

Mesures spectrales en temps réel et dynamiques non-linéaires

T. Godin¹, Y. Combes¹, B. Wetzels¹, D.M. Nguyen¹, T. Sylvestre¹, G. Genty², F. Dias², & J.M. Dudley¹

¹ Institut FEMTO-ST, UMR 6174 CNRS-Université de Franche-Comté, 25030 Besançon, France

² Department of Physics, Tampere University of Technology, Tampere, Finlande

³ School of Mathematical Sciences, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Irlande

thomas.godin@femto-st.fr

La mesure en temps réel d'événement ultra-brefs, non-répétitifs et bruités est incontestablement un challenge majeur en instrumentation optique, notamment en spectroscopie où les spectromètres optiques classiques ne donnent intrinsèquement accès qu'à une mesure moyenne. Plus particulièrement, dans le cadre de la génération de supercontinuum (SC), l'étude des phénomènes bruités concentre actuellement un fort intérêt de la communauté scientifique pour la conception de sources stables mais aussi par de fortes similarités avec des phénomènes extrêmes instables dans d'autres systèmes physiques, notamment avec l'hydrodynamique et l'observation de vagues scélérates optiques [1]. Dans ce contexte, la réalisation de la technique de transformée de Fourier dispersive (TFD) représente une avancée majeure en photonique non-linéaire en permettant des mesures de spectres en temps réel aux taux de répétitions des lasers utilisés [2]. Son fonctionnement est basé sur la dualité espace-temps et sur le fait que le profil d'intensité d'une impulsion dans le domaine temporel évolue en sa transformée de Fourier, c'est-à-dire son profil spectral, après propagation dans un milieu purement dispersif avec comme condition que l'impulsion se propage suffisamment (ou que la dispersion de la vitesse de groupe soit suffisante) pour satisfaire l'équivalent temporel du champ lointain dans le domaine spatial.

Nous présentons ici des résultats récents concernant l'utilisation de la technique de TFD dans le cadre de la génération de SC à basse puissance à 1.55 μm puis de la génération d'un SC instable s'étendant sur une octave autour de 800 nm mais aussi comme outil de diagnostic lors du contrôle du phénomène d'instabilité de modulation dans une fibre optique. Dans le premier cas, nous avons été en mesure de caractériser statistiquement les fluctuations en intensité sur toute la largeur spectrale du SC, permettant ainsi d'étudier les dynamiques de propagation et par exemple de mettre en exergue l'apparition d'événements extrêmes rares [3]. Par la suite, nous avons réalisé des mesures basées sur la TFD sur un SC extrêmement bruité d'une largeur d'une octave, soit la mesure en temps réel la plus large bande réalisée jusqu'à présent, et avons mis en évidence des corrélations en intensité entre des composantes spectrales très éloignées, traduisant des mécanismes non-linéaires complexes [4]. Enfin, nous avons utilisé la technique de TFD dans le cadre du contrôle des propriétés de bruit lors du *seeding* du phénomène d'instabilité de modulation (IM), qui consiste à utiliser un faisceau laser continu de très faible intensité se co-propageant avec la pompe lors de la génération de l'IM afin d'en contrôler les caractéristiques spectrales et de bruit [5]. A travers ces différentes applications, nous avons ainsi montré que la technique de DFT se révèle être un outil extrêmement puissant pour l'étude des dynamiques non-linéaires et pourrait devenir un instrument de diagnostic standard dans les laboratoires d'optique ultra-rapide.

Références

1. D.R. SOLLI *et al.*, Optical rogue waves, *Nature*, **450**, 1054-1057 (2007).
2. K. GODA *et al.*, Dispersive Fourier transformation for fast continuous single-shot measurement, *Nat. Photon.*, **7**, 102-112 (2013).
3. B. WETZEL *et al.*, Real-time full bandwidth measurement of spectral noise in supercontinuum generation, *Sci. Rep.*, **2**, 882 (2012).
4. T. GODIN *et al.*, Real time noise and wavelength correlations in octave-spanning supercontinuum generation, *Opt. Express*, **21**, 18452-18460 (2013).
5. D.M. NGUYEN *et al.*, Incoherent resonant seeding of modulation instability in optical fiber, *Opt. Lett.*, **38**, 5338-5341 (2013).