

Ondes de choc et implosion d'un faisceau optique Gaussien se propageant dans un cristal liquide à non-linéarité focalisante.

Louis Hélène *et al.*¹

Univ. Lille, CNRS, UMR 8523 - PhLAM - Physique des Lasers Atomes et Molécules, F-59000 Lille, France
helene.louis@univ-lille1.fr

Le raidissement de l'enveloppe d'un paquet d'ondes se propageant dans un milieu est un phénomène non linéaire rencontré fréquemment en physique. Lorsque ce raidissement (ou gradient du profil) devient infini, le profil de l'enveloppe devient abrupt (ou discontinu) et conduit à une onde de choc. L'effet est connu aussi sous le nom de "catastrophe du gradient". C'est le cas bien connu de la vague qui se raidit en arrivant sur la plage et qui finit par se briser.

En fonction du milieu dans lequel s'effectue la propagation, les ondes de choc présentent un front accompagné d'oscillations ou non. C'est le cas respectivement des chocs dissipatif et dispersif. En optique non-linéaire, la mise en évidence expérimentale d'ondes de choc dispersives spatiales a été réalisée il y a une dizaine d'années pour une non-linéarité défocalisante [1]. Le cas du milieu focalisant est plus délicat à appréhender principalement en raison de l'instabilité de modulation. En effet, sa présence complique l'observation des ondes de choc et empêche le développement des études analytiques. Des alternatives ont été proposées pour contourner ce problème dans le domaine spatial dont une expérience utilisant un faisceau partiellement cohérent [2]. Une étude numérique propose, elle, d'utiliser un milieu dont la réponse est non locale [3]. L'idée dans ces deux cas est de frustrer ou retarder l'apparition de l'instabilité modulationnelle.

Nous tirons parti ici de la réponse non locale des cristaux liquides nématiques ancrés pour explorer et étudier expérimentalement les phénomènes d'ondes de choc lorsque la non-linéarité Kerr est focalisante. Nous montrons que ce type de réponse retarde l'apparition de l'instabilité modulationnelle lors de la propagation d'un faisceau optique Gaussien et permet l'observation de la formation d'ondes de choc.

Nous mettons en évidence expérimentalement le phénomène de catastrophe du gradient lors de la propagation lumineuse dans un cristal liquide focalisant (E7) d'un faisceau Gaussien large initialement de quelques centaines de microns. Au cours de la propagation, les deux côtés du profil Gaussien se raidissent et convergent avant de se repousser. Une loi de puissance est retrouvée pour le point de convergence en fonction de la puissance injectée, comme pour le cas défocalisant [4].

Un profil optique initial en forme de créneau est aussi étudié. La moitié du faisceau gaussien est bloquée [2] ce qui conduit à de la diffraction de Fresnel non linéaire. Dans cette configuration, de multiples ondes de choc sont générées successivement et l'effet de la non-localité conduit à l'éjection d'une onde solitaire se propageant à travers le faisceau diffracté.

La modélisation du système par une équation de propagation pour le champ optique et une équation d'évolution temporelle stochastique non locale pour la non-linéarité du milieu Kerr reproduit fidèlement nos observations expérimentales. Les simulations numériques font clairement apparaître le caractère dispersif des ondes de choc émises. Ainsi, bien que notre système soit stochastique et que la réponse du milieu soit extrêmement lente par rapport à l'échelle d'évolution du champ optique, il constitue un excellent terrain de jeu pour l'exploration des ondes de choc.

Références

1. W. Wan, S. Jia, and J. W. Fleischer, *Nat. Phys.* **3**, 46 (2007).
2. W. Wan, D. V Dylov, C. Barsi, and J. W. Fleischer, *Opt. Lett.* **35**, 2819 (2010).
3. G. Assanto, T. R. Marchant, and N. F. Smyth, *Phys. Rev. A* **78**, 1 (2008).
4. N. Ghofraniha, L. S. Amato, V. Folli, S. Trillo, E. DelRe, and C. Conti, *Opt. Lett.* **37**, 2325 (2012).