

Etude expérimentale de l'impact des sollicitations thermo-mécaniques sur la perméabilité au gaz du sel

Contexte et motivations de la thèse

Le stockage massif d'hydrogène est un levier clé de la transition énergétique pour compenser l'intermittence des énergies renouvelables. Parmi les solutions envisagées, le stockage géologique en cavités salines profondes apparaît comme l'option la plus mature grâce aux propriétés exceptionnelles du sel gemme : très faible perméabilité, faible porosité et comportement viscoplastique du sel favorisant les mécanismes d'auto-guérison par fluage et recristallisation. Si ces cavités sont déjà exploitées pour le stockage de gaz naturel, l'hydrogène introduit de nouvelles contraintes liées à des cycles d'injection/soutirage plus fréquents, potentiellement journaliers. Ces sollicitations thermo-mécaniques cycliques peuvent générer de l'endommagement dans le sel (microfissuration, zones endommagées), susceptible de modifier les propriétés de transport et d'ouvrir des chemins de fuite pour le gaz. Cependant, le sel présente une particularité majeure : sa capacité d'auto-guérison, pouvant restaurer partiellement son étanchéité. L'interaction entre endommagement, évolution de la perméabilité et cicatrisation reste encore très mal maîtrisée dans des conditions représentatives du stockage d'hydrogène. Les principaux verrous concernent donc :

- (i) l'impact de la fatigue thermo-mécanique (en conditions dynamique et statique) sur la perméabilité au gaz du sel,
- (ii) les mécanismes d'auto-guérison et leur efficacité sous fatigue, et
- (iii) la modélisation constitutive de ces mécanismes d'auto-guérison.

Méthodologie

La thèse repose sur une approche expérimentale couplée thermo-mécanique et le développement d'un modèle constitutif.

Dans un premier temps, une phase de conditionnement sera dédiée à la réduction de l'état d'endommagement initial des éprouvettes, en favorisant les mécanismes d'auto-guérison sous contraintes et température contrôlées. L'impact de la fatigue thermique et mécanique sur l'endommagement et la perméabilité au gaz du sel sera étudié en cellule de compression triaxiale en appliquant des chemins de chargement thermo-mécaniques sur des éprouvettes cylindriques de sel (de grandes dimensions en raison de la granulométrie grossière du sel). Les températures et contraintes déviatoriques élevées appliquées sont représentatives des conditions *in situ* et des scénarios d'exploitation des cavités de stockage. Pendant ces essais, les déformations et la perméabilité au gaz (avec prise en compte de l'effet Klinkenberg) seront mesurées en continu. L'endommagement et les modifications microstructurales seront caractérisées par Tomographie 3D aux rayons X. Enfin, les résultats alimenteront le développement d'un modèle thermo-mécanique couplé intégrant endommagement, auto-guérison et évolution de la perméabilité, avec validation directe sur les données expérimentales.

Compétences scientifiques recherchées

Base solide en mécanique des milieux continus, mécanique des roches, transferts en milieux poreux, physique des roches. 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.

Détails du contrat

Durée : 3 ans (Octobre 2026 à Octobre 2029)

Salaire brut : environ 2200 € par mois

Dossier de candidature

Date limite de candidature : **15 Mai 2026**

Documents à fournir :

- Lettre de motivation
- Curriculum vitae
- Copies des certificats de chaque diplôme universitaire et rapport de notes du Master
- Lettre de recommandation

Eligibilité :

- Les citoyens de toutes nationalités peuvent postuler
- Les candidats doivent détenir un diplôme de Master ou équivalent
- Les candidats dont la langue maternelle n'est pas le français doivent posséder des compétences en anglais écrit et oral

Encadrement et contact

Dragan GRGIC (directeur de thèse) : dragan.grgic@univ-lorraine.fr

Lucille CARBILLET (co-directrice de thèse)

Laboratoire UMR7359 [GeoRessources](https://georessources.univ-lorraine.fr/), Université de Lorraine – CNRS

Équipe HGM (Hydro-Géo-Mécanique Multi-Echelles)

ENSG - Campus Brabois - "Bat. E"

2 rue du Doyen Marcel Roubault

54518 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

<https://georessources.univ-lorraine.fr/>

