

Mélange à quatre ondes dans un cristal photonique 1D

L. Razzari^(1,2), D. Träger^(1,3), M. Astic⁽¹⁾, P. Delaye⁽¹⁾, R. Frey⁽¹⁾, V. Degiorgio⁽²⁾, C. Denz⁽³⁾, R. André⁽⁴⁾, G. Roosen⁽¹⁾

(1) Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, UMR du CNRS, Institut d'Optique et Université Paris Sud, Centre Scientifique Paris Sud, Bât. 503, 91403 Orsay Cedex

(2) Università degli Studi di Pavia, Facoltà di Ingegneria, Via Ferrata 1, 27100 Pavia, Italie

(3) Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität, Corrensstr. 2-4, 48149 Münster, Allemagne

(4) Laboratoire de Spectrométrie Physique, UMR du CNRS et de l'Université Joseph Fourier, BP 87, 38402 Saint Martin d'Hères Cedex.

De nombreuses fonctions ont déjà été implantées avec succès dans des cristaux photoniques confirmant l'intérêt de ces structures pour la réalisation des microcircuits optiques du futur, à la condition toutefois que des fonctions nonlinéaires puissent y être intégrées. Cela requiert l'existence de nonlinéarités du troisième ordre très efficaces sur des longueurs d'interaction très faibles.

Les propriétés de localisation de la lumière liées à la diminution de la vitesse de groupe en bord de bande des cristaux photoniques, permettent d'augmenter fortement l'intensité lumineuse dans la structure, ce qui se révèle particulièrement intéressant pour les effets nonlinéaires. Ainsi les nonlinéarités du troisième ordre, qui nous intéressent ici, dépendent de la puissance quatrième de l'intensité locale dans le matériau, ce qui se traduit par une exaltation importante de la nonlinéarité même pour des localisations relativement faibles de la lumière.

Notre étude se place dans ce contexte de l'étude de l'influence de la structuration du matériau sur l'efficacité des nonlinéarités. Pour cela nous nous sommes intéressés au phénomène de mélange à quatre ondes dégénérées en fréquence, qui présente l'avantage d'être automatiquement en accord de phase et donc d'être sensible uniquement à la diminution de la vitesse de groupe de la lumière en dehors de tout problème d'adaptation de phase.

Une étude théorique nous a permis de définir un échantillon dans lequel une expérience de mélange à quatre ondes a été effectuée. L'échantillon est un cristal photonique 1D composé de 40 paires de couches $\lambda/4$ de CdMnTe et de CdMgTe avec une bande interdite centrée vers 667,5nm. La structure étant utilisée en bord de bande, i.e. quand elle redevient transparente, un second miroir de Bragg (de 20 paires de couches) constitué des mêmes matériaux mais centré vers la longueur d'onde de travail (vers 695nm) est ajouté à la structure. Il permet de créer l'onde de pompe arrière du montage de mélange à quatre ondes. Une onde signal est envoyée dans la structure en même temps que les pompes et le mécanisme de mélange à quatre ondes crée une onde conjuguée de l'onde signal dont on mesure l'intensité. Les divers faisceaux sont issus d'un laser impulsif (impulsions d'une dizaine de picosecondes) accordable, permettant de réaliser des spectres de réflectivité linéaire et nonlinéaire de la structure.

Nous présentons ici les premiers résultats de mélange à quatre ondes dégénérées en fréquence obtenus sur cette structure (Figure 1). On observe un fort pic de réflectivité conjuguée en phase à la longueur d'onde correspondant au bord de bande, lié à la forte localisation de la lumière. Cette localisation se traduit par une forte augmentation du coefficient non linéaire effectif (i.e. incluant l'apport de la structure) en bord de bande interdite.

