

# **SOLLICITATION EN CISAILLEMENT ET MÉCANISMES INTERFACIAUX ENTRE MÈCHES DANS UN COMPOSITE CARBONE-CARBONE 3D.**

## **SHEAR LOADING AND MECHANISMS AT THE INTERFACES BETWEEN BUNDLES IN 3D CARBON-CARBON COMPOSITES**

Dominique Rouby\*, Alexis Gérenton\*, Julien Michel\* et Christophe Tallaron\*\*

\*GEMPPM-MATEIS UMR CNRS 5510 et Département Science et Génie des Matériaux  
INSA de Lyon, bâtiment Blaise Pascal, 69621 VILLEURBANNE cedex  
e-mail : dominique.rouby@insa-lyon.fr

\*\*CEA Le Ripault, BP 16, 37260 Monts  
e-mail : christophe.tallaron@cea.fr

### **RÉSUMÉ**

L'objectif de ce travail est d'explorer les possibilités que pourraient apporter un essai de torsion pour la caractérisation du comportement en cisaillement d'un composite carbone-carbone 3D. L'architecture de ce matériau consiste en trois familles de mèches unidirectionnelles orientées suivant trois directions orthogonales. Les éprouvettes soumises à torsion sont de section carrée et le dispositif permet de mesurer l'angle et le couple de torsion. L'angle de torsion  $\theta$  varie soit entre 0 et  $\theta_{\max}$  ou entre  $+\theta_{\max}$  et  $-\theta_{\max}$ , et il est imposé au moyen d'un bras de levier mû par une vis. Le comportement en torsion est non-linéaire dès le début du chargement à cause des glissements entre mèches qui, à mesure que la scission augmente, opèrent à des interfaces de plus en plus nombreuses. Ces glissements induisent aussi l'hystérésis des boucles de décharge-recharge. Pendant la torsion, on observe aussi une expansion du barreau transversalement à l'axe de torsion. L'ensemble de ces observations est analysé à l'aide d'un modèle de Prager généralisé. Le niveau des seuils de glissement donné par ce modèle est en bonne adéquation avec le cisaillement interfacial mèche/mèche donné par des tests d'extraction de mèche et des tests de compression-traction à 45°.

### **ABSTRACT**

The goal of the present work is to explore what can bring the use of a torsion test for characterizing the shear behaviour of a 3D carbon-carbon composite. This material is made with 3 orthogonally orientated unidirectional bundles. Because of that architecture, the specimens are of square cross-section. The angle of torsion is changing cyclically between the values 0 and  $\theta_{\max}$  or between  $+\theta_{\max}$  and  $-\theta_{\max}$ . This angle is imposed by means of an arm driven by a screw. Torsion angle and torque are measured. The torsion behaviour is non-linear even at very low applied torque because of some slips between the bundles, operating at more and more interfaces as shearing increases. These slips induce also hysteretic load-unload loops. During torsion, a transverse expansion of the beam can be observed. All these features are analyzed by using a Prager's model. The parameters of that model are in good agreement with what is measured by bundle pullout tests, and tension-compression tests on specimens cut at 45°.

**MOTS CLÉS :** CARBONE/CARBONE, 3D, TORSION, CISAILLEMENT, GLISSEMENT  
**KEYWORDS:** CARBON/CARBON, 3D WEAVE, TORSION, SHEAR, SLIDING