

Université de Toulouse, Sciences et Génie des Matériaux

Madame Marie ROMEDENNE

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés (sous réserve d'autorisation de soutenance par les rapporteurs)

Etude de la carburation et de la boruration d'aciers inoxydables en milieu sodium: Interaction entre la gaine et le carbure de bore.

Soutenance prévue le **mercredi 10 octobre 2018** à 14h00

Centre NeuroSpin du CEA de Saclay. 91191 Gif-sur-Yvette salle Amphithéâtre Neurospin

Composition du jury

M. Laurent BARRALLIER (ENSAM, Aix en Provence, Rapporteur), M. Stéphane MATHIEU (Université de Lorraine, Rapporteur), M. Daniel CHATEIGNER (ENSICAEN), M. Thomas GHENO (ONERA), Mme Laure MARTINELLI (CEA Saclay), Mme Christine BOHER (ENSTIMAC ICA), M. Benoît MALARD (CIRIMAT-ENSIACET), M. Fabien ROUILLARD (CEA Saclay, Encadrant), M. Daniel MONCEAU (CIRIMAT-ENSIACET, Directeur).

Mots-clés : Carburation, boruration, acier inoxydable, sodium, réacteur de 4^{ème} génération

Résumé : Les barres de commande du futur démonstrateur de réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium (RNR - Na) nommé ASTRID sont constituées de pastilles de B₄C enfermées dans une gaine en acier inoxydable AIM1 (15Cr-15Ni-0.4Ti). En service, les pastilles de B₄C sont plongées dans le sodium liquide à une température allant de 500 à 600 °C. Les retours d'expérience des RNR - Na ont mis en évidence que la durée de vie des barres de commande était limitée par leur cinétique de carburation. Cependant, un phénomène de boruration des gaines a été observé lors d'essais réalisés « hors réacteur / hors irradiation ». Afin de maîtriser la durabilité des barres de commandes, il est donc nécessaire d'évaluer précisément l'interaction entre les gaines en acier et le B₄C dans le sodium liquide. Ainsi, deux campagnes d'essai ont été menées :

1. Trois aciers inoxydables (AIM1, 316L et EM10) ont été exposés dans du sodium liquide fortement carburant ($ac > 1$) à 500, 600 et 650 °C.
2. Les mêmes nuances d'aciers ont été exposées dans du sodium liquide contenant de la poudre de B₄C en excès à 500 et 600 °C.

La première campagne a été réalisée pour avoir une meilleure compréhension des mécanismes et des cinétiques de carburation des barres de commande. Tout d'abord l'état de carburation a été caractérisé. Ensuite, une bonne description de la cinétique de carburation a été réalisée à l'aide de l'utilisation de deux modèles analytiques et d'un outil de simulation numérique de la diffusion (DICTRA). Les limites de cet outil pour décrire la cinétique de carburation ont été montrées. Il a notamment été démontré qu'il serait nécessaire de prendre en compte la diffusion du carbone dans les joints de grains doit notamment être prise en compte. La deuxième série d'essais a permis d'étudier le système : acier - B₄C - Na. Des caractérisations couplées à une étude thermodynamique et cinétique ont permis de proposer un mécanisme de carburation et de boruration des aciers. Après la dissolution du B₄C dans le sodium, le bore a réagi avec les aciers pour former des couches de borures (MB, M₂B) à la surface, des borures dans les joints de grains et une légère carburation plus en profondeur. La pénétration du bore dans les aciers suit une cinétique parabolique. Le degré de carburation des aciers a été mesuré et est constant entre 250 et 3000 h d'exposition, ce qui suggère le caractère transitoire de ce phénomène avant la formation des couches de borures.