

Titre Thèse Title	Circuits quantiques optomécaniques hyperfréquences pour contrôler un réseau de résonateurs nanoélectromécaniques Microwave optomechanical quantum circuits to control a nanoelectromechanical resonator array	
(Co)-Directeur	Xin ZHOU	E-mail : xin.zhou@iemn.fr
(Co)-Directeur	Didier Théron	E-mail : didier.theron@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire(s)	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)		Web :
Financement acquis ?	Oui <input checked="" type="checkbox"/> Origine : ANR (50%)	Non <input type="checkbox"/>
Financement demandé	Contrat Doctoral <input checked="" type="checkbox"/>	Etablissement porteur : Univ. Lille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région <input checked="" type="checkbox"/>	Co-financement acquis : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Préciser son origine (qu'il soit acquis ou non) : ANR (50%)
	Autre :	

Résumé:

L'optomécanique à micro-ondes, qui étudie les interactions entre les systèmes micro/nano-électromécaniques (MEMS/NEMS) et les photons micro-ondes, offre une plateforme intéressante pour manipuler et détecter les déplacements mécaniques à l'échelle nanométrique par des signaux micro-ondes (sous forme de photons) [1]. Ils ont montré un potentiel pour des applications variées (capteurs MEMS, traitement et de détection de signaux) en régime classique et quantique. L'objectif de cette thèse est de développer un nouveau circuit quantique hyperfréquence hybride NEMS/MEMS, composé d'un réseau de NEMS fortement couplé à un circuit microondes résonant (équivalent à un circuit LC) avec une fréquence de résonance dans la gamme 4-8 GHz. Sur la base de ce circuit, le réseau NEMS est perturbé par des signaux radiofréquence pour effectuer à la fois des fonctions de détection et de calcul et est analysé via un système de détection hypersensible à micro-ondes.

Ce projet, très interdisciplinaire, donnera au doctorant l'opportunité de maîtriser des technologies avancées de nanofabrication et d'ingénierie des micro-ondes, et se confronter aux limites des technologies optomécaniques. Ce projet s'appuie sur nos récentes réalisations de résonateurs nanoélectromécaniques à membrane en nitrure de silicium (SiN) [2-3] et sur la modélisation des circuits électriques de l'optomécanique hyperfréquence [4].

Le doctorant effectuera à la fois des simulations multi-physiques avec COMSOL et des calculs analytiques simples, afin de concevoir les circuits optomécanique hyperfréquence. En transférant la conception vers des dispositifs réels, le candidat effectuera la nanofabrication de ces dispositifs dans la salle blanche de l'IEMN avec un solide soutien technique d'ingénieurs et de chercheurs. L'étudiant bénéficiera également d'un système de mesure RF-MEMS à faible bruit, qui a été développé dans l'équipe, et effectuera des mesures à haute fréquence (micro-ondes et radiofréquence) pour caractériser les performances des dispositifs à basse température (4K-300K). Il participera et bénéficiera de collaborations fructueuses avec le CNRS-NEEL pour l'expérimentation et le LOMA pour l'analyse théorique.

Référence de l'équipe : [1] Physical Review Applied 12 (4), 044066 (2019), [2] Nano Letters, 21 (13), 5738–5744 (2021), [3] Nano Letters, 22 (18), 7351–7357 (2022), [4] Journal of Applied Physics 129, 114502 (2021)

Abstract:

Microwave optomechanics, which studies interactions between micro/Nano- electromechanical systems (MEMS/NEMS) and microwave photons, offers an interesting platform to manipulate and to detect nano-scale mechanical displacements through microwave signals (in form of photons) [1]. They have exhibited potential for signal processing and sensing applications in both classic and quantum region. The objective of this Ph.D work is to develop a novel NEMS/MEMS hybrid microwave quantum circuit, consisting of a NEMS network strongly

coupled to a resonant microwave cavity (similar to a LC circuit) with resonance frequency in 4-8 GHz range. Based on this circuit, the NEMS network is perturbed by radio frequency signals to perform both sensing and computing functions, and is readout through an ultra-sensitive microwave detection scheme.

This very interdisciplinary project will give the doctoral student the opportunity to acquire skills in advanced nanofabrication and microwave engineering technologies, and to challenge the frontiers of optomechanical technologies. This Ph.D project is based on our recent achievements in both silicon nitride (SiN) membrane nanoelectromechanical resonators [2-3] and on electrical circuit modeling of microwave optomechanics [4].

The Ph.D candidate will perform both multi-physics simulations using COMSOL and simple analytical calculations, in order to design microwave optomechanical circuit. This design will help the candidate to understand basic principles of microwave optomechanical quantum circuits. To transfer the design to real devices, the candidate will perform device nanofabrication in the IEMN clean-room with strong technical support from engineers and researchers. The student will also profit a low-noise RF-MEMS setup, which has been developed in the team, and perform high frequency (microwave and radio frequency) measurement to characterize device performance at low temperature (4K-300K). She/He will participate to and benefit from fruitful collaborations with CNRS-NEEL for experiment and LOMA for theoretical analysis.

Related reference of the team: [1] Physical Review Applied 12 (4), 044066 (2019), [2] Nano Letters, 21 (13), 5738–5744 (2021), [3] Nano Letters, 22 (18), 7351–7357 (2022), [4] Journal of Applied Physics 129, 114502 (2021)