

## **OFFRE DE STAGE DE MASTER**

### **Spécialité doctorale :**

- Biostatistique
- Electronique
- Informatique
- Mathématiques et modélisation
- Mécanique et Génie civil
- Physique
- SYstèmes automatiques et Microélectroniques

Date limite de validité de l'offre : 15 janvier 2026

## **ENCADREMENT DU STAGE**

**Encadrant principal :** Walid DEBOUCHA (LMGC)

**Co-encadrants :** Bouagui FOFANA (LMGC), Céline PELISSOU (ASNR) et Frédéric JAMIN (LMGC),

**Correspondant/Contact :** Walid DEBOUCHA (LMGC)

**Email :** [walid.deboucha@umontpellier.fr](mailto:walid.deboucha@umontpellier.fr)

**Tél :** +33 (0)4 67 14 45 38

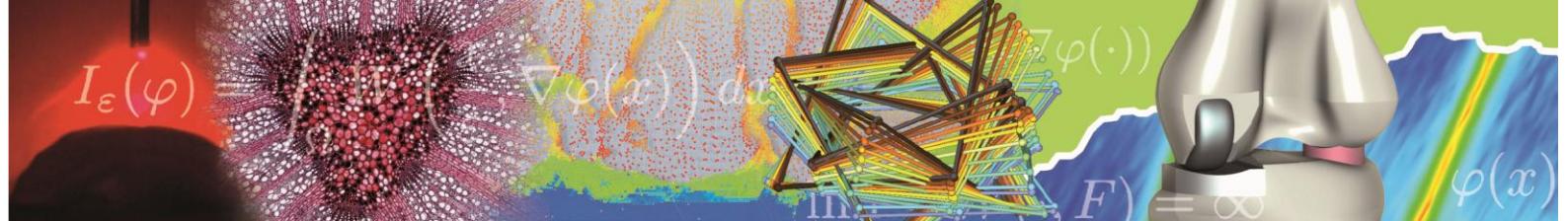
**Titre en français :** Évaluation des propriétés mécaniques de l'interface pâte de ciment-mortier des bétons atteints de la RSI.

**Titre en anglais :** Evaluation of the mechanical properties of the cement paste-mortar interface of concretes affected by RSI.

**Profil(s) de candidats souhaité(s) :** Etudiant(e) d'école d'ingénieur ou étudiant(e) de master 2 Recherche motivé(e) et intéressé(e) par l'expérimentation au laboratoire. Profil Mécanique ou Génie Civil.

### **Présentation du sujet :**

La formation différée de l'ettringite (DEF) par la réaction sulfatique interne (RSI) est une pathologie qui peut être à l'origine d'endommagement des ouvrages en béton. Cette pathologie se manifeste dans des parties d'ouvrages en béton exposés à un environnement humide, ayant subi au jeune âge un traitement thermique relativement élevé (dans le cas des éléments en béton préfabriqués) ou ayant atteint des températures élevées suite à la seule exothermie des bétons (dans le cas des pièces massives). La DEF provoque un gonflement à l'échelle du matériau qui engendre une fissuration à l'échelle de la structure.



## Contexte scientifique :

La description des zones endommagées dans les structures de génie civil à grande échelle est un enjeu important dans le contexte de l'industrie nucléaire où les exigences de sûreté sont très fortes. Afin d'anticiper les effets du vieillissement, le consortium CONCRETE s'intéresse aux recherches avancées sur le vieillissement du béton des enceintes de confinement.

Dans le cadre du programme scientifique du consortium CONCRETE, ce projet de stage s'inscrit dans la continuité des travaux antérieurs menés ([1] à [6]) au sein du laboratoire LMGC en étudiant en profondeur le comportement mécanique, à différentes échelles (locale et macroscopique), des bétons sains et des bétons atteints de la réaction de gonflement interne.

## Objectifs du stage :

Ce projet de stage vise une étude expérimentale afin de caractériser finement la fissuration du béton sur différentes tailles et formes d'éprouvettes. En effet, la caractérisation de la fissuration est un élément important à prendre en compte dans la modélisation basée sur les modèles de zones cohésives (en anglais Cohesive Zone Model), puis dans la confrontation entre les données expérimentales et les résultats issus des simulations numériques.

La caractérisation de la fissuration du béton est ici envisagée en termes d'ouverture, de cinétique et de propagation. Les essais mécaniques seront instrumentés par une technique innovante de corrélation d'images.

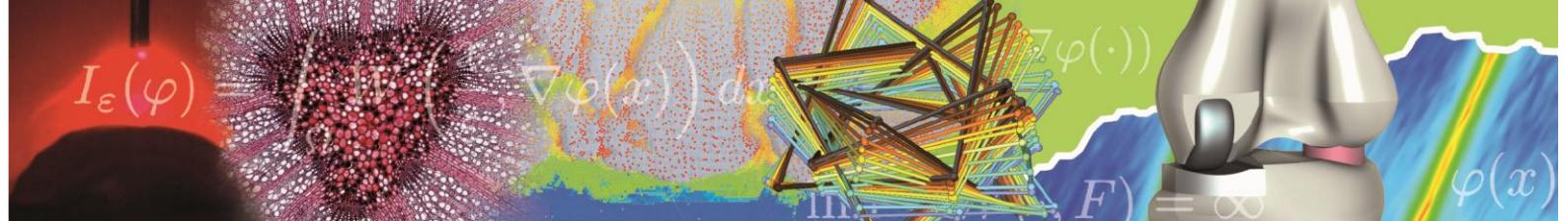
Le travail dans ce stage se décline autour des étapes suivantes :

- Revue de la littérature sur la réaction sulfatique interne et les dispositifs expérimentaux pour étudier le comportement mécanique et le suivi des expansions des éprouvettes à l'échelle locale des bétons,
- Établir un protocole expérimental pour la caractérisation mécanique des bétons (essais de traction, cisaillement et flexion 3 points),
- Établir des protocoles expérimentaux (micro-tomographie, Corrélation d'Images Numériques, etc.)

pour le suivi des expansions issues de la formation d'ettringite au sein du matériau provoquant la fissuration du béton,

- Traiter et analyser des résultats obtenus notamment ceux relatifs à la cinétique de la fissuration,
- Capitaliser les résultats sous forme d'un rapport technique, d'un article scientifique et d'une présentation orale détaillant le travail réalisé.

L'étudiant(e) recruté(e) pourrait être également amené(e) à participer au développement de nouveaux dispositifs expérimentaux pour la caractérisation mécanique à l'échelle locale des bétons.



$I_\varepsilon(\varphi) =$

$\int \left( \frac{1}{2} |\nabla \varphi(x)|^2 + \varepsilon |\nabla \varphi(x)| \right) dx$

$\varphi(\cdot)$

$\Pi_{\varphi} = \{ \varphi \in \mathcal{C}^1(\mathbb{R}^n, \mathbb{R}) \mid \int_{\mathbb{R}^n} \varphi(x) dx = F \} = \infty$

$\varphi(x)$

## Programme du stage :

Le stage sera basé dans les locaux du LMGC à Montpellier. Il se déroulera de la manière suivante :

Répartition des tâches	Durée en mois					
	1	2	3	4	5	6
Etat de l'art sur les dispositifs expérimentaux pour étudier la fissuration du béton						
Campagne expérimentale (formulation)						
Caractérisation mécanique : essais de traction, cisaillement et flexion trois points						
Traitement de données						
Rédaction du rapport de stage						

## INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES UTILES

### Bibliographie :

- [1] **M. Jebli**, « Caractérisation à l'échelle locale des propriétés mécaniques de l'interphase pâte de ciment-granulat : application à la lixiviation », Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 2016 – <https://theses.fr/227329856>.
- [2] **A. Socié**, « Modélisation chimio-mécanique de la fissuration de matériaux cimentaires : vieillissement et tenue des enceintes de confinement des centrales nucléaires », Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 2019 – <https://theses.fr/242716504>.
- [3] **A. Gîrboveanu**, « Approche multi-échelle de la dégradation chimique de matériaux cimentaires : Application à la durabilité des ouvrages en béton », Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 2020 – <https://theses.fr/255090609>.
- [4] **J. Lhonneur**, « Approche par changement d'échelle du vieillissement des bétons : expérimentations et simulations numériques », Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 2021 – <https://theses.fr/257570217>.
- [5] **N. Salah**, « Modélisation du comportement mécanique des bétons avec prise en compte des propriétés interfaciales : influence du durcissement », Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 2021 – <https://theses.fr/261421166>.
- [6] **S. Al Dandachli**, « Caractérisation expérimentale et numérique par changement d'échelles du comportement mécanique des bétons atteints de la réaction sulfatique interne avec prise en compte des propriétés interfaciales », Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 2024 – <https://theses.fr/280683219>.
- [7] **B. Fofana**, « Vieillissement et Pathologies des Bétons en vue d'Assurer la Durabilité des Ouvrages », Thèse de doctorat, Université de Montpellier, en cours – <https://theses.fr/s395809>.

**Lieu du stage :** LMGC Montpellier  
860 Rue de St - Priest, 34090 Montpellier