



Offre de Post-Doctorat

« Modélisation de l'influence d'un état de surface électrorodé pour une meilleure prévision de la corrosion sous contrainte des alliages base nickel et aciers inoxydables en conditions du milieu primaire »

Contexte :

L'énergie nucléaire représente actuellement en France la plus grande source d'**électricité décarbonée**. Avec pour objectif la neutralité carbone en 2050, l'évolution du bouquet énergétique français reposera à la fois sur les énergies renouvelables et sur le nucléaire. Dans ce contexte, la **prolongation de la durée de vie des réacteurs** actuellement en service est un enjeu majeur.

La fissuration par **corrosion sous contrainte (CSC)** est l'un des modes de dégradation des composants rencontrés sur le parc. A EDF R&D, des **modèles de prévision** de l'amorçage et de la propagation de la CSC des aciers inoxydables et des alliages de nickel sont développés afin d'estimer la sensibilité de nombreux composants des réacteurs à eau sous pression (REP). Ces modèles sont constamment améliorés, pour permettre de considérer l'influence de nouveaux paramètres sur la sensibilité à l'amorçage de la CSC et en particulier ceux propres au rôle de l'état de surface industriel complexe, tels que l'écroûissage, la taille des grains, les contraintes résiduelles ou la présence d'inclusions d'oxyde issues de l'élaboration.

Il convient désormais de considérer l'influence des procédés d'usinage, tels que l'électroérosion, sur la sensibilité à la CSC. Ce procédé est utilisé pour la fabrication et la réparation en service de certains composants du parc nucléaire français. Il entraîne une modification de l'état de surface qui se traduit par la présence de différentes couches et par une modification microstructurale. A l'heure actuelle, la couche affectée par le procédé d'électroérosion est éliminée par un brossage sur composants industriels des REP. Lorsque celui-ci n'est pas possible, l'innocuité du procédé vis-à-vis de la tenue à la corrosion et à la corrosion sous contrainte doit être démontrée par des essais spécifiques à chaque configuration de mise en œuvre. Ces points génèrent des coûts de maintenance importants et répétés.

Missions :

Le projet se propose donc de **caractériser les modifications microstructurales induites par l'électroérosion et leur influence sur la sensibilité à la CSC d'alliages de nickel et d'aciers inoxydables**. Les résultats permettront de proposer des évolutions du modèle de l'amorçage de la CSC afin de prévoir la sensibilité des composants localement usinés par électroérosion, et de venir en appui à l'ingénierie.

Un des intérêts de ce projet est la **forte interaction** en recherche-développement **entre les partenaires académique et industriel**. Les travaux seront réalisés en partie au **Centre des Matériaux de Mines Paris** (Evry, 91) et en partie au sein d'**EDF R&D** (Moret-sur-Loing, 77). Des échanges réguliers avec l'ingénierie d'EDF sont également prévus.

La mission commencera au **01/10/2022** pour une durée de **24 mois** et s'inscrit dans la mesure du « Plan de relance », pour la préservation de l'emploi R&D.

Profil souhaité :

Titulaire d'un **doctorat** en sciences des matériaux, la/le candidat(e) possèdera une solide formation en **oxydation et/ou corrosion sous contrainte** et de bonnes notions de **métallurgie et mécanique des matériaux**. La/le jeune docteur(e) peut être un(e) étudiant(e) étranger(ère) avec un diplôme français, un(e) étudiant(e) français(e) avec un diplôme français ou un(e) étudiant(e) français(e) avec un diplôme étranger de grade équivalent.

Un goût prononcé pour les **travaux expérimentaux** est indispensable, ainsi qu'une capacité d'initiative et de proposition de campagnes d'essais. Une expertise en **microscopie électronique** (MEB, voire MET)



et **techniques d'analyses associées** (EDS, EBSD,...) est fortement souhaitée et des connaissances en **modélisation** seraient les bienvenues.

Contacts :

Pour postuler à cette offre de post-doctorat, merci d'envoyer votre CV avec liste des publications et communications, une lettre de motivation ainsi que le nom de deux référents à contacter aux personnes identifiées ci-dessous :

Mme. Cécilie DUHAMEL cecilie.duhamel@minesparis.psl.eu

M. Vincent GUIPONT vincent.guipont@minesparis.psl.eu

Mme. Colette PEREZ colette.perez@edf.fr

Références :

1. M. Wehbi, 'Modélisation de l'amorçage de la Corrosion Sous Contrainte dans les alliages base nickel 182 et 82 en milieu primaire des Réacteurs à Eau sous pression', thèse Mines ParisTech, (2014).
2. J. Caballero. 'Modélisation de l'amorçage de la Corrosion sous Contrainte en milieu primaire de l'alliage 600', thèse Mines ParisTech, (2016).
3. S. Voyshnis, 'Oxydation d'un alliage base nickel utilisé dans les réacteurs à eau pressurisée, approche expérimentale et modélisation', thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, (2016).
4. H. Chen, 'Effets des contraintes et de la déformation plastique sur les cinétiques d'oxydation d'alliages de nickel', thèse de l'Université PSL préparée à Chimie ParisTech, (2019).
5. C. Perez, 'Effet de la présence d'inclusions d'oxyde sur la prévision de l'amorçage de la CSC de l'alliage 600 en milieu REP', thèse de l'Université PSL préparée à Mines ParisTech, (2022).
6. N. Saravanan, 'Experimental validation of intergranular stress corrosion cracking predictive models', thèse de l'Université d'Oxford, (2022).
7. Habib Sidhom, Farhat Ghanem, Tidiane Amadou, Gonzalo Gonzalez, Chedly Braham. Effect of electro discharge machining (EDM) on the AISI316L SS white layer microstructure and corrosion resistance. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 65 (2013) 141-153
8. F Ghanem, C Braham, H Sidhom, Influence of steel type on electrical discharge machined surface integrity, Journal of Materials Processing Technology, 142 (2003) 163-173
9. Lee, H.T. & Tai, T.Y., Relationship between EDM parameters and surface crack formation. Journal of Materials Processing Technology. 142. (2003) 676-683
10. Shuvra Das, Mathias Klotz, F Klocke, EDM simulation: finite element-based calculation of deformation, microstructure and residual stresses, Journal of Materials Processing Technology, 142 (2003) 434-451
11. Note EPRI 1016716, Welding and Repair Technology Center: Evaluations of an Electrical Discharge Machining (EDM) Removal Process for In-Service Repair Applications, (2008).