

**Nom du candidat : Emilien PEYTAVIT**

**JURY**

**Président de Jury**

**Garant de l'habilitation**

**J.-F. LAMPIN** Directeur de Recherche CNRS à l'Université de Lille1, IEMN

**Rapporteurs**

**D. DOLFI** Directeur du Département Physique à Thales Research & Technology  
**P. MOUNAIX** Directeur de Recherche CNRS à l'IMS  
**J.-F. ROUX** Maître de Conférences à l'Université de Savoie

**Membres**

**D. DECOSTER** Professeur à l'Université de Lille1, IEMN  
**F. HINDLE** Maître de Conférences à l'Université du Littoral Côte d'Opale  
**J. MANGENEY** Directrice de Recherche au Laboratoire Pierre Aigrain  
**G. MOURET** Professeur à l'Université du Littoral Côte d'Opale

**TITRE DE LA THESE**

**Développement de Photodétecteurs rapides pour l'émission  
et la détection d'ondes THz**

**Ultrafast Photodetectors for the generation and the detection  
of THz waves**

**RESUME**

Depuis le début de ma carrière scientifique, une grande partie de mes travaux a porté sur la génération et la détection d'ondes THz par voie opto-électronique. Dans les deux cas, il est nécessaire de convertir une modulation temporelle rapide (THz) de la puissance d'un faisceau laser infrarouge (IR) en rayonnement THz. La conversion opto-électronique est alors réalisée par un photodétecteur ultra-rapide. Cette modulation optique rapide peut être par exemple obtenue simplement par la superposition spatiale de deux lasers infrarouge de fréquences ( $f_1 \approx f_2 \approx 300$  THz) légèrement différentes, créant ainsi un battement à la fréquence  $f_b = f_1 - f_2 \ll f_1 \approx f_2$  appartenant aux fréquences THz. On parle alors de photomélange. Cette faible variation relative confère à cette technique un caractère intrinsèquement large bande. Il est ainsi possible d'avoir une source fonctionnant entre 10 GHz et 3 THz avec seulement une source infrarouge cohérente et un photoconducteur rapide couplé à une antenne large bande. Pour couvrir cette bande et obtenir un résultat similaire, une dizaine de sources électroniques utilisant la multiplication de fréquences seraient nécessaires. Mes travaux de recherche ont porté à la fois sur le développement de nouveaux types de structures de guidage et de radiation efficaces aux fréquences THz en utilisant les techniques de microfabrication, mais surtout sur le développement de photoconducteurs rapides adaptés aux contraintes de la génération ou détection d'ondes THz. J'ai ainsi développé des photoconducteurs ultrarapides à cavité résonante métallique. Cette structure permet d'avoir une absorption de la lumière dans une épaisseur de semiconducteur inférieure à la profondeur d'absorption et ainsi d'avoir une photoréponse bien supérieure à celle obtenue avec un photoconducteur rapide à topologie planaire utilisée jusque là. Il a ainsi été généré par photomélange sur ce photoconducteur une puissance de l'ordre du milliwatt à 300 GHz ce qui constitue une amélioration de deux ordres de grandeur par rapport à l'état de l'art antérieur.

Bien que des progrès aient été réalisés par les solutions électroniques aux fréquences THz, il est toujours intéressant de poursuivre cette voie. Par exemple, j'étudie la possibilité d'utiliser des photomélangeurs distribués qui pourraient permettre à moyen terme de développer des sources à l'état solide largement accordables, fonctionnant à température ambiante et présentant des niveaux de puissance jamais atteints.

Since the beginning of my scientific career, much of my work has focused on the generation and detection of THz waves using optoelectronics techniques. In both cases it is necessary to convert a fast temporal modulation (THz) of the power of an infrared (IR) laser beam into a THz radiation. The optoelectronic conversion is carried out by an ultra-fast photodetector. This rapid optical modulation can be obtained, for example, simply by the spatial superposition of two infrared laser beams with slightly different frequencies ( $f_1 \approx f_2 \approx 300$  THz), thus creating a beatnote at the frequency  $f_b = f_1 - f_2 \ll f_1 \approx f_2$  lying in the THz range. This is called photomixing. This small relative variation gives this technique an intrinsically wide band character. It is thus possible to have a source operating between 10 GHz and 3 THz, with only two infrared lasers and a fast photoconductor coupled to a broadband antenna. To cover this band and obtain a similar result, a dozen frequency multipliers chains would be necessary.

My research has focused both on the development of new types of THz waveguides and on antennas by using microtechnology techniques, but also, most of all, on the development of fast photoconductors adapted to the generation and detection of THz waves. I developed ultra-fast photoconductors with a metallic resonant cavity. This structure allows for an absorption of the incoming light in a thickness of semiconductor much smaller than the absorption depth and resulting in a photoresponse much higher than that obtained with a ultrafast planar photoconductor. By photomixing on this photoconductor, a power of the order of the milliwatt at 300 GHz was generated, which is an improvement of two orders of magnitude compared to the state of the art.

Despite the continuous improvement made by the electronic THz sources, it is always interesting to continue this route. For example, I am studying the possibility of using distributed photomixers which could, in the medium term, enable the development of broadly tunable solid state sources working at room temperature providing unrivaled power levels.

**Soutenance le 09 mars 2017 à 14h00**  
**Amphi du LCI**