

Proposition d'un sujet de stage pour un étudiant ingénieur ou Master 2

**Période : Février – Juillet 2023**

**Titre : Analyse de profils en chlorures obtenus par essais destructifs et non destructifs sur des bétons au laitier soumis à des campagnes de diffusion, d'imbibition et de marnage**

**Laboratoires :**

Univ Gustave Eiffel, MAST-LAMES, Campus de Nantes, F-44344 Bouguenais  
Nantes Université, Ecole Centrale Nantes, CNRS, GeM, UMR 6183, F-44600 Saint Nazaire

**Localisation du stagiaire :**

Univ Gustave Eiffel, MAST-LAMES, Campus de Nantes, F-44344 Bouguenais

**Encadrants :**

Marie-Ange EID  
marie-ange.eid@univ-eiffel.fr  
Géraldine VILLAIN  
geraldine.villain@univ-eiffel.fr  
Stéphanie BONNET  
stephanie.bonnet@univ-nantes.fr

**Contexte :**

La corrosion des armatures métalliques due à la pénétration des ions chlorures est l'une des principales causes de la dégradation des structures en béton situées en milieu marin. Une des stratégies les plus adoptées pour ralentir la pénétration des ions chlorures est la modification de la matrice cimentaire, réalisée en remplaçant partiellement le ciment Portland par une addition minérale. Le laitier de haut fourneau est particulièrement utilisé en milieu marin grâce à ses effets positifs sur les propriétés de transferts hydrique et ionique du béton.

L'utilisation d'essais non destructifs (END) est fortement recommandée pour les ouvrages en milieu marin qui sont parfois difficilement accessibles pour l'inspection. Dans le travail présenté ici, nous utilisons des capteurs de résistivité noyés dans le béton, permettant de suivre l'évolution de la résistivité électrique en fonction du temps et de la profondeur de la structure. Ces profils de résistivité permettront de remonter vers les gradients de teneur en eau et en chlorures, paramètres de suivi fortement liés au phénomène de la pénétration des ions chlorures.

**Objectifs :**

L'objectif de ce stage est d'obtenir des profils de teneur en chlorures par essais destructifs, servant comme référence pour les comparer avec ceux obtenus par END. En premier lieu, le stagiaire effectuera, à une échéance donnée, des essais destructifs sur des éprouvettes de béton soumises à la pénétration des chlorures par différents phénomènes : imbibition d'eau salée, diffusion et cycles de marnage. Il s'agira d'analyser les profils de chlorures obtenus pour 3 bétons différents : un béton formulé avec du CEMI et deux autres bétons formulés avec deux pourcentages de laitier différents, afin de conclure quant à l'influence de la présence du laitier sur la pénétration des ions chlorures. Ensuite, il comparera ces profils à ceux obtenus par END afin de valider la capacité de ces derniers à estimer les indicateurs de durabilité (teneur en eau et en chlorures) d'une façon efficace. En plus,

le stagiaire pourra effectuer des END, en utilisant les méthodes surfaciques, sur des dalles soumises à des cycles de marnage, afin de comparer les profils obtenus à ceux obtenus par les capteurs noyés. Un déplacement entre l'Univ Eiffel et l'IUT de Saint Nazaire est prévu pour l'expérimentation.

***Compétences requises :***

- Connaissances sur les propriétés des matériaux à différentes échelles
- Connaissances sur les mesures de résistivité sur bétons
- Goût prononcé pour l'expérimentation et la compréhension du comportement des matériaux

**Envoyer CV + notes et classement de l'étudiant**

marie-ange.eid@univ-eiffel.fr

Internship subject for an engineering or Master 2 student

**Period: February – July 2023**

**Title: Analysis of chloride profiles obtained by destructive and non-destructive testing on slag concretes subjected to diffusion, imbibition and tidal cycles**

**Laboratories:**

Univ Gustave Eiffel, MAST-LAMES, Campus de Nantes, F-44344 Bouguenais  
Nantes Université, Ecole Centrale Nantes, CNRS, GeM, UMR 6183, F-44600 Saint Nazaire

**Location of the intern:**

Univ Gustave Eiffel, MAST-LAMES, Campus de Nantes, F-44344 Bouguenais

**Supervisors:**

Marie-Ange EID

[marie-ange.eid@univ-eiffel.fr](mailto:marie-ange.eid@univ-eiffel.fr)

Géraldine VILLAIN

geraldine.villain@univ-eiffel.fr

Stéphanie BONNET

stephanie.bonnet@univ-nantes.fr

***Context:***

The corrosion of reinforcement bars due to the penetration of chloride ions is one of the main causes of the degradation of concrete structures in marine areas. One of the adopted strategies to prevent chloride ingress is the modification of the cementitious matrix, by replacing the normal Portland cement with a mineral addition. Blast furnace slag is commonly used in marine environment, given its positive effect on the transfer properties of concrete.

The use of non-destructive testing (NDT) is highly recommended for offshore structures, which are sometimes difficult to access for inspection. In the work presented below, we are interested in using embedded resistivity sensors in order to obtain resistivity profiles over time and over the entire thickness of the structure. These resistivity profiles allow to estimate the gradients of water and chloride content, parameters of high importance regarding the chloride ingress phenomenon.

***Objectives:***

The objective of this internship is to obtain chloride profiles by destructive testing, serving as reference profiles to compare with those obtained by NDT. First, the intern will carry out destructive tests on concrete samples subjected to the penetration of chloride ions by different phenomena: imbibition of salt water, diffusion and tidal cycles. The work consists on analyzing chloride profiles obtained for 3 different concretes: a concrete formulated with CEMI, and two other concretes formulated with two different rates of slag incorporation, in order to conclude the effect of the presence of slag regarding chloride ingress. Then, these profiles will be compared to those obtained by NDT in order to validate the capacity of the embedded sensors to properly estimate important indicators (water and chloride content). In addition, the intern will carry out non-destructive testing, using surface measurements, on concrete blocks subjected to tidal cycles, in order to compare the obtained profiles with those obtained

by the embedded resistivity sensors. A shifting between the two laboratories is intended for the experiments.

***Required skills:***

- Knowledge in material properties at different scales
- Knowledge in resistivity measurements on concrete
- Strong ability for experimentation and understanding materials behavior

Send CV+ notes and raking of the engineering/master student to:

**Marie-Ange EID**

**marie-Ange.eid@univ-eiffel.fr**