

ELABORATION DE MATERIAUX A GRADIENT DE PROPRIETES FONCTIONNELLES POUR LES COMPOSANTS FACE AU PLASMA DES MACHINES DE FUSION THERMONUCLEAIRES

Présenté par *Emmanuel Autissier*

Soutenance publique le 21 novembre 2014 à 10h00, Université de Bourgogne Dijon devant le jury composé de :

Dr. H. COUQUE	Rapporteur	Nexter Munitions
Pr. S. MARINEL	Rapporteur	ENSICAEN
Pr. J-M MISSIAEN	Examineur	PHELMA
Dr. G. PINTSUK	Examineur	Forschungszentrum Jülich
M. E. RIGAL	Examineur	CEA Grenoble, Liten
Pr. P. SALLAMAND	Examineur	Université de Bourgogne
Pr. F. BERNARD	Directeur de thèse	Université de Bourgogne
Dr. M. RICHOU	Co-encadrante	CEA/DSM/IRFM

Dans les machines de fusion thermonucléaire de type Tore Supra (TS), ITER ou DEMO, les Composants Face au Plasma (CFP) sont soumis à des flux de rayonnement et éventuellement à des flux de convection intenses en provenance du plasma ; ils doivent présenter les capacités thermiques nécessaires à l'évacuation de tels flux. Le tungstène est considéré comme le meilleur candidat en tant que matériau face au plasma dans les parties du réacteur soumises à de hauts flux de chaleur. Les quantités de chaleur à évacuer étant importantes, des composants activement refroidis ont été conçus pour permettre des régimes stationnaires. Le principe est de faire circuler un fluide caloporteur dans un canal de refroidissement. Dans le cas d'ITER, le fluide caloporteur est de l'eau. Afin d'améliorer l'évacuation de chaleur, le canal de refroidissement est en alliage de cuivre (CuCrZr). Des technologies spécifiques sont utilisées pour assembler le tungstène avec le CuCrZr, en utilisant notamment une couche de compliance (Cu-OFHC).

Les difficultés d'assemblage du tungstène avec le cuivre ainsi que les contraintes thermiques auxquelles sont soumis les assemblages sous hauts flux conduisent à envisager des solutions alternatives basées sur une structure à gradient de composition. La structure type visée par ce projet est un matériau à gradient de composition entre le matériau de structure (CuCrZr) et le matériau d'armure (tungstène) soumis à un haut flux de chaleur. Afin de réaliser ce type de structure, une technique de frittage active, nommé frittage flash (SPS), a été choisie.

Après avoir présenté les problématiques technologiques liées aux machines de fusion thermonucléaires et plus particulièrement à la fabrication des composants face au plasma et aux matériaux qui les composent, cet exposé s'attachera à présenter l'avantage d'un matériau à gradient de propriétés fonctionnelles (MGF) W/Cu à la place de la couche de compliance Cu-OFHC par des modélisations par éléments finis. Ces modélisations ont permis de déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui composeront le MGF.

Dans un second temps, les conditions de frittages des matériaux élémentaires constituant les matériaux à assembler seront optimisées afin d'obtenir la densité relative maximale. Cette optimisation sera réalisée expérimentalement plutôt que par modélisation de par la difficulté de compréhension des mécanismes mis en jeu lors d'un frittage SPS. Les propriétés thermo-mécaniques de ces matériaux seront mesurées afin d'obtenir des données d'entrée pour les modélisations thermomécaniques d'opération du composant sous haut flux. Les conditions de frittage des matériaux W-Cu seront utilisées afin de réaliser les assemblages.

Dans une dernière partie, les conditions de réalisation des assemblage W/CuCrZr seront étudiées en fonction de la température, du temps d'assemblage et de la nature de la couche de compliance (WxCu_{1-x}). La caractérisation des assemblages permettra d'étudier les phénomènes associés à la

formation des interfaces. Des tests sous haut flux permettront de déterminer la résistance en fatigue thermique de ces assemblages.