



HAL
open science

COHÉRENCE PARTIELLE D'UN MICROLASER À SEMICONDUCTEUR DANS LA RÉGION DU SEUIL

Djeylan Aktas, Olivier Alibart, Gian Luca Lippi, Éric Picholle, Sébastien Tanzilli

► To cite this version:

Djeylan Aktas, Olivier Alibart, Gian Luca Lippi, Éric Picholle, Sébastien Tanzilli. COHÉRENCE PARTIELLE D'UN MICROLASER À SEMICONDUCTEUR DANS LA RÉGION DU SEUIL. 37e KNOG Journées Nationales d'Optique Guidée, Dominique Pagnoux, 2017, Limoges, France. <hal-03566534>

HAL Id: hal-03566534

<https://hal.science/hal-03566534v1>

Submitted on 11 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

COHÉRENCE PARTIELLE D'UN MICROLASER À SEMICONDUCTEUR DANS LA RÉGION DU SEUIL

Djeylan Aktas, Olivier Alibart, Gian Luca Lippi, Éric Picholle et Sébastien Tanzilli

*Institut de Physique de Nice (IN ϕ NI), UMR 7010 CNRS-UMR, Université de Nice Sophia Antipolis,
Membre de l'Université Côte d'Azur, Parc Valrose, 06108 Nice cedex, France*

eric.picholle@inphyni.cnrs.fr

RÉSUMÉ

L'émission de microlasers dans la région du seuil est caractérisée par des techniques de coïncidence quantique. Un mélange de composantes cohérentes et incohérentes est mis en évidence aux très faibles intensités de pompe.

MOTS-CLEFS : *Microlasers ; lasers de classe B ; seuil ; cohérence*

1. INTRODUCTION

Les micro- et nano-lasers à semiconducteurs de classe B sont caractérisés par une région de seuil étendue, dans laquelle émissions spontanée et stimulée entrent en compétition, le faible nombre de modes actifs induisant en outre des effets stochastiques de discrétisation [1,2]. Difficile à caractériser par des techniques classiques, cette région de seuil peut l'être par des techniques de corrélations quantiques [3].

D'après une proposition de Lebreton *et al.*, les mêmes techniques permettent en outre de déterminer certaines propriétés spectrales du rayonnement émis, y compris à très bas niveau optique, et en particulier de distinguer un rayonnement cohérent de celui émis par une source chaotique ("blanche") [4]. Pour cela, un interféromètre de Mach-Zender est intercalé entre la source et un analyseur de type Hanbury Brown and Twiss (Fig. 1).

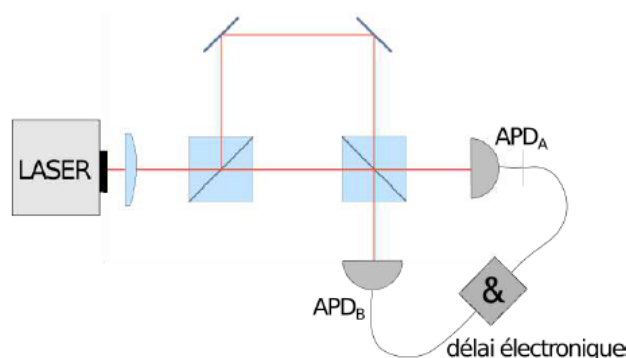


Fig. 1 : Schéma de principe de la mesure. Le faisceau à analyser traverse un interféromètre de Mach-Zender, dont les deux sorties alimentent deux photodétecteurs à comptage de photon (APD A&B), dont les coïncidences sont enregistrées sur un convertisseur temps-numérique (TDC)

2. TRANSITION DU RÉGIME CHAOTIQUE VERS LE RÉGIME COHÉRENT

L'analyse théorique de Lebreton et al. [4] prédit la possibilité de trois types de régime laser présentant des signatures très différentes : (a) une émission incohérente, caractérisée par deux pics de corrélation étroits, symétriques par rapport à l'origine et correspondant aux trajets court-long et long-court dans l'interféromètre ; un terme d'interférence quantique éteint les contributions court-court et long-long pour $\tau = 0$ (Fig. 2a, à gauche) ; (b) un régime cohérent stationnaire, caractérisé par un "dip" en $\tau = 0$ (Fig. 2b, au centre) ; et (c) un régime cohérent intermittent, caractérisé par trois pics larges, le pic central étant lui-même creusé d'un dip moins profond (Fig. 2c, à droite) .

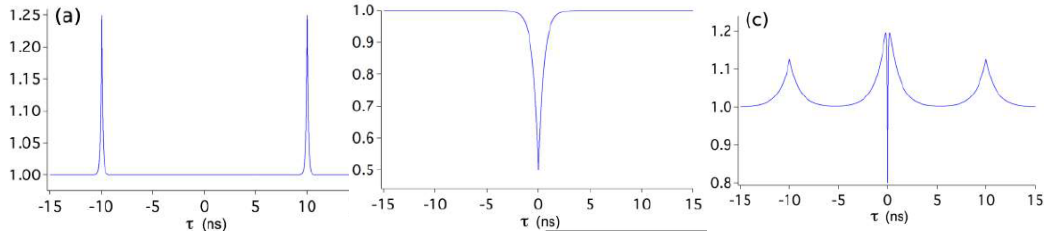


Fig. 2 : Corrélations en intensité croisées pour (a) une source incohérente à spectre large ($\tau_{\text{coh}} = 100$ ps) ; (b) au centre : une source cohérente ($\tau_{\text{coh}} = 10$ ns) ; (c) une source incohérente ($\tau_{\text{coh}} = 100$ ps) présentant des fluctuations temporelles ($\tau_{\text{caract.}} = 1$ ns). Numérique, d'après [4]

Nous avons caractérisé de cette façon un microlaser du commerce, Thorlabs VCSEL-980, polarisé et émettant à une longueur d'onde de 980 nm, avec un diamètre de cavité de l'ordre de $6 \mu\text{m}$ (soit $\beta \sim 10^{-4}$). On observe en effet une région de seuil étendue, dans laquelle on transite d'un régime essentiellement incohérent (Fig. 3, en haut à gauche) vers un régime essentiellement cohérent (Fig. 3, en bas à droite), *via* des régimes intermédiaires qu'on peut interpréter comme des régimes de fonctionnement cohérent intermittent, avec des temps caractéristiques de fluctuation croissants avec l'intensité de pompe (Fig. 3, en haut à droite & en bas à gauche).

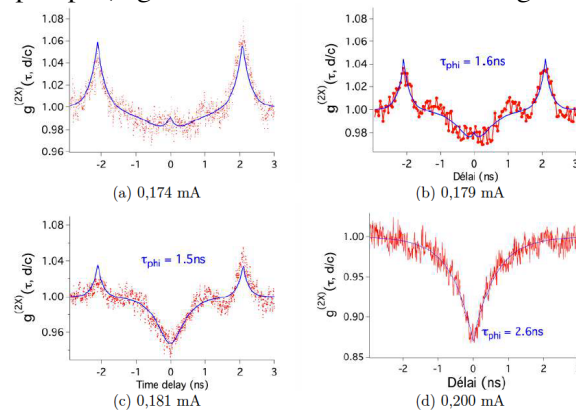


Fig. 3 : Corrélations en intensité croisées pour des valeurs croissantes de l'intensité de pompe. En rouge : points expérimentaux ; en bleu : courbes d'ajustement numérique.

3. MÉLANGE DE COMPOSANTES COHÉRENTES ET INCOHÉRENTES

Une analyse plus fine des corrélations à faible intensité en-deça de la région de seuil, dans un régime *a priori* dominé par l'émission spontanée, montre toutefois qu'à la signature majoritaire d'un rayonnement majoritairement incohérent du microlaser, vient se superposer une faible contribution d'une composante cohérente intermittente (pic central sur la Fig. 3, en haut à gauche).

Cette observation reste valide pour les très faibles intensités de pompe, même si le repérage des pics n'est alors possible que via une analyse numérique détaillée (Fig. 4).

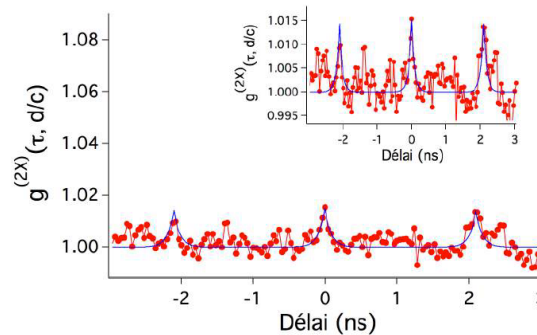


Fig. 4 : Corrélations en intensité croisées pour une intensité de pompage très en-deçà du seuil ($I = 0,122$ mA). En rouge : points expérimentaux. Le traitement numérique (courbes d'ajustement, en bleu) fait apparaître des pics caractéristiques d'une cohérence partielle indiscernables "à l'œil" des fluctuations expérimentales

En résumé, nous avons donc mis en évidence la signature d'une composante cohérente de l'émission d'un microlaser de classe B très en-deçà du seuil, dans une région où celle-ci est très majoritairement incohérente ("zone 1" sur la Fig. 5). À mesure que l'intensité de pompage augmente, le laser traverse une région de seuil étendue caractérisée par un mélange de composantes incohérente et cohérente intermittente (zone jaune), avant de franchir un seuil de pleine cohérence et d'atteindre un fonctionnement continu ("zone 2"). Dans les gammes de paramètres accessibles aux mesures classiques (zone 2 & partie haute de la zone transitoire), celles-ci sont parfaitement compatibles avec les mesures spectrales par corrélations quantiques présentées ici [5].

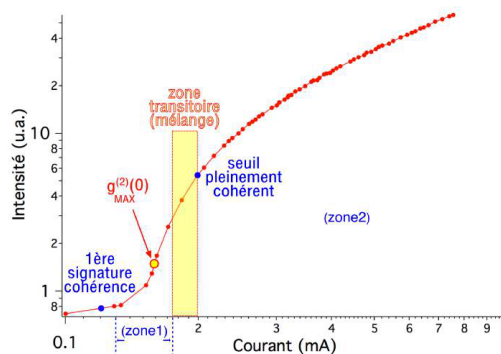


Fig. 5 : Positionnement des régimes spectraux identifiés dans la région de seuil d'un microlaser

RÉFÉRENCES

- [1] F.T. Arrechi et V. Degiorgio, "Statistical properties of laser radiation during a transient buildup", *Phys. Rev. A* **3**, 1108, 1971.
- [2] G.P. Puccioni et G.L. Lippi, "Stochastic simulator for modeling the transition to lasing", *Opt. Express*, **23**, 2369, 2015.
- [3] D. Aktas, T. Wang, O. Alibart, G.L. Lippi, É. Picholle et S. Tanzilli, "Caractérisation par corrélations quantiques de la région de seuil de microlasers de classe B", JNOG 2016, Bordeaux.
- [4] A. Lebreton, I. Abram, R. Braive, I. Sagnes, I. Robert-Philip et A. Beveratos, "Theory of interferometric photon-correlation measurements : Differentiating coherent from chaotic light", *Phys. Rev. A*, vol. 88, 013801, 2013.
- [5] T. Wang, G.P. Puccioni et G.L. Lippi, "Dynamic buildup of lasing in mesoscale devices", *Scient. Reports*, **5**, art. 15858, 2015.