

Titre : Dynamiques non-linéaires multi-composantes dans les résonateurs fibrés de type Fabry-Pérot

Direction de la thèse : Julien Fatome

Collaborations : Dans le cadre de l'IRP CNRS Wall-IN, collaborations avec The University of Auckland ainsi que l'ULB à Bruxelles et The Max Planck Institute for the Science of Light à Erlangen.

Résumé : Une part importante de la recherche mondiale en photonique se focalise sur le développement de nouvelles sources laser large-bande et à haute cohérence, appelées peignes de fréquences. Ces sources de lumières, qualifiées également de règles fréquentielles optiques sont à l'origine d'avancées majeures dans de nombreux domaines scientifiques tels que la spectroscopie, l'astronomie, la métrologie ou les télécommunications. La recherche sur les peignes de fréquences s'est très fortement accélérée depuis une dizaine d'années grâce à l'exploitation de l'optique non-linéaire au sein de résonateurs optiques et en particulier la mise en évidence de structures temporelles dissipatives ultra-robustes : les solitons de cavité. L'émergence de ces solitons est rendue possible grâce à un double équilibre physique alliant pertes et pompage cohérent d'une part ainsi que dispersion chromatique et non-linéarité d'autre part. Pour cette dernière raison, les solitons de cavité ne sont observables que dans des matériaux pour lesquels la dispersion du guide est dite anormale à la longueur d'onde de pompe. Or, de nombreux matériaux possèdent une dispersion opposée dans des régions spectrales importantes pour la spectroscopie ou les télécommunications. Par conséquent, la génération de peignes de fréquences au sein de ces matériaux ou de ces fenêtres spectrales est rendue intrinsèquement plus complexe. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce sujet de thèse. Nous proposons plusieurs avancées technologiques basées sur l'émergence de structures temporelles ultra-courtes dans des résonateurs non-linéaires via l'exploitation d'un phénomène de brisure de symétrie en polarisation. Le contrôle de ces structures permettra alors la génération de peignes de fréquences dans des matériaux et à des longueurs d'ondes jusque-là inaccessibles.

La première partie de cette thèse aura pour objectif d'étudier le caractère vectoriel de la lumière dans des résonateurs macroscopiques constitués de fibre optique à dispersion normale. Nous montrerons alors que les interactions non-linéaires en polarisations croisées permettent la génération de structures temporelles ultrabrèves, appelées *platicons vectoriels* et *faticons*. Dans un second temps, nous réduirons la taille de ces résonateurs d'au moins deux ordres de grandeur grâce à des cavités Fabry-Pérot de (1-10 cm), avant de les tester au sein de microrésonateurs intégrés fournis par différents collaborateurs. Notre troisième objectif consistera à réduire les seuils de puissance des régimes de fonctionnement décrits précédemment en introduisant un milieu à gain à l'intérieur des cavités fibrées. Finalement, en complément des effets non-linéaires en polarisation, ce projet de thèse étudiera la possibilité de généraliser ces phénomènes dans des cavités fibrées faiblement multimodes.

Quelques références issues du projet Wall-IN :

1. B. Garbin, J. Fatome, G.-L. Oppo, M. Erkintalo, S. G. Murdoch, and S. Coen. Dissipative polarization domain walls in a passive driven Kerr resonator. *Physical Review Letters* 126, 023904 (2021).
2. G. Xu, A. Nielsen, B. Garbin, L. Hill, G.-L. Oppo, J. Fatome, S. G. Murdoch, S. Coen and M. Erkintalo. Spontaneous symmetry breaking of dissipative optical solitons in a two-component Kerr resonator. *Nature Communications* 12, 4023 (2021).
3. N. Berti, S. Coen, M. Erkintalo and J. Fatome. Extreme waveform compression with a nonlinear temporal focusing mirror. *Nature Photonics* 16, 822–827 (2022).
4. N. Englebort, N. Goldman, M. Erkintalo, N. Mostaan, S.-P. Gorza, F. Leo and J. Fatome. Bloch Oscillations of Driven Dissipative Solitons in a Synthetic Dimension. *Nature Physics* 19, 1014–1021 (2023).
5. S. Coen, B. Garbin, G. Xu, L. Quinn, N. Goldman, G.-L. Oppo, M. Erkintalo, S. G. Murdoch, and J. Fatome. Nonlinear topological symmetry protection in a dissipative system. arXiv:2303.16197, accepted in *Nature Communications* (2023).