

Condensation d'ondes classiques en fibre optique multimode

K. Baudin^{1,2}, A. Fusaro^{2,3}, J. Garnier¹, K.Krupa^{2,4}, I. Carusotto⁵, S. Rica⁶, G. Millot², A. Picozzi²

¹ CMAP, CNRS, Ecole Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris - 91128 Palaiseau Cedex, France

² ICB, CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté - Dijon, France

³ CEA, DAM, DIF - F-91297 Arpaçon, France

⁴ Institute of Physical Chemistry Polish Academy of Sciences - 01-224 Warsaw, Poland

⁵ INO-CNR BEC Center and Dipartimento di Fisica, Università di Trento - I-38123 Povo (TN), Italy

⁶ Universidad Adolfo Ibañez - Peñalodén, 7910000 Santiago, Chile

kilian.baudin@polytechnique.edu

Des études théoriques en turbulence d'ondes ont montré que des ondes classiques aléatoires peuvent exhiber un processus de condensation [1]. Par ailleurs, un effet remarquable de nettoyage de faisceau optique a récemment été découvert dans les fibres optiques multimodes (FOM) [2], dont le mécanisme sous-jacent reste mal compris. Dans le cadre de la théorie de turbulence d'ondes, nous avons dérivé une équation cinétique qui prend en compte le désordre structurel inhérent à la propagation de la lumière dans les FOMs, ce qui décrit l'effet de nettoyage de faisceau comme un effet de condensation dans le mode fondamental de la fibre [3]. Nous reportons ici l'observation de la condensation de lumière, qui résulte de la thermalisation vers l'état d'équilibre de Rayleigh-Jeans (RJ) [4]. En diminuant l'énergie en-dessous de la valeur critique E_{crit} , le potentiel chimique tend vers le niveau d'énergie fondamental $\mu \rightarrow \beta_0$: le dénominateur de la distribution de RJ s'annule et la singularité se régularise par une population macroscopique du mode fondamental (Fig. 1(a-b)). Alors que la chaleur spécifique $C_V \rightarrow M$ dans l'état condensé (comme attendu par l'équipartition d'énergie parmi les M modes de la FOM), pour $T > T_{\text{crit}}$ on observe $C_V \rightarrow 0$ (Fig. 1(d)), propriété qui résulte du nombre fini de modes du système [4]. D'autres expériences récentes corroborent l'observation de thermalisation de lumière dans les FOMs [5,6].

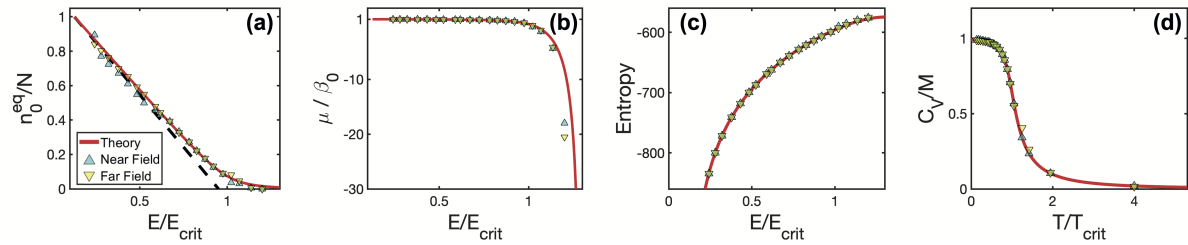


Figure 1. Mesures expérimentales de la fraction de puissance condensée dans le mode fondamental n_0^{eq}/N vs l'énergie E/E_{crit} (a), le potentiel chimique μ vs E/E_{crit} (b), l'entropie vs E/E_{crit} (c), la chaleur spécifique C_V/M vs température T/T_{crit} (d) déterminées par les intensités en champ proche (triangle bleu), et en champ lointain (triangle jaune). Les lignes rouges reportent la théorie de RJ à l'équilibre ($E_{\text{crit}}, T_{\text{crit}}$ étant les valeurs critiques de la transition vers l'état condensé). La ligne noire hachurée en (a) reporte la transition de phase de condensation dans la limite thermodynamique. Voir référence [4] pour les détails de l'expérience.

Références

1. S. Nazarenko, *Wave Turbulence* (Lectures Notes in Physics, New-York, Springer, 2011).
2. K. KRUPA & AL, *Nature Photonics*, **10**, 771 (2017).
3. A. FUSARO & AL, *Phys. Rev. Lett.*, **122**, 123902 (2019).
4. K. BAUDIN & AL, *Phys. Rev. Lett.*, **125**, 244101 (2020).
5. H. POURBEYRAM & AL, arXiv :2012.12110 ;
6. F. MANGINI & AL, arXiv :2111.08063.