

Caractérisation expérimentale multi-échelle de l'endommagement HM dans les argilites

Sujet de thèse

Prévoir l'endommagement hydraulique dans les systèmes géologiques constitue un challenge majeur dans l'ingénierie de subsurface (ex.: exploitation des géo-ressources, management des stockages souterrains, construction et maintenance de tunnels, barrages, mines). Ces processus très couplés hydro-mécaniquement (HM) qui naissent à différentes échelles, de l'échelle de la fissure (centimètre) à celle de la fracture ou de la faille (mètre ou décimètre), constituent des problèmes majeurs en géo-ingénierie qui ne sont pas encore complètement compris. L'objectif principal de ce projet est donc d'améliorer notre compréhension des processus HM qui prennent place en subsurface pour une meilleure évaluation des risques associés et de proposer des méthodes non intrusives permettant d'améliorer l'évaluation de ces processus. Si les phénomènes impliqués dans l'endommagement hydraulique sont raisonnablement bien compris à l'échelle du laboratoire, il demeure de considérables difficultés dans l'interprétation des comportements *in situ*, où de nombreuses caractéristiques entrent en jeu (ex. : structures géologiques, hétérogénéité du matériau et des contraintes, anisotropie), et dans la modélisation numérique de tels phénomènes à grande échelle pour améliorer nos capacités de prédiction.

Afin de mieux comprendre les mécanismes d'endommagement et de prendre en compte le problème plus général du changement d'échelle (de l'échelle du laboratoire à l'échelle *in situ*), le(la) doctorant(e) devra caractériser expérimentalement au laboratoire (sur des échantillons de différentes tailles, de l'échelle millimétrique à l'échelle métrique) les mécanismes de fissuration/fracturation induits par le couplage HM dans les roches. Des techniques expérimentales non-intrusives seront utilisées au cours de la thèse pour le monitoring de l'endommagement, par exemple l'écoute des émissions acoustiques, la nano-tomographie 3D aux rayons X, électrocinétique/self-potentiel, résistivité, polarisation induite. L'accent sera mis sur l'analyse de l'évolution des propriétés mécaniques, la porosité, la perméabilité et la fissuration (initiation, propagation, localisation) à différentes échelles. Les mécanismes de fissuration seront examinés en termes de vitesse d'écoulement du fluide, saturation en fluide, viscosité du fluide, conditions de contraintes et chimie du fluide.

Différentes techniques expérimentales (cellules de compression, monitoring de l'endommagement) seront utilisées en fonction de l'échelle considérée : essais de micro-compression uniaxiale sous microscope électronique à balayage environnemental (échelle micrométrique/millimétrique), essais de micro-compression triaxiale de type flow-through sous tomographie 3D aux rayons X (échelle centimétrique), essais de macro-compression triaxiale de type flow-through (échelle décimétrique), essais de macro-compression en conditions triaxiales réelles de type flow-through (échelle métrique). Tous les essais multi-échelles poro-mécaniques de laboratoire seront réalisés sous les conditions de température, pression interstitielle et contraintes représentatives des conditions *in situ*. L'impact de l'anisotropie structurale sera examinée en testant deux roches argileuses caractéristiques (dont l'argile de Tournemire) avec des degrés d'anisotropie différents. De plus, des expériences en conditions partiellement saturées seront réalisées afin d'étudier l'effet des processus de dessiccation et d'auto-colmatage.

Ce travail de thèse sera réalisé au sein du laboratoire [GeoRessources](#) (équipe « Hydro-Géomécanique Multi-Echelles », UMR 7359 - GeoRessources UL).

Compétences recherchées

Base solide en mécanique des milieux continus, mécanique des roches, poro-mécanique, transferts en milieux poreux, pétrophysique. Des connaissances en géomatériaux seront appréciées. Le goût et intérêt pour les expérimentations en laboratoire sont indispensables. Motivation et esprit d'initiative, capacité de travailler en équipe.

Durée

3 ans : d'Octobre 2018 à Octobre 2021

Salaire net (contrat ANR)

1500 € par mois

Date limite de candidature

31 mai 2018

Contacts

Dragan GRGIC (Co-Supervisor, GeoRessources): dragan.grgic@univ-lorraine.fr

Christophe AUVRAY (Co-Supervisor, GeoRessources): christophe.auvray@univ-lorraine.fr

Lieu

UMR7359 [GeoRessources](#), Université de Lorraine - CNRS - CREGU

ENSG - Campus Brabois - "Bat. E"

2 rue du Doyen Marcel Roubault

54518 Vandoeuvre-lès-Nancy, FRANCE

Multi-scale experimental characterization of HM damage in claystones

Thesis subject

Predicting occurrence of hydraulically induced damage in geological systems constitutes a major challenge in subsurface engineering (e.g., geo-resources completion, underground storage management, building and maintenance of tunnels, dams, mines). These highly coupled Hydro-Mechanical (HM) processes which originate at different length scales, from the crack scale (centimeter) to the fracture or fault scale (meter or decimeter), constitute prominent issues in geo-engineering that are not yet fully understood. The overall goal of this project is thus to improve our understanding of the HM processes taking place in the subsurface for a better assessment of the associated risks and to propose non-intrusive methods to help assess these processes. If the phenomena involved in hydraulically induced damage processes are reasonably well understood at the laboratory scale, considerable difficulties remain in the interpretation of in-situ behaviours, where several features come into play (e.g., geological structures, material and stress heterogeneity, anisotropy), and in the numerical modelling of such phenomena at a large scale to improve our predictive capabilities.

In order to better understand damage mechanisms and to take into account the more general problem of upscaling (from the laboratory scale to the in-situ scale), the PhD student will have to characterize experimentally at laboratory (on samples of different sizes, from the millimetric scale to the metric scale) the cracking/fracturing mechanisms induced by HM coupling in rocks. Non-intrusive experimental techniques will be used during the thesis for the monitoring of damage, namely acoustic emissions monitoring, X-ray 3D nano computed-tomography, electrokinetics/self-potential, resistivity, induced polarization. Emphasis will be put on the analysis of the evolution of mechanical properties, porosity, permeability and cracking (initiation, propagation, localization) at the different scales. The cracking mechanisms will be investigated in terms of fluid flow rate, water saturation, fluid viscosity, stress conditions and fluid chemistry.

Different experimental techniques (compression cells, damage monitoring) will be employed depending on the scale of interest: micro-compression uniaxial tests under environmental scanning electron microscope (micrometric/millimetric scale), micro-compression flow-through triaxial tests under X-ray 3D tomography (centimetric scale), macro-compression flow-through triaxial tests (decimetric scale), macro-compression flow-through true triaxial tests (metric scale). All the laboratory multi-scale poro-mechanical tests will be performed under temperature, pore fluid pressure and stresses representative of in-situ conditions. Impact of structural anisotropy will be investigated through the use of two representative claystones (including Tournemire shale) with different degrees of anisotropy. In addition, experiments under partially saturated conditions will be conducted in order to study the effect of desiccation and self-sealing processes.

This work will be carried out inside the [GeoResources](#) laboratory (« Hydrogeomechanics multi-scale » team, UMR 7359 - GeoResources UL).

Required skills

Solid basis in continuum mechanics, rock mechanics, poromechanics, transfers in porous media, petrophysics. Knowledge of geomaterials will be appreciated. The taste and interest for laboratory experimentations are mandatory. Motivation and initiative, ability to work as part of a team.

Duration

3 years: from October 2018 to October 2021

Net salary (scholarship)

1500 € per month

Application deadline

May 31th 2018

Contacts

Dragan GRGIC (Co-Supervisor, GeoRessources): dragan.grgic@univ-lorraine.fr

Christophe AUVRAY (Co-Supervisor, GeoRessources): christophe.auvray@univ-lorraine.fr

Location

UMR7359 [GeoRessources](#), Université de Lorraine - CNRS - CREGU

ENSG - Campus Brabois - "Bat. E"

2 rue du Doyen Marcel Roubault

54518 Vandoeuvre-lès-Nancy, FRANCE