

## Proposition post-doctorat

### Projet LAETICIA : caractérisation microstructurale d'alliages métalliques d'intérêt industriels irradiés aux électrons

#### Groupe de Physique des Matériaux

UMR CNRS 6634 – Université de Rouen Normandie et INSA de Rouen

**Encadrement :** Auriane ETIENNE

**Contact :** Auriane ETIENNE, 0232955138. Les candidats intéressés devront envoyer leur candidature (CV + lettre de motivation) à : [auriane.etienne@univ-rouen.fr](mailto:auriane.etienne@univ-rouen.fr)

**Précisions sur le financement et la durée :** Le projet « LAETICIA » (Ligne d'Accélérateur d'Electrons pour le Traitement et l'Investigation en Conditions d'Irradiation Adaptées) est financé par la Région Normandie via les Réseaux d'Intérêts Normands (RIN Collaboratif) et l'Union Européenne avec le Fonds Européens de Développement Régional (FEDER). Le CDD d'une durée de 1 an commencera en octobre 2019.

#### Mots clefs :

Alliages métalliques, irradiation, microstructure, sonde atomique tomographique, microscopie électronique

#### Présentation de l'établissement et contexte :

Le Groupe de Physique des Matériaux (GPM) est une Unité Mixte de Recherche (UMR) entre le CNRS, l'Université de Rouen Normandie et l'INSA de Rouen Normandie. Le GPM est un laboratoire de recherche spécialisé dans l'instrumentation scientifique et dans l'étude et la caractérisation des matériaux. Le projet de post-doctorat se déroulera dans le département Métallurgie, Vieillessement et Mécanique au sein de l'équipe ERMEN (Matériaux en Milieux Extrêmes, Nanostructures et Energie). L'une des thématiques de recherche au sein de l'ERMEN vise à comprendre les mécanismes à l'origine du vieillissement sous irradiation ou en température des aciers utilisés dans les réacteurs à eau pressurisée et à corréler, dans la mesure du possible, l'évolution de la microstructure et des propriétés mécaniques.

Dans le cadre du projet LAETICIA, une enceinte d'irradiation a été conçue et permet d'irradier des matériaux aux électrons dans des conditions spécifiques de température et de pression. Ainsi, LAETICIA offre la possibilité d'irradier aux électrons des alliages métalliques d'intérêt industriels : alliages représentatifs des aciers bainitiques des cuves des réacteurs nucléaires à eau pressurisée (REP) et des aciers ferritiques-martensitiques, potentiels matériaux de structure des réacteurs nucléaires du futur (génération IV). Dans les deux cas, il est important de comprendre les mécanismes gouvernant l'évolution

microstructurale sous irradiation : ceci permet d'améliorer la durée de vie des REP dans le premier cas et d'optimiser les matériaux en cours de développement dans le second. La possibilité d'irradier ces matériaux avec des électrons complète avantageusement les études en cours au laboratoire sur des matériaux irradiés aux neutrons et aux ions. Les microstructures d'irradiation seront étudiées aux échelles appropriées au moyen de la plateforme GENESIS du GPM (microscopies électroniques et sonde atomique). Les résultats expérimentaux seront interprétés à l'aide de simulations numériques aux mêmes échelles, simulations qui seront effectuées par EDF. Les caractérisations expérimentales couplées à la modélisation permettront d'une part de valider l'efficacité du dispositif d'irradiation et d'autre part de comprendre les mécanismes à l'origine de l'évolution des microstructures sous irradiation.

Une série d'échantillons, représentatifs des matériaux de structure des réacteurs nucléaires de génération II et IV seront irradiés aux électrons durant le second semestre 2019.

#### Description des actions :

Le post-doctorant aura en charge l'étude microstructurale en sonde atomique tomographique des échantillons avant et après irradiation aux électrons :

- Préparation des échantillons par faisceau d'ions focalisés (MEB-FIB).
- Analyse des échantillons non irradiés et irradiés par sonde atomique tomographique
- Traitement des données obtenues par sonde atomique
- Interprétation des résultats

Des analyses en microscopie électronique en transmission peuvent être envisagées en fonction des résultats obtenus en sonde atomique tomographique.

Les résultats obtenus seront comparés aux résultats obtenus sur des matériaux similaires irradiés aux neutrons et/ou aux ions.

#### Profil du candidat :

Le candidat, titulaire d'une thèse doit avoir une formation dans le domaine de la science des matériaux et de la métallurgie. Le candidat devra avoir des qualités d'expérimentateur en microscopie électronique à balayage et/ou en sonde atomique tomographique.

#### Rémunération :

Salaire brut mensuel entre 2600 € et 2800 € selon expérience

## Post-doctoral proposal

# Project LAETICIA: Microstructural characterization of metallic alloys of industrial interest irradiated with electrons

**Groupe de Physique des Matériaux**

UMR CNRS 6634 – Université de Rouen Normandie et INSA de Rouen

**Supervisors:** Auriane ETIENNE

**Contact:** Auriane ETIENNE, 0232955138. Interested candidates should send their application (CV + cover letter) to: [auriane.etienne@univ-rouen.fr](mailto:auriane.etienne@univ-rouen.fr)

**Details on funding and duration:** The project « LAETICIA » (Ligne d'Accélérateur d'Electrons pour le Traitement et l'Investigation en Conditions d'Irradiation Adaptées) is funded by the Normandy Region via the Normandy Interest Networks (RIN Collaboratifs: Réseaux d'Intérêts Normands) and the European Union with the European Regional Development Fund (FEDER: Fonds Européen de Développement Régional). The 1-year fixed-term contract will begin in October 2019.

**Keywords:**

Metallic alloys, irradiation, microstructure, atom probe tomography, electron microscopy

**Presentation of the institution and context:**

The Materials Physics Group (GPM) is a Research Unit (UMR) between the CNRS, the University of Rouen Normandie and the INSA of Rouen Normandie. The GPM is a research laboratory specialized in scientific instrumentation and the study and characterization of materials. The post-doctoral project will take place in the department "Metallurgy, Ageing and Mechanics" within the team ERMEN (Materials Under Extreme Conditions).

One of the research topics within the ERMEN aims to understand mechanisms of ageing under irradiation of steels used in pressurized water reactors (PWR), and to correlate the evolution of the microstructure with the evolution of mechanical properties.

As part of LAETICIA project, an irradiation chamber has been designed to irradiated materials with electrons under specific temperature and pressure conditions. Thus, LAETICIA offers the possibility to irradiate with electrons metallic alloys of industrial interest: alloys representative of bainitic steels used for PWR vessels and ferritic-martensitic steels, potentials structural materials for future reactors (Gen IV).

In both cases, it is important to understand mechanisms that govern the microstructural evolution under irradiation: this make possible to improve the life time of PWRs in the first case, and to optimize structural materials under development in the second case. Irradiating these materials with electrons is an excellent complement to ongoing studies in the laboratory on neutron and ion irradiated materials.

Electron irradiated microstructures will be characterized at atomic scale using GENESIS platform in GPM (electron microscopes, atom probe tomography). Experimental results will be interpreted using numerical simulations at the same scale. Numerical simulations will be performed by EDF. Experimental results coupled with the modeling will allow to validate the efficiency of the irradiation chamber in one hand, and to understand mechanisms at the origin of microstructural evolution under irradiation in the other hand.

A batch of samples, representative of steels for nuclear reactors of generations II and IV will be electron irradiated during the second semester 2019.

#### Description of the actions:

The post-doctoral researcher will be in charge of the microstructural studies using atom probe tomography of sample before and after electron irradiation:

- Sample preparation with focused ion beam (SEM-FIB)
- Analyses of samples by atom probe tomography
- Data treatment
- Result interpretation

Transmission electron microscopy analyses could be envisaged depending on results obtained by atom probe tomography.

Results will be compared with already obtained data on similar materials irradiated with neutrons and/or ions.

#### Candidate profile:

The candidate, holder of a PhD thesis must have a background in material sciences and metallurgy. A candidate with experimental qualities in scanning electron microscope and/or atom probe tomography is mandatory.

#### Remuneration:

Monthly gross salary between 2600 € and 2800 € according to experience