Démonstration d'un vélocimètres hétérodyne multiplexé en longueur d'onde sans diaphonie

Yohan Barbarin, Gaël Le Blanc, Jérôme Luc

▶ **To cite this version:**

Yohan Barbarin, Gaël Le Blanc, Jérôme Luc. Démonstration d'un vélocimètres hétérodyne multiplexé en longueur d'onde sans diaphonie. OPTIQUE Dijon 2021 - Diagnostic Optique et Photonique, Jul 2021, Dijon, France. cea-03522522

HAL Id: cea-03522522

https://cea.hal.science/cea-03522522

Submitted on 12 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DEMONSTRATION D'UN VELOCIMETRE HETERODYNE MULTIPLEXE EN LONGUEUR D'ONDE SANS DIAPHONIE

Yohan Barbarin, Gaël Le Blanc et Jérôme Luc

[1] *CEA, DAM, GRAMAT, BP 80200, F-46500 Gramat, France*

yohan.barbarin@cea.fr

RÉSUMÉ

Ce système de vélocimétrie hétérodyne multi-points permet de réaliser 16 mesures de vélocimétrie rapide sur des visées submillimétriques sans souci de diaphonie entre les voies de mesures. L'architecture est basée sur le multiplexage en longueur d'onde avec un espacement fréquentiel entre les voies dix fois supérieur aux fréquences Doppler à mesurer. Des mesures comparatives sont présentées pour mettre en avant l'intérêt de cette approche.

MOTS-CLEFS : *Vélocimétrie Hétérodyne, effet Doppler, fibre optique, physique des matériaux*

1. INTRODUCTION

La Vélocimétrie Hétérodyne [1,2] (VH) aussi appelé Interférométrie Doppler Fibré (IDF) [3] permet de mesurer les vitesses de déplacement d'un objet ou d'un front de choc. Les récents développements réalisés ont eu pour but de multiplier le nombre de points de visée) sur les matériaux d'étude jusqu'à plus d'une centaine mais sans prendre en compte la problématique de diaphonie optique entre les voies de mesures. Ce phénomène apparaît clairement visible lorsque ces points sont espacés d'un millimètre ou moins.

La solution présentée consiste à utiliser une longueur d'onde différente pour chaque point visé. En effet, si la fréquence Doppler maximale à mesurer, typiquement ~13 GHz pour une vitesse de 10 km/s à la longueur d'onde laser de 1550 nm, est bien inférieure à la différence de fréquence entre les points de mesure, il n'y a ainsi plus de diaphonie optique possible. Un tel système a été réalisé au CEA-Gramat avec 16 voies de mesures et validé sur des expériences de physique des matériaux mettant en œuvre un générateur de rampe de pression électrique [4].

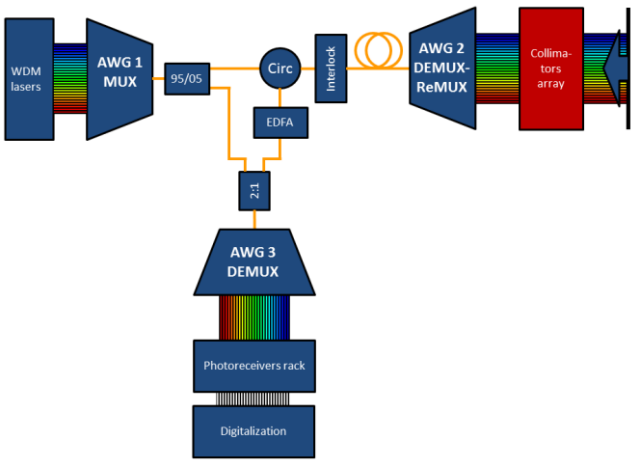

Fig. 1 : Schéma de l'Interféromètre Doppler Fibré multi-longueurs d'onde

2. DESCRIPTION DU SYSTEME MULTIPLEXE A 16 LONGUEURS D'ONDE

Le système est illustré dans la figure 1. Il comporte 16 lasers, avec 16 longueurs d'onde différentes de la grille ITU (International Telecommunication Union) espacées de 100 GHz. Les visées sur le matériau à étudier sont typiquement effectuées par 2 matrices de 8 collimateurs dont l'espacement est de 1 mm (centre à centre). Des mesures ont montré que la diaphonie est de l'ordre de -10 dB sur une cible en aluminium à une distance de 50 mm. Cette valeur augmente très

significativement au-delà. Sur des cibles plus diffusantes, la diaphonie sera plus largement présente. Les 16 longueurs d'ondes des lasers sont multiplexées et démultiplexées par deux AWG (*Arrayed Waveguide Grating* [5]). Les 16 faisceaux rétrodiffusés sur la cible sont recouplés dans les collimateurs et redirigés par le circulateur vers l'amplificateur fibré (EDFA) avant de les faire interférer avec les 16 faisceaux de référence dans le coupleur fibré 2x1. L'amplificateur compense les pertes optiques aller et retour du second AWG. Un troisième AWG démultiplexe ensuite les 16 faisceaux d'interférences pour que chaque voie puisse être détectée par un photorécepteur indépendant de 2 GHz de bande passante. Chaque voie est également numérisée séparément. Ce système est relativement proche du système proposé par Daykin et al. [6] pour lequel le problème de diaphonie n'avait pas été mis en avant et le multiplexage en longueur d'onde servait uniquement à aiguiller les signaux pour économiser des numériseurs.

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

L'expérience de validation du système multi-longueurs d'onde a consisté à viser le même point avec 4 longueurs d'ondes dans un même collimateur. Cela est possible en retirant temporairement le second AWG. Dans cette configuration, la diaphonie est maximale. Les résultats obtenus pour la mise en vitesse d'une électrode en aluminium [4] sont tracés avec les figures 2(a) et 2(b). Les 4 signaux Doppler sont bien indépendants et les profils de vitesses sont très similaires. Une étude plus fine de ces résultats sera présentée à la conférence.

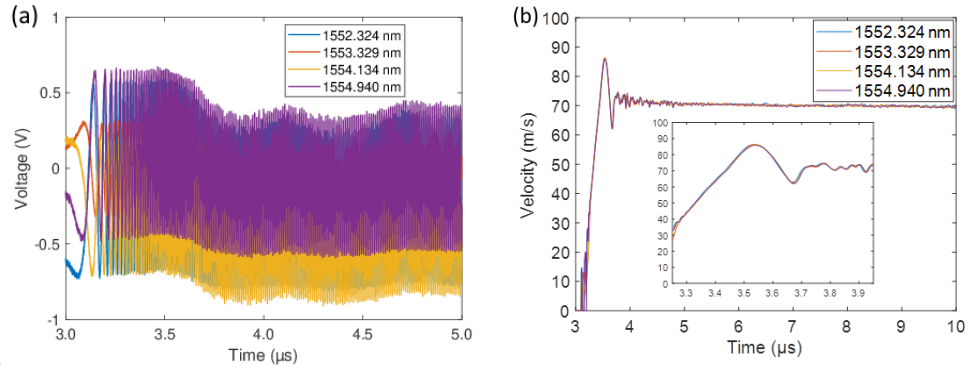

Fig. 2 : (a) Signaux bruts des 4 longueurs d'ondes. (b) Profils des vitesses traités.

CONCLUSION

Un vélocimètre hétérodyne multiplexé en longueur d'onde a démontré son bon fonctionnement sans diaphonie optique pour des mesures de vitesses rapides (70 m/s en quelques µs). Ensuite, un essai utilisant des matrices de collimateurs avec un espacement de 1 mm a pu mettre en défaut les vélocimètres mono-longueur d'onde alors que le système multi-longueurs d'onde présenté a quant à lui parfaitement pu mesurer 8 profils de vitesses sans diaphonie. Ces résultats seront présentés de manières détaillée à la conférence.

RÉFÉRENCES

[1] O. T. Strand, D. R. Goosman, C. Martinez, and T. L. Whitworth, "Compact system for high-speed velocimetry using heterodyne techniques," Review of Scientific Instruments 77, 083108, (2006)

[2] P. Mercier, J. Benier, A. Azzolina, J. Lagrange, and D. Partouche, "Photonic Doppler velocimetry in shock physics experiments," J. Phys. IV134,805–812, (2006)

[3] P.-Y. Chanal, J. Luc, "Development of fibered velocity interferometers for dynamical material behaviour studies," Proc. 60th Meeting Aero-ballistic Range Assoc., Baltimore, MD, (2009)

[4] A. Lefrançois, P.Y. Chanal, G. Le Blanc, J. Petit, G. Avrillaud, and M. Delchambre "High-velocity flyer-plate developments on two high-pulsed-power generators based on a strip-line design (GEPI and CEPAGE)," IEEE Transactions on Plasma Science, 39, pp. 288-293, (2011)

[5] Y. Barbarin, X. J. M. Leijtens, E. A. J. M. Bente, C. M. Louzao, J. R. Kooiman and M. K. Smit, "Extremely small AWG demultiplexer fabricated on InP by using a double-etch Process," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 16, no. 11, pp. 2478-2480, (2004)

[6] E. Daykin, M. Burk, D Holtkamp, E.K. Miller, A. Rutkowski, O. T. Strand, M. Pena, C. Perez, and C. Gallegos, "Multiplexed photonic Doppler velocimetry for large channel count experiments," AIP Conference Proceedings 1793, 160004, (2017)