

**COMPORTEMENT SOUS COMPRESSION D'UN COMPOSITE 3D  
ORTHOGONAL EN CARBONE/EPOXY: ETUDES EXPERIMENTALES,  
MODELISATION ET OPTIMISATION**

**COMPRESSION BEHAVIOR OF ORTHOGONAL 3D COMPOSITE IN  
CARBON/EPOXY: EXPERIMENTAL, MODELING AND OPTIMIZATION  
STUDIES**

Ch. EL Hage\*, Z. Aboura\*\*, K. Khellil\*, M.L. Benzeggagh\*, Rafic Younès\*\*

\* Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire Roberval – 60206 Compiègne Cedex  
e-mail : [aboura@utc.fr](mailto:aboura@utc.fr)

\*\*Equipe de recherche E2M- Université Libanaise-Faculté de Génie

**RESUME**

Les travaux présentés dans cette étude concernent des matériaux composites carbone/époxy à renfort tissé orthogonal 3D. L'effet de l'anisotropie, dans les trois directions de l'espace, sur le comportement mécanique est étudié à travers une campagne d'essai en compression uniaxiale réalisée sur cubes. Les résultats expérimentaux sont comparés à ceux d'un modèle analytique méso-macro pour la détermination des propriétés homogénéisées. Outre l'élasticité, ce modèle prédit la rupture en utilisant le critère 3D de Tsai-Wu, conjointement avec une technique de limitation des déformations locales des mèches. La corrélation modèle-expérience est de bonne qualité concernant l'aspect élasticité et reste convenable pour ce qui est de la prédiction de la rupture compte tenu de la complexité du problème. L'étude se poursuit par une proposition d'une "fonction objectif" de recherche d'un VER à volume minimum présenté sous forme d'un problème d'optimisation. Ce dernier permet de prédire les caractéristiques du tissage en terme de taux de fibre global et les proportions de fibres dans chaque direction.

**ABSTRACT**

The work presented in this study relates to composite carbon/epoxy materials with orthogonal 3D woven reinforcement. The effect of the anisotropy in the three directions of space on the mechanical behaviour is studied through uniaxial compression tests carried out on cubes. The experimental results are compared with those of a méso-macro analytical model for the determination of the homogenized properties. In addition to elasticity, this model predicts the failure jointly by using the criterion 3D of Tsai-Wu with a technique of limitation of the local strain of the yarns. The correlation model-experiment is of good quality as regards the aspect elasticity and remains suitable as regards the prediction of the rupture taking into account the complexity of the problem. The study continues with a proposal of a "function objective" of search of minimum volume presented as a problem of optimization. This last makes it possible to predict the characteristics of weaving in term of total fiber rate and the proportions of fibers in each direction.

MOTS CLES: 3D Orthogonal, Compression, Homogénéisation, Modélisation,

KEYWORDS: 3D Orthogonal, Compression, Homogenization, Modeling, Finite Elements