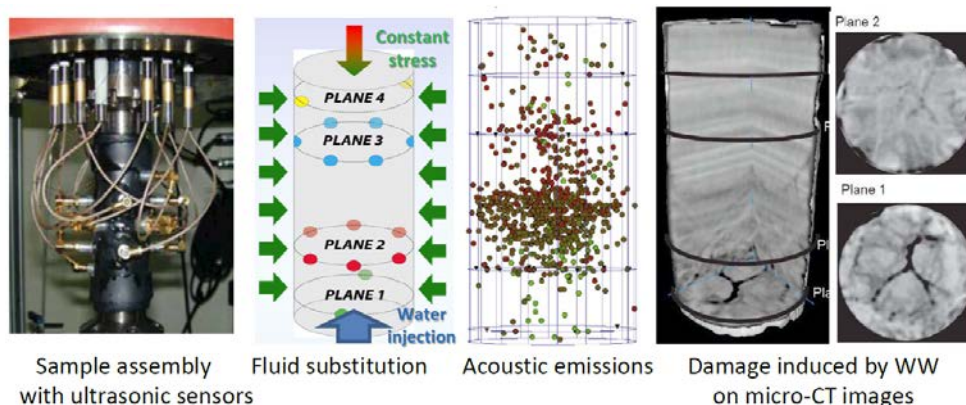


Substitution de fluides dans les roches réservoirs : impact du « water weakening » et monitoring géophysique

Contexte général : En sciences de la Terre plusieurs domaines scientifiques sont impactés par les processus de substitution de fluides dans les milieux poreux, comme l'exploitation des réservoirs à hydrocarbures, la gestion des aquifères, la séquestration in situ du dioxyde de carbone, l'extraction de ressources géothermiques et la durabilité des pierres de construction. Par exemple la production d'hydrocarbures dans les réservoirs pétroliers fait diminuer la pression fluide, ce qui induit une compaction et une perte de productivité du réservoir au cours du temps. Parmi les techniques de récupération assistée visant à améliorer la productivité, l'injection massive d'eau ou d'autres fluides dans les réservoirs en profondeur pour augmenter la pression fluide et déplacer les hydrocarbures vers les puits de production a été préconisée pendant des décennies. Cette technique a pourtant causé la très forte subsidence du champ pétrolier d'Ekofisk dans les années 80 qui a obligé les compagnies pétrolières à rehausser les plateformes off-shore. La compaction accélérée à Ekofisk a été induite par un affaiblissement physico-chimique de la roche appelé « water weakening ». Lorsque l'eau prend la place des hydrocarbures dans un réservoir pétrolier sous contraintes, des effets physico-chimiques induits par l'eau, comme la corrosion facilitant la propagation de fissures peuvent déstabiliser la roche et conduire à une perte d'intégrité mécanique.

Etudes antérieures : Le laboratoire GEC (Géosciences & Environnement Cergy) de l'UCP (Université de Cergy-Pontoise) étudie depuis plusieurs années, en collaboration avec le CSIRO (Perth, Australie), l'impact de la substitution de fluides sur la stabilité mécanique des roches réservoirs, et développe des méthodes de suivi géophysique de la substitution de fluides au moyen de méthodes ultrasoniques. Des expériences en laboratoire sur le grès de Sherwood ont montré que des instabilités mécaniques peuvent se déclencher simplement par le processus de substitution de fluides (David et al., 2015a ; Dautriat et al., 2016, David et al., 2016). Par ailleurs des méthodes de traitement du signal ultrasonique inspirées de la sismique à grande échelle permettent de réaliser un monitoring des processus de substitution de fluides et de leur impact sur les propriétés physiques (David et al., 2015b, 2017).



Objectifs de l'étude : Le sujet de thèse proposé vise à mieux comprendre ces phénomènes en se focalisant sur les réservoirs carbonatés. Différents points seront développés au cours de la thèse :

- Etudier en laboratoire les conditions pour lesquelles le « water weakening » devient important et son impact sur l'intégrité des réservoirs géologiques ; les paramètres à considérer dans cette analyse sont la

composition des roches (minéralogie) et des fluides (salinité), la microstructure et les conditions de chargement mécanique,

- Développer des méthodes de monitoring géophysique des processus de substitution de fluide afin d'en prédire l'impact sur les propriétés des réservoirs ; les techniques déjà opérationnelles pourront être étendues au monitoring utilisant les ondes S, ainsi qu'aux méthodes électriques,
- Analyser à l'échelle microstructurale l'endommagement induit par le « water weakening » et établir un modèle micromécanique pour prédire l'impact de ce phénomène sur le comportement mécanique des roches réservoirs.

Moyens mis en œuvre : la thèse se déroulera au laboratoire GEC de l'UCP avec des séjours de quelques semaines chez le partenaire australien du projet (CSIRO, Perth). Les directeurs de thèse sont Christian David et Beatriz Menéndez (GEC) en collaboration avec Christophe Barnes (GEC). Le partenaire en Australie est Joël Sarout (CSIRO Energy, Perth) en collaboration avec Jérémie Dautriat, Lionel Esteban et Claudio Delle Piane. Les deux laboratoires disposent d'équipements performants en physique des roches et en géomécanique (presses triaxiales), monitoring ultrasonique passif (enregistrement des émissions acoustiques) et actif (monitoring des vitesses d'ondes) et analyse de microstructures (microscopie optique, confocale et MEB couplé RAMAN, CT-scan et micro-tomographe RX, RMN et porosimétrie mercure). La thèse est financée par l'Université de Cergy-Pontoise pour une durée de 3 ans.

Profil du candidat : titulaire (ou en cours de préparation) d'un Master en physique des roches, géomécanique, géophysique, sciences des matériaux ou mécanique. Des compétences en mécanique et physique des roches, géophysique et en programmation matlab/scilab sont appréciées. Le candidat doit avoir un fort intérêt pour l'expérimentation en laboratoire.

Site web du laboratoire d'accueil : <https://www.u-cergy.fr/fr/laboratoires/laboratoire-gec.html>

Travaux antérieurs sur le « water weakening »

DAVID, C., DAUTRIAT, J., SAROUT, J., DELLE PIANE, C., MENENDEZ, B., MACAULT, R., and BERTAULD, D., Mechanical instability induced by water weakening in laboratory fluid injection tests, *J. Geophys. Res.*, 120, 4171-4188, doi:10.1002/2015JB011894, 2015a.

DAUTRIAT, J., SAROUT, J., DAVID, C., BERTAULD, D., MACAULT, R. and DELLE PIANE, C., Remote monitoring of the mechanical instability induced by fluid substitution and water weakening in the laboratory, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 261, 69-87, doi:10.1016/j.pepi.2016.06.011, 2016.

DAVID, C., DAUTRIAT, J., SAROUT, J., DELLE PIANE, C., MENENDEZ, B., MACAULT, R., and BERTAULD, D., Water weakening triggers mechanical instability in laboratory fluid substitution experiments on a weakly-consolidated sandstone, *Proc. 50th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium*, Houston, USA, 26-29 June, paper 16-0229, 8 pages, 2016.

Travaux antérieurs sur le monitoring de la substitution de fluides

DAVID, C., BERTAULD, D., DAUTRIAT, J., SAROUT, J., MENENDEZ, B. and NABAWY, B., Detection of moving capillary front in porous rocks using X-ray and ultrasonic methods, *Frontiers in Physics*, vol. 3, article 53, doi:10.3389/fphy.2015.00053, 2015b.

DAVID, C., BARNES, C., DESRUES, M., PIMIENTA, L., SAROUT, J., and DAUTRIAT, J., Ultrasonic monitoring of spontaneous imbibition experiments: Acoustic signature of fluid migration, *J. Geophys. Res.*, 122, 4931-4947, doi:10.1002/2016JB013804, 2017.

DAVID, C., SAROUT, J., DAUTRIAT, J., PIMIENTA, L., MICHEE, M., DESRUES, M., and BARNES, C., Ultrasonic monitoring of spontaneous imbibition experiments: Precursory moisture diffusion effects ahead of water front, *J. Geophys. Res.*, 122, 4948-4962, doi:10.1002/2017JB014193, 2017.

Pour poser sa candidature, le candidat devra envoyer une lettre de motivation, un CV, les relevés de notes de Master et si possible des lettres de recommandation (dont celle du directeur du Master), à l'adresse suivante : christian.david@u-cergy.fr

Date limite d'envoi des documents : 31 Mai 2018