

Titre Thèse Title	Composants et systèmes permettant des liaisons à très haut débit en gamme THz	
(Co)-Directeur	Mohammed Zaknoue	E-mail : mohammed.zaknoue@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Guillaume Ducournau	E-mail : guillaume.ducournau@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)	Yannick Roelens	E-mail : yannick.roelens @univ-lille.fr
Laboratoire(s)	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	ANODE	Web :
Financement acquis ?	Oui <input checked="" type="checkbox"/> Origine : Labellisée Univ Lille	Non <input type="checkbox"/>
Financement demandé	Contrat Doctoral <input type="checkbox"/>	Etablissement porteur : Univ. Lille <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région <input type="checkbox"/>	Co-financement acquis : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Préciser son origine (qu'il soit acquis ou non) :
	Autre :	

Résumé :

Cette thématique de recherche s'inscrit au sein de l'Isite de l'Université de Lille dans le Hub "Monde Numérique au Service de l'Humain" et en rapport avec le cluster DYDICO, "Dynamics for Disruptive Communications and Connectivity".

Ce projet de thèse qui repose sur la fabrication de composants III-V submicroniques et ultra-rapides pour les futurs systèmes de télécommunication (6G) s'appuiera sur des outils de fabrication portés par l'Equipex NANOFUTUR dans le cadre du défi " Technologies THz ". Il est à noter que les outils : PVD (Physical Vapor Deposition) ALD (Atomic Layer Deposition), ALE (Atomic Layer Etching), Oxide PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) ont été motivés en grande partie par la fabrication des composants III-V décrits dans ce programme de thèse.

L'objectif des travaux proposés visent à étudier différents composants fabriqués à l'IEMN et à contribuer à la préparation de la 6^{ème} génération de système de télécommunications sans fil (6G). En raison de la montée en fréquence des systèmes de communication de nombreux défis surgissent parmi lesquels on trouve : formes d'onde efficaces et génération de signaux, circuit et système qui sont très proche des limites technologiques/physiques, traitement de signal (filtrage, guidage, haute efficacité architectures d'antennes à direction de faisceau). En outre, l'évaluation des performances de ces dispositifs et systèmes ainsi que de bonnes la compréhension des canaux de propagation est impérative.

Abstract:

Offrir aux utilisateurs mobiles un débit de données sécurisé, longue distance et haut débit est l'un des plus grands défis du XXI^e siècle. Plus de 1400 To de données sont échangées dans le monde chaque... minute ! Les smartphones dépasseront 90 % du trafic de données mobiles d'ici 2022 et le trafic 5G représente plus de 10 % du trafic mobile total en 2022. Cependant, alors que les communications par fibre optique ont atteint des débits de transmission ultra-rapides, le débit des connexions sans fil, dont les flux sont multipliés par 2 tous les 18 mois, **reste le goulot d'étranglement des échanges de données, et il devient urgent d'augmenter les vitesses de transmission sans fil et ce jusqu'à une distance de l'ordre du km.**

Les bandes de fréquence THz, ondes très courtes, ont un large éventail d'applications telles que les télécommunications, l'imagerie, la sécurité, l'inspection des matériaux, la spectroscopie... Toutefois, aucune de ces applications n'a pleinement trouvé ses utilisateurs de façon massive, et restent encore confidentielles. Côté communications, de nombreux développements sont encore nécessaires pour faire des liens sans fil jusqu'au THz une réalité tangible.

Les bandes de fréquence THz **sont bien adaptées pour satisfaire la forte demande de débit de données des systèmes de communication sans-fil.** Au cours des dernières années, plusieurs démonstrations ont été effectuées dans le monde en utilisant différentes technologies telles que l'électronique à l'état solide, la

photonique ou en les combinant. Cependant, même si la concurrence entre ces technologies est forte et stimulante, le goulot d'étranglement reste la génération de puissance d'émission suffisante et répondre au besoin des futurs systèmes de télécommunications demeure un immense défi.

Parmi les composants centraux répondant à ces nombreuses applications, les dipôles tels que la photodiode THz et des diodes Schottkys THz peuvent être pertinentes. Pour les photodiodes, l'état de l'art en génération de puissance se situe autour du mW à 300 GHz. Ce type de composant convertisseur optique/THz est très versatile pour la génération de signaux modulés. Ces photodiodes THz III-V sont actuellement mises sur le marché par quelques acteurs uniquement : Nippon Electronics Corp, Microwave Photonics), le III-V lab en France étant aussi acteur sur le sujet en deçà de 100 GHz. Des photodiodes industrielles (technologies de photonique sur silicium) sont assez limitées en fréquence (RF) car développées pour les applications de type « data-center » ; cependant certains travaux très récents ont contribué à l'amélioration des performances fréquentielles (mais pas en puissance).

Concernant les diodes Schottkys, on ne dénombre que quelques acteurs industriels en Europe/USA, par exemple Virginia Diodes (VDI, USA), NASA-JPL (USA), ACST (Germany), RAL (UK), qui se sont positionnés comme acteurs pour le marché du test et mesure/instrumentation, ou pour des applications de niche dans le domaine spatial. En France, le C2N et le LERMA ont développé conjointement un procédé de fabrication de AlGaAs/GaAs nano-diodes Schottky THz ayant permis de construire des récepteurs hétérodynes extrêmement sensibles (1080-1275 GHz) et des sources à multiplication de fréquence à 300 et à 600 GHz.

L'ensemble de ces composants, photodiode Uni-Traveling-Carrier (UTC) sur substrat InP et diodes Schottky (GaAs et GaN) sont étudiées depuis de nombreuses années à L'IEMN dans le cadre d'un développement de systèmes de télécommunication sans fil THz. Nos objectifs résident dans le développement de systèmes d'émission de forte puissance et de système de réception à forte de forte sensibilité avec le concours de ces composants.

L'objectif de la thèse est d'étudier ces différents composants fabriqués à l'IEMN et de contribuer à la préparation de la 6^{ème} génération de système de télécommunications sans fil (6G). De façon associée à la montée en fréquence des systèmes de communication, de nombreux défis surgissent : formes d'onde efficaces et génération de signaux, circuit et système qui sont très proche des limites technologiques/physiques, traitement de signal (filtrage, guidage, haute efficacité architectures d'antennes à direction de faisceau). En outre, l'évaluation des performances de ces dispositifs et systèmes ainsi que de bonnes la compréhension des canaux de propagation est obligatoire.

Envisager de tels systèmes de télécommunications impliquera donc l'utilisation de futures bandes, le focus actuel étant la bande "300 GHz".

Pour ce faire, nous visons au travers de cette thèse adresser les enjeux suivants :

Au niveau du composant/circuit :

Composant Unitaire : caractérisation DC et RF "on wafer" des différents composants : photodiode UTC et diode Schottky GaAs et GaN. Caractérisation de puissance ciblant la gamme 1-10 mW. Modélisation électrique de ces composants en vue de leur intégration.

Au niveau du système :

Intégration : l'intégration de la technologie THz en boîtier. Pour ce faire, la modélisation électromagnétique de l'ensemble composants+circuit+guide d'onde est envisagée, ainsi que les réalisations, à savoir l'élaboration du guide d'onde, design et suivi de sa fabrication au travers de moyen de fabrication micro-mécaniques.

Démonstrateurs : en utilisant les briques de bases développés, nous visons des démonstrateurs pour la bande H (systèmes) par ex. les amplificateurs de puissance, les antennes et les sondeurs de canal sont ciblés, des débits de 100 Gbit/s à 1 Tbit/s étant visés à terme sur des systèmes de transmission en point à point.