

Identification d'un modèle micro-mécanique en champs de transformation non uniformes pour le comportement du combustible MOX en service et intégration dans un code de calcul de structure, nommé CYRANO3

Contexte

La puissance des réacteurs nucléaires à eau sous pression (REP) est fournie par des pastilles d'oxyde d'Uranium empilées dans des tubes métalliques, l'ensemble constituant un crayon combustible. L'intégrité mécanique de ces crayons est établie à l'aide de simulations thermomécaniques. Compte-tenu du grand nombre de crayons à modéliser dans un REP (quelques dizaines de milliers), la réponse thermomécanique de ces crayons est en général approchée par une description « 1,5D » (axi-symétrie autour de l'axe du crayon, découpage en tranches axiales) dans les logiciels existants (codes industriels CYRANO3 (EDF)).

Intérêts industriels

Pour contribuer à l'optimisation de la ressource énergétique, EDF a choisi de retraiter une partie des assemblages combustibles irradiés et de recycler le plutonium fissile ainsi récupéré sur son parc de production. L'oxyde de plutonium est alors mélangé avec de l'oxyde d'uranium appauvri pour produire le combustible MOX (oxydes mixtes).

Les analyses expérimentales de ce combustible avant et après irradiation mettent en évidence un comportement pour partie différent comparé à celui du combustible UO_2 : le caractère **hétérogène** du matériau et sa **réactivité résiduelle accrue** doivent être pris en compte. L'évolution retenue pour la future gestion MOX (évolution du vecteur isotopique, nouvelle fabrication voie sèche) nécessite notamment de regagner des marges vis-à-vis des critères de conception. Ce contexte exacerbe le poids du caractère hétérogène dans le comportement du combustible en service et impose de progresser dans l'identification des lois de comportements et dans la nature des couplages.

Les modèles macroscopiques exploités par les codes ont besoin d'être alimentés de façon pertinente en propriétés effectives. Etant donné le coût et la complexité, ces propriétés ne peuvent pas toujours être mesurées. Les approches multi-échelles constituent une solution pour remonter ou extrapoler ces propriétés

Dans [1], une méthode d'analyse par champs de transformation non uniformes (abrégié anglais NTFA) adaptée au problème du changement d'échelles en présence d'un couplage entre effets élastiques et effets dissipatifs a été proposée pour le comportement du combustible MOX en service. L'objectif a été ici de construire un modèle *réduit* facilement exploitables par les codes de calculs industriels et intégrant aussi précisément que possible l'influence des variables internes locales dans le comportement effectif global du milieu.

Objectif du stage

L'objectif du stage est donc dans un premier temps d'identifier le modèle NTFA en service pour plusieurs microstructures MOX données, puis dans un second temps d'intégrer le modèle dans le code de calcul industriel CYRANO3. A l'issue de cette intégration, des études de sensibilités seront réalisées afin d'étudier l'influence de l'historique de puissance et de la microstructure sur le comportement effectif et local du combustible MOX.

Durée du stage et profil recherché :

La durée du stage prévue est de 4 à 6 mois. Le candidat devra avoir une bonne compétence en programmation ainsi qu'avec l'environnement linux ou unix.

Référence :

[1] Largenton R. "Modélisation du comportement effectif du combustible MOX par une analyse micro-mécanique en champs de transformation non uniformes", Thèse de Doctorat de l'Université de la Méditerranée (soutenance en 2012). CNRS-CEA-EDF. Dir. de thèse : J.C. Michel, P. Suquet. Co-encadrement CEA : R. Masson, Co-encadrant EDF : G. Thouvenin.

Situation géographique :

Le stage se déroulera sur le site du CEA Cadarache, à Saint Paul Lez Durance (Bouches du Rhône). Les stagiaires amenés à déménager pour se rapprocher du site reçoivent une aide au logement en plus de leur indemnité de stage.

**Contact :**

Rodrigue LARGENTON
EDF R&D - Département Matériaux et Mécanique des Composants
CEA Cadarache - DEC/SESC/LSC/Cellule EDF
Bât. 151 pièce 32A
13108 Saint Paul lez Durance - FRANCE

rodrigue.largenton@edf.fr
Tél. : 04.42.25.73.82
Fax : 04.42.25.29.49