

**Master OAM – Proposition de projet**Institut de Physique de Nice  
CNRS & Université Nice Sophia Antipolis**Comment générer et contrôler un soliton en optique ?**Claire MICHEL, [claire.michel@inphyni.cnrs.fr](mailto:claire.michel@inphyni.cnrs.fr), 04 92 07 67 56

**Contexte général.**— Une onde solitaire est une onde qui se propage sans se déformer sur de très longues distances. Ce phénomène est rendu possible lorsque l'onde est suffisamment intense pour déclencher un effet non-linéaire dans le milieu dans lequel elle se propage. Cet effet compense la dispersion naturelle de l'onde, qui se propage ainsi sans perdre sa forme initiale. La première observation d'un "soliton" revient à Scott-Russell qui, en 1850, a pu suivre sur plusieurs kilomètres une vague de grande amplitude qui se propageait dans le canal de l'Union qui relie Edimbourg à Forth-Clyde sans se déformer, et à vitesse constante [1].

Les solitons sont présents dans de nombreux domaines de physique, notamment en hydrodynamique, en acoustique, en mécanique, ou encore en optique [2]. Dans le dernier cas, il existe trois types de solitons : les solitons spatiaux (pour lesquels la non-linéarité compense la diffraction), les solitons temporels (pour lesquels la non-linéarité compense la dispersion temporelle), et enfin les solitons spatiaux-temporels ou "billes de lumière" (pour lesquels les deux effets de diffraction et de dispersion sont compensés simultanément). Plus robustes que des impulsions classiques, les solitons optiques sont des solutions potentielles pour véhiculer une grande quantité d'information, sur de longues distances, et en réduisant les imperfections et déformations du signal. Au jour d'aujourd'hui, les systèmes de télécommunications utilisent majoritairement des techniques linéaires de multiplexage modal, mais les solitons restent une solution alternative permettant un traitement tout-optique de l'information. Par ailleurs, les solitons sont utilisés pour le blocage de modes dans des lasers femto-secondes [3].

**Objectifs.**— Durant ce projet, nous étudierons les solitons optiques, et pourrons nous intéresser en particulier à leur propagation et leur dynamique spatiale et temporelle. Pour ce faire, le projet se découpera en trois parties :

1. une partie théorique pendant laquelle nous établirons les conditions menant à la génération d'une onde solitaire. Cela nous amènera à discuter de notions comme la dispersion temporelle, la diffraction, la génération de nouvelles fréquences, la modulation de phase, etc,
2. une partie bibliographique sur les études en hydrodynamique et en optique reliées à la physique des solitons, et le lien possible entre ces deux approches,
3. une partie numérique sur l'étude de la génération et de la propagation d'un soliton dans un milieu non-linéaire. Nous pourrons aussi étudier la dynamique des solitons comme leur robustesse aux collisions et aux perturbations extérieures.

**Références :**

- [1] Russell, J.S., "Report on Waves", British Association for the Advancement of Science (1845).  
[2] Agrawal, G.P., "Nonlinear fiber optics", Academic Press (2001).  
[3] Isomäki, A. and Okhotnikov, O.G., "Femtosecond soliton mode-locked laser based on ytterbium-doped photonic bandgap fiber", Optics Express, **14**, 20 (2006).