

## Caractérisation du comportement mécanique (visco)–élastique des matériaux composites tissés 3D sous sollicitations dynamiques

**N. Tran, M. Brieu**, *Laboratoire de Mécanique de Lille, Ecole Centrale de Lille, Avenue Paul Langevin, 59650 Villeneuve-d'Ascq. Adresse(s) électronique(s) : nicolas.tran-ext@onera.fr; mathias.brieu@ec-lille.fr*

**J. Schneider**, *Snecma Villaroche, Rond-point René Ravaud, 77550 Réau.*

**E. Deletombe, G. Portemont, J. Berthe**, *ONERA - Centre de Lille, 5 boulevard Paul Painlevé FR 59045 Lille CEDEX.*

**Mots clés : Composite tissé 3D, Essais Dynamiques, Analyse Expérimentale**

L'usage des matériaux composites est de plus en plus généralisé dans les applications aéronautiques. Grâce à son intéressant ratio propriétés mécaniques / densité, ce type de matériau apporte des solutions permettant de mieux satisfaire les objectifs fixés par l'ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe). En effet ce conseil consultatif pour la recherche aéronautique en Europe a fixé pour l'horizon 2020 des objectifs précis en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de polluants et de bruit. Les moteurs aéronautiques, et les aubes de turbine qui en font partie, sont conçus afin de résister à toutes sollicitations pouvant survenir au cours de leur cycle de vie, ce qui inclut l'impact de glace et l'ingestion d'oiseau. Dans le but de fournir aux bureaux d'études des outils robustes de dimensionnement, le comportement mécanique des aubes en matériau composite tissé 3D doit être caractérisé pour pouvoir traiter ces événements. Or l'étude du comportement de ces matériaux est par nature multi-échelle, et l'on distingue plus particulièrement pour les renforts tissés :

- l'échelle microscopique (de l'ordre du micromètre) est l'échelle des constituants (fibres, matrice),
- l'échelle mésoscopique (de l'ordre du cm) correspond à l'architecture du renfort,
- l'échelle macroscopique est l'échelle de la structure (de l'ordre du m).

Les capacités de calcul actuelles rendent rédhibitoire l'analyse d'une structure complète à l'échelle microscopique ou mésoscopique pour les composites tissés. C'est la raison pour laquelle l'échelle macroscopique est aujourd'hui privilégiée par l'industriel pour le calcul de ces structures. Le modèle macroscopique du matériau doit alors être obtenu par homogénéisation, en tenant compte au mieux des phénoménologies mécaniques se développant aux échelles inférieures [1]. Le matériau sera finalement vu comme un matériau homogène équivalent (i.e. on s'affranchit de la description fine de l'architecture), reproduisant les constats et les réponses observés expérimentalement (anisotropie initiale du matériau, anisotropie de l'endommagement, viscosité).

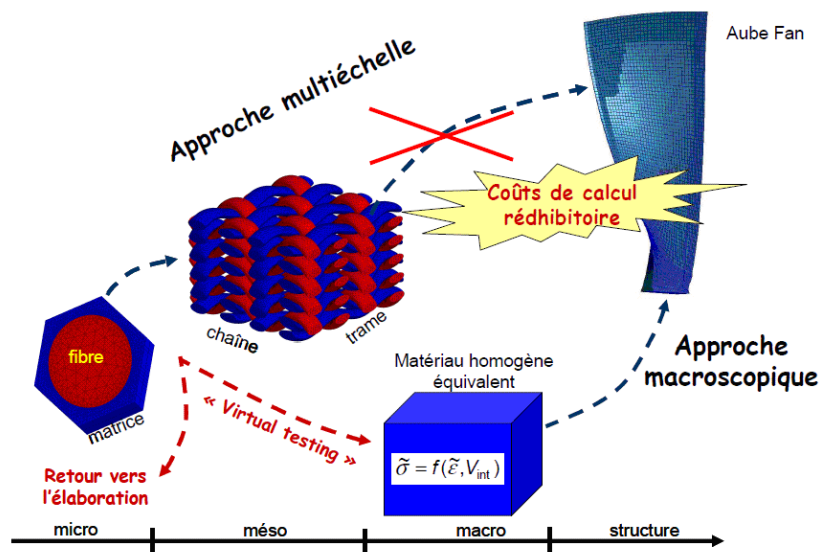


FIGURE 1 – Stratégies de modélisation des matériaux composites tissés 3D [Marcin, 2009]

Gilat et al [2], a mis en évidence que la raideur des matériaux composites carbone/époxy unidirectionnels était sensible d'une part à la vitesse de sollicitation mais aussi à l'orientation des fibres par rapport à la direction de cette sollicitation. Cette dépendance est justifiée dans ses travaux par le caractère viscoélastique de la réponse de la matrice polymère.

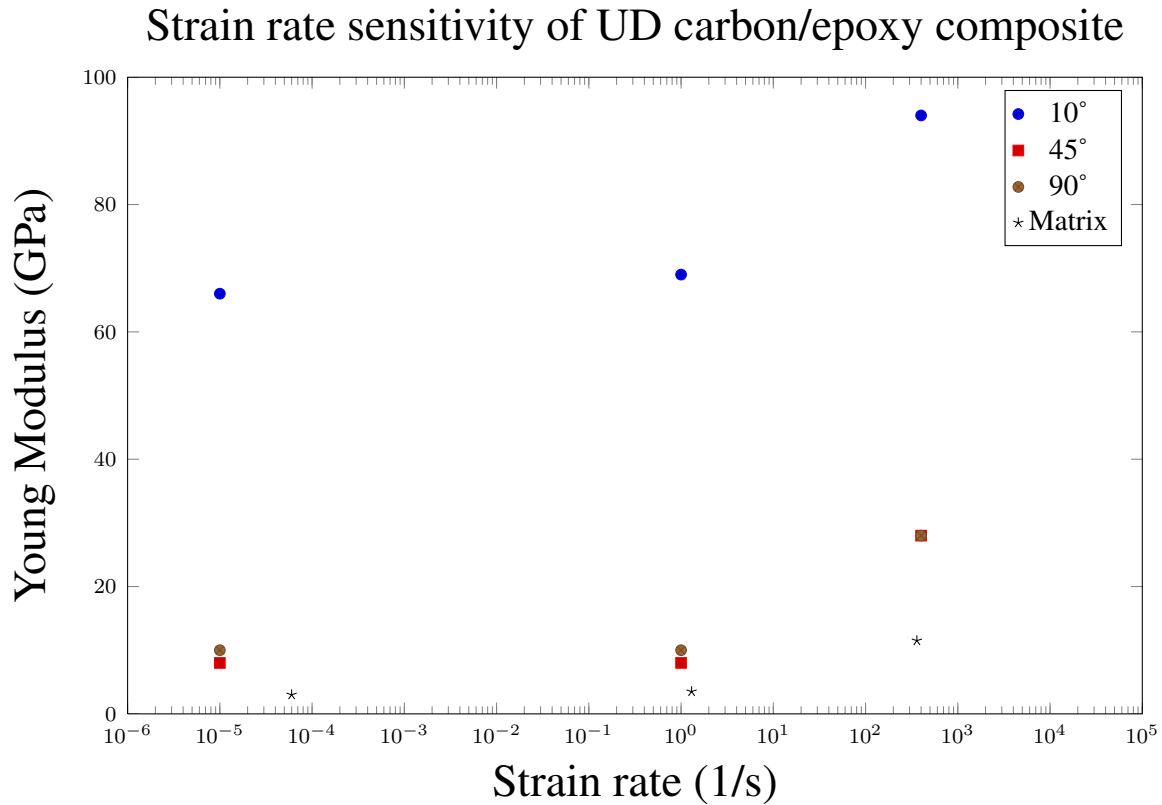


FIGURE 2 – Influence de la vitesse de sollicitation et de l'orientation des fibres d'un composite carbone/époxy UD en traction [Gilat et al., 2002]

En l'absence de normes d'essais de caractérisation dynamique des matériaux, les premiers travaux réalisés ont permis de lever les verrous scientifiques permettant d'atteindre les objectifs expérimentaux de ce travail, et définir un protocole d'essai de traction sur matériaux composites tissés 3D qui permet d'identifier le modèle de comportement homogène équivalent recherché. Une homogénéisation du comportement de la microstructure a été réalisée à partir de modèles éléments-finis mésoscopiques issus des travaux Hello et al [3]. Cette modélisation a permis de déterminer un Volume Mécaniquement Equivalent (VME) plus petit que le motif textile répété périodiquement dans la structure, dont les dimensions s'avéraient rédhibitoires, en terme de charge mise en jeu au cours de l'essai, pour la caractérisation dynamique recherchée. Des éprouvettes-tests de géométries différentes (incluant le VME à caractériser) ont ensuite été simulées, réalisées et testées afin de s'assurer de la représentativité des modélisations des essais et de vérifier la validité et la pertinence du protocole expérimental qui sera ensuite déployé pour la campagne d'essais. Les derniers travaux réalisés ont permis de valider une démarche de mesure avancée de la déformation permettant d'appréhender les difficultés supplémentaires posées par la problématique dynamique. Une fois la campagne d'essais réalisée, les résultats validés et exploités, le protocole expérimental sera étendu et associé à un plan d'expérience numérique exhaustif, afin d'identifier un modèle de comportement dynamique homogène équivalent pour le matériau tissé 3D ou ses dérivés.

## REFERENCES

- [1] L. Marcin, Modélisation du comportement, de l'endommagement et de la rupture de matériaux composites à renforts tissés pour le dimensionnement robuste de structures, thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux I, 2010.
- [2] A. Gilat, R.K. Goldberg, G.D. Roberts, Experimental study of strain-rate-dependant behavior of carbon/epoxy composite, *Composites Science and Technology* 62, 1469-1476, 2002.
- [3] G. Hello, J.Schneider, Z. Aboura, Numerical simulations of woven composite materials with voxel-FE models, ECCM-16th European Conference on Composite Materials, Seville, Spain, 2014