



**HAL**  
open science

## Fonctionnement Classe A faible bruit d'un laser VECSEL injecté électriquement et émettant à $1,5 \mu\text{m}$

Anwar Kerchaoui, Alexandru Mereuta, Andrei Caliman, Steve Bouhier,  
Thomas Batte, Cyril Hamel, Cyril Paranthoen, Christophe Levallois, Alain Le  
Corre, Eli Kapon, et al.

### ► To cite this version:

Anwar Kerchaoui, Alexandru Mereuta, Andrei Caliman, Steve Bouhier, Thomas Batte, et al.. Fonctionnement Classe A faible bruit d'un laser VECSEL injecté électriquement et émettant à  $1,5 \mu\text{m}$ . Journée du Club Optique et Micro-ondes (JCOM 2021), Jun 2021, Paris, France. hal-03386462

**HAL Id: hal-03386462**

**<https://hal.science/hal-03386462v1>**

Submitted on 19 Oct 2021

**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.

## Fonctionnement Classe A faible bruit d'un laser VECSEL injecté électriquement et émettant à 1,5 $\mu\text{m}$

Anwar Kerchaoui<sup>1</sup>, Alexandru Mereuta<sup>2</sup>, Andrei Caliman<sup>3</sup>, Steve Bouhier<sup>1</sup>, Thomas Batte<sup>1</sup>, Cyril Hamel<sup>1</sup>, Cyril Paranthoen<sup>1</sup>, Christophe Levallois<sup>1</sup>, Alain Le Corre<sup>1</sup>, Eli Kapon<sup>2</sup>, et Mehdi Alouini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Foton, Univ Rennes 1, INSA, CNRS-UMR 6082, 35000 Rennes, France

<sup>2</sup>Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 1015 Lausanne, Switzerland

<sup>3</sup>LakeDiamond SA, Rue Galilée7, 1400 Yverdon-les-Bains, Switzerland

### I. Introduction :

Les lasers utilisés dans les systèmes optiques-hyperfréquences doivent présenter un faible bruit d'intensité. Ce dernier peut être limité par le bruit de grenaille lorsque le laser fonctionne en régime classe A. Pour obtenir ce régime où il n'y a pas d'oscillations de relaxation (ROs), il est nécessaire que la durée de vie des photons intracavités excède la durée de vie d'inversion de population. Cette condition peut être atteinte avec une cavité laser longue et de grande finesse et avec un milieu actif semi-conducteur qui offre une durée de vie de recombinaison des porteurs courte. Ainsi un RIN de -155 dB/Hz limité par le bruit de grenaille sur une large bande passante allant de 1 à 18 GHz a pu être obtenu à l'aide d'un VECSEL pompé optiquement à base de puits quantiques émettant à 1  $\mu\text{m}$  [1]. En utilisant le même principe, intégrant cette fois une zone active à base de fils quantiques émettant à 1,6  $\mu\text{m}$ , le régime classe A a pu également être démontré [2]. Le pompage optique nécessite un laser d'excitation externe ce qui rend le laser peu compact et énergivore.

Nous présentons ici la réalisation du premier laser à cavité externe de type VECSEL, émettant à 1,57  $\mu\text{m}$  et pompé électriquement (EP-VECSEL). Ce dernier a été conçu pour un fonctionnement classe A. Il présente un RIN limité par le bruit de grenaille, sur une large bande passante.

### II. Obtention du régime monomode transverse et longitudinal :

Le miroir de sortie choisi pour obtenir une oscillation laser présente une faible transmission de 0,5 % et un rayon de courbure de 1 cm. Le  $\frac{1}{2}$ -VECSEL intègre une jonction tunnel enterrée (BTJ) afin de confiner les porteurs dans la zone à gain. Pour une raison d'homogénéité d'injection le diamètre de BTJ a été fixé à 25  $\mu\text{m}$ . Pour que le laser soit réellement limité par le bruit de grenaille, l'oscillation mono-fréquence est primordiale. Pour cela, l'EP-VECSEL doit osciller sur un seul mode longitudinal et sur un seul mode transverse.

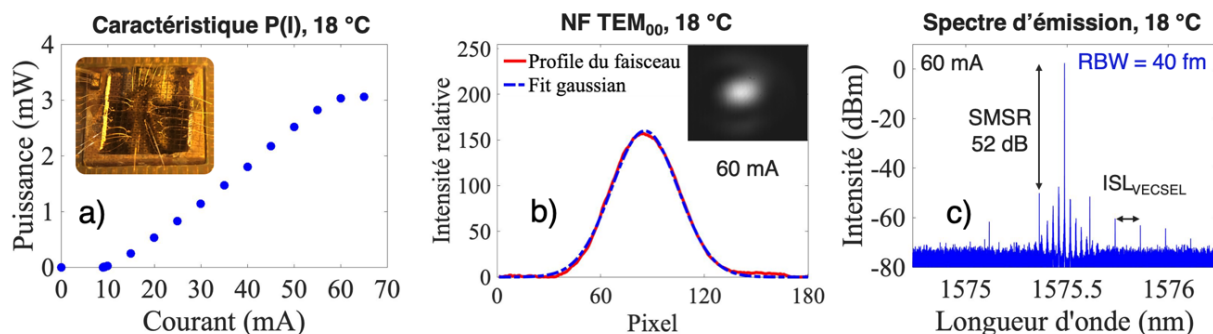


Figure 1. a) Caractéristique courant-puissance. b) Champ proche (NF) du mode transverse fondamental  $\text{TEM}_{00}$ . c) Spectre d'émission du laser en régime mono-fréquence. ISL : intervalle spectral libre, RBW : résolution de bande passante de l'analyseur de spectre optique.

Le mode  $\text{TEM}_{00}$  est obtenu en ajustant la longueur de la cavité légèrement en dessous de la limite de stabilité de manière à ce que le recouvrement entre le mode laser et le profil de gain légèrement

annulaire soit favorable à l'oscillation du mode TEM<sub>00</sub>. Dans ces conditions, le waist de 13,9 μm, mesuré en champ proche, est légèrement supérieur au rayon de la BTJ pour une cavité de longueur 9,98 mm.

L'oscillation monomode longitudinale est obtenue sans étalon intra-cavité pour un courant de 60 mA. Pour ce courant d'injection, correspondant à une puissance électrique incidente de 121 mW, la puissance optique de sortie du laser est de 3 mW. La valeur de suppression du mode latéral (SMSR), supérieure à 50 dB, atteste de l'excellente pureté spectrale du laser.

### III. Obtention du régime classe A :

En prenant en compte les pertes induites par le miroir de sortie et la longueur mesurée de la cavité, la durée de vie des photons est estimée à 6,67 ns. Cette valeur est bien supérieure à la durée de vie des porteurs qui est de l'ordre de 700 ps.

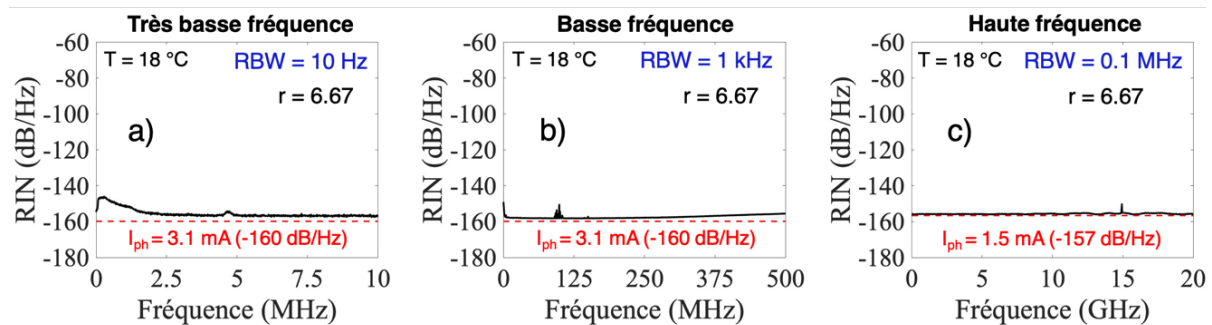


Figure 2. Spectre de RIN du laser EP-VECSEL. a) et b) RIN à très basse et à basse fréquence. c) RIN à haute fréquence. RBW : résolution de bande passante de l'analyseur de spectre électrique, r : taux de pompage. Les traits en pointillés rouges représentent le bruit de grenaille.

Contrairement au pompage optique, le VECSEL sous injection électrique est sensible aux ondes électromagnétiques parasites dans l'espace environnant. Pour réduire ces effets parasites, nous avons mis le laser dans une cage Faraday. Les spectres de bruit acquis montrent un niveau de bruit d'intensité limité par le bruit de grenaille sur une bande passante allant de 2 MHz à 20 GHz. A très basse et à basse fréquence, le RIN équivalent est de -160 dB/Hz pour un photocourant de 3,1 mA. A haute fréquence, le niveau de RIN équivalent est de -157 dB/Hz correspondant au bruit de grenaille pour 1,5 mA de photocourant mesuré [3]. L'absence des oscillations de relaxation prouve bien que le laser oscille dans le régime de classe A.

### IV. Conclusion :

L'oscillation en régime classe A faible bruit est obtenue pour la première fois en pompage électrique et aux longueurs d'onde télécom. La compacité et le faible bruit de ce type de laser présentent un intérêt certain dans des domaines tels que l'optique micro-ondes, les télécommunications cohérentes ou la distribution de signaux d'horloges atomiques par exemple.

### Références :

- [1] G. Baili, F. Bretenaker, M. Alouini, L. Morvan, D. Dolfi, and I. Sagnes: "Experimental investigation and analytical modeling of excess intensity noise in semiconductor class-A lasers", *Journal of Lightwave Technology*, 26(8) 952-961, 2008.
- [2] S. Pes, C. Paranthoën, C. Levallois, N. Chevalier, C. Hamel, K. Audo, G. Loas, S. Bouhier, C. Gomez, J.-C. Harmand, S. Bouchoule, H. Folliot, and M. Alouini: "Class-A operation of an optically-pumped 1.6 μm-emitting quantum dash-based vertical-external-cavity surface-emitting laser on InP", *Optics express*, 25(10) 11760-11766, 2017.
- [3] A. Kerchaoui, A. Mereuta, A. Caliman, C. Paranthoën, C. Levallois, T. Batte, C. Hamel, S. Bouhier, A. Le Corre, E. Kapon, and M. Alouini: "Electrically pumped shot-noise limited class A VECSEL at telecom wavelength", Accepted, *Optics Letters*, 2021.