

## “Modulateurs ultra-rapides pour le moyen-infrarouge”

Cette thèse de doctorat s’inscrit dans le cadre du projet BIRD (Broadband mid-infrared semi-conducteur modulateurs), financé par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) pour une durée de trois ans à l'Université Paris Saclay (France), au sein du centre de Nanosciences et Nanotechnologies (C2N).

Les applications reposant sur le rayonnement moyen infrarouge (MIR,  $\lambda = 3-12 \mu\text{m}$ ) ont progressé à un rythme rapide ces dernières années, en raison de différentes avancées scientifiques et technologiques. On peut citer les caméras MIR, qui ont permis l'imagerie thermique, ainsi que l'invention du laser à cascade quantique (QCL) qui a permis un large panel d'applications en spectroscopie, métrologie, médecine. Au-delà de la génération / détection de lumière, une fonctionnalité clé pour la plupart des systèmes photoniques est la possibilité de contrôler électriquement l'amplitude, la phase et la polarisation d'un faisceau laser sur des échelles de temps ultracourtes (dizaines de GHz). Une modulation rapide (d'amplitude et/ou de phase) est indispensable pour un grand nombre d'applications, comme par exemple la stabilisation laser, la détection cohérente, la spectroscopie et les communications optiques.

Contrairement au domaine visible et proche IR, **dans le domaine spectral du MIR il n'existe pas de modulateurs avec une bande passante de plusieurs dizaines de GHz**, ce qui freine les progrès de la photonique MIR.

Le projet de thèse se place dans ce contexte, ayant pour but de **démontrer un modulateur d'amplitude MIR efficace, à large bande (jusqu'à 40 GHz) et intégré**, capable de répondre aux besoins des applications/plateformes émergentes de photonique MIR. Le potentiel des modulateurs développés pour les applications spectroscopiques et de détection est un élément clé de ce projet et sera validé – grâce à une collaboration - en mettant en place une expérience dédiée à la spectroscopie haute résolution.

Le projet de thèse suivra donc les phases suivantes : (a) Conception de la région active des dispositifs qui reposeront sur l'absorption intersousbandes dans un système de puits quantiques semiconducteurs couplés [1]. Le fonctionnement sera optimisé pour la gamme de longueurs d'onde de 9.5 à 10.5  $\mu\text{m}$ , au centre d'une fenêtre de transparence atmosphérique, idéale pour les expériences de spectroscopie et les communications optiques en espace libre. (b) Fabrication au sein de la salle blanche du C2N, en s'appuyant sur l'expertise et savoir-faire de l'équipe d'accueil. (c) Caractérisations opto-électroniques DC, à l'aide d'un setup permettant de caractériser des dispositifs intégrés, puis dans le domaine RF à l'aide de détecteurs ultra-rapides [2].

**Consortium** : Ce projet sera mené en collaboration avec les Laboratoires IEMN (Lille) et LPL (Villetaneuse).

**Savoir-faire acquis** : physique et technologie des dispositifs quantiques; modélisation électromagnétique; fabrication en salle blanche; physique des lasers ; techniques de caractérisation optoélectroniques; design de structure quantique; technologie RF/micro-ondes.

**Profil du candidat** : La thèse est expérimentale, mais avec une partie importante consacrée aux simulations quantiques/électromagnétiques pour la conception des dispositifs. Le candidat retenu sera une personne dynamique ayant un intérêt pour la physique des semi-conducteurs. Elle/il aura complété un programme de premier cycle en physique, optique ou ingénierie.

**Détails** : Le poste est disponible immédiatement, et la date de début se situera entre octobre 2021/mars 2022.

Les candidatures, comprenant une lettre de motivation et un CV, sont à adresser à Adel Bousseksou ([adel.bousseksou@c2n.upsaclay.fr](mailto:adel.bousseksou@c2n.upsaclay.fr)) et Raffaele Colombelli (Email : [raffaele.colombelli@c2n.upsaclay.fr](mailto:raffaele.colombelli@c2n.upsaclay.fr)).

### Références:

- [1] "Fast amplitude modulation up to 1.5 GHz of mid-IR free-space beams at room-temperature", S. Pirotta, NL Tran, G. Biasiol, A. Jollivet, P. Crozat, JM Manceau, A. Bousseksou, R. Colombelli, Nat. Communications **12**, Article number: 799 (2021). <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20710-2>
- [2] "Ultrafast quantum well photodetectors operating at 10 $\mu\text{m}$  with flat frequency response up to 70GHz at room temperature", M. Haki, et al., ACS Photonics **8**, 464 (2021). <https://arxiv.org/abs/2007.00299>