

Évaluation des propriétés élastiques transversales des fibres micrométriques par spectroscopie de résonance ultrasonore laser (L-RUS)

H. KHELFA¹, D.MOUNIER³, C. POILÂNE^{1,2}, P. PICART¹

1 : LAUM, UMR 6613, CNRS, Université du Maine, Av. O. Messiaen, 72085 LE MANS, France

2 : CIMAP, UMR 6252, CEA, CNRS, Université de Caen Basse-Normandie, ENSICAEN, 14050 CAEN cedex 4, France

3 : IMMM, UMR 6283, CNRS, Université du Maine, Av. O. Messiaen, 72085 LE MANS, France

E-mail : haithem.khelfa.etu@univ-lemans.fr

Résumé

La connaissance des propriétés élastiques des fibres élémentaires utilisées dans les polymères renforcés est indispensable pour simuler le comportement mécanique du composite. La connaissance des propriétés transversales de la fibre élémentaire est notamment l'un des verrous actuels qui empêche de déterminer avec précision les propriétés transversales des composites unidirectionnels. Dans un premier temps, les propriétés élastiques ont été validées sur des fibres synthétiques : fibre de verre, fibre de carbone et filament d'aluminium. Afin de caractériser les propriétés transversales de ces fibres, on a utilisé la spectroscopie de résonance ultrasonore (RUS) [1]. Cette méthode est sans contact [2], ce qui présente des avantages compte tenu de la dimension micrométrique des fibres. La méthode de laser-RUS permet de générer et de détecter des vibrations ultrasonores via une onde lumineuse [3]. Pour déterminer les constantes élastiques d'un matériau anisotrope, il faut déterminer expérimentalement le spectre de vibration. Sur la structure fibre - diamètre compris entre 5 μm et quelques dizaines de micromètres - il n'est pas envisageable d'utiliser une excitation par contact, le contact induirait un biais dans les mesures [1].

Dans cette méthode on a mesuré des fréquences de vibrations de la section d'une fibre jusqu'à 700 MHz. Les vibrations mécaniques d'une section transversale sont excitées par un laser impulsionnel subnanoseconde Nd : YAG microchip qui fonctionne en mode Q-switched dont il délivre des impulsions optiques avec une fréquence de répétition de 7 kHz à une longueur d'onde de 1064 nm. L'impulsion délivrée par ce laser est étendue sur une durée de 0.5 ns avec une énergie de 10 μJ . Le laser pompe est focalisé sur la surface de la fibre au moyen d'une lentille cylindrique qui permet de former une tache elliptique de dimensions approximatives 6 μm x 100 μm , alignées le long de l'axe de fibre (Fig1). La détection des vibrations de la fibre est effectuée à l'aide d'un laser interférométrique à large bande passante, appelé faisceau sonde, de longueur d'onde 532 nm. Le faisceau est localisé à la surface de la fibre à l'aide d'une lentille sphérique (x20) pour une distance focale $f = 8 \text{ mm}$ afin de former une tache d'environ 2 μm de diamètre centré sur le spot de pompe (Fig1). Le faisceau sonde de l'interféromètre ne peut mesurer que les déplacements radiaux de la surface de la fibre testée. La mesure réalisée par l'interférométrie est de type hors-plan. Après avoir détecté les vibrations de la fibre par le faisceau interférométrique, on a enregistré ces informations à l'aide d'un oscilloscope numérique durant environ 1 μs . Ensuite pour obtenir le spectre de vibration pour chaque point mesuré de la surface de la fibre on a utilisé la procédure standard transformation de Fourier (FFT) qui est appliquée sur les signaux détectés dans le domaine temporel avec une résolution spectrale de 1 MHz.

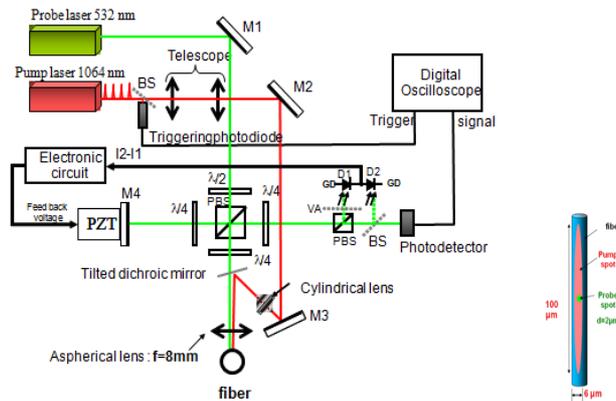


Fig1 : dispositif expérimental de spectroscopie de résonance ultrasonore laser (L-RUS)

Références

- [1] S.-K. Park, S.-H. Baik, H.-K. Cah, S.J. Reese, D.-H. Hurley, "Characteristics of a laser resonant ultrasonic spectroscopy system for measuring the elastic constants of materials", J. of the Korean Society 57, 375-379 (2010).
- [2] P. Sedláč, M. Landa, H. Seiner, L. Bicanová, L. Heller, Non-contact resonant ultrasound spectroscopy for elastic constants measurement, in: 1st International Symposium on Laser Ultrasonics: Science, Technology and Applications, Montreal, Canada; July 16-18 2008.
- [3] S. Sato, K. Inagaki, V.E. Gusev, O.B. Wright, Resonant ultrasound spectroscopy using optical excitation and detection, AIP Conf. Proc. 463 (1) (1999) 424-426.