

# ÉTUDE DU PHENOMENE DE *BREAKAWAY* LORS DE L'OXYDATION DU ZIRCALOY-4

Roland ZINO <sup>(1,2)</sup>, Raphaël CHOSSON <sup>(2)</sup>, Maelig OLLIVIER <sup>(1)</sup>,  
Xavier HALLER <sup>(2)</sup>, Florent BOURLIER <sup>(2)</sup>, Eric SERRIS <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Mines Saint-Etienne, Univ Lyon, CNRS, UMR 5307 LGF, Centre SPIN, F - 42023 Saint-Etienne France

<sup>(2)</sup> FRAMATOME, Fuel BU, FDM, 69456 Lyon France

**Mots clés :** Zircaloy-4, *breakaway*, corrosion haute température, thermogravimétrie

## Résumé

Les alliages de zirconium sont utilisés comme matériaux de structure des crayons de combustible nucléaire pour les centrales nucléaires à eau légère en raison de leurs propriétés neutroniques, mécaniques satisfaisantes et de leur résistance à la corrosion. En conditions nominales de fonctionnement (environ 150 bar et 350°C), les tubes en alliage de zirconium sont sujets à une oxydation maîtrisée en présence d'eau pressurisée, servant de caloporteur. La démonstration de la sûreté des réacteurs nucléaires intègre l'étude des scénarios accidentels hypothétiques, tels que l'Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP). Dans ce scénario, une brèche dans le circuit primaire du réacteur peut conduire les crayons de combustible à être oxydés en milieu de vapeur d'eau à haute température (jusqu'à 1200°C). Il a été démontré [1]–[3] que dans l'intervalle de température [900-1050°C] et après un certain temps d'oxydation sous vapeur d'eau, le phénomène de *breakaway* peut apparaître. Il se manifeste par une accélération de la cinétique d'oxydation, par la perte du caractère protecteur de la couche d'oxyde et par l'absorption d'hydrogène du matériau. Un tel phénomène implique donc une détérioration des propriétés mécaniques de la gaine et menace son intégrité pendant et après le transitoire accidentel. Les mécanismes fondamentaux à l'origine *du breakaway* sont encore mal connus.

Dans ce cadre, ce travail de thèse a pour objectif de caractériser les conditions d'apparitions du *breakaway* et d'améliorer la compréhension des mécanismes physiques sous-jacents. Pour ce faire, des essais d'oxydation sur des échantillons de Zy-4 en thermobalance symétrique ont permis d'étudier l'influence de la température, de la pression partielle de vapeur d'eau et du temps sur l'occurrence du *breakaway*. La couche d'oxyde formée a été caractérisée par des observations en microscopie optique et des analyses en DRX *in-situ* pour suivre l'évolution des phases de la zircone durant l'oxydation.

## Références

- [1] S. Leistikow, G. Schanz, H. Berg, and A. Aly, 'Comprehensive presentation of extended Zircaloy-4 steam oxidation results (600-1600 deg. C)', 1983.
- [2] M. Billone, Y. Yan, T. Burtseva, R. Daum, and others, 'Cladding embrittlement during postulated loss-of-coolant accidents.', Argonne National Laboratory (ANL), 2008.
- [3] M. Steinbrück, N. Vér, and M. Grosse, 'Oxidation of Advanced Zirconium Cladding Alloys in Steam at Temperatures in the Range of 600–1200 °C', *Oxid. Met.*, vol. 76, no. 3, pp. 215–232, Oct. 2011.

Je souhaite candidater au prix Jean Besson.