

Solitons de phase dans un laser à semiconducteur

F. Gustave¹, L. Columbo², M. Brambilla², F. Prati³, G. Tissoni¹, S. Barland¹

¹ Université de Nice CNRS, Institut Non Linéaire de Nice, 1361 route des lucioles 06560 Valbonne, France

² Dipartimento Interateneo di Fisica, Università degli Studi e Politecnico di Bari, Via Amendola 173, 70126 Bari, Italy

³ Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia, Università dell'Insubria, Via Valleggio 11, 22100 Como, Italy
`francois.gustave@inln.cnrs.fr`

Les systèmes optiques ont souvent servi de banc de test pour l'analyse de phénomènes génériques de physique non linéaire, par exemple la formation de solitons. Ainsi, différents types de solitons conservatifs [1,2] ont été observés lors de la propagation d'ondes électromagnétiques dans des fibres optiques non linéaires. Dans des systèmes dissipatifs, des impulsions laser ont été interprétées comme des solitons et décrites comme solutions d'une équation de Ginzburg Landau cubique-quintique [3]. Dans les deux cas, les phénomènes physiques invoqués pour expliquer l'existence de ces solitons sont la dispersion chromatique et l'automodulation de phase (éventuellement complétés par la présence de dissipation et l'apport d'énergie) [3]. Ainsi, tous ces solitons requièrent une densité de puissance optique suffisante pour que la non linéarité Kerr puisse compenser la dispersion. Il est donc essentiellement question de *l'intensité* d'une onde électromagnétique. Dans cette contribution, nous montrons expérimentalement l'existence de solitons dissipatifs encore jamais observés en optique qui se forment fondamentalement dans la *phase* du champ électromagnétique. Ces solitons qui résultent d'une transition commensuré-incommensuré dans un système hors équilibre [4] possèdent une forme de chiralité que nous mesurons expérimentalement.

Le système expérimental est un laser à semiconducteur en anneau sous l'influence d'un forçage cohérent. Afin de donner au système l'extension spatiale suffisante pour pouvoir supporter la formation de solitons, nous préparons un laser fortement multimode longitudinal. Quand ce laser est soumis au forçage provenant d'un autre laser accordable en fréquence, nous observons différents régimes dynamiques avec en particulier des zones spatiales accrochées en phase au forçage dans lesquelles il existe des îlots chaotiques. Dans certains cas, nous observons que ces îlots chaotiques rétrécissent au cours du temps (qui se mesure en nanosecondes) pour finalement se stabiliser sous la forme d'une ou plusieurs impulsions optiques qui se propagent ensuite sans déformation. Une mesure en temps réel de la phase relative du champ laser par rapport à celle du forçage permet de montrer que ces solitons consistent en une rotation de 2π de la phase autour de l'origine. Dans le cas idéalisé d'une dynamique purement de phase, ces solitons peuvent être reliés aux solitons topologiques de l'équation de sine-Gordon. Dans le cas plus général étudié expérimentalement (une dynamique d'intensité accompagne la dynamique de phase), un modèle tenant compte des spécificités physiques et géométriques de l'expérience et qui reproduit remarquablement les observations expérimentales peut être réduit à une équation de Ginzburg-Landau forcée, modifiée par un terme qui brise la symétrie de parité dans l'espace considéré.

Références

1. B. Kibler, Nature Physics 6, 790-795 (2010)
2. Y. S. Kivshar, Elsevier Science, 9780080538099, (2003)
3. P. Grelu and N. Akhmediev, Nat Photon 6, 84 (2012).
4. P. Coullet, Phys. Rev. Lett., 56(7), 724-727 (1986)