

THESE DE DOCTORAT DE .

L'UNIVERSITE DE RENNES

ECOLE DOCTORALE N° 601

*Mathématiques, Télécommunications, Informatique, Signal, Systèmes,
Electronique*

Spécialité : *Photonique*

Par

Valentine GAUDILLAT

Etude du mélange à quatre ondes sensible à la phase dans les fibres faiblement multimodes

Thèse présentée et soutenue à Lannion, le 10 juillet 2024

Unité de recherche : Institut FOTON – CNRS UMR 6082

Rapporteurs avant soutenance :

Sylvie Lebrun Maître de conférences (HDR)
Laboratoire Charles Fabry, Institut d'Optique, Université Paris-Sud, CNRS, Palaiseau

Charles Ciret Maître de conférences (HDR)
Laboratoire de Photonique d'Angers, EA 4464, Université d'Angers

Composition du Jury :

Président : Christophe Finot Professeur
Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNRS

Examineurs : Sylvie Lebrun Maître de conférences (HDR)
Laboratoire Charles Fabry, Institut d'Optique, Université Paris-Sud,
CNRS, Palaiseau

Charles Ciret Maître de conférences (HDR)
Laboratoire de Photonique d'Angers, EA 4464, Université d'Angers

Dir. de thèse : Christophe Peucheret Professeur
Institut FOTON – CNRS UMR 6082, Université de Rennes

Co-dir. de thèse : Yannick Dumeige Professeur
Institut FOTON – CNRS UMR 6082, Université de Rennes

Co-dir. de thèse : Margaux Barbier Maître de conférences
Institut FOTON – CNRS UMR 6082, Université de Rennes



Titre : Etude du mélange à quatre ondes sensible à la phase dans les fibres faiblement multimodes

Mots clés : Equation non-linéaire de Schrödinger multimode, mélange à quatre ondes, fibre faiblement multimodes, diffusion Brillouin stimulée

Résumé : Au cours des dernières années, le besoin en débit des télécommunications a considérablement augmenté. Pour maintenir une avance significative, il est essentiel d'améliorer les réseaux existants et de développer de nouvelles infrastructures plus performantes. Ainsi, les réseaux du futur pourraient être constitués de fibre faiblement multimode afin d'augmenter le nombre de canaux indépendants dans une même fibre. Il faudrait alors transférer les fonctions optiques déjà démontrées dans les réseaux actuels telles que la conversion de fréquence ou la régénération de phase.

Cette thèse étudie numériquement et expérimentalement le mélange à quatre ondes sensible et insensible à la phase

dans les fibres faiblement multimodes. Les simulations présentées dans cette thèse sont basées sur l'équation non-linéaire de Schrödinger multimode implémentée par une méthode de *split-step Fourier*. Les simulations ont démontré que la régénération de phase intra- ou inter-modale serait possible. Expérimentalement, la fibre utilisée n'a pas permis de mettre en œuvre du mélange à quatre ondes suffisamment efficace pour réaliser cette fonction optique. Cependant, pour la première fois à notre connaissance, nous avons démontré expérimentalement du mélange à quatre ondes sensible à la phase dans les modes LP_{01} et LP_{11} d'une fibre faiblement multimode.

Title: Study of phase-sensitive four-wave mixing in few-mode fibers

Keywords: Multi-mode non-linear Schrödinger equation, four-wave mixing, few-mode fiber, stimulated Brillouin scattering

Abstract: In recent years, the demand for bandwidth in telecommunications has significantly increased. To maintain a considerable lead, it is essential to improve existing networks and develop more efficient new infrastructures. Consequently, the networks of the future could be composed of few-mode fibers to increase the number of independent channels within the same fiber. It would then be necessary transferring optical functions, already demonstrated in current networks such as frequency conversion or phase regeneration.

This thesis studies both numerically and experimentally phase-sensitive and

phase-insensitive four-wave mixing in few-mode fibers. The simulations presented in this thesis are based on the multimode nonlinear Schrödinger equation implemented by a split-step Fourier method. The simulations have shown that intra- or inter-modal phase regeneration could be possible. Experimentally, the fiber used did not allow efficient implementation of four-wave mixing to perform this optical function. However, for the first time to our knowledge, we have experimentally demonstrated phase-sensitive four-wave mixing in the LP_{01} and LP_{11} modes of a few-mode fiber.