



**HAL**  
open science

# SUPPRESSION DU BEAM STEERING DANS UN LASER À CASCADES QUANTIQUES SOUMIS À UNE CONTRE-RÉACTION OPTIQUE EXTERNE

Olivier Spitz, Louise Jumpertz, Simon Ferre, Mathieu Carras, Frederic Grillot

► **To cite this version:**

Olivier Spitz, Louise Jumpertz, Simon Ferre, Mathieu Carras, Frederic Grillot. SUPPRESSION DU BEAM STEERING DANS UN LASER À CASCADES QUANTIQUES SOUMIS À UNE CONTRE-RÉACTION OPTIQUE EXTERNE. Journées Nationales d'Optique Guidée, Jul 2017, Limoges, France. hal-02342885

**HAL Id: hal-02342885**

**<https://telecom-paris.hal.science/hal-02342885>**

Submitted on 1 Nov 2019

**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.

# SUPPRESSION DU BEAM STEERING DANS UN LASER À CASCADES QUANTIQUES SOUMIS À UNE CONTRE-RÉACTION OPTIQUE EXTERNE

Olivier Spitz<sup>1,2</sup>, Louise Jumpertz<sup>1,2</sup>, Simon Ferré<sup>2</sup>, Mathieu Carras<sup>2</sup>, et Frédéric Grillot<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, 46 rue Barrault, 75013 Paris France

<sup>2</sup> mirSense, Centre d'Intégration Nano Innov, 8 avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau, France

<sup>3</sup> Center for High Technology Materials, University of New-Mexico, 1313 Goddard SE, Albuquerque, USA

olivier.spitz@telecom-paristech.fr

## RÉSUMÉ

Les lasers à cascades quantiques sont des sources semiconductrices exploitant les transitions inter-sous-bandes au sein de la bande de conduction. Pour les applications de forte puissance, la qualité du faisceau en champ proche est altérée, notamment par le *beam steering*. Dans cet article, nous montrons que le *beam steering* peut être efficacement supprimé tout en conservant une bonne qualité de faisceau en champ proche grâce à l'application d'une contre-réaction optique externe.

**MOTS-CLEFS :** Lasers à cascades quantiques ; contre-réaction optique ; champ proche ; *beam steering*

## 1. INTRODUCTION

Les lasers à cascades quantiques (LCQ) sont des sources semiconductrices basées sur des transitions inter-sous-bandes au sein de la bande de conduction. Pouvant émettre sur une large plage de longueurs d'onde allant du moyen infra-rouge au terahertz, les LCQ sont devenus une source privilégiée pour des applications telles que la spectroscopie de gaz, les communications en espace libre ou les contre-mesures optiques et ce grâce à leur compacité et leur efficacité à température ambiante. De nombreuses applications des LCQ exigent de fortes puissances notamment dans le domaine du moyen-infrarouge [1]. Afin d'accroître la puissance émise, il est possible d'augmenter la taille de la zone active du laser. Des puissances crêtes de 203 W ont ainsi pu être atteintes avec des structures de 400  $\mu\text{m}$  de large [2]. Cependant, ces performances se font au prix d'une détérioration de la qualité de faisceau et d'une mauvaise dissipation thermique pouvant détruire le composant. Le *beam steering* est l'une des sources de dégradation du faisceau. Il est lié à l'existence de plusieurs modes transverses dans la cavité et est donc présent à partir d'une largeur typique de 12  $\mu\text{m}$  dans le cas d'un LCQ émettant à 5  $\mu\text{m}$  [3]. Une des façons de s'en affranchir est de mettre en œuvre une contre-réaction optique externe [4] [5].

## 2. CARACTÉRISTIQUES DU LASER ÉTUDIÉ

Le LCQ Fabry-Perot que nous utilisons est composé de 30 couches de GaInAs/AlInAs comprises entre deux couches de InP [7]. Les dimensions de la structure sont respectivement 14  $\mu\text{m}$  de large et 3 mm de long. Un traitement hautement réfléchissant est apposé sur la facette arrière du laser dans le but de maximiser la puissance de sortie. La Figure. 1 montre les caractéristiques tension-courant et puissance-courant du laser. A la température ambiante (298 K), la tension de coude est d'environ 8 V, le courant de seuil de 396 mA, et la puissance moyenne émise de 78 mW pour un rapport cyclique de 3% (e.g. pour une impulsion de 600 ns à un taux de répétition de 50 kHz). En utilisant les équations de Maxwell et un logiciel utilisant la méthode des éléments finis, on peut simuler les modes du LCQ, comme montré sur l'insert de la Figure 1. On remarque ainsi que le mode TM0 et le mode TM1 sont simultanément présents dans la cavité. La coexistence de ces deux modes est responsable du *beam steering* et induit une déformation du faisceau.

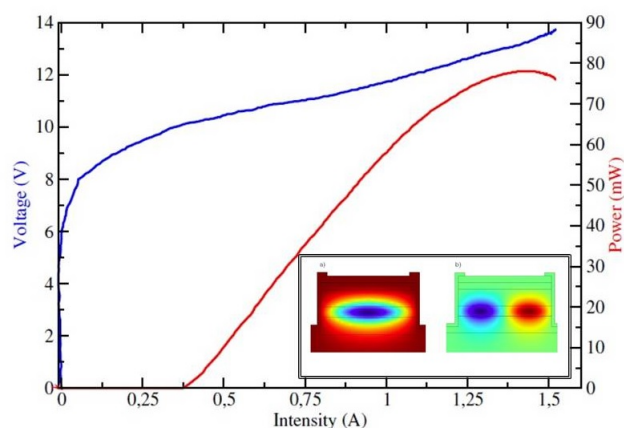


FIGURE 1 : Caractéristiques tension-courant et puissance-courant du LCQ étudié. En insert, simulation des modes TM0 et TM1 pouvant exister dans la cavité

### 3. SUPPRESSION DU BEAM STEERING PAR CONTRE-RÉACTION OPTIQUE EXTERNE

Le dispositif expérimental utilisé est détaillé en Figure 2. D'une part, la lame séparatrice permet d'obtenir une image du champ proche grâce à une caméra infrarouge composée d'une matrice de  $124 \times 124$  pixels, le faisceau étant focalisé grâce à une lentille de focale 1.87 mm. D'autre part, elle permet au faisceau d'être réfléchi sur un miroir avant d'être réinjecté dans la cavité du LCQ. Le rapport entre la puissance optique réinjectée dans le LCQ à la puissance optique émise par ce dernier est évalué à 5%. La lame séparatrice, placée à égale distance du miroir et de la caméra, permet d'avoir accès à l'image du champ proche réinjecté dans la cavité. La position relative ( $\Delta x$ ) du faisceau réinjecté par rapport au faisceau initial est un paramètre déterminant dans cette étude. Afin de pouvoir varier ce paramètre, le miroir est monté sur un support rotatif, qui permet de contrôler avec une précision de  $\pm 2'$  l'angle  $\theta$  du faisceau et donc de contrôler  $\Delta x$ .

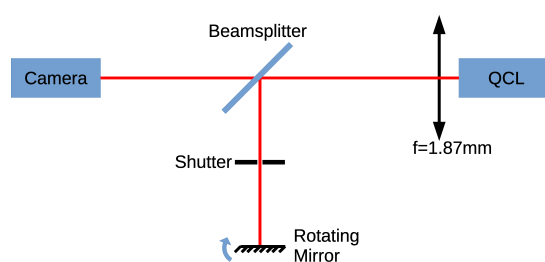


FIGURE 2 : Dispositif expérimental utilisé pour la contre-réaction optique externe

La Figure 3 montre le champ proche du LCQ lorsque celui-ci est soumis à la contre-réaction optique. Pour chaque diagramme, la courbe à deux dimensions est obtenue en sommant les intensités de chaque colonne de pixels. L'insert donne l'image obtenue grâce à la caméra infrarouge. La contre-réaction est centrée sur le faisceau initial lorsque  $\Delta x = 0 \mu\text{m}$ . La première et la dernière courbe ( $\Delta x = -10 \mu\text{m}$  et  $\Delta x = +10 \mu\text{m}$ ) correspondent aux cas où la contre-réaction optique est absente, le faisceau étant réinjecté en dehors de la cavité (le LCQ a une largeur totale de  $14 \mu\text{m}$ ). Ces deux courbes montrent l'existence du *beam steering* puisqu'on distingue deux maxima.

Lorsque l'angle varie, les deux maxima se détachent plus amplement ( $\Delta x = -7 \mu\text{m}$ ,  $\Delta x = -5 \mu\text{m}$ ,  $\Delta x = +5 \mu\text{m}$ ,  $\Delta x = +8 \mu\text{m}$ ). À l'approche de la position centrale, on ne distingue plus qu'un seul maximum mais celui-ci n'est pas centré sur le faisceau initial ( $\Delta x = -2 \mu\text{m}$ ,  $\Delta x = +2 \mu\text{m}$ ). La suppression totale du *beam*

*steering* intervient pour une contre-réaction centrée ( $\Delta x = 0 \mu\text{m}$ ). Pour ce cas particulier, le *beam steering* peut être efficacement supprimé tout en conservant une bonne qualité de faisceau en champ proche.

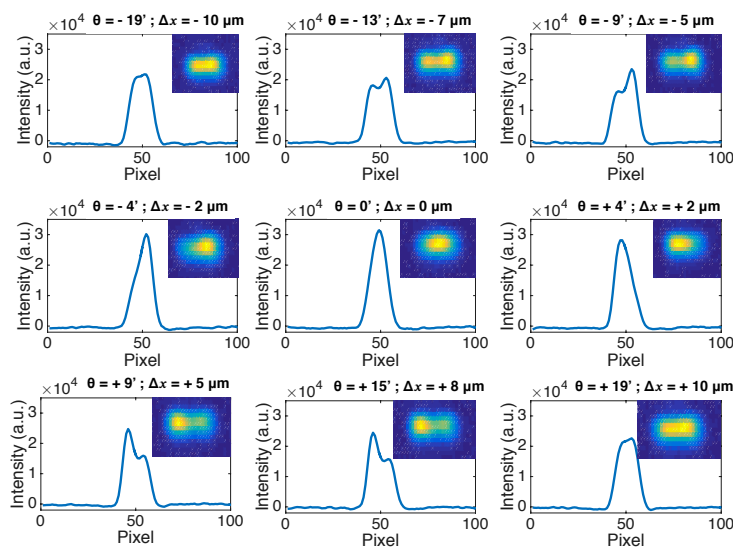


FIGURE 3 : Champ proche optique du LCQ en présence de contre-réaction optique pour différents angles. L’insert montre le champ proche détecté à l’aide de la caméra infrarouge

## CONCLUSION

Ce travail montre pour la première fois la possibilité de contrôler efficacement la qualité du faisceau d’un LCQ de forte puissance en utilisant une contre-réaction optique externe. Cela permet en effet de supprimer le *beam steering* et de favoriser le mode fondamental TM<sub>0</sub>. Les résultats obtenus pour une contre-réaction non-centrée pourraient être utilisés pour dévier le faisceau d’un laser fixe. De futures investigations concerneront des LCQ avec une zone active plus large afin de déterminer si le *beam steering* peut également être supprimé de cette manière. On obtiendrait ainsi des sources qui combinent à la fois qualité de faisceau et forte puissance.

## REMERCIEMENTS

Ce travail est soutenu par la Direction Générale de l’Armement (DGA)

## RÉFÉRENCES

- [1] J. Faist, [*Quantum Cascade Lasers*], Oxford University Press, 2013
- [2] D. Heydari, Y. Bai, N. Bandyopadhyay, S. Slivken, M. Razeghi “High Brightness angled cavity quantum cascade lasers”, [*Appl. Phys. Lett.*], **106**(9), 091105, 2015
- [3] N. Yu, L. Diehl, E. Cubukcu, D. Bour, S. Corzine, G. Höfler, A. ,K. Wojcik, K. ,B. Crozier, A. Belyanin, F. Capasso, “Coherent coupling of multiple transverse modes in quantum cascade lasers”, [*Phys. Rev. Lett.*], **102**(1), 013901, 2009
- [4] J. ,R. Marciante, G. ,P. Agrawal, “Lateral spatial effects of feedback in gain-guided and broad-area semiconductor lasers”, [*IEEE J. Quantum Electron.*], **32**(9), 1630-1635, 1996
- [5] S. ,K. Mandre, I. Fischer, W. Elsässer, “Spatiotemporal emission dynamics of a broad-area semiconductor laser in an external cavity : Stabilization and feedback-induced instabilities”, [*Opt. commun.*] **244**, 355-365, 2005
- [6] L. Jumpertz, M. Carras, K. Schires, F. Grillot, “Regimes of external optical feedback in 5.6  $\mu\text{m}$  distributed feedback mid-infrared quantum cascade lasers”, [*Appl. Phys. Lett.*], **105**(13), - 2014
- [7] A. Evans, S. R. Darvish, S. Slivken, J. Nguyen Y. Bai, M. Razeghi, “Buried heterostructure quantum cascade lasers with high continuous-wave wall plug efficiency”, [*Appl. Phys. Lett.*], **91**, 071101, 2007