

**Ed SMAER – 391**  
**Sujet de thèse 2014**

***Couplage térahertz front-end de matrices de détecteurs semi-conducteurs non refroidis***

**Laboratoire :** UMR CNRS 8507 ; Laboratoire de génie électrique de Paris (LGEP), Supélec

**Équipe :** Matériaux et dispositifs : des micro-ondes à l'infrarouge (MDMI) ; <http://mdmi.lgep.supelec.fr>

**Etablissement de rattachement :** UPMC Univ Paris 06

**Directeur de thèse :** Annick Dégardin, Pr UPMC Univ Paris 06, CNU 63 ([Annick.Degardin@supelec.fr](mailto:Annick.Degardin@supelec.fr))

**Co-encadrement :** Alain Kreisler, Pr Em UPMC Univ Paris 06, CNU 63 ([Alain.Kreisler@supelec.fr](mailto:Alain.Kreisler@supelec.fr))

**Titre de la thèse :** Couplage térahertz front-end de matrices de détecteurs semi-conducteurs non refroidis

**Collaboration dans le cadre de la thèse :** 1 partenaire industriel

Le sujet peut-il être publié sur le site *web* de l'ED SMAER ? OUI

### Résumé du sujet

Les ondes électromagnétiques THz dont la gamme de fréquences s'étend typiquement de 500 GHz à 5000 GHz (= 5 THz) sont reconnues inoffensives. Elles peuvent pénétrer les matériaux diélectriques ou non conducteurs tels que plastique, céramique, papier, bois, tissu, etc. Par contre, les surfaces métalliques (conductrices) sont réfléchissantes. L'imagerie en ondes THz est donc une solution particulièrement attrayante en sécurité civile pour la détection d'objets suspects cachés sur des personnes, par exemple.

L'équipe MDMI du LGEP développe des détecteurs pyroélectriques à base d'un matériau innovant (oxyde semi-conducteur) qui a l'avantage de présenter un coefficient de sensibilité thermique largement supérieur (4 % par °C) à celui d'autres semi-conducteurs actuellement utilisés en imagerie infrarouge commerciale, comme l'oxyde de vanadium (2 % par °C) ou le silicium amorphe (2,5 % par °C). De plus, cet oxyde semi-conducteur se dépose facilement sous forme de films minces et peut être intégré dans une technologie CMOS existante. Les tests en infrarouge proche ( $\lambda = 0,850 \mu\text{m}$ ) des détecteurs réalisés à partir de ces films dévoilent des performances en particulier en terme de temps de réponse ( $\tau = 2\text{-}3 \mu\text{s}$ ) largement meilleures que les performances des détecteurs pyroélectriques du commerce ( $\tau = 0,1\text{-}100 \text{ms}$ ). La thèse, à composante expérimentale forte, consiste désormais à développer ces détecteurs pour des longueurs d'ondes plus élevées : infrarouge moyen ( $\lambda = 8\text{-}12 \mu\text{m}$ ) et ondes térahertz ( $\lambda = 60\text{-}300 \mu\text{m}$  ou  $f = 1\text{-}5 \text{THz}$ ). Les applications visées concernent, outre la sécurité, l'environnement et la santé.

Les points à aborder au cours de la thèse seront les suivants :

**a) Conception d'antennes :** Chaque pixel détecteur sera associé à une micro-antenne planaire afin de permettre une adaptation optimale entre le détecteur et le rayonnement incident. Il s'agira de concevoir, en s'appuyant sur des simulations, des schémas d'antennes planaires pour l'IR moyen puis pour les ondes THz. Un des défis sera de concevoir une antenne dont l'impédance sera adaptée à celle, très élevée, du pixel semi-conducteur. Comme des petites matrices de  $2 \times 2$  pixels, puis de  $8 \times 8$  pixels et  $16 \times 16$  pixels sont envisagées, il faudra aussi tenir compte des couplages thermiques entre pixels (*crosstalk* thermique) et électromagnétiques entre antennes (*crosstalk* électromagnétique). Des maquettes à grande échelle des antennes conçues seront réalisées et testées en chambre anéchoïque. Les résultats expérimentaux seront confrontés aux résultats de simulation.

**b) Fabrication des composants et tests fonctionnels :** les petites matrices seront réalisées en salles blanches. Des tests préliminaires en infrarouge moyen puis en ondes THz (lasers à cascade quantique) seront menés en parallèle de la fabrication et en liaison avec la conception afin d'optimiser différentes caractéristiques des pixels détecteurs telles que la sensibilité, le niveau de bruit et la bande passante de chaque pixel, ainsi que le *crosstalk* entre pixels.

**c) Système imageur :** dans une dernière étape, un système imageur THz sera conçu et mis en place : il inclura l'illumination de la scène avec une source THz et son balayage avec une petite matrice de détecteurs. L'imageur THz sera finalement testé.

**Niveau de connaissances et compétences requis :** Diplôme de Master en Sciences et Technologies ou diplôme d'ingénieur (électronique ou électromagnétisme ou photonique). **Excellent niveau académique requis.** Affinité pour combiner des aspects physiques avec des aspects expérimentaux.