

---

# Étude sur la fatigue de matériaux composites hautes performances pour le nautisme de compétition

Adrien Launay<sup>\*†2,1</sup>, Vincent Keryvin<sup>3</sup>, Jean-Claude Grandidier<sup>4</sup>, and Pierre Yves Mechin<sup>5</sup>

<sup>2</sup>Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL) – Université de Bretagne Sud, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE3744 – France

<sup>1</sup>GSea Design – GSea Design – France

<sup>3</sup>Univ. Bretagne Sud, UMR CNRS 6027, IRDL, F-56321 Lorient, France – CNRS : UMR6027 – France

<sup>4</sup>Institut Pprime (PPRIME) – CNRS : UPR3346, Université de Poitiers, ENSMA – Futuroscope Chasseneuil, France

<sup>5</sup>Dassault Systèmes – Dassault Systèmes – France

## Résumé

Depuis de nombreuses années, les matériaux composites se sont imposés dans de nombreux secteurs dont le secteur du nautisme de compétition. Les structures de ce domaine sont essentiellement en carbone/époxy avec pour particularité d'être minces et élancées. Ces dernières travaillent majoritairement en flexion, ce qui conduit à avoir une face en traction et une face en compression. Il est admis que les propriétés mécaniques en compression des carbones/epoxy sont nettement inférieures à celle en traction. Ainsi, pour ce type de structure, le dimensionnement en résistance se fait généralement en compression.

Dans ce cadre, une étude de fatigue des matériaux composites carbone/époxy sous sollicitation de compression est menée. Celle-ci a débuté par l'étude des mécanismes qui interviennent lors d'une rupture en compression. Ensuite, les différentes méthodes expérimentales pour étudier ces phénomènes ont été comparés pour finalement converger vers la réalisation d'essais de flexion 4 points sur des éprouvettes carbone/époxy ayant une structure sandwich. Le design de cette éprouvette a, dans un premier temps, été validé en statique par un modèle éléments finis représentant le montage de flexion 4 points puis, expérimentalement, grâce à des essais de fatigue. Ces essais ont été conduit entre 0 et 1,5 millions de cycles à une fréquence de 10Hz et avec des chargements en compression où la contrainte maximale atteint 90% de la contrainte à rupture moyenne observée lors d'essais statiques. Pour cette campagne, le ratio  $R \approx 1,3$  et l'étude est menée en résistance résiduelle.

Les résultats de la campagne de fatigue n'ont pas permis d'observer de manière significative une dégradation progressive des propriétés mécaniques des éprouvettes. En effet, les résistances mesurées après cyclage étaient identiques aux résistances obtenues sur les essais statiques. De plus, il a pu être observé sur quelques éprouvettes ayant subi autour d'un million de cycles, que la résistance en compression était plus élevée que la valeur de résistance moyenne observée sur les éprouvettes n'ayant subi aucun cycle. Les investigations sur le sujet se sont donc poursuivies en introduisant, cette fois, des porosités au sein d'éprouvettes

---

\*Intervenant

†Auteur correspondant: [adrien@gseadesign.com](mailto:adrien@gseadesign.com)

à structure monolithique. L'objectif étant d'observer l'influence de porosité sur la résistance en fatigue des matériaux composites en compression.

En parallèle de cette campagne, et toujours sur le sujet de la fatigue des matériaux composites, nous nous sommes intéressés cette fois-ci aux propriétés " hors plans ". En effet, la démocratisation des voiliers à foils a introduit de nouvelles problématiques dans le secteur. Cet appendice courbé est soumis à différents cas de chargement dont, lors d'un " planté ", à une inversion de portance qui tend à ouvrir la courbure. Dans le cas où ces foils (une majorité) ont un drapage dont le plan des UD est perpendiculaire au plan de la courbure, les propriétés en traction hors plans peuvent devenir un cas dimensionnant.

Ainsi, une campagne expérimentale statique (inspirée de l'ASTM D6415) et de fatigue oligocyclique a été mise en œuvre afin d'étudier ces propriétés hors plans. La campagne de fatigue a été menée à une fréquence de 1Hz avec des chargements atteignant jusqu'à 80% de la résistance statique moyenne. Le ratio  $R = 0,1$  et l'étude a été menée en résistance résiduelle après avoir réalisé 1000 cycles. Cette campagne a fourni des résultats surprenant puisqu'une augmentation significative de résistance et de raideur a été observée. La suite de l'étude permettra d'investiguer sur les limites de ce phénomène.

**Mots-Clés:** matériaux composites, fatigue, compression, traction hors plan, flexion 4 points, composites, carbone, foils