

Analyseur de surface d'onde Shack-Hartmann IR grand champ



Clélia ROBERT

ONERA, BP72, 92322 Châtillon Cedex, France
Clélia.robert@onera.fr

Abstract : L'optique adaptative (OA) permet la compensation en temps réel de la turbulence atmosphérique qui limite fortement la résolution des systèmes d'observation basés au sol. La qualité de la correction repose sur un composant clé : l'analyseur de front d'onde. Un système d'optique adaptative dans l'infrarouge moyen a été conçu par l'ONERA afin d'augmenter la résolution des instruments d'observation sol-air. Actuellement en cours d'intégration, ce système comprend un analyseur de type Shack-Hartmann (ASO) qui permet de mesurer les fronts d'onde provenant d'une source étendue émettant dans l'IR. Cet analyseur a été réalisé par SOFRADIR sous maîtrise d'œuvre ONERA [1].

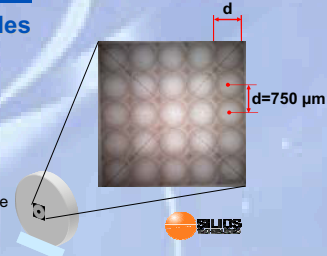
Conception optique et mécanique de l'ASO

Spécification de l'analyseur Shack-Hartmann IR

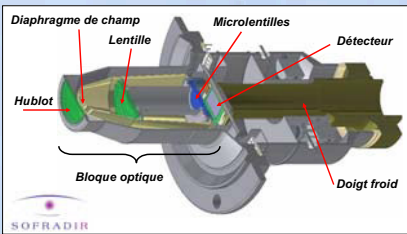
• Bande passante spectrale	3.4 - 4.2 μm
• Champ de vue	14 m @ 11 km
• Echantillonnage	Pixel = $\lambda f/d$ @ 3.7 μm
• Focale de microlentilles	6.25 mm @ 100 K
• Détecteur MCT @ 90 K	125 x 125 pixels
• Taille pixel	30 μm
• Capacité du puits	1.4 Me ⁻
• Bruit	<300 e ⁻
• Conversion analogique numérique	14 bits

Composant microlentilles

- 3 fonctions optiques
 - 1) Réseau de 5x5 microlentilles carrées
Plan-sphériques échantillonnées sur 64 niveaux
 - 2) Pupille froide
Masque au Chrome avec occultation centrale
 - 3) Filtre froid passe bande
- Production
 - Silios : substrat en Silicium, RIE
 - Jenoptik : multi-diélectrique, chocs thermiques, pas de dégazage

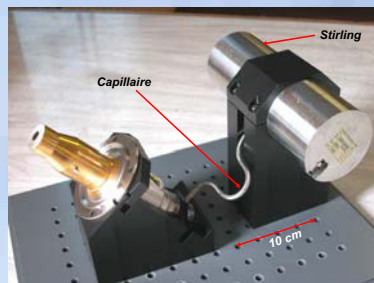


Maquette du cryostat



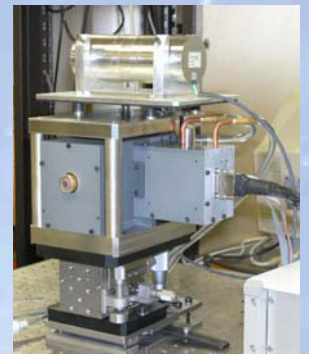
Conception thermomécanique répondant aux exigences de réduction des pertes thermiques et de la lumière parasite. L'ASO est compact car les optiques sont refroidies dans le même cryostat que le détecteur. Réalisation d'une mécanique haute précision (10 microns) pour garantir les tolérances du cahier des charges. Bloc optique sans réglage : optiques collées avec epoxy sur support en INVAR. Possibilité d'alignement du détecteur par rapport au bloc optique.

Réalisation de l'analyseur



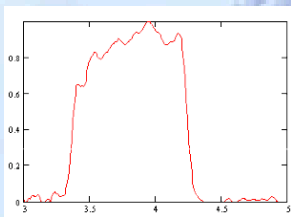
L'analyseur de surface d'onde est monté avec son système de refroidissement à effet Stirling. Un capillaire conduit le froid mais propage une vibration à 50 Hz, atténuée grâce à un support anti-vibration (voir ci-contre).

Montage de l'analyseur dans un support anti-vibration



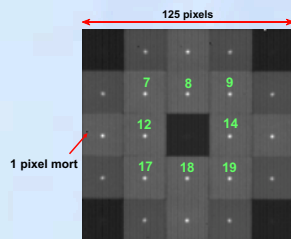
Caractérisation et tests de l'ASO

Mesure de la transmission spectrale



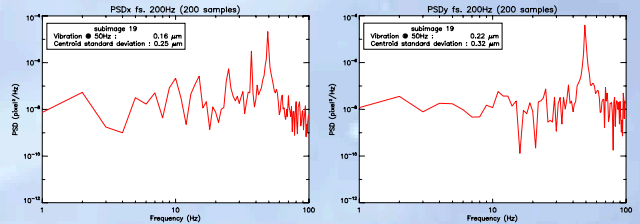
Le gabarit du filtre est spécifié pour rejeter le flux parasite de fonds (fronts raides). Il est conforme à la spécification.

Imagettes réelles



20 sous-pupilles valides
Validation de l'alignement à 0.15 pixel près
Cadence des images : 440 Hz

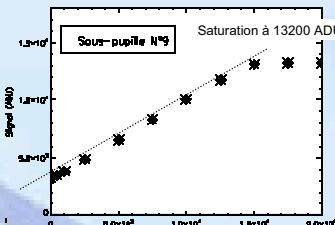
Atténuation des vibrations



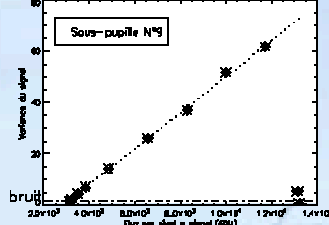
Vibration @ 50Hz	σ , rd rms	σ , rd rms
Valeur moyenne	0,04	0,05
20 sous-pupilles valides		

Effet minime sur la mesure de front d'onde
SR=99.6%

Linéarité du détecteur et calibration photométrique

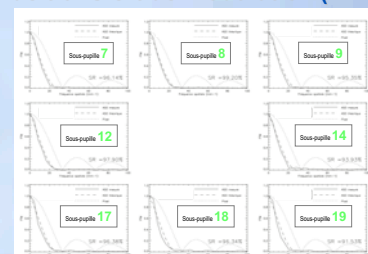


Excellente linéarité du détecteur
Non uniformité de réponse = 0.21 bruit temporel
@ 50 % de remplissage du puits
Rendement quantique : 83 %



Bruit électronique : 1.5 ADU = 200 e⁻ rms
Bruit de lecture : 187 e⁻
Bruit d'amplification : 82 e⁻

Fonction de transfert de modulation (FTM) mesurée



Bonne corrélation entre FTM ASO (optique + détecteur) mesurée et théorique.
Qualité optique très bonne pour analyse de surface d'onde par corrélation

Perspectives

- Analyse de surface d'onde par corrélation
- Fermeture de boucle OA en novembre 07
- Essais avec le banc OA sur site en mai 2008
- Etude des performances OA avec anisoplanétisme [2,3]
- Profilométrie Cn2 [4]

Références

- [1] Robert et al, *Shack-Hartmann wavefront sensor using IR extended source*, SPIE Remote Sensing Conference, Sept 2007
- [2] Robert et al, *Scintillation and Phase Anisoplanatism in Shack-Hartmann Wavefront Sensing*, JOSA A, 23, Mars 2006
- [3] Vedrenne et al, *Shack Hartmann Wavefront Estimation with Extended Sources: Anisoplanatism Influence*, JOSA A, 24, Sept. 2007
- [4] Vedrenne et al, *C_n² profile measurement from Shack-Hartmann data*, Optics Letters, 32, Sept. 2007

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB