

# HABILITATION A DIRIGER

## DES RECHERCHES

### UNIVERSITE DE LILLE 1

#### Discipline : Micro et Nano Technologies, Acoustique et Télécommunications



Nom du candidat : Katir ZIOUCHE

#### JURY

##### Président de Jury

##### Garant de l'habilitation

**D. LECLERCQ** Professeur à l'Université de Lille1, IEMN

##### Rapporteurs

**J.-Y. FOURNIOLS** Professeur au LAAS, Université de Toulouse

**N. SEMMAR** Professeur au GREMI, Université d'Orléans

**E. GAVIOT** Professeur au LAUM, Université du Maine

##### Membres

**L. BUCHAILLOT** Directeur de Recherche CNRS à l'Université de Lille1, IEMN

**D. DECOSTER** Professeur à l'Université de Lille1, IEMN

**S. LASSUE** Professeur au LGCgE, Université d'Artois

#### TITRE DE LA THESE



#### Contribution au développement de dispositifs thermoélectriques planaires en technologie silicium compatible CMOS

#### RESUME

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire se veulent une synthèse non exhaustive qui retrace l'essentiel de mes activités scientifiques effectuées au cours de la dernière décennie. Le manuscrit s'articule autour de plusieurs parties qui permettent de comprendre mon parcours jalonné des faits les plus marquants. Les résultats décrits traitent principalement de l'intégration de dispositifs thermoélectriques réalisés en technologie silicium compatible CMOS. L'originalité des structures mises en œuvre repose sur l'utilisation de différentes topologies ajustables de thermopile planaire associant un grand nombre de thermocouples. Leur agencement permet d'adapter la taille des composants, de moduler la disposition des jonctions des éléments actifs et d'équilibrer thermiquement la structure considérée. Une des configurations utilisant une répartition distribuée de la thermopile sur un ensemble de structure multi membranes, a permis de développer des microcapteurs infrarouges insensibles aux grandeurs parasites que sont la convection et la conduction gazeuses, et de ce fait, nous a affranchit de l'encapsulation réduisant considérablement le coût de fabrication. La recherche de la sensibilité optimale du radiomètre IR s'est traduite en critères d'optimisation dissociables en termes : de répartition topologique des éléments constituant le composant, de ses propriétés thermoélectriques et de la distribution optimale des écoulements de chaleur au sein de la structure. Cette amélioration des performances a nécessité de nombreuses études expérimentales, caractérisations et modélisations. Parallèlement, conscient de l'importance de la température pour comprendre ou évaluer un phénomène physique mais surtout de la nécessité de quantifier la chaleur échangée lorsque des équilibres thermiques s'établissent, nous avons développé un concept de fluxmètre thermique unique au monde en technologie silicium à base de silicium poreux nanostructuré qui a ouvert la voie à de nombreuses collaborations industrielles. Les structures périodiques tridimensionnelles constituant ces capteurs ont fait l'objet de modélisations analytique et numérique pour étudier les écoulements de chaleur à travers celles-ci afin d'équilibrer et maximiser les gradients de températures entre les jonctions des thermocouples constituant les thermopiles. Enfin, nos dernières activités de recherche ont consisté à développer des micro-sources d'énergie thermoélectriques planaires et miniatures pour répondre à l'essor de l'électronique nomade et à l'émergence de nouveaux produits miniaturisés et interactifs dans tous les domaines (capteurs autonomes communicants, technologies embarquées, systèmes intelligents, implant biomédical, capteur de corrosion inséré dans le béton, etc.). Le dispositif mis en œuvre, utilisant une architecture tridimensionnelle à double déflexion de flux, permet la collecte de toutes les formes de chaleur. Enfin dans la dernière partie, un éclairage succinct sur les nombreuses activités de recherche en cours sera donné et les perspectives de mon travail de recherche seront décrites.

**Soutenance le 25 septembre 2015 à 10h30  
Amphi du LCI**