



**HAL**  
open science

## Développement d'un banc de spot scan cryogénique pour l'étude des détecteurs dans le moyen infrarouge

Joris Gorée, Sophie Derelle, Edouard Huard de Verneuil, Julien Jaeck, Olivier Gravrand, Salima Mouzali, Jérôme Primot

► **To cite this version:**

Joris Gorée, Sophie Derelle, Edouard Huard de Verneuil, Julien Jaeck, Olivier Gravrand, et al.. Développement d'un banc de spot scan cryogénique pour l'étude des détecteurs dans le moyen infrarouge. SFO Optique 2021, Jul 2021, Dijon, France. hal-03546733

**HAL Id: hal-03546733**

**<https://hal.science/hal-03546733>**

Submitted on 28 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# DÉVELOPPEMENT D'UN BANC DE SPOT SCAN CRYOGÉNIQUE POUR L'ÉTUDE DES DÉTECTEURS DANS LE MOYEN INFRAROUGE

Joris Gorée<sup>1</sup>, Sophie Derelle<sup>1</sup>, Edouard Huard de Verneuil<sup>1</sup>, Julien Jaeck<sup>1</sup>, Olivier Gravrand<sup>2</sup>,  
Salima Mouzali<sup>3</sup>, Jérôme Primot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ONERA, Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales, 91120 Palaiseau, France

<sup>2</sup> CEA-LETI, Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives - Laboratoire d'Électronique et de Technologie de l'Information, 38185 Grenoble, France

<sup>3</sup> CEA-IRFU, Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives - Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers, 91534 Saclay, France

joris.goree@onera.fr

## RÉSUMÉ

Dans cet article, nous présentons un banc de spot scan cryogénique dans la bande 3 – 5  $\mu\text{m}$  actuellement en développement dans la plateforme MIRCOS de l'ONERA. Des premiers tests ont été réalisés sur un détecteur HgCdTe au pas de 30  $\mu\text{m}$  et des améliorations sont en cours pour pouvoir caractériser de plus petits pixels.

**MOTS-CLEFS :** Réponse spatiale pixel, Spot scan, Infrarouge, Cryogénie

## 1. INTRODUCTION

Pour répondre aux besoins d'imagerie à haute résolution spatiale ou spectrale portés par le domaine astrophysique, les fabricants développent aujourd'hui des détecteurs infrarouge matriciels de grands voire très grands formats (jusqu'à 4k×4k). Cette augmentation de format va généralement de pair avec la réduction de la taille et la complexification de l'architecture du pixel. Or, la connaissance de la réponse spatiale du pixel est précieuse d'une part, pour les fabricants afin d'optimiser les structures de détection, et d'autre part, pour la communauté astrophysique dans le cadre du développement et de l'exploitation d'instruments scientifiques. La principale difficulté pour les mesures provient de l'encombrement du packaging pour les détecteurs infrarouge refroidis (cryostat et écran froid englobant le détecteur) qui limite l'accès au détecteur et ainsi la finesse des motifs projetés. C'est pour répondre à cette problématique que l'ONERA a développé en 2018 une plateforme de test cryogénique polyvalente appelée MIRCOS (Moyen Infrarouge Refroidi pour la Caractérisation d'Optiques et de Systèmes) (Figure 1), qui permet de déplacer différents systèmes de projection refroidis au plus proche du détecteur (dans un même écran froid) et ainsi d'améliorer la finesse des motifs projetés et de réduire considérablement le fond thermique.

## 2. BANC DE SPOT SCAN CRYOGÉNIQUE ET PREMIERS RÉSULTATS DE MESURE

La méthode de spot scan [1] est une des méthodes parmi d'autres (bord de plage, méthode interférométrique par CSIG [2], méthode EBIC pour Electron Beam Induced Current [3]) qui permet de déterminer la réponse spatiale (ou FEP pour Fonction d'Étalement de point) du pixel. La méthode spot scan se base sur la projection sur un pixel du détecteur, d'un point lumineux. L'idée va être de balayer ce point, selon deux axes perpendiculaires, sur un groupe de pixels avoisinants le pixel d'intérêt avec un pas de balayage plus fin que la taille du pixel. Néanmoins, cette mesure s'avère de plus en plus complexe car la réduction actuelle de la taille des pixels dans le domaine infrarouge entraîne un besoin accru en précision de déplacement de point lumineux par rapport au pixel (typiquement 1/10 de la taille du pixel, soit 3  $\mu\text{m}$  pour un pixel de 30  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$  pour un pixel de 10  $\mu\text{m}$ ) et une très bonne connaissance de la FEP de l'objectif pour limiter l'introduction de biais lors de l'étape de déconvolution.

L'objectif utilisé pour générer le point lumineux a été réalisé par la société Winlight System. Il possède une focale de 25 mm et est ouvert à  $F/1,2$ . Il est utilisé en configuration fini-fini avec un trou objet de 15  $\mu\text{m}$  de diamètre et un grandissement de 1/3. La taille du spot obtenu est limitée par la

diffraction (diamètre du premier zéro de la tache d'Airy estimé à  $14,6 \mu\text{m}$ ). Elle sera mesurée précisément dans de futurs travaux. La Figure 1 montre l'intérieur du banc. Le faisceau lumineux est obtenu à partir d'un corps noir chauffé à  $1200^\circ\text{C}$  placé au foyer d'un collimateur. Ce faisceau traverse d'une part la chambre à vide puis la chambre cryogénique refroidie à  $80 \text{ K}$  via la table froide. Un condenseur (simple lentille convergente) focalise ensuite le faisceau lumineux sur le trou objet de l'objectif. Le condenseur et l'objectif sont installés sur leurs platines de déplacement nanométrique. Le détecteur, installé directement dans la chambre cryogénique, est placé dans le plan image de l'objectif et dispose de son propre cryostat. Un premier résultat de mesure sur un détecteur HgCdTe au pas de  $30 \mu\text{m}$  est présenté sur la figure 2. L'encart présente le bougé résiduel obtenu à une position fixe. Les points mesurés sont en accord avec des résultats obtenus précédemment sur le même détecteur à partir d'une mesure interférométrique par CSIG [4].

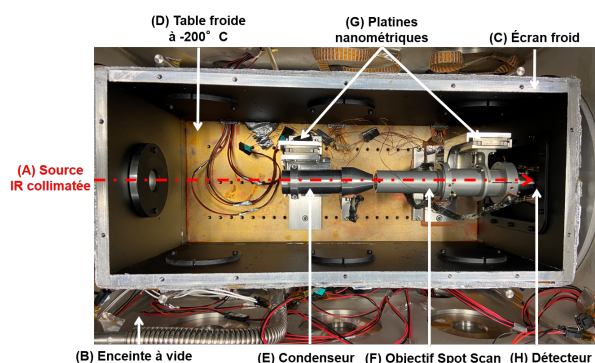


FIGURE 1 : Vue de dessus du banc cryogénique MIRCOS. Le trajet du faisceau infrarouge est symbolisé par la flèche rouge en pointillé.

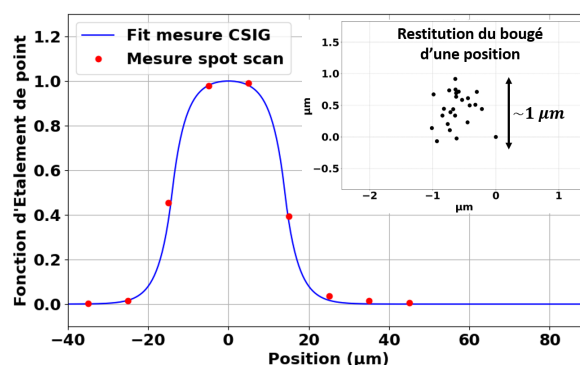


FIGURE 2 : Réponse spatiale du pixel (1D). Le bougé expérimental pour une position (point rouge) est estimé à 1 micromètre.

### 3. PERSPECTIVES

Plusieurs améliorations sont nécessaires pour pouvoir caractériser avec précision de plus petits pixels. Dans un premier temps, un contrepoids sera ajouté afin d'alléger la charge de l'objectif sur les platines et ainsi faciliter le déplacement vertical à froid. Par ailleurs, pour améliorer la précision de déplacement, des capteurs interférométriques seront placés sur chaque platine. Enfin, une caractérisation de la FEP de l'objectif sera réalisée afin de pouvoir déconvoluer précisément les mesures que nous réaliserons prochainement sur de plus petits pixels.

### REMERCIEMENTS

Ce projet a été partiellement financé par la DGA (Direction Générale de l'Armement), l'Agence Nationale de Recherche (ANR) via le LabEx FOCUS (ANR-11-LBX-0013) et le Conseil Général de l'Essonne (programme A.S.T.R.E.).

### RÉFÉRENCES

- [1] Gravrand et al., "MTF Issues in Small-Pixel-Pitch Planar Quantum IR Detectors", *Journal of Electronic Materials*, vol. 43, pp 3025 – 3032, 2014.
- [2] N. Guérineau and, J. Primot, and, M. Tauvy, M. Caes, "Modulation transfer function measurement of an infrared focal plane array by use of the self-imaging property of a canted periodic target", *Appl. Opt.*, vol. 4, pp. 631–637, 1999
- [3] Yèche et al., "MTF Characterization of small pixel pitch IR cooled photodiodes using EBIC », *Journal of Electronic Materials*, vol. 49, pp 6900 –6907, 2020.
- [4] Huard et al., "Development of a cryogenic test bench for spectral MTF measurement on midwave infrared focal plane arrays ", *Journal of Electronic Materials*, vol. 49, pp 6957 – 6962, 2020.