

# Observation de spirales dans le profil transverse d'intensité d'un laser saphir-titane

Marco Romanelli, Marc Brunel et Marc Vallet

Institut de Physique de Rennes UMR CNRS 6251, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, F-35042  
Rennes Cedex, France  
`marco.romanelli@univ-rennes1.fr`

Les premières études détaillées de structures transverses, ou *patterns*, en optique ont débuté il y a une vingtaine d'années [1]. Depuis, différents types de structures transverses ont été observées dans une grande variété de configurations expérimentales, tant dans des systèmes actifs que passifs [2,3,4]. Nous rapportons ici l'observation expérimentale de structures stationnaires inédites dans le profil transverse d'intensité d'un laser saphir-titane continu.

La géométrie du résonateur est linéaire, les miroirs de cavité sont respectivement plan et concave. Le cristal de saphir-titane est placé contre le miroir plan. Le laser est pompé longitudinalement par un Nd :YAG doublé. En limite de stabilité, les modes transverses d'une telle cavité sont dégénérés en fréquence. Le paramètre qui régit le comportement du système est la longueur de la cavité, qui fixe la taille du mode laser et donc le nombre de Fresnel de l'oscillateur. Trois régimes distincts sont alors identifiés.

Premièrement, lorsque la cavité est géométriquement stable, loin de la limite de stabilité, on observe des distributions spatiales d'intensité de symétrie approximativement cylindrique, facilement interprétables en termes de superposition d'un faible nombre de modes de Laguerre-Gauss, c'est-à-dire les modes propres "standard" du résonateur vide. Deuxièmement, en s'approchant de la limite de stabilité géométrique, la taille du mode de cavité tend vers zéro dans le milieu actif, le nombre de Fresnel effectif augmente, et on observe l'apparition de structures complexes en forme de spirales ou de réseaux. Enfin, en augmentant davantage la longueur de la cavité laser, ces structures disparaissent subitement, donnant lieu à une émission caractérisée par une forte intensité concentrée autour de l'axe du résonateur. Cette transition se produit lorsque la cavité laser devient géométriquement instable [5].

A la différence de ce qui se passe dans le premier régime, où l'on reconnaît les modes de Laguerre-Gauss, les structures en spirale ne sont pas déductibles simplement des modes propres du résonateur. Elles semblent indépendantes des conditions aux limites géométriques imposées par la cavité, et plutôt déterminées par la dynamique non-linéaire intrinsèque au système. Finalement, en insérant une ouverture rectangulaire dans le résonateur, on observe des motifs "cristallins" [2] dont la symétrie reflète celle de l'ouverture.

## Références

1. S.A. Akhmanov, M.A. Vorontsov, V. Iu. Ivanov, Large-scale transverse nonlinear interactions in laser beams - New types of nonlinear waves, generation of 'optical turbulence', *Pis'ma v Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki*, vol. 47, June 25, 1988, p. 611-614.
2. M. Brambilla et al., Transverse laser patterns. I. Phase singularity crystals, *Phys. Rev. A*, vol. 43, p. 5090-5113, 1999.
3. F.T. Arecchi, S. Boccaletti, P. Ramazza, Pattern formation and competition in nonlinear optics, *Physics Reports*, 318, p. 1-83, 1999.
4. S. Residori, Patterns, fronts and structures in a Liquid-Crystal-Light-Valve with optical feedback, *Physics Reports*, 416 (5-6), p. 201-272, 2005.
5. A. E. Siegman, Unstable Optical Resonators, *Appl. Opt.* 13, p. 353-367, 1974.