

## Domaine de recherche

Physique et chimie de l'environnement

## Intitulé du sujet

Interactions eau-roches : étude expérimentale du rôle des interphases

## Contexte du sujet

Les interactions fluides-roches dans les hydrosystèmes naturels sont classiquement interprétées en utilisant les propriétés volumiques des phases en interaction. La modélisation utilise ces données pour établir des diagnostics environnementaux, ou proposer des prédictions de comportement pour des contextes aussi sensibles que la sûreté du stockage de déchets nucléaires, la rentabilité du stockage géologique du CO<sub>2</sub> dans la lutte contre le réchauffement climatique, ou encore le devenir des aquifères profonds soumis à des réinjections de déchets industriels chimio-toxiques.

Pourtant, la communauté géochimique a accumulé un certain nombre d'observables démontrant les limites du modèle thermo-cinétique à l'équilibre, même local. Parmi ces observables critiques, la capacité d'influence de la taille des pores, à partir de quelques microns, sur la solubilité des phases (« pore size controlled solubility »), concentre beaucoup d'attention. Les scénarios proposés ne permettent pas de résoudre le problème posé et, au contraire, de récentes mesures à haute résolution réalisées sur des échantillons ciblés à cet effet et suivant des procédures adaptées, ont compliqué le paysage avec des résultats très contre-intuitifs (Mürman et al., 2013 ; Stack et al., 2014 ; Putnis, 2015 ; Bergonzi et al., 2016).

Bergonzi I., Mercury L, Simon P., Jamme F., et al. (2016) Phys. Chem. Chem. Phys. 18, 14874-14885.

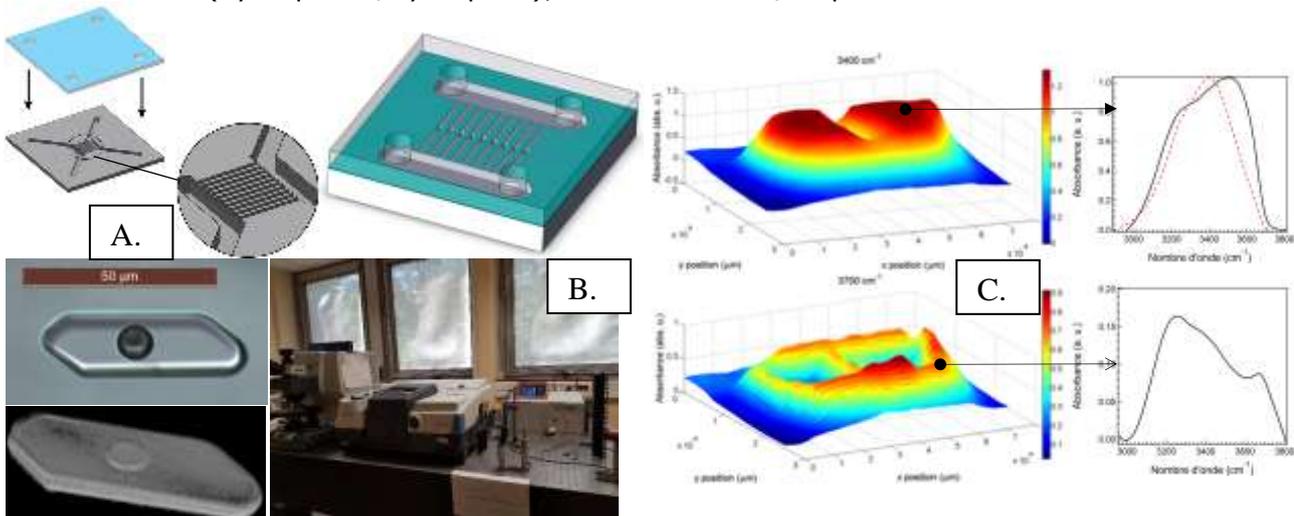
Mürmann M., Kühn M., Pape H., Clauser C. (2013) Energy Procedia 40, 107

Putnis A. (2015) Rev. Mineral. Geochem. 80, 1.

Stack AG, Fernandez-Martinez A, Allard LF, Banuelos JL, Rother G, et al. (2014) Environ Sci Technol 48, 6177.

## Objectifs du sujet

Le projet a pour but de scruter expérimentalement le rôle macroscopique des interfaces, dénommés ici domaines interfaciaux ou interphases, sur l'interaction eau-roche. A cet effet, des cartes spectroscopiques (Raman, Infrarouge) seront acquises le long de frontières de phases bien définies, dans des conditions de température et de pression étroitement contrôlées mais variables. Egalement, des transitions de phase seront provoquées dans des conditions PTX (pression, température, composition) et de flux contrôlées pour permettre une interprétation quantitative, intégrant les théories classiques de nucléation. Cet effort doit affiner ou compléter les expressions thermo-cinétiques, sur le rapport surface/volume des pores/canaux, les tensions de surface, les irrégularités de surface ou de forme porale, les états de surface électrocinétiques ou d'affinité (hydrophobe/hydrophile), les mécanismes/étapes de nucléation-croissance.



A. Echantillons synthétiques (lab-on-a-chip, inclusions fluides) abritant les interphases et transitions de phases. B. Vue du laser IR. C. Premiers résultats (Bergonzi et al., 2016).

## Moyens du sujet

---

La thèse sera encadrée principalement entre l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (Université d'Orléans), et le CEMHTI (laboratoire de physico-chimie des matériaux, Orléans), et évoluera dans le cadre de l'Equipex Planex (5M€ pour le développement de spectroscopies in situ des fluides géologiques) et du labex Voltaire (1 M€/an pour l'étude des propriétés et comportements des fluides de la croûte jusqu'à l'atmosphère). Les nano-fabrications nécessaires au travail seront réalisés au laboratoire GREMI (laboratoire de procédés plasma et laser, Orléans).

L'appareillage qui est à disposition de l'équipe comprend principalement deux micro-spectromètres à haute résolution :

- spectromètre IR Nicolet 6700, disposant d'une source interne classique et d'une source externe IR (*Coverage*®, Novae), délivrant un micro-faisceau jusqu'à 3x3 µm sur 2500-5200 cm<sup>-1</sup>, accouplé à un microscope IR Nicolet *Continuum* ;
- spectromètre Raman Andor *Shamrock 500i*, que nous avons couplé à un microscope optique Nikon *Ni-U*.

Un deuxième microscope optique est disponible (Leica *DM2500M*). Ces machines sont compatibles avec des micro-pompes *Elveflow*® *OB1 MK3* (Elvesys), des platines chauffante-refroidissantes de différents types, une chambre environnementale Memmert *HPP108*, et deux bains thermostatés Julabo *F32* et *FP50* pour contrôler l'humidité relative. Le groupe du CEMHTI dispose de deux spectromètres *Invia Reflex* et *Qontor* (Renishaw, sources laser visible, proche IR et proche UV) et, si besoin, d'un micro-spectromètre Brillouin (JRS instruments, interféromètres en tandem FP, 3 passages, laser vert). Ce dernier spectromètre pourrait être couplé à un spectromètre Raman portable *RA100* (Renishaw) par fibre optique, pour améliorer la localisation et donc l'utilité des deux signaux couplés.

## Informations pratiques

---

Date souhaitée pour le début de la thèse : 01/10/2019

Financement : Région Centre.

Salaire : 1450 € nets/mois. Activité complémentaire d'enseignement possible.

Institution de tutelle du thésard : CNRS d'Orléans

## Personnes à contacter par le(la) candidat(e)

---

Lionel MERCURY (lionel.mercury@univ-orleans.fr)

ISTO. Tél.: 02.38.25.53.98

Patrick SIMON (patrick.simon@cnsr-orleans.fr)

CEMHTI. Tél. : 02.38.25.55.21

Les candidats doivent soumettre leur demande en un fichier pdf avec une lettre de motivation et un CV détaillé valorisant les expériences de recherche précédentes.

Date limite de candidature : 15 avril 2019.

## Profil souhaité

---

Master, écoles d'ingénieurs donnant des bases solides en une ou plusieurs des disciplines suivantes : Thermodynamique, Spectroscopies vibrationnelles, Physique des transitions de phase, Géochimie d'interactions fluide-roche, Milieux poreux, Micro-/nano-fluidique.