



LIGHTWHITE®

MIROIRS ALLÉGÉS ET MÉTROLOGIE
POUR L'ASTRONOMIE

RAPPORT DE TEST MESURE SUR BANC SHACK HARTMANN 100x100

CELESTRON C11 EDGE HD Carbone



Référence rapport : **2021-03**

Template : **V1.1**

Rédacteur : **Alexandre Gerbert-Gaillard**

Date : **23/03/2021**

SOMMAIRE

1 – Paramètres de la mesure	p.3
2 – Echantillonnage et pentes locales	p.5
3 – Mesure de front d’onde modal (avant réglage collimation)	p.6
4 – Acquisition intra / extra focale et collimation	p.8
5 – Mesure de front d’onde modal (après réglage collimation)	p.10
6 – Mesure de résidu analyse zonal	p.13
7 – Reconstruction PSF et rapport de Strehl	p.14
8 – Conclusion	p.15

1. Paramètres de la mesure

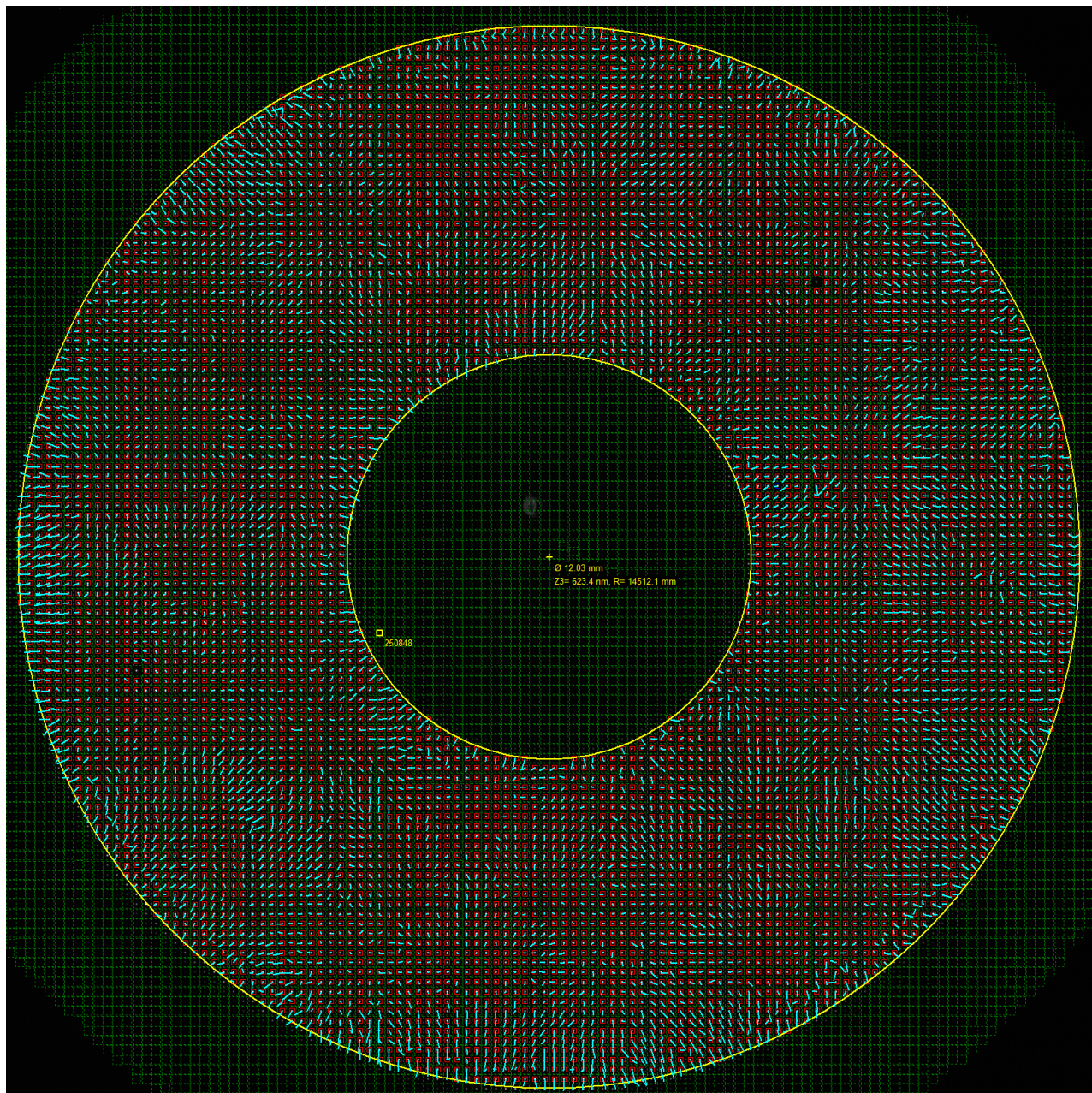
DONNEES GENERALES	
Date mesure	15 et 22/03/2021
Opérateur	AGG
Client	xxxx
Shack Hartmann	100x100 Alcor System
Objectif Shack Hartmann	120mm
Miroir plan	356mm Lightwhite

CARACTERISTIQUES INSTRUMENT	
Marque instrument	Célestron
Diamètre	280mm
Focale	2800mm
F/d	10
Caractéristiques optiques	Schmidt Cassegrain aplanétique
Modèle	C11 Edge HD modifié tube carbone
Accessoire	NA : sortie directe
Serial number	XXXXXX

TRACABILITE DE LA MESURE	
Type de mesure	Sur l'axe
Collimation	Sur banc avant et après mesure WFE
Double passe	Oui
Référence fichier calibration	calibration_C11_Edge_HD_15_03_2021
Mode d'analyse	Modal + zonal
Nombre d'acquisitions par mesure	5
Mesures de répétabilité	4



2. Echantillonnage et pentes locales



Echantillonnage et affichage des pentes (affichage de l'élongation réglé à 75)

L'échantillonnage est excellent, avec 107x107 points de mesure, soit 1 point tous les 2,6mm sur le miroir.

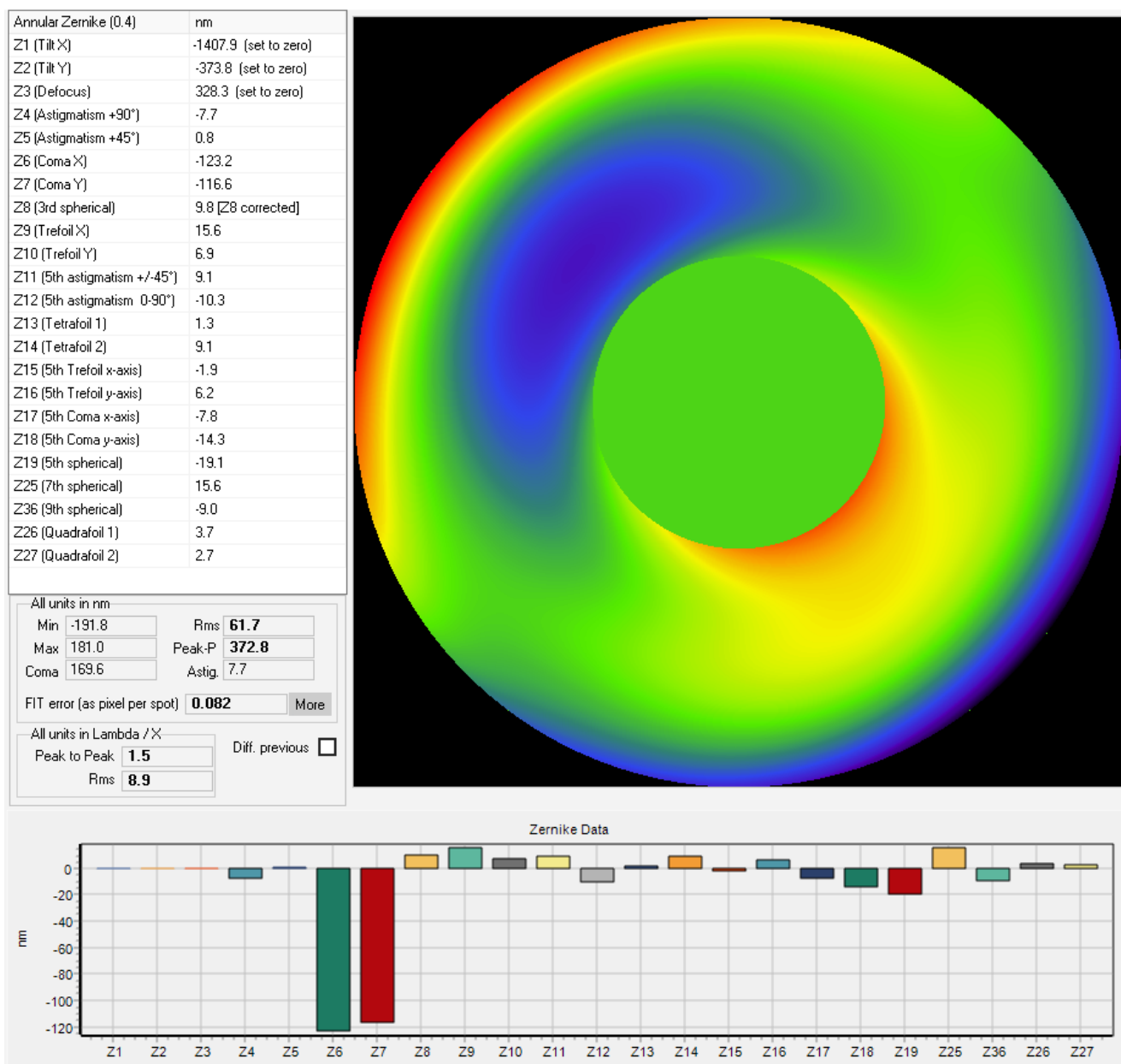
La visualisation montre les pentes hors tilts et défocus. La grille de calibration apparaît en vert, les microlentilles utilisées pour l'analyse en rouge, la pupille analysée étant délimitée par les 2 cercles jaunes.

Aucune microlentille n'a été soustraite de l'analyse, il n'y a pas de point présentant un caractère anormal ou aberrant. L'obstruction centrale mesurée est de 38,1%.

La vue correspond à une mesure faite le 22 mars, c'est-à-dire **après réglage de la collimation**.

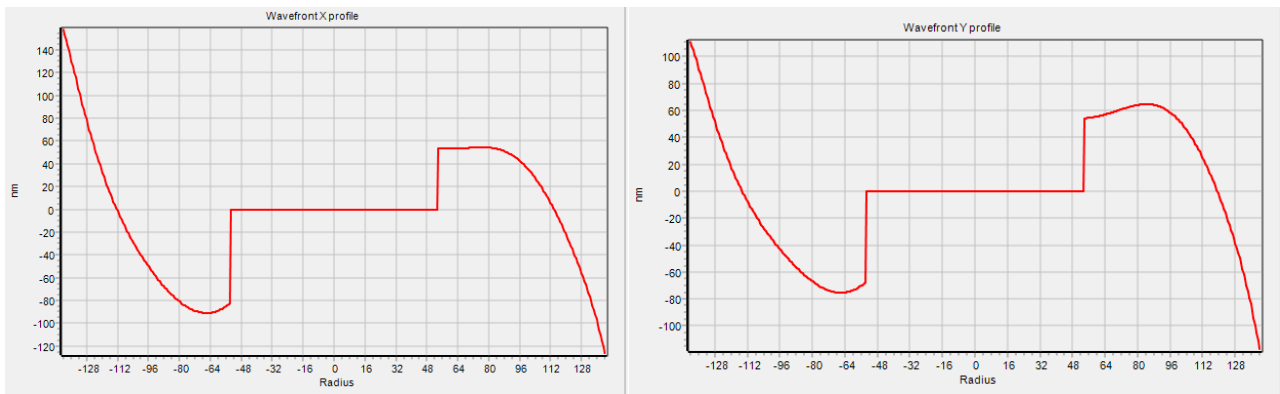
3. Mesure de front d'onde modal (avant réglage collimation)

Une première mesure du tube a été faite volontairement avant que la collimation ne soit vérifiée. Il en résulte la mesure suivante :

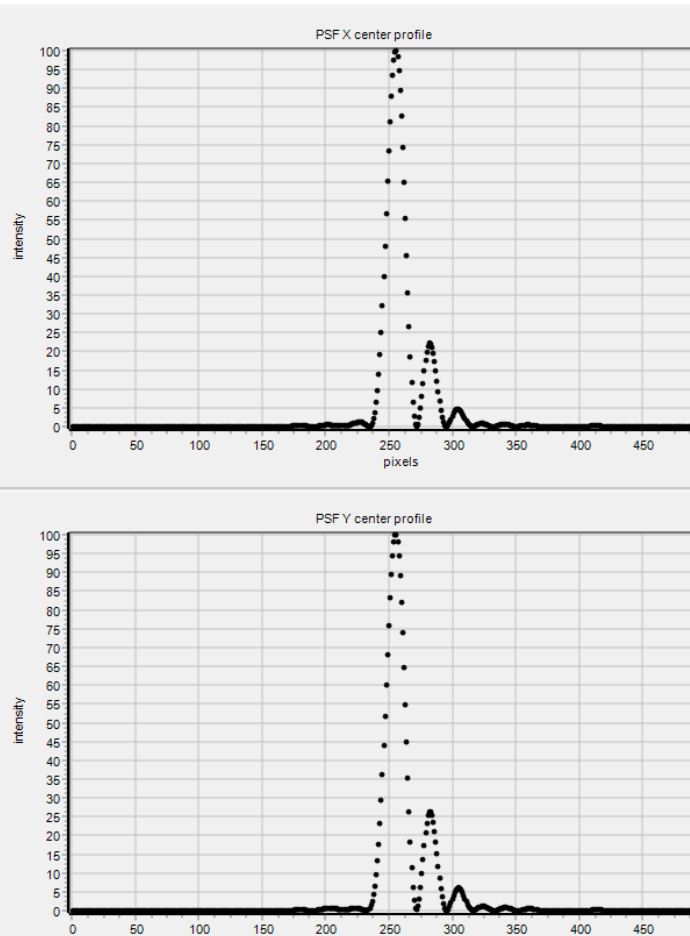
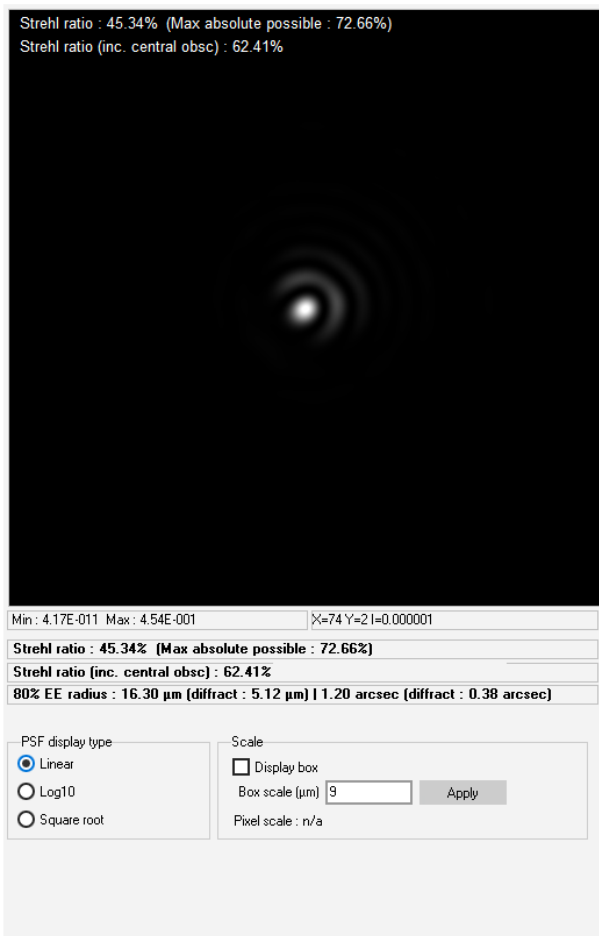


Que constate-t-on ? Majoritairement, 2 pics principaux pour les termes Zernike Z6 et Z7, termes de coma, respectivement 123,2nm de coma X et 116,6nm de coma Y. Ces 2 termes sont la transcription optique d'un défaut flagrant de collimation du tube.

Il en résulte une performance du tube de $\lambda/1.47$ PtV sur l'onde (à 550nm) et $\lambda/8.9$ RMS, valeurs de piètre performance pour un tube de cette catégorie. A noter que les autres termes d'aberration sont très contenus, gage d'une belle performance une fois le tube collimaté. Ci-dessous les vues en coupe du profil de front d'onde selon 2 directions X et Y, ainsi que la reconstruction PSF d'une étoile et le calcul du ratio de Strehl.



Profil du front d'onde télescope décollimaté.



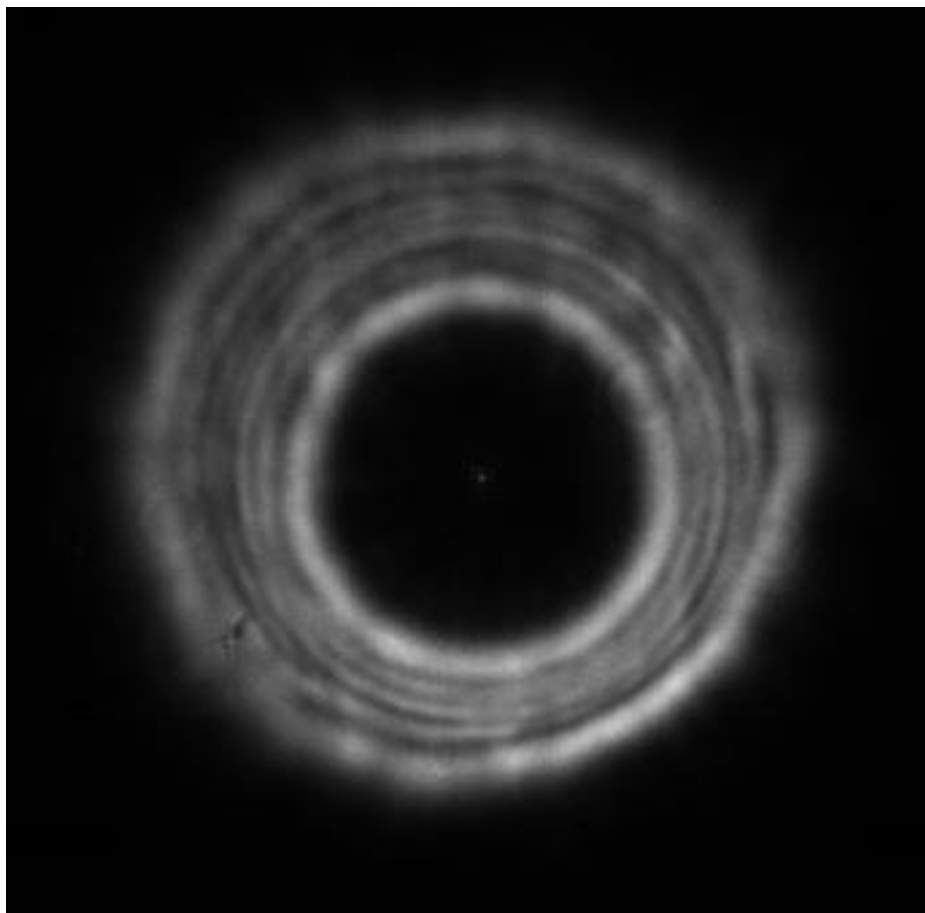
L'effet de la décollimation est sans appel : Strehl de 62% (obstruction prise en compte), soit bien en deçà de la limite de diffraction de 80%. En clair, la performance du tube est lourdement impactée par ce défaut de collimation initial, que l'on peut visualiser directement ci-dessus au travers de l'extinction du premier anneau de diffraction sur plus de la moitié de son périmètre.

Dès lors, dans le but de comparer les résultats donnés par le Shack Hartmann avec un autre moyen de mesure, un startest a été effectué sur le banc, directement après la mesure, sans rien changer d'autre que simplement le moyen d'acquisition. La caméra utilisée est une « Starshoot autoguidé » N&B, montée au foyer.

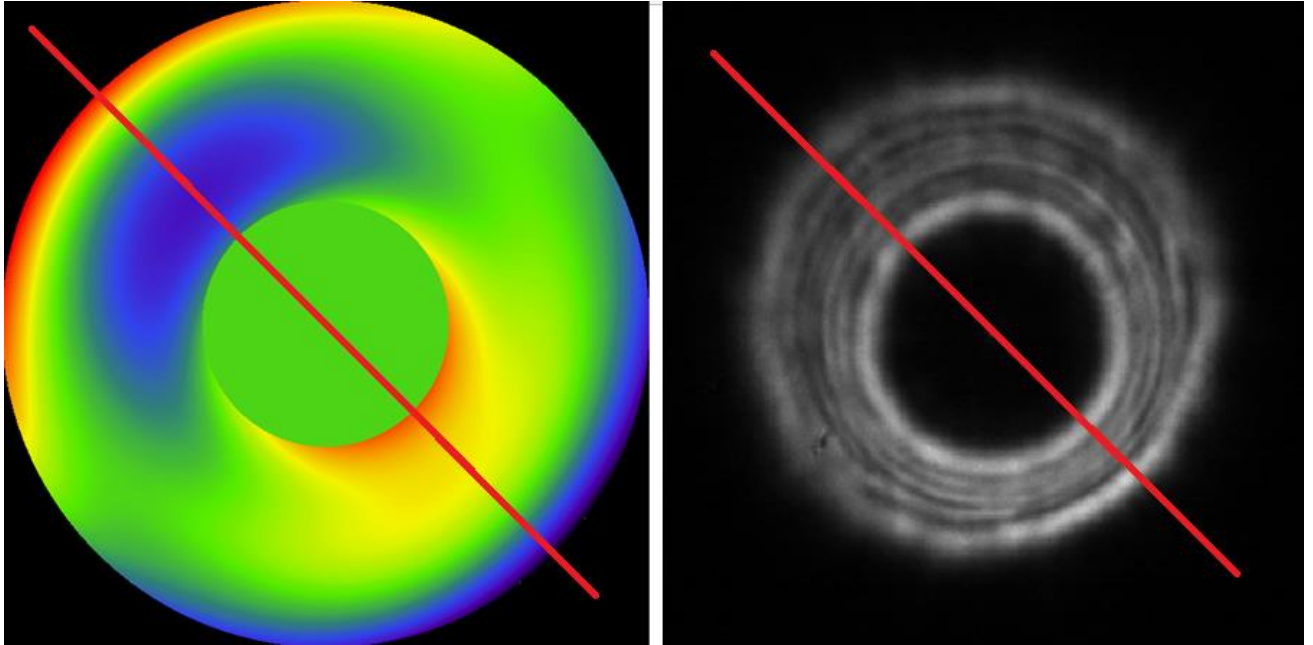
4. Acquisition intra / extra focale et collimation.



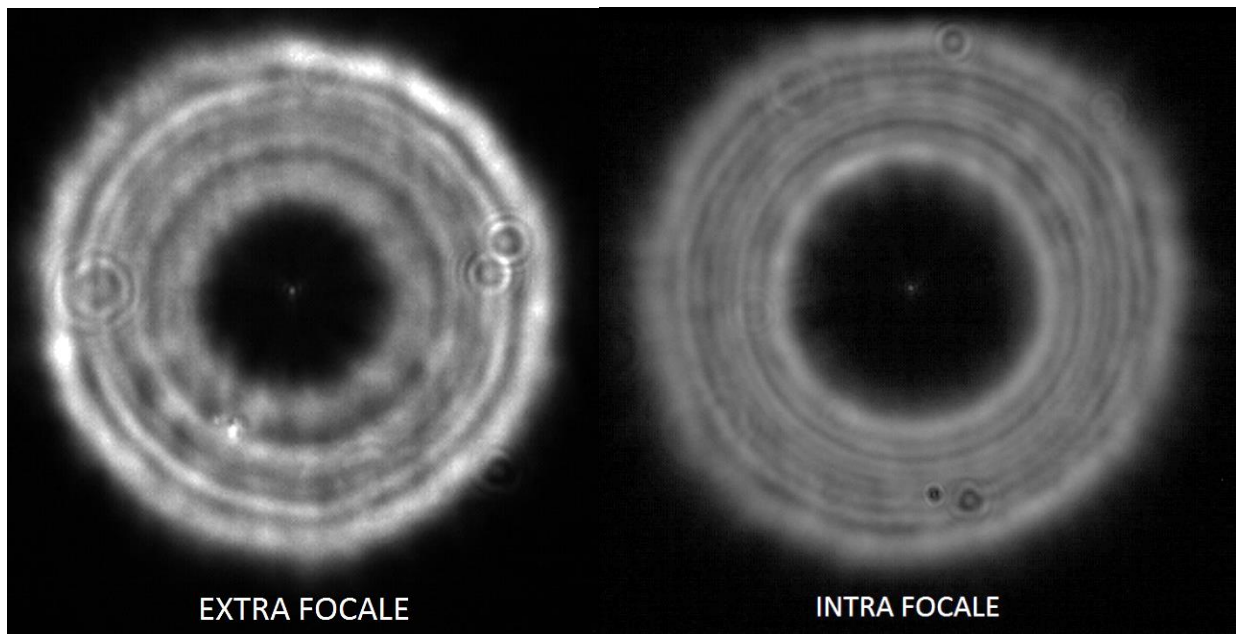
Le SH a été remplacé par une caméra d'acquisition. L'image suivante a été prise, sans qu'aucun autre paramètre ne soit touché.



On voit très clairement le décentrement des anneaux et de l'ombre du miroir secondaire, figure typique d'un Schmidt Cassegrain décollimaté. On note par ailleurs la parfaite correspondance d'orientation du défaut entre la carte donnée par le SH et l'imagerie faite avec la caméra.



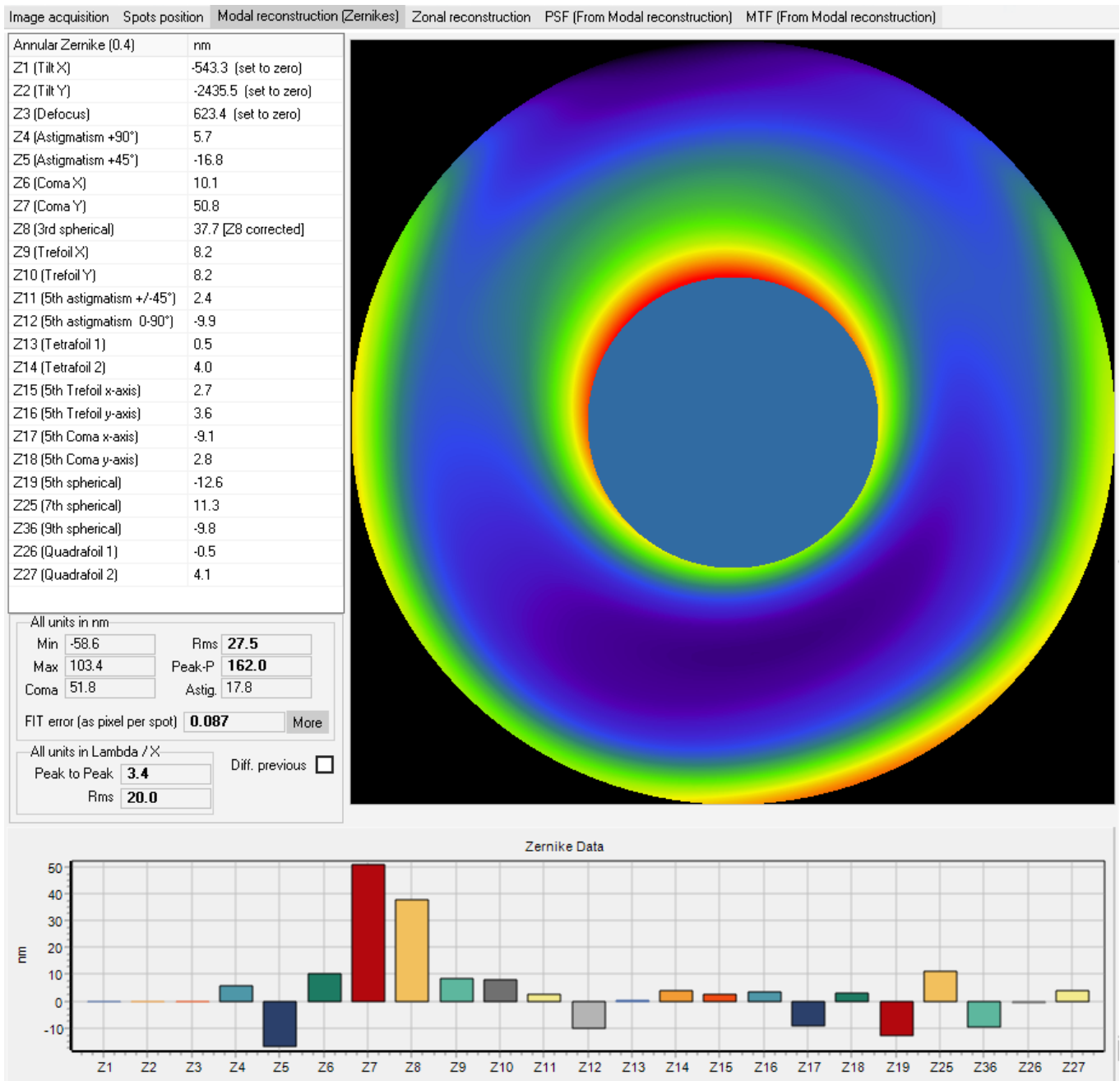
Suite à quoi le télescope a été collimaté le plus finement possible grâce à la caméra, une nouvelle acquisition intra / extra focale faite :



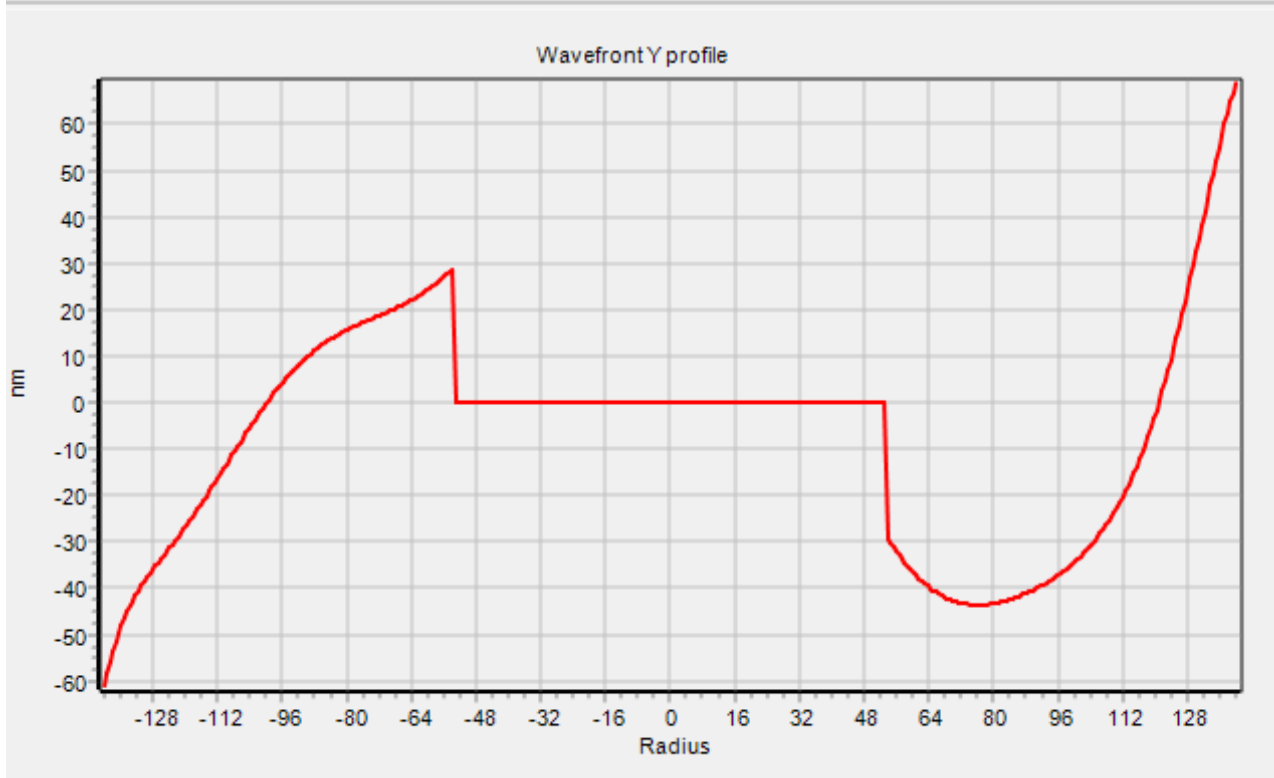
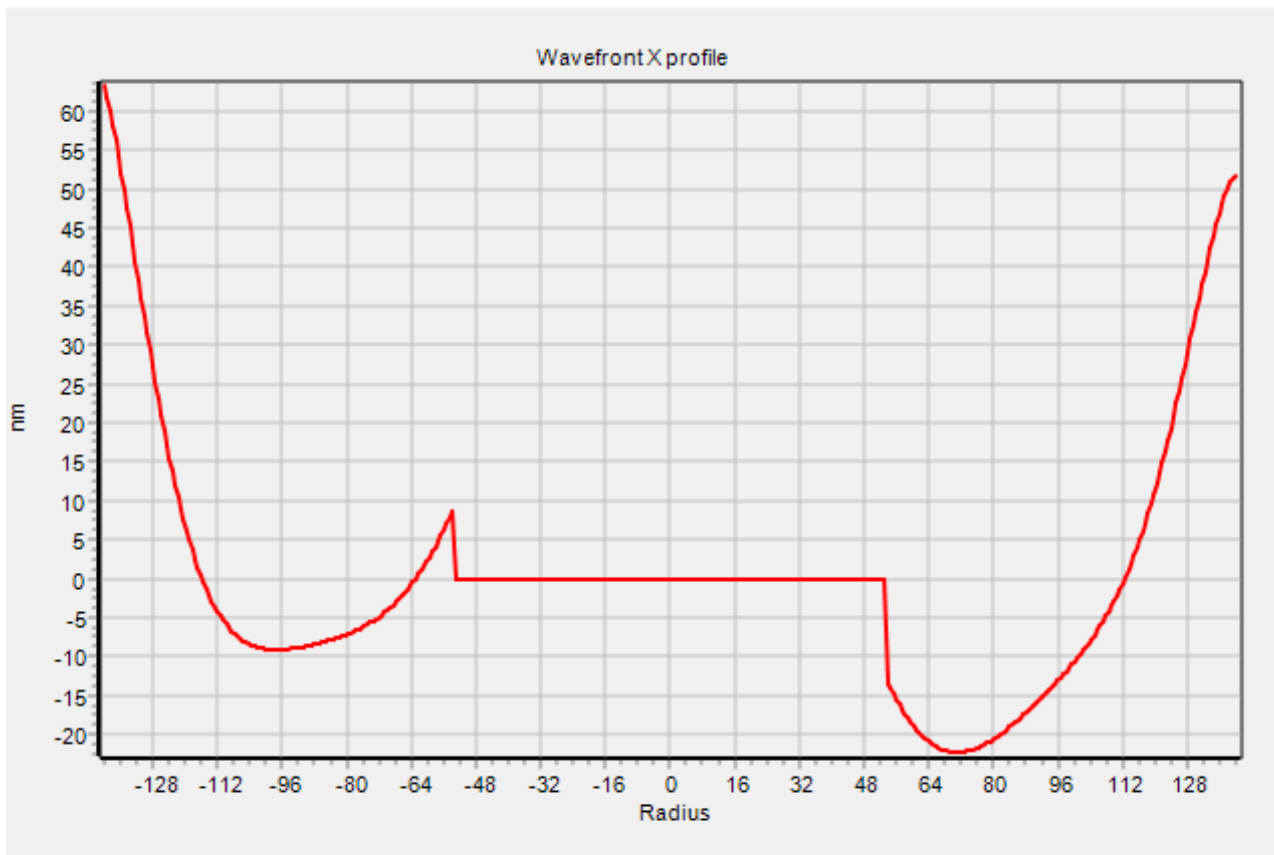
Images issues d'une vidéo réalisée post collimation du tube. Les anneaux paraissent parfaitement centrés, du moins autant que ce que le moyen de test permet.

5. Mesure de front d'onde modal (après réglage collimation)

Une fois la collimation effectuée, le tube a été de nouveau caractérisé à l'aide du SH. Le résultat des mesures est présenté ci après :



Analyse de la carte modale correspondant à la mesure N°1



Coupes transversales X et Y du front d'onde de la carte présentée page précédente.

Type d'erreur	Valeur absolue	Erreur en Lambda /	Incertitude
Erreur front d'onde Pic to Valley (moyenne)	166,9 nm	$\lambda/3,3$ à 550nm	+/-5nm
Erreur front d'onde RMS (moyenne)	28,9 nm	$\lambda/19,0$ à 550nm	+/-2nm
Mesure 1	162,0 nm	$\lambda/3,4$ à 550nm	
	27,5 nm	$\lambda/20,0$ à 550nm	
Mesure 2	164,3 nm	$\lambda/3,3$ à 550nm	
	27,8 nm	$\lambda/19,8$ à 550nm	
Mesure 3	170,1	$\lambda/3,2$ à 550nm	
	28,9	$\lambda/19,0$ à 550nm	
Mesure 4	163,8	$\lambda/3,4$ à 550nm	
	29	$\lambda/19,0$ à 550nm	

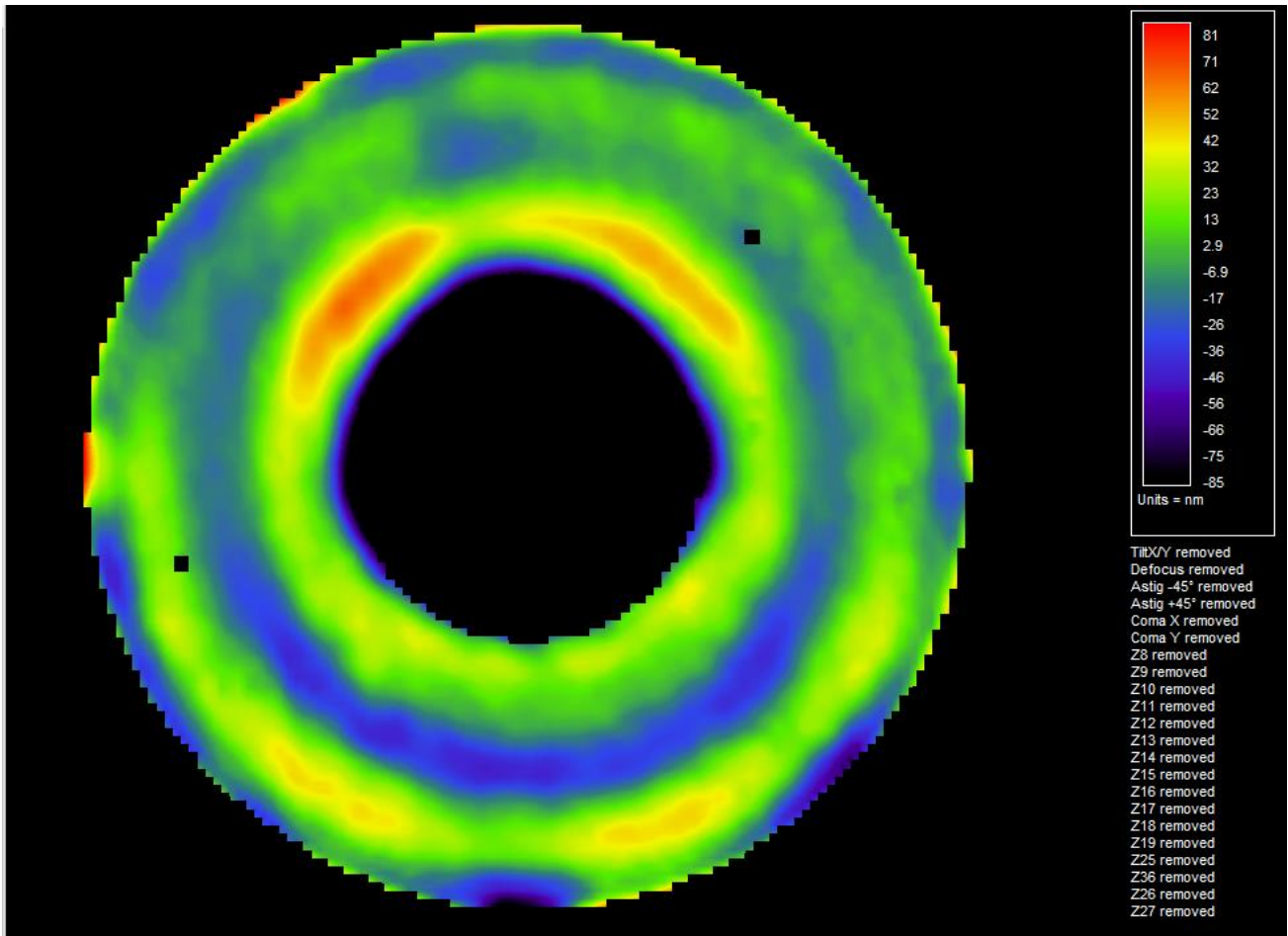
Le front d'onde issu de l'instrument présente une erreur RMS et PtV en très nette amélioration. Le paramètre de coma Z6 est passé de -123,2nm RMS à 10,1nm RMS, et Z7 de -116,6 à +50,8nmRMS. En conséquence, la correction sur un axe a été quasiment parfaite, quant à l'autre axe, elle a été légèrement surcompensée.

Le résultat final est en soi remarquable, puisque le tube passe désormais à 167nm Pic to Valley sur une moyenne de 4 mesures, et 29nm RMS, soit $\lambda/3,3$ PtV et $\lambda/19$ RMS à 550nm, sur le front d'onde.

Ces valeurs sont d'un très haut niveau pour un test avec une aussi haute résolution de mesure. On peut même raisonnablement supposer que la mesure de Z7 comporte encore un peu de réglage de collimation, et que la vraie performance du tube peut encore être très légèrement améliorée.

La carte montre par ailleurs un très léger zonage de bord au centre et à l'extérieur, qui ne peuvent être uniquement dus à des effets thermiques. Ces zones locales sont à l'origine du terme d'aberration sphérique (Z8) qui se démarque un peu du reste, mais dans des proportions très raisonnables. Les autres termes de Zernike brillent par leur très faible valeur, y compris les termes de basse fréquence comme l'astigmatisme : 5.7 et 16,8nm RMS en valeur absolue. Ce tube n'a pour ainsi dire aucun astigmatisme notable.

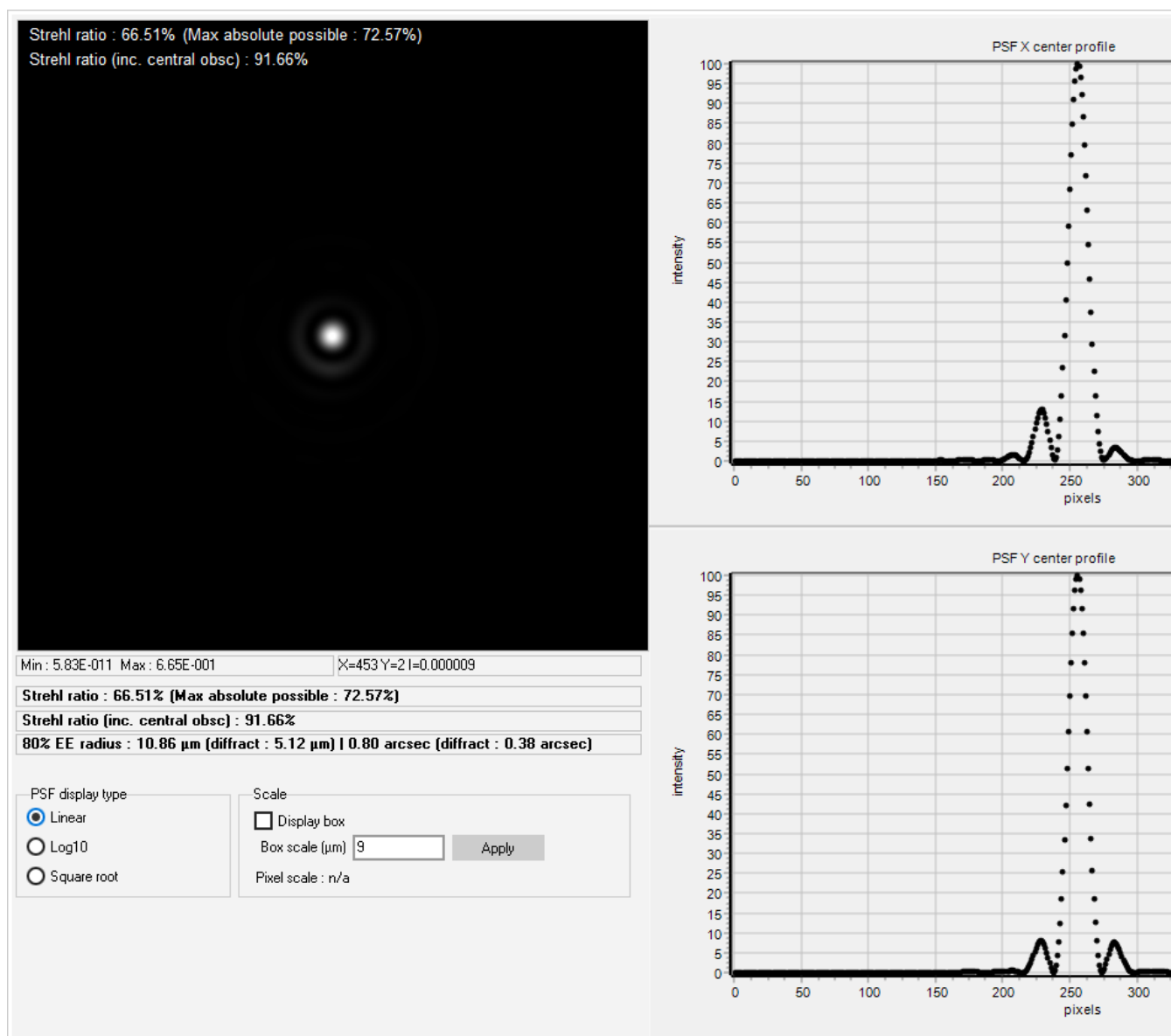
6. Mesure de résidu analyse zonale



La carte zonale de résidu permet de visualiser les défauts de haute fréquence, c'est-à-dire, les défauts locaux, souvent associés au processus de fabrication des éléments optiques. Elle est obtenue en mettant volontairement à 0 les 27 premiers termes de Zernike.

Ici la carte présente quelques zones en couronne mais d'amplitude modérée. La figure est typique d'un schmidt cassegrain du commerce, et très comparable à celle obtenue sur un tube de la même marque (voir rapport C8 disponible sur le site).

7. Reconstruction PSF et rapport de Strehl



Le rapport de Strehl est de 91,7% (en tenant compte de l'obstruction centrale), soit très nettement au dessus de la limite de diffraction de 80%. La reconstruction de la PSF donne maintenant une image symétrique, avec le premier anneau de diffraction bien visible sur tout le pourtour.

L'instrument est assez remarquable en terme de précision et de performance optique.

A noter qu'une analyse complémentaire avec la coma volontairement mise à 0 monte le Strehl à une valeur de 0,95. La vérité se situe donc entre 0,91 et 0,95.

8. Conclusion

Ce rapport un peu particulier, puisque réalisé en 2 temps, a permis de confronter les résultats de mesure donnés par le shack hartmann avec une méthode plus classique et connue : le startest au foyer.

En particulier, un défaut de collimation a été mesuré selon 2 méthodes différentes. La confrontation des résultats a montré la correspondance des données.

Une fois réglé optiquement, l'instrument testé s'est avéré être d'un excellent niveau de performance optique, avec une moyenne mesurée à **$\lambda/3,3$ PtV et $\lambda/19$ RMS à 550nm, sur le front d'onde**. Le Strehl est très haut, compris entre 0,92 et 0,95.

Quel que soit l'usage, et dès lors que celui-ci sera bien collimaté, l'instrument offrira tout son pouvoir théorique de résolution, sous réserve des conditions de turbulence.

A noter enfin la modification carbone du tube, qui n'a en rien dégradé la performance d'origine.

SIGNATURE :

A handwritten signature in black ink, enclosed within a black rectangular border. The signature is stylized and appears to be the name 'L. L.' or similar.

PS : Toutes les images du présent rapport sont fournies au client par mail.