

# Simulation et réalisation d'essais de compression réalisés à haute température sur des pastilles de dioxyde d'uranium

Philippe Garcia, Thomas Helfer, Xavière Iltis, Jérôme Sercombe

## Contexte

Le Département d'Etudes des Combustibles (DEC) du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) est chargé de développer des lois de comportement permettant de simuler l'interaction mécanique entre le combustible nucléaire (dioxyde d'uranium) et sa gaine en alliage de zirconium, au cours de l'irradiation en réacteur. A cette fin, nous réalisons des essais de compression sur des échantillons d' $\text{UO}_2$  polycristallins de forme cylindrique à haute température (environ 1500°C) et à des contraintes variant entre 10 et 80 MPa. Les variations dimensionnelles des échantillons sont suivies pendant l'essai. Ces essais présentent néanmoins certains inconvénients tels que la présence d'effets dits de structure, liés au frottement à l'interface entre les échantillons et les cales en tungstène entre lesquelles ils sont comprimés, et l'apparition de déformations importantes qui excluent l'analyse des données en « petites déformations ». Une simulation numérique de ces essais est donc nécessaire pour pouvoir identifier une loi de comportement robuste et interpréter physiquement les résultats.

Par ailleurs, le dioxyde d'uranium est un oxyde non-stœchiométrique en oxygène. A haute température, sa composition et ses propriétés, notamment mécaniques, sont extrêmement sensibles à la pression partielle d'oxygène du gaz auquel il est exposé. Jusqu'à maintenant, les essais ont toujours été réalisés sous atmosphère réductrice, sans contrôle ni mesure particuliers de cette grandeur. Nous avons donc récemment équipé nos machines d'un tel système de contrôle de l'atmosphère et l'étude de l'influence de cette grandeur thermodynamique s'avère essentielle.

## Objet du stage

Le stage a pour objectifs :

- de réaliser quelques essais (en nombre limité) sur des échantillons de dioxyde d'uranium à une température et une contrainte données, mais sous des pressions partielles d'oxygène différentes,
- de simuler ces essais de manière à reproduire au mieux à la fois l'évolution des dimensions de l'échantillon pendant l'essai et les déformations résiduelles à l'issue de l'essai, sur la base d'un modèle éléments finis et d'une loi de comportement existants,
- de proposer une interprétation physique des résultats obtenus.

## Profil du candidat

Ce stage s'adresse à des candidats de préférence en Master 2 ayant une formation initiale universitaire ou d'ingénieur à dominante mécanique et/ou matériaux. Une spécialisation dans le domaine de la mécanique des structures et/ou de la simulation par éléments finis constituerait un avantage.

## Perspectives

Ce stage pourra déboucher sur une thèse.

## Environnement de travail

D'un point de vue expérimental, le candidat sera amené à travailler en ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) nucléaire. Il sera encadré par plusieurs personnes dont les domaines d'expertise couvrent la simulation des combustibles nucléaires sous irradiation, les mesures de propriétés mécaniques, la physico-chimie des oxydes non-stœchiométriques, les caractérisations microstructurales. Il sera amené à présenter son travail lors de réunions avec des collègues de centres de recherche européens, notamment le JRC Karlsruhe.

## Dates et durée du stage

Le stage se déroulera en 2017 pour une durée de 6 mois et pourra débuter à partir du mois de mars.



*Localisation du centre de Cadarache.*

## 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 peuvent prétendre à une aide au logement en plus de leur indemnité de stage.

## Contact

Les candidats intéressés peuvent contacter :

Philippe Garcia CEA - Département de l'Énergie Nucléaire CEA Cadarache - DEC/SFER/LCU  
Bât. 315 13108 Saint Paul lez Durance - FRANCE [philippe.garcia@cea.fr](mailto:philippe.garcia@cea.fr) Tél. :  
04.42.25.41.88

Thomas Helfer CEA - Département de l'Énergie Nucléaire CEA Cadarache - DEC/SESC/LSC  
Bât. 151 pièce 31B 13108 Saint Paul lez Durance - FRANCE [thomas.helfer@cea.fr](mailto:thomas.helfer@cea.fr) Tél. :  
04.42.25.22.67

Code de champ modifié