

Date

# Offre de CDD Chercheur

## Missions

Dans le cadre du développement des futurs réacteurs nucléaires à neutrons rapides au sodium, de nouvelles études ont été lancées au sein du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur le comportement à la corrosion des gaines des éléments absorbants en  $B_4C$  (barre de commande des réacteurs). En effet, il a été démontré, par des études antérieures hors irradiation et par le retour d'expérience sur réacteur rapide à sodium, qu'il existait une interaction entre les pastilles de  $B_4C$  absorbant les neutrons et la gaine du matériau. Des études antérieures ont montré que la cinétique de l'interaction  $B_4C$  - gaine (AMCI) contrôlait la durée de vie des composants. Dans l'AMCI, le phénomène considéré par le CEA comme le plus préjudiciable pour les propriétés mécaniques du gainage est la carburation. Les propriétés mécaniques de l'acier ne dépendent pas seulement de sa teneur globale en carbone. Cela dépend fortement de ce que l'on appelle « l'état de carburation » qui se caractérise à la fois par le profil de pénétration du carbone, la nature des carbures, leur densité, leur morphologie, leur localisation (dans les grains ou dans les joints de grains) et d'autres transformations de phase induites par la pénétration de carbone (formation de martensite, augmentation du paramètre de réseau). Des modélisations et des simulations thermomécaniques très récentes réalisées par le CEA ont suggéré la génération potentielle de contraintes résiduelles induites par la carburation dans la gaine. Cette conséquence néfaste de la carburation sur la durée de vie de la gaine n'a pas été identifiée dans le passé. Néanmoins, des hypothèses fortes ont été prises dans le modèle thermo-mécanique et des résultats expérimentaux sont clairement nécessaires pour améliorer la robustesse du modèle mécanique et évaluer si un risque de rupture de la gaine par ces contraintes résiduelles est envisageable. L'objectif de cette étude est de caractériser le profil de carburation (nature du carbure, fraction volumique, etc.) et les profils de contraintes résiduelles induites par la carburation dans plusieurs nuances d'acier après exposition au sodium de carburation. À cette fin, l'utilisation de la diffraction par radiation synchrotron permettront de caractériser (nature, dosage des carbures) et déterminer les contraintes résiduelles dans différents types d'aciers le long du profil carbone. Le candidat analysera les données et proposera des moyens d'obtenir les paramètres nécessaires à partir d'une revue de littérature, d'expériences ou de modèles supplémentaires. Plusieurs données synchrotron d'expériences précédentes sont disponibles et d'autres expériences sont prévues.

## Activités :

- effectuer une revue bibliographique sur le sujet,
- préparer et organiser les expériences de diffraction à haute énergie sur des lignes de lumière synchrotron,
- analyser des données de diffraction synchrotron,
- détermination des déformations/contraintes en relation avec l'état métallurgique des échantillons,
- rédiger des rapports et des articles scientifiques sur les résultats

### Compétences attendues :

Le candidat devra avoir de solides connaissances en métallurgie. La connaissance de la diffraction synchrotron à haute énergie et de la détermination des contraintes résiduelles est requise. La créativité, la rigueur et le goût du travail d'équipe seront très appréciées. De bonnes compétences en communication (anglais et français) sont également nécessaires. L'expérience énumérée ci-dessous apportera une valeur ajoutée à la sélection des candidats.

- analyse de données utilisant un environnement python
- diffraction à haute énergie sur ligne synchrotron

### Contexte de travail :

L'Institut Jean Lamour (IJL) est une unité mixte de recherche du CNRS et de l'Université de Lorraine. Il est rattaché à l'Institut de Chimie du CNRS.

Spécialisé en science et ingénierie des matériaux et des procédés, il couvre les champs suivants : matériaux, métallurgie, plasmas, surfaces, nanomatériaux, électronique.

L'IJL compte 183 chercheurs et enseignants-chercheurs, 91 personnels ingénieurs, techniciens, administratifs, 150 doctorants et 25 post-doctorants, et accueille environ 80 stagiaires par an.

Il collabore avec plus de 150 partenaires industriels et ses collaborations académiques se déploient dans une trentaine de pays.

Son parc instrumental est réparti sur 4 sites dont le principal est le un bâtiment neuf situé sur le campus Artem à Nancy.

L'étude sera réalisée au sein de l'équipe « Microstructures et contraintes » sur un projet en collaboration entre l'IJL (Nancy), le CIRIMAT (Toulouse) et le CEA (Saclay).

**Contraintes et risques** (radioprotection, laser, ...)

### Date de début de contrat et durée du contrat :

Septembre 2019 – durée 1 an

**Rémunération indicative** : entre 31 et 36 keuros en fonction de l'expérience.

**Diplômes souhaités et expérience souhaitée** : doctorat en science des matériaux ou équivalent et 2 ans maximum après la soutenance de thèse

### Programme de recherche européen (non)

# Researcher short term contract

## Missions

In the framework of the development of future Sodium Fast Nuclear Reactors, new studies have been launched at the French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA) on the corrosion behaviour of absorber cladding material. Indeed, it has been shown through past out-of-pile studies and feedbacks from French sodium fast reactor operations that there is interaction between the neutron absorbing  $B_4C$  pellets and the material cladding. Past studies have shown that the absorber material cladding interaction (AMCI) kinetics controls the component lifetime. In the AMCI, the phenomenon which has been considered by CEA to be the most detrimental one for cladding mechanical properties is carburization. The mechanical properties of steel do not depend only on its overall carbon content. It depends strongly on what is called the “carburization state” which is characterized both by the carbon penetration profile, the nature of carbides, their density, their morphology, their localization (in grains or in grain boundaries), and other phase transformations induced in the substrate by the penetration of carbon (martensite formation, lattice parameter increase). Very recent thermo-mechanical modelling and simulations carried out by CEA suggested the potential generation of high carburization-induced residual stresses in the cladding. This potential detrimental consequence of carburization for the cladding lifetime was not identified in the past. Nevertheless, strong assumptions were taken in the thermo-mechanical model and experimental results are clearly needed to improve the robustness of the mechanical model.

The objective of this post-doctoral position is to characterize the carburization profile (carbide nature, volume fraction, etc) and the residual stress profiles induced by carburization in several steel grades after exposure into carburizing sodium. In that purpose, data from synchrotron experiments will be used to determine the residual stresses in different kinds of steels along the carbon profile. The candidate will analyze the data and proposes ways to obtain the necessary parameters from literature review or additional experiments or models. Several synchrotron data are already available, but more experiments are planned.

## Activités :

- Bibliographic review on subject
- perform high energy diffraction synchrotron experiments
- diffraction data analysis
- strain/stress determination in relation with metallurgical state of the sample
- reports and articles redaction on results

## Compétences attendues :

The candidate should have strong knowledge in metallurgy and X-ray diffraction. Knowledge of synchrotron diffraction and residual stresses determination are mandatory. The creativity, the rigor and the taste of the team work will be very appreciated. Good communication skills (English and French) are also required. The experience listed below will add value to the selection of candidates.

- data analysis in python environment
- high energy diffraction on synchrotron beamline

### **Contexte de travail**

The Institut Jean Lamour (IJL) is a joint research unit of the CNRS and the University of Lorraine. It is attached to the CNRS Institute of Chemistry. Specialized in materials and process science and engineering, it covers the following fields: materials, metallurgy, plasmas, surfaces, nanomaterials, electronics. The IJL has 183 researchers and teacher-researchers, 91 engineering, technical and administrative staff, 150 doctoral students and 25 post-doctoral fellows, and hosts about 80 interns per year.

It collaborates with more than 150 industrial partners and its academic collaborations are deployed in some 30 countries. Its instrumental park is spread over 4 sites, the main one being a new building located on the Artem campus in Nancy. The study will be carried out within the "Microstructures and constraints" team on a collaborative project between the IJL (Nancy), CIRIMAT (Toulouse) and the CEA (Saclay).

**Contraintes et risques** (radioprotection, laser, ...)

### **Date de début de contrat et durée du contrat :**

September 2019 – 1 year

### **Rémunération indicative :**

Between 31 and 36 keuros depending of experience

### **Diplômes souhaités et expérience souhaitée :**

PhD thesis in materials science or equivalent, Candidate must have defense their thesis in a maximum period of 2 years at the beginning of the contract.

### **Programme de recherche européen (non)**