

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Modélisation et Fabrication de réseaux linéaires de photodétecteurs ultrarapides pour la génération et la détection d'ondes THz.	
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 Région ou Autre ☐ Préciser :	ULille ☒ Centrale Lille ☐ JUNIA ☐ Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) :

Résumé (français) / Abstract (anglais)

Contexte : L'une des sources THz les plus prometteuses, fonctionnant en régime continue et à température ambiante, est basée sur la photodétection du battement de fréquence générée par la superposition spatiale de deux lasers infrarouges. Le photomélange consiste à faire une transposition de fréquences en partant des fréquences très élevées (~ 300 THz) des lasers infrarouges pour aller vers des fréquences plus basses, de l'ordre de 1 THz. Cela confère au photomélange un caractère intrinsèquement large bande. De plus, les sources basées sur le photomélange sont potentiellement compactes grâce à l'utilisation de diodes lasers et d'amplificateurs à semi-conducteurs mais souffrent d'un manque de puissance générée, environ $10 \mu\text{W}$ à 1 THz. La puissance de sortie est en effet limitée par le compromis entre la taille réduite du photo-détecteur (photodiode, photoconducteur) afin de réduire au minimum sa capacité électrique et le photocourant nécessaire pour générer une puissance THz élevée. La densité de photocourant est donc le facteur clé pour améliorer la puissance de sortie. Les meilleurs photomélangeurs présentent des photocourants atteignant environ 200 kA/cm^2 , ce qui est seulement dix fois inférieurs à ceux obtenus sur les meilleurs dispositifs électroniques alors qu'ils ne sont pas pompés optiquement. Pour pallier à cette limite intrinsèque, une solution consiste à mettre des composants unitaires en réseau linéaire afin d'additionner en phase les courants générés par chaque composant. Ce type de structure a fait l'objet de nombreuses études (voir par ex. la référence [1]) par le passé car il permet également de répondre également aux limitations des photodiodes PIN standard en termes de linéarité, de bande passante et de courant de saturation pour les applications en télécom optique ou en génération de signaux ultra-pure et fonctionnant aux longueurs d'ondes allant de 780 à 1550nm. Aujourd'hui, les circuits photoniques commerciaux permettent d'éclairer ce type de réseau avec un rendement proche de 1 permettant d'envisager une nouvelle génération de photodétecteurs ultra-rapide (fréquence de coupure électrique >300 GHz) à très haut courant de saturation ($>50 \text{ mA}$).

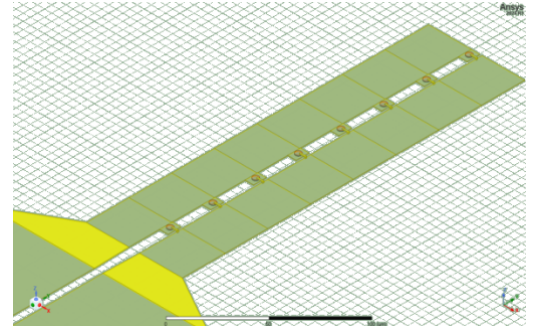


Figure 1 : Exemple de réseau linéaire de photodiodes. Modélisation électromagnétique par méthode des éléments finis à l'aide du logiciel Ansys HFSS.

Mission : Dans le cadre de cette thèse ce concept sera étudié en utilisant les méthodes de matrices de transfert afin d'établir des règles de conception permettant l'optimisation des performances en termes de génération d'ondes THz. Des simulations électromagnétiques en 3D par éléments finis (Ansys HFSS) ou différences finies (Lumerical, CST) seront ensuite utilisées afin de concevoir un réseau de 8 composants qui sera fabriqué et caractérisé jusqu'à 500 GHz sur les plateformes de micro-fabrication et de caractérisation optique&RF de l'IEMN. Un modèle multiphysique combinant la physique des composants opto-électronique et l'électromagnétisme pourra enfin être envisagé dans un dernier temps.

Profil attendu : Pour cette thèse orienté optoélectronique et physique des ondes, nous recherchons un(e) étudiant(e) ayant suivi un parcours universitaire de type EEA/Electrical Engineering ou physique comportant solide formation en RF/micro-onde/physique des ondes/ Physique des semiconducteurs et qui est motivé(e) par la recherche en physique appliquée.

Débouchés : Le doctorant pourra ensuite continuer en Pos-doctorat ou s'orienter vers l'industrie des composants et systèmes RFµ-ondes ou optoélectroniques extrêmement porteuse actuellement.

[1] L. Y. Lin et al., "High-power high-speed photodetectors-design, analysis, and experimental demonstration," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 45, no. 8, pp. 1320–1331, 1997, doi: 10.1109/22.618430.