

Proposition de sujet de thèse 2021-2024 :

## **Développement de détecteurs de rayonnement innovants à base d'oxydes fonctionnels pour l'infrarouge et le THz**

Les détecteurs de rayonnements pour l'infrarouge et le THz peuvent être utiles pour des missions spatiales et pourraient être appliquées à la surveillance de la terre, la météorologie, et étendues aux applications dans divers domaines tels que la sécurité, le médical ou militaire. Actuellement, afin d'atteindre les performances ultimes dans la bande millimétrique, submillimétrique jusqu'à l'infrarouge lointain, l'ensemble des récepteurs utilisent des détecteurs à base matériaux supraconducteurs dont la basse température critique (température de transition à l'état supraconducteur) exige des puissances de refroidissement souvent incompatibles avec les missions spatiales de longue durée.

Les potentialités des couches minces d'oxydes pour la détection bolométrique non refroidie dans le visible/proche infrarouge ont été démontrées au cours des dernières années. Parmi les oxydes, nous nous intéressons particulièrement à la composition  $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$  (LSMO) qui présente une forte variation de résistance électrique en fonction de la température au voisinage de la température ambiante, ce qui est intéressant pour la réalisation de capteurs de rayonnement thermiques non refroidis tels que les bolomètres.

Les performances obtenues sont très intéressantes car les puissances équivalentes de bruit (NEP) de l'ordre de  $1 \text{ pW Hz}^{-1/2}$  ont en effet été mesurées à 300 K, 30 Hz et 10  $\mu\text{A}$  (avec une consommation inférieure à 1  $\mu\text{W}$ ) [1-5]. Les caractérisations optiques (visible 655 nm et IR 3,39  $\mu\text{m}$  à l'aide d'un laser HeNe) réalisées dans notre laboratoire montrent que ces détecteurs sont au niveau de l'état de l'art. Les mesures confirment que l'on peut fabriquer des bolomètres sensibles non refroidis suspendus à base de LSMO, absorbant dans l'IR. Dans des conditions de température et de courant optimisées, les mesures du bruit des bolomètres montrent qu'ils peuvent être limités en bruit de phonons, très proches des limites théoriques pour les détecteurs thermiques à 300K. Des mesures préliminaires récentes réalisées au synchrotron SOLEIL ont permis de tester un bolomètre dans différentes gammes de longueur d'onde ([8 $\mu\text{m}$ -12 $\mu\text{m}$ ], [1 $\mu\text{m}$ -20 $\mu\text{m}$ ], [16 $\mu\text{m}$ -1000 $\mu\text{m}$ ]) [6]. Le bolomètre est sensible dans ces différentes gammes alors que celui-ci n'était pas couplé à une antenne.

Il est donc intéressant de poursuivre dans un premier temps l'optimisation des bolomètres suspendus à base de couches minces LSMO pour la détection dans le proche/moyen infrarouge et le THz. Ensuite, l'objectif est de travailler sur le couplage rayonnement-détecteurs afin d'adapter les détecteurs aux gammes de longueur d'onde où il manque des détecteurs non refroidis performants. Les bolomètres LSMO couplés à des antennes planaires intégrées et adaptées devraient notamment pouvoir répondre aux besoins de détection dans le domaine du THz et de l'infrarouge lointain. Ces travaux seront réalisés dans le cadre d'un projet national ANR appelé BOLOTERA (2021-2024) qui implique deux autres partenaires : un laboratoire IEMN et une start-up Vmicro à Lille. Plusieurs missions à Lille sont prévues au sein de ce consortium. De nouvelles campagnes de mesures au synchrotron SOLEIL sont également prévues pour affiner les résultats.

Les points à aborder au cours de la thèse seront :

- a) Évaluation des performances potentielles, conception et fabrication des composants en salle blanche (structuration de films minces couplés à des micro-antennes planaires large bande)
- b) Caractérisation électriques et optiques, modélisation des phénomènes physiques apparaissant dans les dispositifs. Des mesures dans la gamme des fréquences THz permettront de compléter les connaissances sur les propriétés optiques des couches ultra-minces LSMO en infrarouge lointain.
- c) Mise en œuvre du détecteur : dans cette étape finale, un système détecteur THz sera conçu et mis en place dans le cadre de collaborations.

### **Profil recherché :**

Diplôme de Master ou équivalent

Le sujet possède un fort caractère multidisciplinaire. Une formation générale en instrumentation, capteurs, électronique, physique des matériaux et/ou en microtechnologie en salle blanche est souhaitée. La thèse proposée s'adresse à des candidat(e)s curieux(ves), inventif(ve)s, dynamiques, ayant un solide bagage scientifique et le sens du travail collaboratif. L'expérience de la recherche et de l'expérimentation sera appréciée comme un point supplémentaire.

### **Financement :**

Contrat de doctorat d'une durée de 3 ans. Le début de la thèse de doctorat est prévu pour septembre 2021.



Groupe de Recherche en Informatique, Image,  
Automatique et Instrumentation de Caen

CNRS – UMR 6072  
Université de Caen Normandie & ENSICAEN

**Candidature :**

CV + lettre de motivation + résultats académiques (bulletins des années passées) à envoyer avant le **15 Avril 2021**

**Contact :**

B. Guillet (Maître de conférences UCN, HDR) – [bruno.guillet@unicaen.fr](mailto:bruno.guillet@unicaen.fr) (02.31.45.26.93)

**Laboratoire :**

GREYC (UMR 6072), ENSICAEN, 6 boulevard Maréchal Juin, 14050 CAEN cedex

**References:**

- [1] V. Nascimento *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys., 54 055301 (2021)
- [2] V. Nascimento, “ Détecteurs de rayonnement (IR → THz) innovants à base d'oxydes fonctionnels”, thèse Université de Caen Normandie, Déc. 2019.
- [3] L. Mechin *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. - Fast Track, Communication 46 202001 (2013)
- [4] S. Liu *et al.*, Microelec Eng. 111, 101 (2013);
- [5] S. Liu *et al.*, J. Micromech. Microeng., 29, 065008 (2019);
- [6] SOLEIL Synchrotron, AILES line - proposal 20181598, July 2019

**PhD thesis proposal 2021 (3 years – Sept. 2021)****Development of innovative radiation detectors  
based on functional oxides for applications in IR and THz ranges**

We are particularly interested in the composition  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  (LSMO), which exhibits a strong variation of electrical resistance as a function of the temperature around 300 K, as well as a low electrical noise, for the realization of uncooled radiation sensors such as bolometers [1]. The targeted areas of use are space missions dedicated to earth monitoring, and meteorology. They could be extended to applications in various fields such as security, medical or military.

Currently, in order to achieve the ultimate performance in the millimeter band, submillimetric to far-infrared, all receivers use superconducting material-based detectors whose low critical temperature (superconducting transition temperature) requires cooling powers that are often incompatible with long-term space missions. Our preliminary results obtained with LSMO suspended structures are very interesting because Noise Equivalent Power (NEP) of the order of  $1 \text{ pWHz}^{-1/2}$  was obtained at 300 K [2-5]. Under optimized temperature and current conditions, bolometer noise measurements show that they can be phonon noise limited, very close to the theoretical limits for thermal detectors at 300 K. Optical characterizations (visible at 655 nm and IR  $3.39 \mu\text{m}$  using a HeNe laser) made in our laboratory have confirmed that we can manufacture sensitive IR uncooled bolometers based on suspended LSMO thin films. Finally, recent preliminary measurements carried out at the SOLEIL synchrotron demonstrated that LSMO bolometers are sensitive in different wavelength ranges ( $[8\mu\text{m}-12\mu\text{m}]$ ,  $[1\mu\text{m}-20\mu\text{m}]$ ,  $[16\mu\text{m}-1000\mu\text{m}]$ ) even if they were not coupled to an antenna [6].

It is therefore interesting to continue at first the optimization of suspended bolometers based on LSMO thin films for detection in the near / medium infrared and THz. Then, the objective is to work on the coupling radiation - detectors in order to adapt the detectors to the ranges of wavelength where it lacks performant uncooled detectors. Indeed, LSMO bolometers coupled to adapted integrated planar antennas should in particular be able to meet the detection needs in the THz and far infrared range where there are no efficient uncooled solutions. This work will be done within a national project ANR called BOLOTERA (2021-2024) which involves two others partners: a lab<sup>1</sup> and a start-up company<sup>2</sup> at Lille. Several missions in Lille are planned within this consortium. New measurement campaigns at the SOLEIL synchrotron are also planned to refine the results.

The points to be addressed during the thesis will be:

- a) Evaluation of potential performance, design and manufacture of clean room components (thin film structuring coupled to broadband planar micro antennas)
- b) Electrical and optical characterization, modeling of the physical phenomena appearing in the devices. Measurements in the THz frequency range will complete the knowledge on the optical properties of ultra-thin LSMO far-infrared layers.
- c) Implementation of the detector: in this final step, a detector system will be designed and implemented in the framework of collaborations.

[1] V. Nascimento, “ Détecteurs de rayonnement (IR → THz) innovants à base d'oxydes fonctionnels”, thèse Université de Caen Normandie, Déc. 2019.

[2] V. Nascimento *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys, 54 055301 (2021)

[3] L. Mechin *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. - Fast Track, Communication 46 202001 (2013)

[4] S. Liu *et al.*, Microelec Eng. 111, 101 (2013);

[5] S. Liu *et al.*, J. Micromech. Microeng., 29, 065008 (2019);

[6] SOLEIL Synchrotron, AILES line - proposal 20181598, July 2019

---

<sup>1</sup> IEMN (UMR 8520)

<sup>2</sup> Vmicro



Groupe de Recherche en Informatique, Image,  
Automatique et Instrumentation de Caen

CNRS – UMR 6072

Université de Caen Normandie & ENSICAEN

**Requested skills:**

Master diploma or equivalent diploma. For this strong multidisciplinary subject, profiles based on/or merging competencies of electronics, sensors, physics, material physics and / or micro-technology clean room will be considered with a great attention. The proposed thesis is for curious, inventive, dynamic candidates having a strong scientific background and a sense of collaborative works. Experience of research and experimentation will be appreciated extra points.

**Funding:**

3 years duration doctoral contract, The PhD thesis beginning is expected in September 2021.

**Application:**

Please send your application documents including a detailed CV and a motivation letter dedicated to the proposed position as soon as possible and before **April 15, 2021**. You may add additional documents such as the marks and ranks you obtained during your master degree or engineering school, and reference letters.

**Contact:**

Bruno Guillet

Associate professor University Caen, HDR,

[bruno.guillet@unicaen.fr](mailto:bruno.guillet@unicaen.fr)

+33 2.31.45.26.93

**Laboratory:**

GREYC (UMR 6072)

ENSICAEN

6 boulevard Maréchal Juin

14050 CAEN cedex (FRANCE)

[www.greyc.fr](http://www.greyc.fr)