissant à l'heure actuelle pour la caractérisation de la structure porale de ces matériaux très peu perméables aux petites échelles, en relation avec la compréhension de leurs propriétés hydromécaniques.

L'étude des écoulements diphasiques dans des systèmes faisant intervenir des tailles de pores submicroniques est un sujet ouvert, cf. [1,2]. Elle fait notamment intervenir des modèles de réseaux de pores (PNM ou Pore Network Model) générés à partir de données statistiques (et/ou d'images SEM) (e.g. [3,4]). Les PNM schématisent la roche au travers de pores et de liens auxquels ils attribuent des lois de comportement. Bien que très performants en termes de temps de calcul, ces modèles, basés sur une description simplifiée de l'écoulement au sein de chaque pore, restent fortement dépendants des lois de comportement utilisées. Si cette approche peut être suffisante pour décrire le comportement d'un écoulement monophasique dans les macropores, l'approche devient plus discutable dans les nanopores (prise en compte de l'effet Klinkenberg pour les écoulements de gaz) ou en conditions multiphasiques (hypothèse forte sur la topologie des phases en présence). A l'inverse, les modèles lagrangiens de type Lattice-Boltzmann [5,3] ou Smoothed Particle Hydrodynamics [6] conduisent à une description beaucoup plus réaliste de l'écoulement mais sont généralement plus coûteux et leur utilisation restent limitée à des volumes d'intérêt bien inférieur à la taille du VER (Volume Élémentaire Représentatif) (>100 μ m [9]). Les modèles de l'espace poral utilisés par ces méthodes tirent pleinement avantage des progrès en imagerie à différentes échelles (résolution nanométrique pour le FIB-SEM (Focused Ion Beam et microscopie) et sub-micrométrique pour la μ -tomographie aux rayons X).

Objectifs et Démarches :

Le travail proposé dans le cadre du présent projet s'inscrit dans le contexte du développement des moyens de modélisation des écoulements diphasiques à l'échelle des pores pour des milieux complexes (argiles, bétons, ...). Il fait partie du projet RPM¹ soutenu par le Défi Needs-MiPor en 2015 et 2016. Dans la pratique, les deux méthodes de simulation lagrangiennes (LBM et SPH) seront mises en œuvre pour être comparées/validées entre elles, sur la base d'expériences d'imbibition et de drainage réalisées sur puces nanofluidiques en 2012 et 2013 [2,7] dans le cadre du projet « Nanolab » de Needs-MiPor. Après cette étape de validation, chaque méthode devrait être appliquée pour modéliser les écoulements liquide-gaz dans différentes maquettes 3D de réseaux des pores de matériaux argileux (illite compacté [8], argilite du Callovo-Oxfordien [9]) et pour caractériser les propriétés effectives équivalentes (perméabilité relative K_r , courbe de rétention) de ceux milieux

¹ Le projet RPM (Réseau de Pores Multi-échelles) regroupe de chercheurs de l'IMFT, des Universités de Lorraine et de Provence, de l'IRSN et du CEA.

à différentes échelles. Les résultats seront comparés avec les propriétés obtenues avec la méthode de réseau des pores multi-échelle [10] mise en œuvre par d'autres participants du projet RPM.

Financement et durée du contrat:

Un contrat post-doctoral de 18 mois est ouvert conjointement par le Laboratoire GeoRessources et l'IRSN et co-financé dans le cadre du projet NEEDS MIPOR. Le poste est à pourvoir dès le mois de janvier 2017 (date négociable). Le salaire se situe autour de 2000 € net/mois, avec une aide au changement de domicile. Le post-doc s'effectuera pour 6 mois au sein du laboratoire GeoRessources (Nancy) et pour 12 mois à l'IRSN. En fonction des résultats obtenus, le contrat pourra être étendu de 3 mois supplémentaires (Nancy).

Compétences :

Le candidat recherché doit être une personne motivée et autonome, titulaire d'une thèse en mécanique des fluides ou mathématiques appliquées. Une bonne connaissance des méthodes numériques en mécanique des fluides est requise. Une expérience dans l'utilisation des méthodes de type LBM/SPH serait un atout.

Les candidats intéressés doivent envoyer un curriculum vitae accompagné d'une lettre de recommandation aux personnes en contact.

Contacts

Anne-Julie TINET (GeoRessources): Anne-Julie.Tinet@ensg.univ-lorraine.fr

Fabrice GOLFIER (GeoRessources) : Fabrice.Golfier@ensg.univ-lorraine.fr

Magdalena DYMITROWSKA (IRSN) : magdalena.dymitrowska@irsn.fr

Sites web

IRSN : <http://www.irsn.fr/FR/Pages/Home.aspx>

GeoRessources: <http://georessources.univ-lorraine.fr/>

Date Limite de Candidature

30 novembre 2016

- 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 diphasique continu pour les argilites. Thèse Université de Toulouse (2014)*
- 2 A. Naillon. *Écoulements liquide/gaz, évaporation, cristallisation dans les milieux nanoporeux. Etude à partir de systèmes modèles nanofluidiques. Thèse Univ. de Toulouse, soutenance prévue en 2016.*
- 3 Martin J. Blunt et al., *Pore-scale imaging and modelling, Advances in Water Resources* 51 (2013) 197–216
- 4 A.Mehmani et M.Prodanović, *The application of sorption hysteresis in nano-petrophysics using multiscale multiphysics network models, Int. Journal of Coal Geology* 128–129 (2014) 96–108
- 5 L. Chen et al., *Generalized lattice Boltzmann model for flow through tight porous media with Klinkenberg's effect, Phys. Rev. E* 91, 033004, 3 March 2015
- 6 J.J. Monaghan, *Smoothed particle hydrodynamics, Rep. Prog. Phys.* 68 (2005) 1703–1759
- 7 F.Chauvet, S.Geoffroy, A. Hamoumi, M. Prat, P. Joseph, *Role of Gas in Capillary Filling of Nanoslits, Soft Matter*, 8, 10738 (2012)
- 8 Gaboreau S, Robinet JC, Prêt D, *Optimization of pore-network characterization of a compacted clay material by TEM and FIB/SEM imaging, Microporous and Mesoporous Materials* 224 (2016) 116-128
- 9 Song Y et al., *Multi-scale pore structure of COx claystone: Towards the prediction of fluid transport, Marine and Petroleum Geology* 65 (2015) 63-82
- 10 T.Bultreys, L. Van Hoorebeke, V.Cnudde, *Multi-scale, micro-computed tomography-based pore network models to simulate drainage in heterogeneous rocks, Advances in Water Resources* 78, 36–49 (2015)