

Solitons dans un système neuromorphique optique avec rétroaction retardée.

B. Garbin¹, J. Javaloyes², G. Tissoni¹ & S. Barland¹

¹ Université de Nice-CNRS UMR 7335, Institut Non Linéaire de Nice, 1361 route des lucioles, 06560 Valbonne, France.

² Universitat de les Illes Balears, C/Valldemossa km 7.5, 07122 Mallorca, Spain.

`bruno.garbin@inln.cnrs.fr`

Des solitons (conservatifs ou dissipatifs) ont été observés dans de nombreux systèmes physiques, entre autres des systèmes optiques. Par exemple, des solitons temporels ont été observés dans des fibres optiques [1] et des solitons spatiaux ont été observés dans des milieux photoréfractifs [2]. Dans le premier cas il s'agit d'une impulsion ne se déformant pas au cours de la propagation et qui est confinée spatialement par un guide d'onde. Dans le deuxième cas, complémentaire, c'est la forme spatiale du faisceau qui est préservée au cours de la propagation. Dans les deux cas, les systèmes considérés sont des systèmes spatialement étendus et les opérateurs de couplage spatial (en optique il s'agit le plus souvent de dispersion ou diffraction) sont ceux qui donnent sa dimension infinie du système. Dans cette contribution, nous analysons expérimentalement et théoriquement la dynamique d'un système excitable (de basse dimension) auquel nous ajoutons un terme de rétroaction retardée. Il s'agit donc de nouveau d'un système de dimension infinie mais il est maintenant modélisé par une équation à retard au lieu d'une équation aux dérivées partielles. Nous observons expérimentalement la formation de structures ayant toutes les propriétés des solitons dissipatifs et dont la stabilité résulte de la topologie de l'espace des phases du système de basse dimension qui est au coeur de l'expérience.

L'expérience est basée sur un laser à semiconducteur à cavité verticale (dont les dimensions spatiales sont de l'ordre de quelques longueurs d'onde) sous l'influence d'un forçage cohérent. En absence de rétroaction, nous vérifions le caractère excitable du système et en déduisons les propriétés essentielles de son espace de phase [3]. Avec l'ajout d'une rétroaction retardée, nous montrons qu'une impulsion excitable est maintenant régénérée périodiquement, chaque fois qu'elle a parcouru un aller-retour dans la boucle de rétroaction. Nous sommes donc passés d'un système excitable à un système bistable, dans lequel un point fixe coexiste avec une orbite périodique qui correspond à la répétition d'une brève impulsion optique. Dans le pseudo-espace formé par la boucle de rétroaction, nous pouvons nucléer une ou plusieurs autres orbites périodiques correspondant elles-aussi à la régénération périodique d'une impulsion excitable. Si la boucle de rétroaction est suffisamment longue (ou si le pseudo-espace est suffisamment grand) nous pouvons ainsi nucléer des états localisés indépendants les uns des autres, dans une parfaite analogie avec les observations réalisées dans les systèmes spatialement étendus. Nous montrons théoriquement que cette analogie n'est pas que fortuite. En effet, il est possible (utilisant des approximations tout à fait justifiables du point de vue expérimental) de réduire le modèle physique initial déjà très simple à une équation de sine-Gordon suramortie, montrant ainsi de façon formelle la parenté entre les objets observés expérimentalement et des solitons topologiques [4].

Références

1. F. Leo *et al.*, Temporal cavity solitons in one-dimensional Kerr media as bits in an all-optical buffer, *Nat. Photon.* **4**, 471 (2010).
2. S. Barland *et al.*, Cavity solitons as pixels in semiconductor microcavities, *Nature* **419**, 699 (2002).
3. M. Turconi *et al.*, Control of excitable pulses in an injection-locked semiconductor laser, *Phys. Rev. E* **88**, 022923 (2013).
4. B. Garbin *et al.*, Topological solitons as addressable phase bits in a driven laser, *Nat. Commun.* **6** (2015).