

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Intégration de photodiodes ultra-rapides sur niobate de lithium en couche mince pour la génération et la détection de signaux térahertz	
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 ☐	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) :
	Préciser :	

Contexte et motivation : Au cours des dernières décennies, les photodiodes à transport unipolaire modifié basées sur des matériaux III–V (MUTC-PDs, *Modified Uni-Traveling-Carrier Photodiodes*) se sont imposées comme la référence pour la conversion optique-électrique à très haute vitesse. Les progrès continus dans la conception épitaxiale, l'ingénierie du transport des porteurs et les géométries de guides d'onde ont permis de dépasser largement les performances initialement envisagées, avec des bandes passantes record dépassant 200 GHz, des responsivités supérieures à 0,8 A/W, ainsi que des démonstrations de transmission sans amplification atteignant

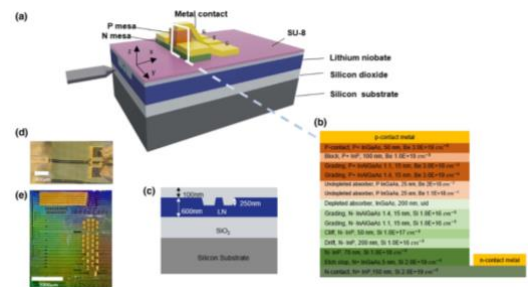
120 Gbit/s. Ces avancées confirment les MUTC-PDs comme les dispositifs les plus efficaces pour assurer l'interface entre les domaines optique et sub-THz/THz, et comme des composants indispensables pour les futurs systèmes 6G [1]. Parallèlement, le domaine de la photonique intégrée connaît une transformation profonde avec l'émergence du niobate de lithium sur isolant (LNOI, *Lithium Niobate on Insulator*, ou niobate de lithium en couche mince). Cette plateforme combine des pertes optiques extrêmement faibles avec un coefficient électro-optique exceptionnel, permettant la réalisation de modulateurs et de circuits passifs qui surpassent déjà les technologies établies de longue date [2]. Des avancées récentes étendent désormais le fonctionnement du LNOI jusqu'au régime térahertz [3][4][5], mettant en évidence son potentiel non seulement pour des modulateurs évolutifs, mais également pour le traitement et la détection de signaux large bande.

Vers l'intégration des MUTC-PDs et du LNOI : La convergence de ces deux trajectoires technologiques — photodiodes III–V MUTC-PDs et photonique LNOI — ouvre des perspectives inédites. L'intégration directe de photodiodes ultra-rapides avec des circuits LNOI constitue une voie prometteuse pour la génération et la détection de signaux THz large bande et sur mesure, où la vitesse intrinsèque des photodiodes III–V se combine avec l'agilité électro-optique du LNOI. Cette approche pourrait répondre à des applications allant des communications ultra-rapides à la spectroscopie térahertz et aux systèmes radar [6]. Des démonstrations récentes de MUTC-PDs intégrées sur LNOI [7] vont déjà dans cette direction, avec des produits bande passante–efficacité (BEP) à l'état de l'art. Dépasser ces résultats nécessitera toutefois une co-conception optimisée du couplage optique, de la géométrie des dispositifs et de l'architecture des électrodes.

Objectif et mission de la thèse : Le doctorant étudiera la faisabilité et la conception de photodiodes UTC intégrées sur guide d'onde dans une plateforme LNOI, en collaboration avec l'équipe de Delft dirigée par le Prof. S. Rajabali (groupe QuIN Photonics à TU Delft), experte dans la conception et la fabrication de circuits photoniques LNOI. Le candidat réalisera la modélisation du couplage optique, des architectures de photodiodes et des électrodes haute fréquence à l'aide de logiciels spécialisés de photonique (Lumerical), d'électromagnétisme (CST, HFSS) et de simulation de dispositifs semi-conducteurs (SILVACO), avec l'objectif de rivaliser avec l'état de l'art actuel et de le dépasser [7].

Profil recherché : Une formation en physique des semi-conducteurs et en photonique intégrée est requise, ainsi qu'une forte motivation pour la physique appliquée et l'innovation au niveau des dispositifs.

Reference



Example of a Photodiode integrated on a thin film lithium niobate waveguide. Drawn From Ref. [7]

- [1]L. Li *et al.*, “Ultra-fast, high-power MUTC Photodiodes with bandwidth-efficiency product over 130 GHz * 100%,” Jan. 2025, Accessed: Sep. 16, 2025. [Online].
- [2]M. Zhang, C. Wang, P. Kharel, D. Zhu, and M. Lončar, “Integrated lithium niobate electro-optic modulators: when performance meets scalability,” *Optica*, vol. 8, no. 5, p. 652, May 2021, doi: 10.1364/optica.415762.
- [3]I. Wilke, J. Monahan, S. Toroghi, P. Rabiei, and G. Hine, “Thin-film lithium niobate electro-optic terahertz wave detector,” *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-55156-9.
- [4]A. Herter *et al.*, “Terahertz waveform synthesis in integrated thin-film lithium niobate platform,” *Nature Communications* 2023 14:1, vol. 14, no. 1, pp. 1–9, Jan. 2023, doi: 10.1038/s41467-022-35517-6