



Sujet de post-doctorat

Estimation autocohérente du comportement élastoviscoplastique de polycristaux lors de trajets de chargement complexes : application aux alliages de zirconium avant et après irradiation.

Description du sujet :

Les tubes en alliages de zirconium renfermant le combustible nucléaire des Réacteurs à Eau Pressurisée constituent la première barrière de sécurité vis-à-vis de la dissémination d'éléments radioactifs. Il est donc important de pouvoir prédire leur comportement mécanique en réacteur pour tous types de sollicitations. Or il apparaît qu'en fonctionnement la gaine en alliage de zirconium peut être amenée à subir des changements de trajets de chargement en particulier du fait de l'interaction entre la pastille de combustible et la gaine. A ce jour, la prédiction du comportement du matériau lors de ces changements de trajets de chargement s'appuie sur une approche phénoménologique [1] qui ne prend pas en compte les mécanismes physiques de déformation ainsi que la nature polycristalline du matériau. D'autre part la connaissance de l'influence de l'irradiation sur le comportement lors des changements de trajets de chargement demeure très incomplète.

Afin d'améliorer le caractère prédictif des modèles et prévoir l'influence de l'irradiation, une démarche cherchant à intégrer le maximum de connaissances sur les mécanismes de déformation dans des modèles polycristallins a récemment été mise en œuvre [2] et a fourni des résultats très prometteurs. Néanmoins, cette modélisation se limitant au comportement élastoplastique ne permet pas la simulation des essais de relaxation et repose sur une méthode de changement d'échelle relativement empirique. Dans la continuité de cette approche, l'objectif de ce travail post-doctoral consiste à mettre en œuvre un modèle autocohérent élastoviscoplastique alliant les caractéristiques de l'approche intégrale [3] tout en conservant la flexibilité d'une approche à variables internes [4, 5]. Il permettra d'avoir notamment recours à l'extension affine du modèle autocohérent pour simuler le comportement des polycristaux lors de trajets de chargements complexes. Ce nouveau modèle sera appliqué au comportement des alliages de zirconium avant et après irradiation.

Ce travail sera réalisé en collaboration avec le Service de Recherches Métallurgiques Appliquées (SRMA – CEA Saclay) encadré par F. Onimus, le Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM – UPR 3407, Université Paris Nord) avec R. Brenner, et le Laboratoire des Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM - UMR CNRS 8006, ENSAM ParisTech) avec O. Castelnau.

[1] P. Delobelle, P. Robinet, P. Geyer, P. Bouffieux, J. Nucl. Mater. 238 (1996) 135.

[2] F. Onimus, J.L. Béchade, J. Nucl. Mater. 384 (2009) 163.

[3] R. Masson, A. Zaoui, J. Mech. Phys. Solids. 47 (1999) 1543.

[4] J.-M. Ricaud, R. Masson, Int. J. Solids Struct. 46 (2009) 1599.

[5] Q. H. Vu, R. Brenner, O. Castelnau, H. Moulinec, P. Suquet, submitted to Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.

Formation souhaitée : Doctorat en Mécanique, Science des Matériaux.

Compétences du candidat : Modélisation mécanique et calcul numérique. Plasticité cristalline.

Durée : un an renouvelable

Rémunération : Le post-doctorant sera salarié CEA pendant toute la durée de son post-doctorat. Le salaire sera équivalent à une embauche CDI d'un docteur.

Contacts :

Fabien ONIMUS

Service de Recherches Métallurgiques Appliquées, CEA-Saclay

91191 Gif-sur-Yvette

Tél. : 01 69 08 44 29

Courriel : fabien.onimus@cea.fr



Post-doctoral position

Self-consistent estimation of the elasto-visco-plastic behavior of polycrystals under complex loading path : application to zirconium alloys before and after irradiation.

Description of the project :

The cladding tubes, made of zirconium alloys, of the nuclear fuel of pressurized water reactors constitute the first confinement barrier against dissemination of radioactive elements. It is therefore essential to predict their mechanical behaviour for various loading conditions. During in-reactor operation, the cladding can undergo complex loading history, mainly because of the interaction between the pellet and the clad. For the time being, the prediction of the mechanical response of the material during complex loading paths is mainly based on a phenomenological, or empirical, modeling [1] which does not take into account the physical deformation mechanisms and the polycrystalline nature of the material. Moreover, the understanding of the influence of irradiation on the behavior during changes of loading path remains only partial.

In order to improve the predictive ability of the modeling and predict the influence of irradiation, an approach aiming to introduce the knowledge available on the deformation mechanisms into the polycrystalline models has been recently undertaken [2] leading to encouraging results. However, this model, limited to elasto-plastic behavior, cannot be applied to simulate stress relaxation tests. Furthermore, the scale transition method used in this model remains relatively empirical.

The objective of this post-doctoral study is to continue this project by applying an elasto-visco-plastic self-consistent model, that combines the advantages of an integral approach [3] while keeping the flexibility of an internal variable approach [4, 5]. In this framework, the self-consistent affine extension will be used to simulate the behavior of polycrystals during complex loading paths. This new model will be applied to the behavior of zirconium alloys before and after irradiation.

This work will be performed in collaboration with the Service de Recherches Métallurgiques Appliquées (SRMA – CEA Saclay) with F. Onimus, the Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM – UPR 3407, Université Paris Nord) with R. Brenner and the Laboratoire des Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM - UMR CNRS 8006, ENSAM ParisTech) with O. Castelnau.

[1] P. Delobelle, P. Robinet, P. Geyer, P. Bouffieux, J. Nucl. Mater. 238 (1996) 135.

[2] F. Onimus, J.L. Béchade, J. Nucl. Mater. 384 (2009) 163.

[3] R. Masson, A. Zaoui, J. Mech. Phys. Solids. 47 (1999) 1543.

[4] J.-M. Ricaud, R. Masson, Int. J. Solids Struct. 46 (2009) 1599.

[5] Q. H. Vu, R. Brenner, O. Castelnau, H. Moulinec, P. Suquet, submitted to Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.

Education background : PhD in Materials Science or Mechanics

Duration : one year (+one year)

Salary : the employee status will be hired by the CEA all along the post-doctorat duration. The salary will be equivalent to staff with tenure position at CEA with same degree.

Contacts :

Fabien ONIMUS

Service de Recherches Métallurgiques Appliquées, CEA-Saclay

91191 Gif-sur-Yvette

Tél. : +33 1 69 08 44 29

email : fabien.onimus@cea.fr