

## Sujet de thèse de doctorat au CEA Cadarache :

Amélioration par calcul thermodynamique de la connaissance de la composition chimique de l'oxyde mixte d'uranium et de plutonium irradié, et impact sur ses propriétés

### RÉSUMÉ DU SUJET :

Le combustible d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des Réacteurs à Neutrons Rapides à caloporteur Sodium (RNR-Na) se présente sous forme de pastilles cylindriques empilées dans une gaine en acier inoxydable étanche. Il est utilisé dans des conditions d'irradiation sévères qui sont la cause de nombreux phénomènes d'origines thermiques, mécaniques et chimiques dans le matériau. La formation de produits de fission (PF) au cours de l'irradiation dégrade ses propriétés, il est donc important d'avoir une bonne connaissance des propriétés physiques et chimiques de la pastille céramique en conditions d'irradiation.

L'objectif de la thèse consiste à améliorer la connaissance de la composition chimique de l'(U,Pu)O<sub>2</sub> irradié grâce à des calculs thermodynamiques, et d'évaluer son influence sur les propriétés physiques. En effet, la complexité des systèmes chimiques mis en jeu et les fortes valeurs de température régnant dans la pastille rendent leur détermination expérimentale particulièrement délicate à mettre en œuvre.

Le sujet proposé inclut des calculs paramétriques en fonction de la température et du taux de combustion (i.e. durée d'irradiation) de la composition chimique du combustible irradié desquels on pourra extraire les propriétés thermodynamiques recherchées. Les résultats obtenus permettront de remonter à d'autres grandeurs d'intérêt, l'objectif final étant de fournir des recommandations pour les lois de comportement associées actuellement retenues dans le code GERMINAL, dédié au calcul du comportement thermo-mécanique et physico-chimique de l'élément combustible des RNR. Ce type d'approche consisterait en une nouvelle méthodologie d'évaluation de ces propriétés sur combustible irradié, ce rend son caractère assez original.

Pour mener à bien cette thèse, des outils de calcul thermodynamique disponibles au CEA seront utilisés. En parallèle, cette étude s'appuiera sur des résultats expérimentaux obtenus dans le cadre d'une collaboration avec un partenaire européen, le JRC-Karlsruhe (Allemagne), spécialisé dans l'acquisition expérimentale de données physiques et thermodynamiques. Les résultats seront confrontés aux valeurs expérimentales disponibles et pourront faire l'objet de publications et de présentations à des congrès.

### INFORMATIONS PRATIQUES :

Département d'Etudes des Combustibles

Service d'Etudes de Simulation du Comportement du combustibles

Laboratoire de Modélisation Multi-échelles des Combustibles

Centre : Cadarache

Date souhaitée pour le début de la thèse : 01/09/2019

### PERSONNE À CONTACTER PAR LE CANDIDAT :

Jean-Christophe DUMAS

CEA Cadarache,

DEN/DEC/SESC/LM2C, Bâtiment 151

13108 Saint-Paul lez Durance Cédex

Téléphone : 04 42 25 73 13

UNIVERSITÉ / ÉCOLE DOCTORALE :  
Aix-Marseille Université  
Physique et Sciences de la Matière - Aix-Marseille Université –

DIRECTEUR DE THÈSE :  
Pierre BENIGNI

AMU /IM2NP (Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence )  
Equipe Matériaux pour l'Energie Nucléaire  
IM2NP (Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence) <http://www.im2np.fr>  
UMR 7334 CNRS - Aix-Marseille Université  
Faculté des Sciences de St Jérôme, Service 251, avenue Normandie-Niémen  
13397 MARSEILLE - CEDEX 20

---

TITLE : Improvement by thermodynamic calculation of the knowledge of the chemical composition of the irradiated mixed oxide of uranium and plutonium, and impact on its properties

## **SUMMARY**

The mixed-oxide fuel used in the Sodium cooled Fast Reactor (FR) is made of cylindrical pellets stacked into a closed stainless steel clad tube. It is used in drastic irradiation conditions that lead to several thermal, mechanical and chemical phenomena in the fuel. The formation of fission products (FP) during irradiation degrades its properties, and thus it is important to have a good estimation of the physical and chemical properties of the ceramic pellet in nominal conditions.

The aim of the thesis consists to improve the knowledge of the chemical composition of irradiated (U,Pu)O<sub>2</sub> by means of thermodynamic calculations, and to evaluate its influence on physical properties. Indeed, the complexity of the chemical systems involved as well as the high temperature level existing in the fuel pellet involve that their experimental determination is particularly difficult.

The work proposed includes parametric calculations as a function of temperature and burnup (irradiation duration) of the chemical composition of the irradiated fuel for which it will be possible to extract the expected thermodynamic properties. The results obtained will help us in the determination of other parameters of interest, the final goal being to give recommendations for the fuel behavior laws currently considered into the GERMINAL code, dedicated to the calculation of the thermo-mechanical and physico-chemical behavior FBR fuel element during irradiation. This kind of approach consists in a new methodology of evaluation of those properties on irradiated fuel, which makes it quite original.

To carry out this thesis, thermodynamic tools available in CEA will be used. In parallel, this study will take advantage of experimental results obtained in the frame of a collaboration with an european partnership (JRC – Karlsruhe, Germany) specialised in physical and thermodynamical experimental data acquisition. Results will be compared to available experimental data and will be subject to publications and conference presentations.