

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Instrumentation RF et THz basée sur la photonique pour la caractérisation ultra-large bande de dispositifs électroniques	
PhD Title		
(Co)-Directeur	Emilien Peytavit	E-mail : emilien.peytavit@univ-lille.fr
(Co)-Directeur		E-mail :
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : www.iemn.fr
Groupe(s)	Photonique THz	Web : THz Photonics group
Projet phare principal	Micro&nano devices	
Financement acquis Oui ☐ Non ☒ Partiel ☐	Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère, ,) :	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille ☒ Centrale Lille ☐ JUNIA ☐
	Région ou Autre ☐ Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) :

Contexte: L'augmentation continue des fréquences de fonctionnement des dispositifs électroniques et photoniques utilisés dans les systèmes de télécommunications, de détection et d'imagerie nécessite le développement d'outils de caractérisation capables de couvrir des bandes de fréquences extrêmement larges. Les composants modernes fonctionnant dans les domaines des ondes millimétriques et térahertz (THz) peuvent opérer depuis quelques dizaines de GHz jusqu'à plusieurs centaines de GHz, voire s'approcher du domaine THz. Cependant, l'instrumentation électronique conventionnelle, telle que les analyseurs de spectre électriques ou les analyseurs de réseau vectoriels (VNA), est généralement limitée à des fréquences inférieures à environ 100 GHz. L'accès à des fréquences plus élevées nécessite en général l'utilisation de multiples modules d'extension fréquentielle, coûteux et fonctionnant bande par bande, ce qui complique considérablement les mesures et empêche une caractérisation ultra-large bande continue allant des micro-ondes jusqu'au domaine THz. Les approches basées sur la photonique constituent une alternative prometteuse pour dépasser ces limitations. Dans ces techniques, des dispositifs optoélectroniques sont utilisés pour convertir les signaux de très haute fréquence vers des fréquences plus basses pouvant être traitées par une instrumentation électronique standard. Parmi les technologies clés permettant ces approches figurent les dispositifs photoconducteurs ultrarapides, capables de fonctionner à très haute fréquence grâce à leur réponse optoélectronique extrêmement rapide. Au cours des quinze dernières années, le groupe Photonique THz de l'IEMN a développé des photoconducteurs MSM ultrarapides intégrés dans des microcavités optiques, basés sur du GaAs cultivé à basse température (LT-GaAs) et de l'InGaAs dopé au fer (Fe:InGaAs) [1-4]. Ces photoconducteurs ultrarapides peuvent fonctionner dans deux régimes complémentaires particulièrement intéressants pour l'instrumentation. Lorsqu'ils sont illuminés par un battement optique, la photoconductance variable dans le temps permet un mélange hétérodyne optoélectronique, autorisant la conversion des signaux RF ou THz vers une fréquence intermédiaire pouvant être analysée par des instruments électroniques conventionnels. Dans cette configuration, le dispositif fonctionne comme un mélangeur optoélectronique adapté à l'analyse spectrale large bande. Lorsque le même photoconducteur est polarisé par une tension continue tout en étant excité par un battement optique, la photoconductance variable génère un courant électrique oscillant à la fréquence du battement optique. Dans ce régime, le dispositif fonctionne comme une source par photomélange (photomixing source). La capacité d'une même technologie de dispositif à fonctionner à la fois en réception (mélangeur) et en émission (source) ouvre la voie à une nouvelle génération de systèmes de mesure RF et THz basés sur la photonique, incluant des analyseurs de spectre ultra-large bande et potentiellement des analyseurs de réseau vectoriels assistés par la photonique, capables de caractériser des dispositifs sur des bandes de fréquences extrêmement étendues.

Mission: L'objectif de cette thèse est de développer des briques technologiques pour l'instrumentation RF et THz basée sur la photonique, en utilisant des dispositifs photoconducteurs ultrarapides. Le travail portera sur la modélisation, la conception et la validation expérimentale de dispositifs et circuits optoélectroniques permettant la conversion de fréquence et la génération de signaux sur des bandes de fréquences ultra-larges. Les recherches concerneront en particulier l'optimisation de photoconducteurs intégrés dans des cavités optiques, la conception de mélangeurs optoélectroniques pour la détection hétérodyne large bande, ainsi que le développement de sources par photomélange pour la génération de signaux millimétriques et térahertz accordables. Un autre objectif sera d'explorer des concepts d'instrumentation reposant sur ces dispositifs, tels que des analyseurs de spectre ultra-large bande ou des analyseurs de réseau vectoriels assistés par la photonique, capables d'opérer

depuis quelques GHz jusqu'à plusieurs centaines de GHz. Le travail de thèse comprendra des activités de modélisation de dispositifs, de conception de circuits, de microfabrication en salle blanche et de caractérisation expérimentale de systèmes RF et THz. Les recherches seront menées au sein du groupe Photonique THz de l'IEMN, qui possède une forte expertise dans le domaine des dispositifs optoélectroniques ultrarapides et des techniques de mesure haute fréquence.

Profil recherché : Nous recherchons un(e) candidat(e) très motivé(e) possédant une formation en électronique, génie électrique, physique appliquée ou photonique. Le(la) candidat(e) devra manifester un fort intérêt pour l'électronique haute fréquence (RF, ondes millimétriques ou THz) ainsi que pour les dispositifs optoélectroniques. Le projet comporte à la fois des aspects théoriques et expérimentaux, incluant la modélisation de dispositifs, la conception de circuits et des mesures en laboratoire ; le(la) candidat(e) devra donc être prêt(e) à travailler à l'interface entre électronique et photonique. Des connaissances en hyperfréquences, en dispositifs semi-conducteurs ou en photonique seraient un atout, sans être strictement nécessaires. La curiosité scientifique, l'autonomie et la motivation à évoluer dans un environnement de recherche interdisciplinaire sont des qualités essentielles pour mener à bien ce projet doctoral.

References

- [1] E. Peytavit *et al.*, "Milliwatt-level output power in the sub-terahertz range generated by photomixing in a GaAs photoconductor," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 99, no. 22, p. 223508, 2011, doi: 10.1063/1.3664635.
- [2] E. Peytavit, F. Pavanello, G. Ducournau, and J.-F. Lampin, "Highly efficient terahertz detection by optical mixing in a GaAs photoconductor," Nov. 12, 2013, *American Institute of Physics*. doi: 10.1063/1.4830360.
- [3] E. Peytavit, P. Latzel, F. Pavanello, G. Ducournau, and J.-F. Lampin, "CW Source Based on Photomixing With Output Power Reaching 1.8 mW at 250 GHz," *IEEE Electron Device Letters*, vol. 34, no. 10, pp. 1277–1279, Oct. 2013, doi: 10.1109/LED.2013.2277574.
- [4] C. Tannoury *et al.*, "Photonic THz mixers based on iron-doped InGaAs embedded in a plasmonic microcavity," *APL Photonics*, vol. 8, no. 11, p. 116101, Nov. 2023, doi: 10.1063/5.0153046.