



*ÉMINAIRE du 04 mai 2012*  
*Centre des Matériaux - Évry*

# **Comportement et rupture de gaines en alliages de zirconium utilisée dans les réacteurs à eau pressurisée en situation accidentelle d'injection de Réactivité**

C. POUSSARD, A. PARROT, A. HELLOUIN DE MENIBUS, E. BOSSO

---

## **Comportement thermomécanique de gaines de combustibles nucléaires lors de transitoires de type RIA**

**Christophe POUSSARD**

CEA, DEN, Département des Matériaux pour le Nucléaire

Le Département des Matériaux pour le Nucléaire (DMN) de la Direction de l'Energie Nucléaire (DEN) à Saclay collabore depuis de nombreuses années avec EdF et IRSN pour fournir des caractéristiques matériaux de gaines de combustibles nucléaires irradiées représentatives des sollicitations thermomécaniques transitoires attendues lors d'un accident de dimensionnement de type RIA (Reactivity Initiated Accident). La présentation sera l'occasion de détailler les phénomènes attendus lors de l'accident et ses effets sur le comportement des gaines en illustrant tout particulièrement les démarches expérimentales et de modélisation développées au CEA : simulation expérimentale en réacteur de recherche, démarches d'études analytiques en laboratoire sur matériaux irradiés et simulations thermomécaniques du comportement des gaines.



# **Comportement et rupture des alliages de zirconium de la gaine du crayon combustible des centrales nucléaires en situation accidentelle de type RIA (Reactivity Insertion Accident)**

**Aurore PARROT**

EDF-R&D, MMC, Département Matériaux et Mécanique des Composants

Dans le cadre de l'instruction par les Autorités de Sûreté des dossiers de gestion du combustible nucléaire en réacteur, EDF doit justifier la bonne tenue des crayons combustibles dans différentes situations de fonctionnement (normal, incidentel, accidentel). En particulier, les conditions accidentelles de type RIA (accident d'injection de réactivité) doivent être prises en compte. Cet accident hypothétique est causé par l'éjection d'une grappe de commande du réacteur, ce qui induit localement une accélération de la réaction de fission nucléaire, avec augmentation de la température, et peut conduire à la rupture du crayon combustible.

Dans le cadre de la rénovation de la méthodologie d'étude des accidents d'éjection de grappe, EDF s'est engagée auprès des Autorités de Sûreté à établir et à mettre en œuvre une démarche analytique pour définir un critère analytique, applicable aux situations RIA (Reactivity Initiated Accident). Des travaux ont été menés à EDF R&D pour produire les éléments de caractérisation de la tenue mécanique du crayon en réacteur lors d'un RIA et permettre à l'ingénierie de définir un critère de rupture de la gaine en Densité d'Énergie de Déformation (DED). La démarche de construction du critère en DED dans la phase d'Interaction Pastille Gaine (IPG) sera présentée ainsi que les études de à plus longue échéance qui visent la compréhension du phénomène de rupture de la gaine dans les conditions de RIA.



# **Etude de la rupture de gaines en Zircaloy-4 détendu non irradié en conditions représentatives du RIA : Effet des blisters d'hydrures et du niveau de biaxialité du chargement mécanique**

**Arthur HELLOUIN DE MENIBUS**

Doctorant, sCentre des Matériaux Mines Paris, Paristech

La présentation portera sur la tenue mécanique de gaines en Zircaloy-4, qui constituent la première barrière de confinement du combustible utilisé dans les réacteurs nucléaires à eau pressurisée, sous sollicitation accidentelle hypothétique RIA (Reactivity Initiated Accident). L'influence de deux paramètres sur la rupture du gainage a été étudiée : Le rôle d'artefacts d'hydruration appelés blisters d'hydrures et l'effet de la biaxialité du chargement mécanique. Pour cela, nous présenterons dans un premier temps le dispositif expérimental développé pour créer des blisters d'hydrures par thermo-diffusion, puis dans un second temps les résultats de différents essais mécaniques réalisés, notamment ceux obtenus avec un nouvel essai mécanique appelé « EDC bridé » permettant de solliciter des tubes à vitesse de déformation élevée et à des niveaux de biaxialité relativement importants.



# **Comportement des alliages de zirconium en situation d'accident de réactivité : Modélisation d'essais sur structure et influence de la biaxialité du chargement mécanique**

**Elodie BOSSO**

Doctorante, Centre des Matériaux Mines Paris, Paristech

Pour les Réacteurs à Eau Pressurisée (REP), le RIA (Reactivity initiated Accident) est un accident de référence pour l'établissement de critères de rupture appliqués aux gaines combustibles constituées en alliage de zirconium. La robustesse du critère établi dépend de la connaissance d'une loi de comportement performante dans ces conditions accidentelles. Le modèle mécanique adopté par EDF, pour les études de compréhension du RIA, intègre l'influence de paramètres matériaux discriminants vis à vis de la réponse mécanique. La texture marquée des tôles et des gaines en alliages de zirconium constitue l'un de ces paramètres matériaux importants puisqu'elle se traduit par une anisotropie non négligeable au niveau du comportement mécanique. Aujourd'hui, avec les modèles identifiés pour le RIA, il subsiste des difficultés à reproduire précisément le comportement mécanique pour certaines directions de sollicitations. Dans ce contexte, l'objet de cette présentation est la caractérisation et la modélisation du comportement thermomécanique anisotrope du Zircaloy-4 recristallisé sous sollicitations de type RIA (sollicitations biaxiées). Ainsi, la caractérisation de l'anisotropie du comportement sera présentée au travers d'essais mécaniques conventionnels et d'un essai d'emboutissage intitulé « Small Punch Test » permettant notamment de faire évoluer la biaxialité du chargement en fonction de la géométrie du poinçon. Enfin la loi de comportement identifiée pour reproduire l'anisotropie mécanique mise en évidence par cette base expérimentale sera proposée.

