

# Soutenance de thèse

Mardi 23 octobre

14h 00

Salle 44 –C2N site Orsay

Eric BERNUCHON

## **“Optimisation de diodes Schottky pour les applications THz”**

### Jury members :

|                  |                            |                                 |                    |
|------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Alain MAESTRINI  | Maître de Conférences      | Observatoire de Paris - LERMA   | Rapporteur         |
| Luca VARANI      | Professeur des Universités | Université de Montpellier - IES | Rapporteur         |
| Philippe DOLLFUS | Directeur de Recherche     | CNRS - C2N                      | Examineur          |
| Frédéric ANIEL   | Professeur des Universités | Université Paris-Sud - C2N      | Directeur de thèse |
| Raymond QUERE    | Professeur Emérite         | Université de Limoges - XLIM    | Examineur          |

### Abstract :

Le domaine du TéraHertz a suscité beaucoup d'intérêt de la part de la communauté scientifique ces dernières années. La diode Schottky constitue la pierre angulaire des circuits de détection, des multiplieurs de fréquence ou encore des mélangeurs dans cette bande de fréquence, notamment grâce à son comportement non-linéaire. Les travaux menés durant cette thèse visent à optimiser les caractéristiques de ce composant pour deux fonctions non-linéaires – la détection et la multiplication de fréquence – celles-ci ayant des facteurs de mérites bien spécifiques. Un même dispositif ne saurait les satisfaire conjointement La non-linéarité capacitive est généralement mise à profit pour la multiplication de fréquence alors que la détection s'appuie sur la non-linéarité résistive associée à la caractéristique statique. Pour réaliser cette optimisation, un code particulière Monte-Carlo (MC) résolvant l'équation de Boltzmann couplée à l'équation de Poisson a été développé. La diode Schottky est un composant largement contrôlé par l'interface métal/semi-conducteur et la gestion des conditions aux limites constitue une étape clef dans la modélisation du dispositif. Le principe d'exclusion de Pauli doit être considéré pour un semi-conducteur très dopé et une distribution spécifique pour les porteurs injectés du côté du contact ohmique a été optimisée puis utilisée dans la modélisation de la diode. D'autres effets physiques à l'interface métal/semi-conducteur ont été implémentés tels que l'effet tunnel suivant différents degrés de raffinement, le phénomène de force image ou encore l'abaissement de la hauteur de barrière par le champ électrique dû aux états de surface. Cette modélisation MC a permis de déduire un schéma équivalent électrique petit-signal aux fréquences TéraHertz dont les différents paramètres sont ajustés en prenant en compte la déplétion possible du substrat pour des diodes courtes. L'extraction du schéma équivalent peut s'effectuer suivant différentes stratégies : en excitant la diode avec un signal de faible amplitude ou encore à partir de l'étude des densités spectrales associées aux fluctuations de courant et de tension. Les phénomènes physiques pouvant mettre en défaut ce schéma électrique tels que la vitesse de saturation des porteurs ou le phénomène d'ionisation par choc en polarisation inverse sont discutés. Le recours à un schéma électrique est motivé par une volonté de l'intégrer facilement au cœur d'un circuit pour une fonction spécifique et de l'exploiter avec un logiciel commercial tel que ADS (Advanced Design System) dans une logique d'optimisation. Des simulations de type « Harmonic Balance » ont été menées afin d'étudier le rendement d'un circuit de détection et d'un multiplieur de fréquence pour dégager les caractéristiques optimales de la diode sur chacun de ces circuits. Le GaAs est souvent un semi-conducteur de choix pour la réalisation de circuits aux fréquences TéraHertz grâce à sa maturité technologique et à sa haute mobilité électronique. D'autres semi-conducteurs tels que l'InGaAs, le GaSb ou encore le GaN sont également étudiés. Une diode avec un couple métal/semi-conducteur présentant une faible hauteur de barrière donne les meilleurs rendements de conversion pour la détection. Pour le multiplieur de fréquence, il existe un dopage optimal en fonction de la longueur de la couche active permettant de maximiser le rendement du circuit.