

Sujet thèse / PhD subject 2025

Titre Thèse	Oscillateur Phononique Paramétrique: vers un laser à phonons	
PhD Title	Parametric Phononic Oscillator: Towards a phononic laser	
(Co)-Directeur	Arnaud Devos	E-mail : arnaud.devos@iemn.fr
(Co)-Directeur		E-mail :
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : www.iemn.fr
Groupe(s)	Physique	Web :
Projet phare principal	Nanocaractérisation	
Demande de fléchage IEMN ? (Energie / Nanocaractérisation / Technologies Neuromorphiques)	Oui ./ Non : Flagship choisi : Nanocaractérisation	
Demande de labellisation Université de Lille (GREAL, labellisée)	Oui / Non : Label :	
Financement acquis Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> Partiel <input type="checkbox"/>	Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère, ,) :	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région ou Autre <input type="checkbox"/> Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) :

Résumé :

Beaucoup d'applications utilisent des ondes acoustiques pour réaliser des caractérisations non destructives, comme en médecine avec l'échographie, ou dans les technologies les plus avancées de la micro-électronique. Voilà 30 ans, H. Maris a découvert que des impulsions laser ultra-courtes peuvent exciter des ondes acoustiques d'une fréquence jusque-là inatteignable, typiquement plusieurs 100 GHz. Depuis, nous avons appris à faire des caractérisations à l'échelle nanométrique avec cette technique qu'on appelle *acoustique picoseconde*. Dans ce domaine, il manque une source acoustique **puissante** dans cette gamme de fréquences. Nous proposons ici de développer une nouvelle source acoustique combinant ultra-haute fréquence et puissance, appelée PPO pour Oscillateur Phononique Paramétrique. Le concept repose sur une amplification passive obtenue en ajustant précisément une cavité acoustique au taux de répétition d'une source laser qui fournit l'énergie : ainsi, un laser optique est converti en laser acoustique. Cette invention fait l'objet d'un brevet* et un premier prototype a été réalisé mais la preuve de concept reste à établir. Le travail comprend de la technologie pour réaliser les cavités PPO, de l'optique ultra-rapide pour tester les dispositifs, de la modélisation numérique pour optimiser le gain et limiter les pertes dans le PPO.

Abstract :

Many applications use acoustic waves to perform inspection and characterization in a totally non-destructive way, like echography for medicine, but also in the most advanced technologies of microelectronics. Below 1GHz, acoustic waves are emitted and detected using transducers made of piezo-electric materials. To characterize a smaller object, one needs higher frequency. Thirty year ago, H. Maris discovered that ultra-short optical pulses can excite much higher acoustic waves, typically a few 100 GHz. Since then, we have learned to perform acoustic characterization at the nanoscale using a femtosecond laser – the picosecond acoustic field. But a **powerful** acoustic source is still missing in this frequency range. We propose here to develop a new acoustic source combining ultra-high frequency and power, referred to in the following as PPO for Parametric Phononic Oscillator. The main idea has been patented*, but a concrete demonstration remains to be done. The work includes technology for realizing PPO cavities, ultrafast optics for testing and numerical modeling to optimize the gain and limit the losses in the cavity.

liste de 10 publications maximum portant directement sur le sujet en soulignant celles du laboratoire.

- [1] C. Thomsen, J. Strait, Z. Vardeny, H. J. Maris, J. Tauc, and J. J. Hauser, *Phys. Rev Lett.* 53, 989–992 (1984).
- [2] A. Devos, “Colored Ultrafast Acoustics: from fundamentals to applications”, *Ultrasonics* 56, pp. 90-97 (2015)
- [3] A. Devos, « Oscillateur Paramétrique Phononique », brevet mondial WO 2019/154967 A1
- [4] A. Devos, “Elastic Properties of thin-film using Colored Picosecond Acoustics: Focus on a new application: Surface Acoustic Wave”, presentation orale au Workshop du laboratoire commun ST/IEMN Crolles Février 2024.
- [5] A. Chargui, N. Martin, G. Ferro, et A.Devos, « Tilted columnar metal film as transducer of transverse coherent acoustic phonons in Picosecond Acoustics”, *Appl. Phys. Lett.* 125, 192202 (2024).
- [6] J. Costa Dantas Faria, P. Garnier, and A. Devos, *Appl. Phys. Lett.* 111, 243105 (2017).