

**Sujet :** Étude multi-échelle de l'influence de la précipitation de M-S-H sur le comportement chimie-mécanique de matériaux cimentaires

**Thématiques :** physique, génie civil

**Mots clés :** M-S-H, mécanique, nano-indentation

**Laboratoire IRSN :** Laboratoire d'étude et de recherche sur les transferts et les interactions dans les sous-sols (LETIS), Fontenay aux Roses et LMDC de l'Université de Toulouse (répartition IRSN/LMDC : 50/50)

**Description :** L'objectif de ce projet est d'estimer, au travers d'une thèse, le comportement chemo-mécanique de M-S-H et de sa zone environnante dans une pâte de ciment modèle soumise à une perturbation magnésienne. Deux contextes sont principalement visés :

- Le projet Cigéo, pour lesquels certains massifs d'appuis seront directement en contact avec l'argilite du callovo-oxfordien. L'eau porale présente dans cette roche contient une quantité non négligeable de magnésium qui interagira avec la matrice cimentaire bas-pH. Les travaux menés par le LETIS ont permis d'observer un enrichissement en magnésium, se traduisant par la précipitation de M-S-H, dans le matériau cimentaire bas-pH à l'interface avec cette argilite ;
- Les ouvrages exposés aux eaux naturelles (eaux de mer, eaux douces) pour lesquels les bétons peuvent être soumis à une eau chargée en magnésium qui engendre des précipitations de M-S-H.

La compréhension des processus chimiques responsables de la précipitation des M-S-H est acquise. Cependant à ce jour, aucune étude publiée ne fait mention de recherches sur le comportement mécanique des silicates de magnésium hydratés. Ainsi le LETIS propose, en collaboration avec le LMDC de l'Université de Toulouse, un sujet de thèse visant à appréhender le comportement chemo-mécanique de M-S-H provenant de silicates de magnésium calcium hydratés soumis à une attaque magnésienne. L'approche se veut multi-échelle, partant d'une caractérisation du comportement mécanique de M-S-H synthétiques (notamment en fonction du rapport Mg/Si) pour aller vers la prédiction du comportement résiduel de matrices cimentaires soumises à ce type d'attaque.

Le sujet de thèse est décomposé en quatre parties :

1. Estimation des propriétés mécaniques de M-S-H synthétiques : l'objectif de cette partie est d'utiliser des poudres de M-S-H synthétiques pour estimer le comportement mécanique des M-S-H par nano-indentation
2. Estimation des propriétés mécaniques de M-S-H issus de PCD Modèles : le doctorant s'intéressera au comportement chimie-mécanique de M-S-H précipités dans une matrice cimentaire modèle immergées dans une solution de MgCl<sub>2</sub>

3. Validation des propriétés mécaniques mesurées sur PCD Modèles : L'objectif de cette partie est de valider à l'échelle mésoscopique et macroscopique la caractérisation chemo-mécanique réalisée à l'échelle microscopique sur matériau modèle
4. Étude de la dégradation magnésienne sur matériaux industriels : différentes matrices cimentaires industrielles seront immergées dans du  $MgCl_2$  puis caractérisées suivant le protocole employé sur les matériaux modèles. La valeur des propriétés mécaniques des M-S-H obtenue par nano indentation a pour vocation d'alimenter les modèles numériques existants. L'objectif à terme est de permettre la modélisation du comportement chimie-mécanique du béton dans un environnement contenant du magnésium.

**Compétences et diplôme demandés** : Formation école d'ingénieur ou universitaire, spécialisation mécanique des matériaux. Compétences physico-chimie des matériaux cimentaire souhaitable. Affinité pour la modélisation numérique. Capacité à mener une étude expérimentale. Autonomie et rigueur. Âge limite : 26 ans sauf dérogation.

**Tuteur** : Mejdi NEJI

**Contact** : Transmettre CV + lettre de motivation à Mejdi NEJI, chercheur en physico-chimie des matériaux, 01 58 35 86 65, [mejdi.neji@irsn.fr](mailto:mejdi.neji@irsn.fr)

IRSN

PSE-ENV/SEDRE/LETIS

B.P. 17

92262 Fontenay-aux-Roses CEDEX