

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Caméra multispectrale à acquisition simultanée à base d'un circuit photonique intégrée 3D

Référence : **PHY-DOTA-2026-17** (à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2026 à Janvier 2027
selon le type de financement

Date limite de candidature : 01/06/2026

Mots clés :

Optique intégrée, micro-photonique, guides d'ondes, imagerie multispectrale

Profil et compétences recherchées :

Optique, micro-photonique, laser, programmation (Python, Matlab...). Goût prononcé pour l'expérimentation optique et les simulations numériques

Présentation du projet doctoral et du contexte :

Les caméras multispectrales acquièrent plusieurs dizaines images d'une même scène à des longueurs d'ondes différentes. Elles permettent ainsi de collecter d'avantage d'information sur son champ de vue observé. Les applications de l'imagerie multispectrale sont nombreuses : agriculture, surveillance, observation de la Terre, biologie, imagerie biomédicale, astronomie et géosciences. Plusieurs technologies existent déjà, tels que les systèmes à base de roues à filtres colorés, de réseaux de filtres allumettes sur le détecteur ou systèmes à division du champ pupillaire.

Notre objectif à l'ONERA est de réaliser des systèmes compacts, légers et performants qui pourront être, à terme, embarqués sur des porteurs légers comme des drones ou des nano-satellites. De tels systèmes doivent satisfaire le critère SWaP, c'est-à-dire qu'ils doivent être compacts, légers et consommer peu d'énergie. Pour augmenter les performances et les fonctionnalités des architectures optiques tout en les miniaturisant, nous étudions des concepts innovants non conventionnels et nous évaluons leur apport pour des systèmes optiques.

Dans ce sens, nous étudions à l'ONERA depuis quelques années des systèmes de spectro-imagerie sur une nouvelle plateforme : les circuits photoniques intégrés (PIC) sous la forme d'un réseau 3D de guides d'ondes inscrits dans une lame de verre. En partenariat avec l'Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay (ICMMO), nous avons pu réaliser une première preuve de concept d'un spectromètre fabriqué dans une lame en verre de silice en utilisant un laser à impulsions ultra-courtes et nous pouvons inscrire des PICs dans tout le volume de cette lame de verre.

Dans le cadre de cette thèse, nous souhaitons poursuivre dans ce domaine et nous orienter vers une caméra multispectrale à acquisition simultanée basée sur un réseau de guides d'ondes. Une limitation des systèmes multispectraux à acquisition simultanée classiques est liée à l'augmentation du rapport signal sur bruit causée d'une part par la division pupillaire et par la perte du flux rejeté par les filtres d'autre part.

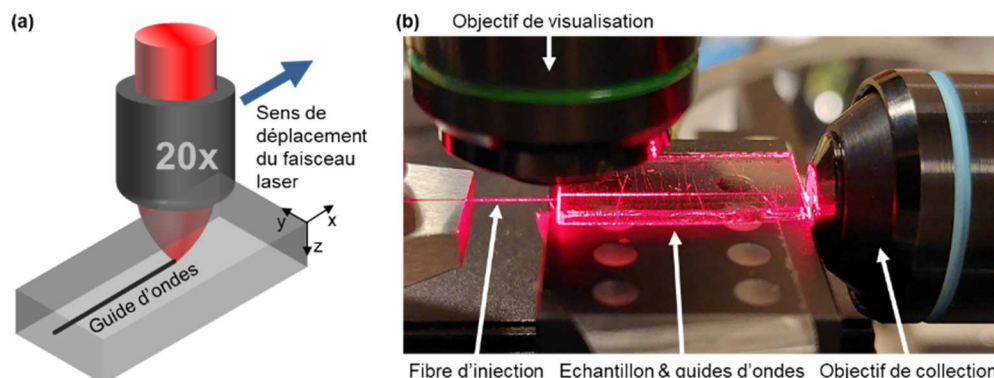


Figure 1 : (a) Illustration de la technique d'écriture de guides d'ondes par un laser à impulsions ultrabrèves. (b) Montage permettant de caractériser les PICs et visualisation d'un guide d'ondes inscrit par le laser.

Objectif principal de la thèse :

Etudier et proposer des concepts permettant d'augmenter le rapport signal sur bruit des images des caméras multispectrales à acquisition simultanée en utilisant un routage spectral des photons dans le PIC. Un des systèmes proposés sera ensuite modélisé numériquement, fabriqué à l'ICMMO avec le laser sur le banc Flag et étudié à l'ONERA dans le laboratoire HyPIC.

Déroulé prévisionnel de la thèse :

- Etude bibliographique sur l'état de l'art des systèmes multispectraux à acquisition simultanée.
- Familiarisation avec les outils de simulation numérique des guides d'ondes et des circuits photoniques en place sur les serveurs de calculs de l'ONERA et aux programmes d'analyse des données associés.
- Familiarisation avec la technique de micro structuration 3D par un laser ultrarapide de l'indice optique des verres à l'ICMMO et réalisation des premiers guides d'ondes.
- Conception, fabrication et étude au laboratoire de filtres à base de miroirs de Bragg (miroirs et cavités Fabry Perrot).
- Recherche d'autres solutions permettant d'effectuer de l'imagerie multispectrale instantanée à base de PICs et positionnement par rapport à l'état de l'art.
- Validation d'une solution puis modélisation numérique, fabrication et étude au laboratoire de cette solution.
- Evaluation des performances du système complet et comparaison des résultats avec les attentes théoriques et numériques et l'état de l'art.

Une partie de ces travaux est basée sur un brevet un cours de dépôt.

Le/la doctorant(e) profitera pleinement des compétences en instrumentation optique et des moyens de caractérisations du département d'optique de l'ONERA. Il/elle bénéficiera également des moyens et du savoir-faire de l'ICMMO dans la structuration de fonctions 3D par un laser à impulsions femtosecondes et des compétences en traitement d'images (restauration, optimisation et apprentissage) du MAP5 (CNRS et Université Paris Cité).

Collaborations envisagées :

- Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay (ICMMO) - Equipe de Matthieu Lancry
- Laboratoire MAP5 – Equipe d'Andrés Almansa

Laboratoire d'accueil à l'ONERA :

Département : Optique et Techniques Associées (DOTA)

Lieu : ONERA, Centre de Palaiseau

Directeur de thèse et contact :

Nom : Olivier Gazzano

Laboratoire : ONERA / DOTA

Tél. : 01 80 38 63 63

Email : olivier.gazzano@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>