



SUJET DE THESE 2018



Modélisation des effets de l'endommagement dans les milieux hétérogènes viscoélastiques – simulation du comportement des combustibles MOX

Les combustibles MOX (oxydes mixtes Uranium – Plutonium) utilisés dans les réacteurs nucléaires français présentent une microstructure hétérogène constituée généralement de trois phases, chaque phase désignant les sous-domaines microstructuraux présentant la même teneur en Plutonium. Sous irradiation, cette différence de teneur en Plutonium entre les phases induit des gonflements différentiels et donc l'apparition de contraintes internes. Le comportement sous irradiation de ces combustibles fait l'objet de travaux expérimentaux (caractérisation et expérimentations sur matériau irradié) mais également de travaux de modélisation – simulation. Ainsi le CEA développe depuis plus d'une dizaine d'années le code ALCYONE (plateforme logicielle PLEIADES), code de simulation du comportement des combustibles en réacteur. Les contraintes internes apparaissant dans le MOX au cours de l'irradiation sont modélisées par homogénéisation en tenant compte des différents régimes de fluage rencontrés lors de l'irradiation. En revanche, la modélisation actuelle ne tient pas compte de l'endommagement susceptible d'apparaître dans les phases.

L'objectif de ce travail de thèse est de proposer une loi micromécanique décrivant, à l'échelle des phases constitutives du combustible MOX, l'apparition de l'endommagement ainsi que ses conséquences sur les évolutions ultérieures des contraintes microscopiques et macroscopiques affectant le matériau. Le travail de modélisation conduira dans un premier temps à proposer un modèle d'endommagement des différentes phases constitutives du matériau. Dans un second temps, une méthode de transition d'échelle par homogénéisation sera formulée. L'endommagement conduisant à un comportement non linéaire, l'approche par linéarisation adoptée dans les travaux antérieurs relatifs au fluage sera reprise et adaptée. La validation de la loi de transition d'échelle ainsi formulée sera réalisée par comparaison avec des calculs en champ complet (simulation de la réponse mécanique d'un élément de volume représentatif de la microstructure du combustible). Une fois intégré dans le code ALCYONE, cette approche sera validée par comparaison à des données expérimentales acquises sur matériaux irradiés.

Ces travaux seront réalisés dans un environnement scientifique et technique dynamique avec, d'une part, la contribution au développement d'outils de simulations et l'utilisation de données expérimentales de premier plan dans le domaine du comportement sous irradiation du combustible et, d'autre part, des travaux théoriques intéressants de nombreux domaines d'application et menés en étroite collaboration avec une équipe reconnue internationalement dans le domaine de l'homogénéisation. Ces travaux conduiront à des participations à conférences internationales et à la rédaction de publications. A l'issue du travail de doctorat proposé, les possibilités d'emploi en France et à l'étranger sont larges avec d'une part, des opportunités dans l'industrie (forte collaboration du CEA avec EDF et AREVA) mais aussi dans la recherche appliquée (CEA, EDF LAB) ou académique (postes d'enseignant – chercheur à l'Université).

Formation niveau master recommandé

Bac +5, formation Ingénieur ou Master 2 en mécanique des matériaux ou mécanique des structures.

Informations pratiques

Rémunération du doctorant : 2043,54 € la 1^{ère} et 2^{ème} année, 2104,62 € la 3^{ème} année.

Les travaux de recherche seront menés en alternance dans les laboratoires académiques et industriels suivants :

- Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) CNRS - UPR 7051, 4 impasse Nikola Tesla, 13453 Marseille Cedex 13
- Laboratoire de Modélisation Multi-échelle des Combustibles (LM2C), CEA-Cadarache 13108 Saint-Paul-Lez-Durance

Date souhaitée pour le début de la thèse : 01/10/2018

Contacts

Mihail GARAJEU (CNRS-AMU/LMA) - garajeu@lma.cnrs-mrs.fr

Renaud MASSON (CEA/LM2C) – renaud.masson@cea.fr



<https://ecole-doctorale-353.univ-amu.fr/>