

**COMPOSITES CARBONE/CARBONE POUR LES COMPOSANTS FACE AU  
PLASMA ACTIVEMENT REFROIDIS DES MACHINES DE FUSION  
CONTROLEES A CONFINEMENT MAGNETIQUE**

**CARBON FIBRE COMPOSITES FOR ACTIVELY COOLED PLASMA  
FACING COMPONENTS OF MAGNETIC CONFINEMENT CONTROLLED  
FUSION MACHINES**

J. Schlosser<sup>\*</sup>, E. Martin<sup>\*\*</sup>, R. Mitteau<sup>\*</sup>, J. Boscary<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Association EURATOM-CEA, DSM/DRFC, CEA Cadarache, 13108 St Paul lez Durance, France  
e-mail : jacques.schlosser@cea.fr

<sup>\*\*</sup>LCTS, CNRS UMR 5801, Université Bordeaux 1, Bordeaux, France  
e-mail : martin@lcts.u-bordeaux1.fr

<sup>\*\*\*</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, Germany  
e-mail : jean.boscary@ipp.mpg.de

**RESUME**

Dans les machines de Fusion Contrôlée à confinement magnétique dimensionnées pour des chocs longs de plusieurs minutes, telle le Tokamak Tore Supra actuellement en fonctionnement à Cadarache, le Stellerator W7X en cours de fabrication à Greifswald (Allemagne) ou le Tokamak ITER prévue à Cadarache, certains éléments internes au contact avec le plasma sont recouverts de matériaux carbone/carbone (C/C). Ils peuvent être soumis à des flux thermiques atteignant  $10\text{MW/m}^2$  à l'état d'équilibre, voire  $20\text{MW/m}^2$  pendant 20 s pour ITER

Le renforcement par des fibres de carbone permet à ces couvertures de résister aux contraintes de fabrication et de fonctionnement induites par les dilatations différentielles avec les supports en cuivre qui sont eux refroidis par de l'eau pressurisée.

Le matériau C/C utilisé jusqu'à présent est soit le N11 soit le NB31 tous deux développés par Snecma Propulsion Solide (Le Haillan, France). Malgré l'expérience acquise, des difficultés particulières ont été rencontrées au niveau des liaisons hétérogènes C/C-Cuivre : des fissures se développent à partir du bord libre là où existe une singularité.

Le choix du matériau C/C qui sera utilisé pour ITER n'est pas encore figé : à coté d'une approche pragmatique basée sur la réalisation de maquettes une approche davantage basée sur la compréhension des mécanismes en jeu au niveau de la liaison hétérogène est actuellement proposée : cela nécessite une bonne caractérisation du matériau composite mais aussi de la liaison composite/cuivre.

**ABSTRACT**

In controlled fusion machines with magnetic confinement, designed for several-minute long pulses, such as the Tore Supra tokamak presently in operation at Cadarache and the W7X stellerator in manufacture at Greifswald (Germany) and ITER in the future at Cadarache, some internal components in contact with the Plasma are armoured of carbon fibre composite (CFC) materials. They can be submitted to heat fluxes up to  $10\text{MW/m}^2$  at steady state, and  $20\text{MW/m}^2$  for 20 s in ITER