

# Diverses manifestations de l'effet Raman lors de la propagation d'impulsions femtosecondes dans une fibre microstructurée

B. Kibler, A. Guenot, C. Finot & G. Millot

Institut CARNOT Bourgogne, UMR 5209 CNRS-Université de Bourgogne, Dijon  
Bertrand.Kibler@u-bourgogne.fr

La propagation non-linéaire d'impulsions femtosecondes dans une fibre optique a connu ces dernières années un vif regain d'intérêt avec le développement des fibres microstructurées air-silice. Ces dernières offrent en effet la possibilité d'avoir une dispersion anormale dans les domaines visible et proche-infrarouge, tout en bénéficiant d'une non-linéarité jusque-là inégalée. Ces propriétés ont été à la base du développement des sources supercontinuum [1]. Un tel élargissement spectral est le fruit d'une interaction complexe entre effets linéaires et non-linéaires. La dynamique de l'impulsion peut alors être décrite par l'équation de Schrödinger non-linéaire généralisée. Outre la dispersion et la non-linéarité Kerr de la silice, cette équation prend également en compte le terme de choc optique et la réponse Raman de la fibre.

Nous nous intéressons ici plus particulièrement à l'évolution d'impulsions d'environ 150 fs en régime de dispersion anormale d'une fibre microstructurée présentant deux zéros de dispersion. A l'aide de simulations numériques, nous avons pu mettre en évidence les différentes étapes de la génération de supercontinuum. En particulier, nous avons étudié les principales manifestations liées à l'effet Raman lors de l'élargissement spectral : l'auto-décalage en fréquence des solitons, la suppression de cet auto-décalage, mais également la formation de paires de solitons liés et la collision de ces solitons.

Lors des premiers pas de propagation, l'impulsion femtoseconde va tout d'abord subir une compression temporelle par effet soliton qui va élargir son spectre. L'impulsion comprimée en régime de dispersion anormale se montre alors instable vis-à-vis des effets perturbatifs, ce qui conduit à une fission. Les impulsions résultantes (solitons fondamentaux) vont alors chacune subir un auto-décalage en fréquence par effet Raman qui va progressivement les décaler vers les hautes longueurs d'ondes [2]. Le décalage Raman sera alors interrompu par la présence du second zéro de dispersion de la fibre microstructurée [3]. Il en résultera une stabilisation spectrale des solitons par l'apparition de radiations de Cerenkov en régime de dispersion normale. En augmentant la puissance injectée ou la distance de propagation, on peut alors obtenir plusieurs solitons stabilisés à la même longueur d'onde mais décalés temporellement. Enfin, durant la phase de propagation, nous avons également observé la formation de paires de solitons liés pour certaines puissances [4]. En effet, en conséquence de la fission de l'impulsion initiale, il est possible de générer des paires de solitons liés pour des puissances particulières. Ces paires de solitons subissent également un auto-décalage en fréquence mais peuvent maintenir leurs profils temporel et spectral constants, lors de la suite de la propagation. Cependant, de faibles variations de ces puissances injectées particulières mènent à l'observation de collisions de ces solitons au lieu de formations de paires stables.

Ces résultats numériques ont été confrontés avec succès aux résultats expérimentaux basés sur l'utilisation d'un laser titane-saphir femtoseconde et d'une fibre commerciale microstructurée à maintien de polarisation. Les spectres observés en sortie du dispositif confirment nos prédictions numériques.

## Références

1. J.M. DUDLEY ET AL, Supercontinuum generation in photonic crystal fiber, *Reviews of Modern Physics*, **78**, 1135-1184 (2006).
2. F.M. MITSCHKE AND L.F. MOLLENAUER, Discovery of the soliton self-frequency shift, *Optics Letters*, **11**, 659-661 (1986).
3. D.V. SKRYABIN ET AL, Soliton self-frequency shift cancellation in photonic crystal fiber, *Science*, **201**, 1705-1708 (2003).
4. N. AKHMEDIEV ET AL, Influence on the Raman-effect on solitons in optical fibers, *Optics Communications*, **131**, 260-266 (1996).