

AiryLab. 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains

## Rapport de mesure

Référence	2015-12001
Date	13/03/2015
Opérateur	FJ
Procédure de mesure	SC-DP
Haso	HA-4333
LIP	LI-1028
Objectif(s)	MOD32-4
Miroir	RS-530

Client	xxx
Type d'optique	Ritchey Chrétien
Fabricant	Officina Stellare
Nom/modèle	Ultra CRC
S/N	

Longueur d'onde
473
543
635
805

Termes d'aberration pris en compte dans les résultats	
Tilt X	
Tilt Y	
Focus	
Astig 0°	
Astig 45°	
Coma 0°	
Coma 90°	
Sphérique	

Incertitude PTV	9,86nm
Incertitude RMS	0,6nm
Interpolation	X2
Mode	Zonal + modal
référence	Oui
Mesures moyennées	200
Double passage	Oui
température	20°
Sous pupilles	-
Conjugaison de pupille	Oui

Essais réalisés	
Centrage sur l'axe <sup>(1)</sup>	RA
Mesure sur l'axe	Oui
Mesure chromatisme	Oui
Mesure sur mécanique	Oui
Alignement optique (« collimation »)	Oui
Mesure dans le champ	Oui
Courbure de champ	Oui
Système correcteur	Non
Conjugaison	∞ Foyer

<sup>(1)</sup> : RR rétro réflexion laser HENE, RA réduction des aberrations de champ.

## Sommaire

1	Données théoriques .....	4
2	Mesures sur l'axe après alignement .....	5
2.1	Mesure sur l'axe à 635nm .....	5
2.1.1	Front d'onde .....	5
2.1.2	Front d'onde hors astigmatisme de 3eme ordre .....	6
2.1.3	PSF .....	7
2.1.4	MTF .....	7
2.1.5	Zernike .....	8
2.2	Mesure sur l'axe à 635nm après rotation du télescope de 90° et recentrage mécanique du Haso 8	
2.2.1	Front d'onde .....	8
2.2.2	Front d'onde après avoir placé une platine élévatrice sous la cage secondaire .....	9
2.3	Mesure sur l'axe à 635nm après retour du télescope à la position 0° et recentrage mécanique du Haso .....	9
2.3.1	Front d'onde .....	9
2.4	<b>Conclusion after the wavefront analysis in the red spectrum</b> .....	10
2.5	Mesure sur l'axe à 543nm .....	11
2.5.1	Front d'onde hors astigmatisme de 3eme ordre .....	11
2.5.2	PSF .....	12
2.5.3	MTF .....	12
2.5.4	Décomposition de Zernike .....	13
2.6	Mesure sur l'axe à 473nm .....	14
2.6.1	Front d'onde .....	14
2.6.2	PSF .....	15
2.6.3	MTF .....	15
2.6.4	Décomposition de Zernike .....	16
2.7	Chromatisme .....	17
2.7.1	Décalage des meilleurs foci sur l'axe .....	17
2.7.2	Sphérochromatisme .....	17
2.8	<b>Overall conclusion for axis measures</b> .....	19
3	Mesure dans le champ à 635nm .....	20
3.1	Courbure de champ .....	20
3.2	Spot diagram .....	21
3.3	<b>Conclusion of field measurement</b> .....	26
4	Entry pupil photometry comparaison .....	27

- 4.1 UCRC intensity profile .....27
- 4.2 FSQ106ED intensity profile .....28
- 4.3 C8 XLT intensity profile .....29
- 4.4 Conclusion for the intensity measurement .....29**
- 5 Overall UCRC assessment.....30



## 1 Données théoriques

Focale : 1575mm. Pupille: 300mm.

Nombre d'ouverture : 5,25

Diamètre théorique de la tâche de diffraction :

Focale	1575
Diamètre	300
Longueur d'onde	Taille PSF $\mu\text{m}$
635	8,13
543	6,96
473	6,06

Fréquences théoriques de coupure de la fonction de transfert de modulation (MTF) en cycles/mm

Focale	1575
Diamètre	300
Longueur d'onde	Coupure
635	299,96
543	350,78
473	402,70

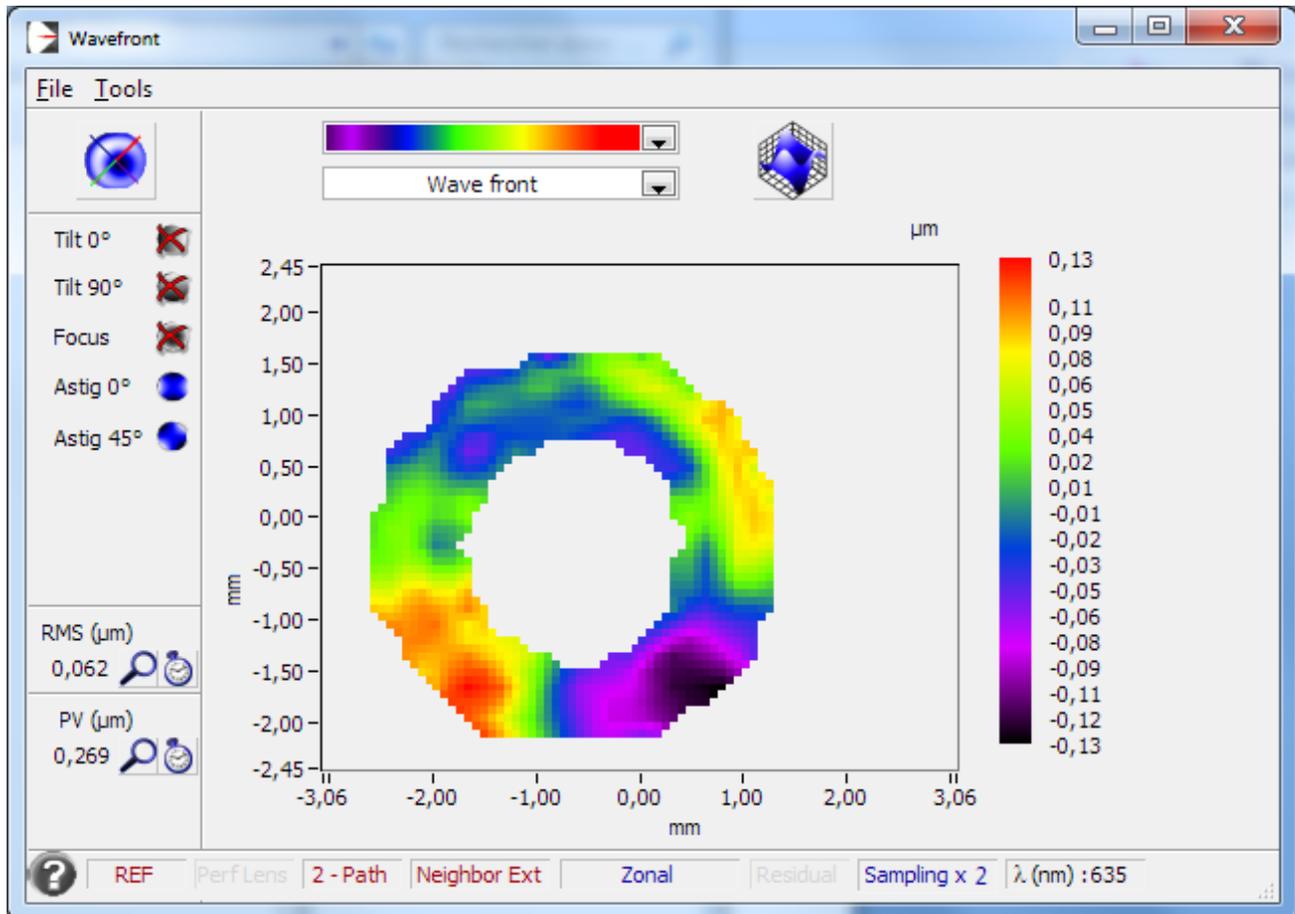
**Objectif des mesures de front d'onde :** Ces mesures correspondent à la [mesure de la forme globale du front d'onde issu du système](#). Il s'agit de la mesure la plus importante en termes de résolution optique. Cette mesure donne les valeurs d'erreur sur le front d'onde Peak To Valley (PTV) et moyennée (RMS). Un instrument est considéré comme étant limité par la diffraction pour la valeur d'erreur PTV de 135nm. Néanmoins il faut prendre en compte le diamètre et l'ouverture relative de l'instrument : plus l'instrument est grand et ouvert et plus il est difficile d'avoir une erreur faible.

Ces mesures peuvent être effectuées sur l'axe et dans le champ et à différentes longueurs d'onde. La mesure du front d'onde permet de déduire la [PSF](#) (tâche de diffraction), la [fonction de transfert de modulation](#) (contraste en fonction des fréquences spatiales) et le [ratio de Strehl](#).

## 2 Mesures sur l'axe après alignement

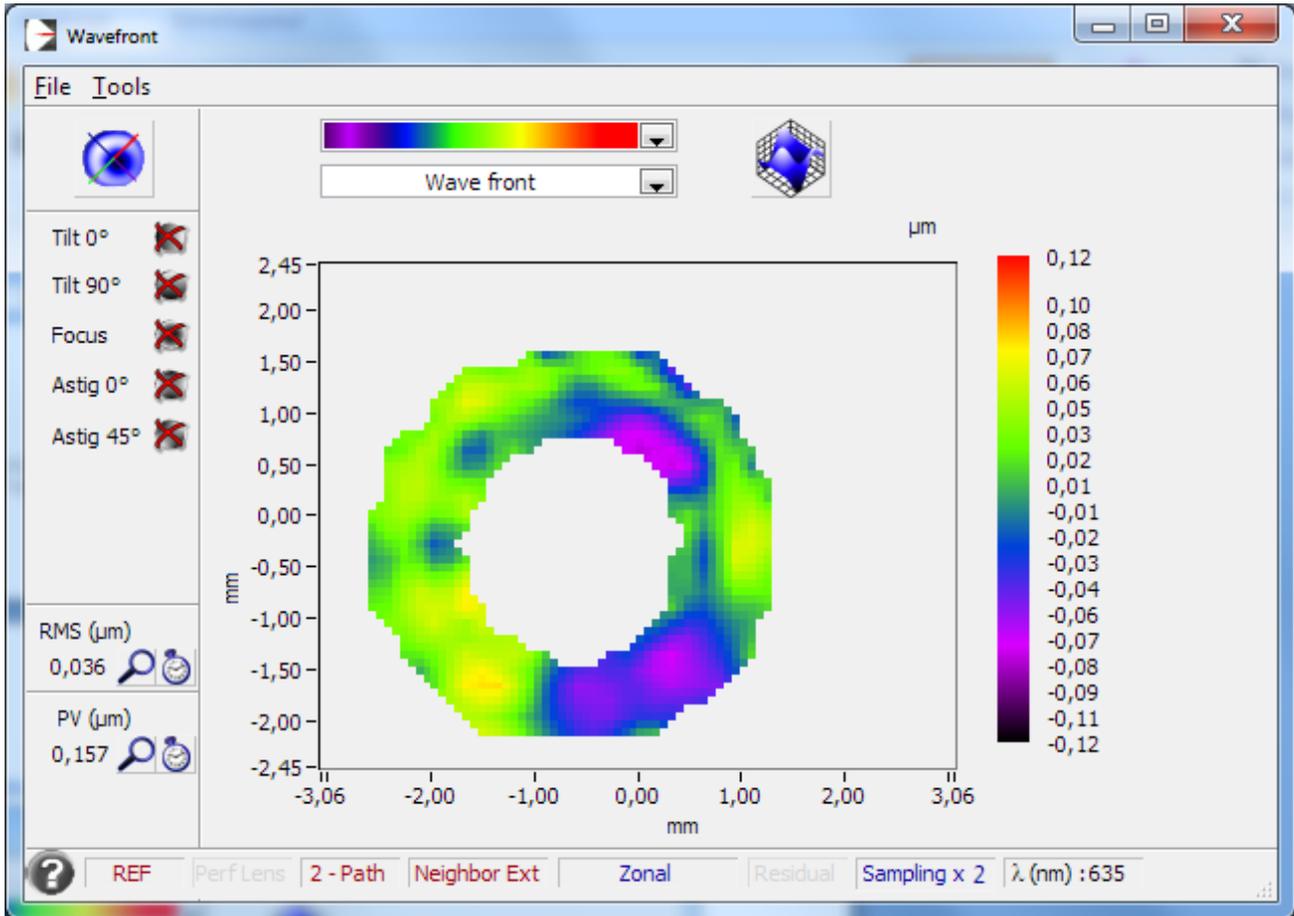
### 2.1 Mesure sur l'axe à 635nm

#### 2.1.1 Front d'onde

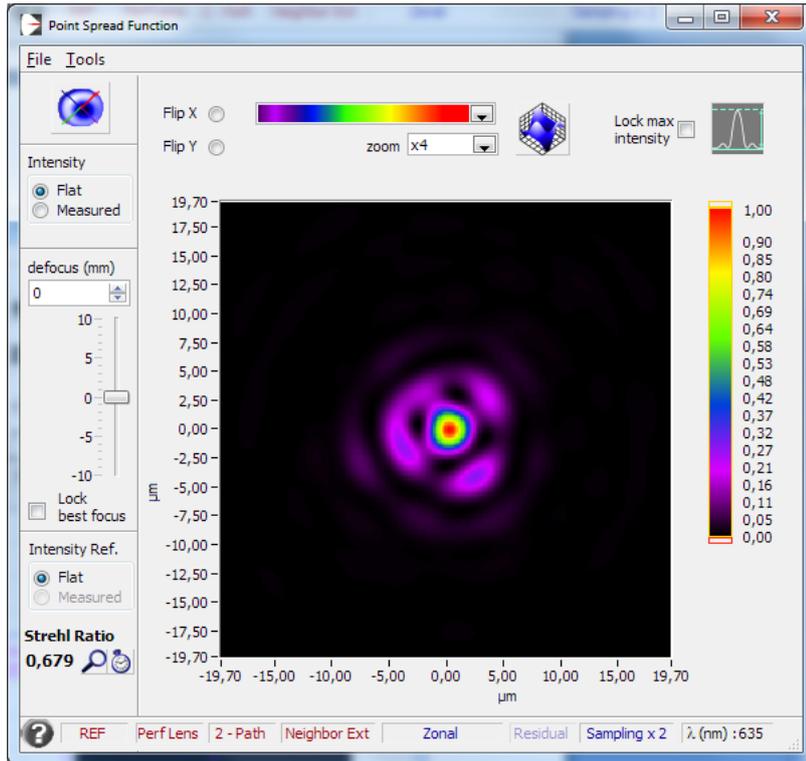


Ratio de Strehl 0,679

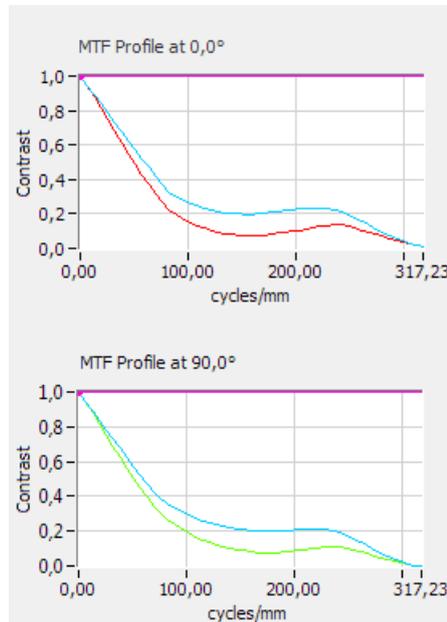
### 2.1.2 Front d'onde hors astigmatisme de 3eme ordre



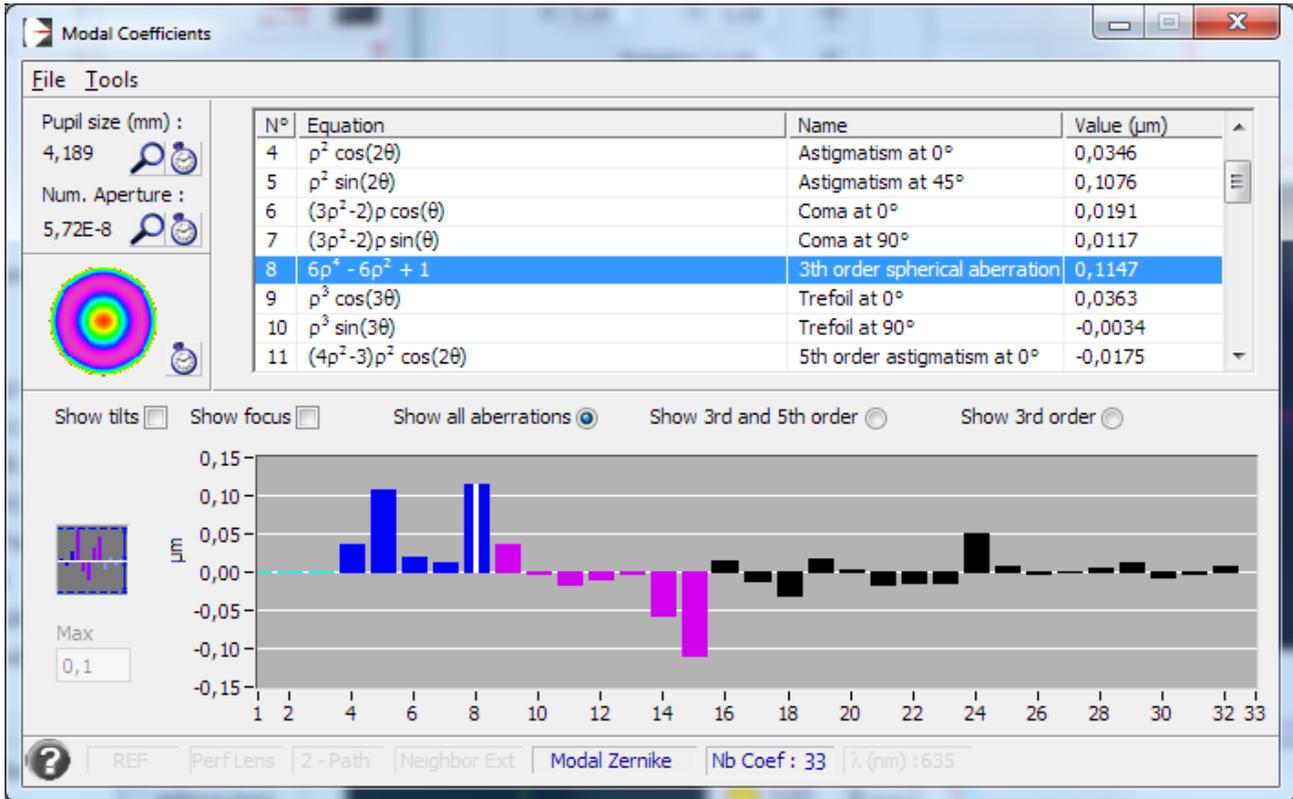
### 2.1.3 PSF



### 2.1.4 MTF

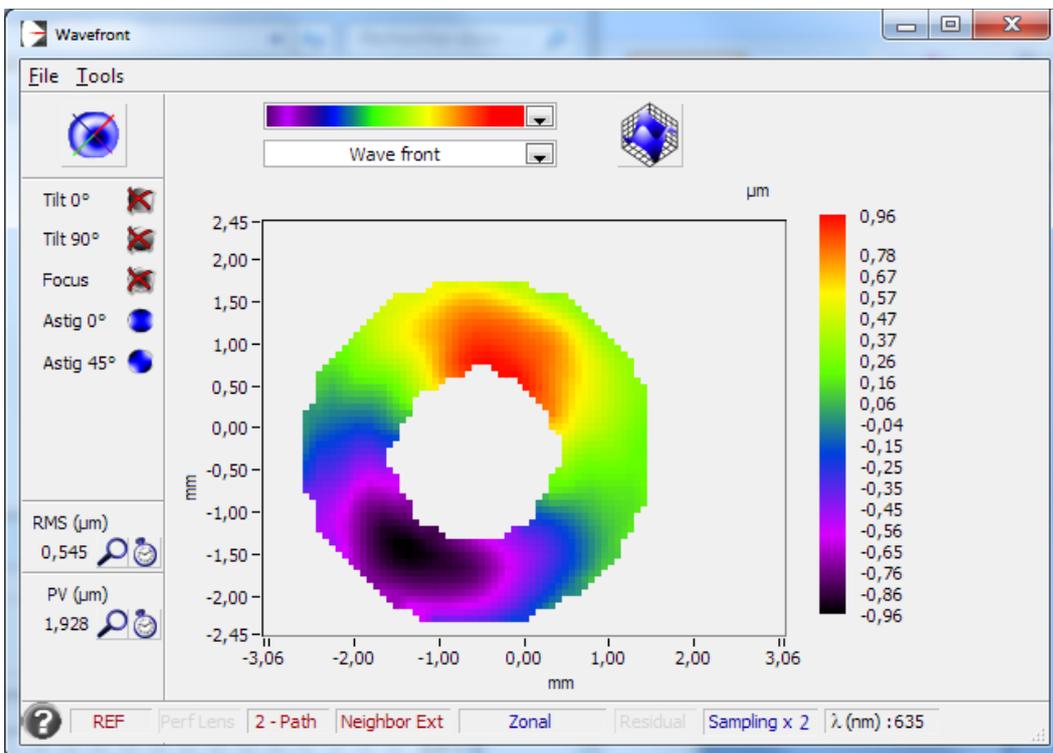


### 2.1.5 Zernike

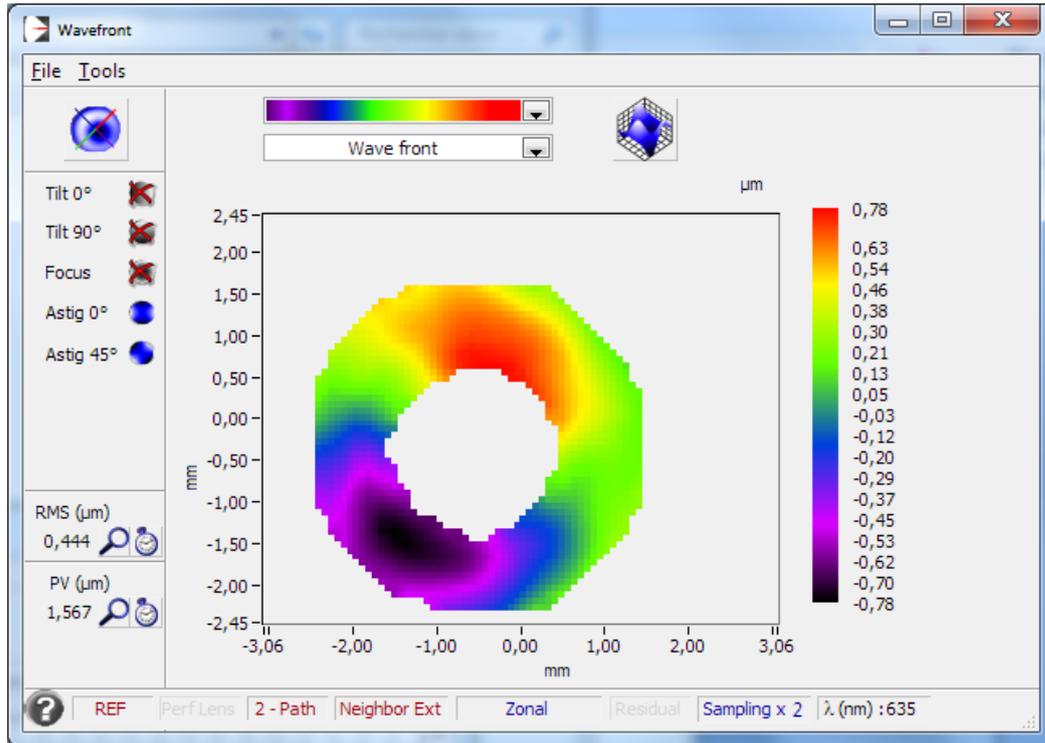


## 2.2 Mesure sur l'axe à 635nm après rotation du télescope de 90° et recentrage mécanique du Haso

### 2.2.1 Front d'onde

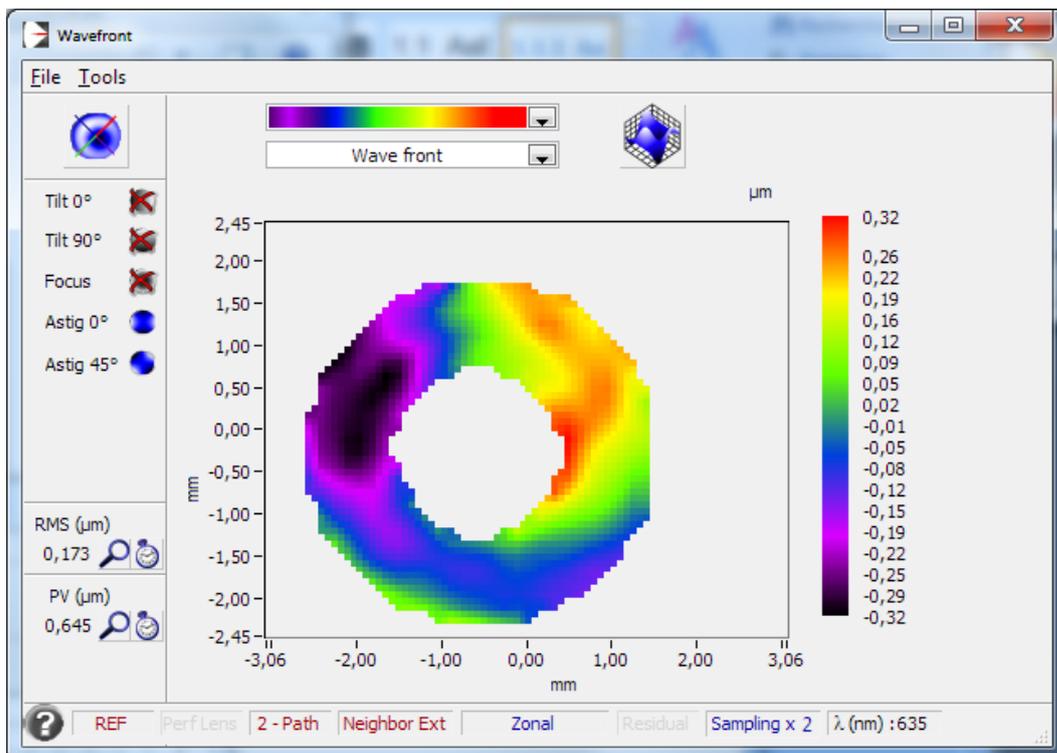


## 2.2.2 Front d'onde après avoir placé une platine élévatrice sous la cage secondaire



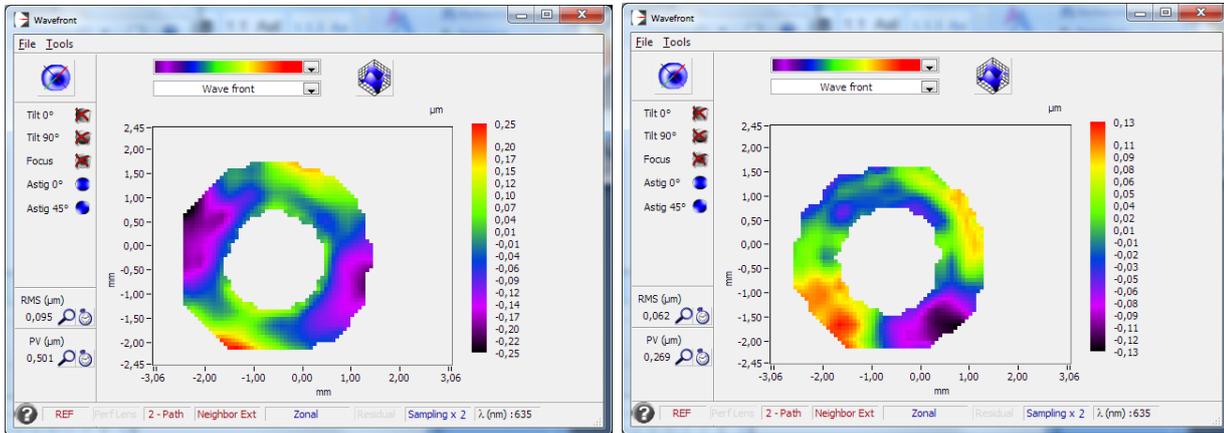
## 2.3 Mesure sur l'axe à 635nm après retour du télescope à la position 0° et recentrage mécanique du Haso

### 2.3.1 Front d'onde



## 2.4 Conclusion of the wavefront analysis in the red spectrum

Besides the coma that results from the M2 mirror alignment, the main aberration contributor is 3<sup>rd</sup> degree astigmatism. This aberration should logically due to either primary mirror sag or primary mirror alignment. The 90° rotation test showed that the aberration follows the primary mirror. Nevertheless the 3<sup>rd</sup> degree astigmatism seems to evolve over time as shown below:



Wavefront at 11:15 and 14:45.

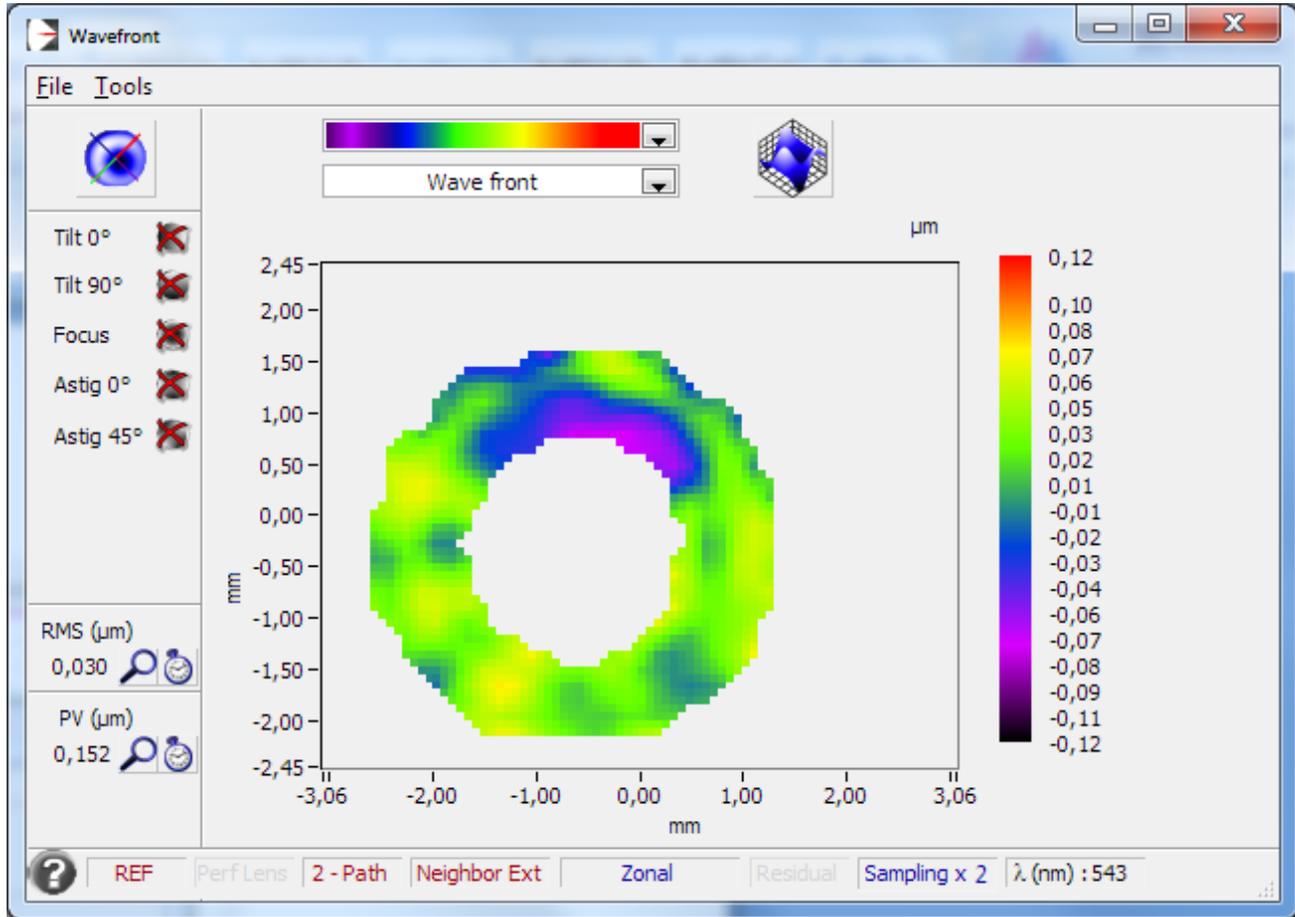
**At this stage we are not able to conclude on this astigmatism origin, but it looks like the telescope structure tends to change over time.**

**The main issue comes from the coma changing after rotating the telescope of 90°. With coma corrected on 0° orientation, it strongly comes back when rotating the telescope of 90°. We took care not to touch the secondary cage bars for this operation. If we place a labjack under the secondary cage, the coma tends to decrease as we compensate its weight with the platform.**

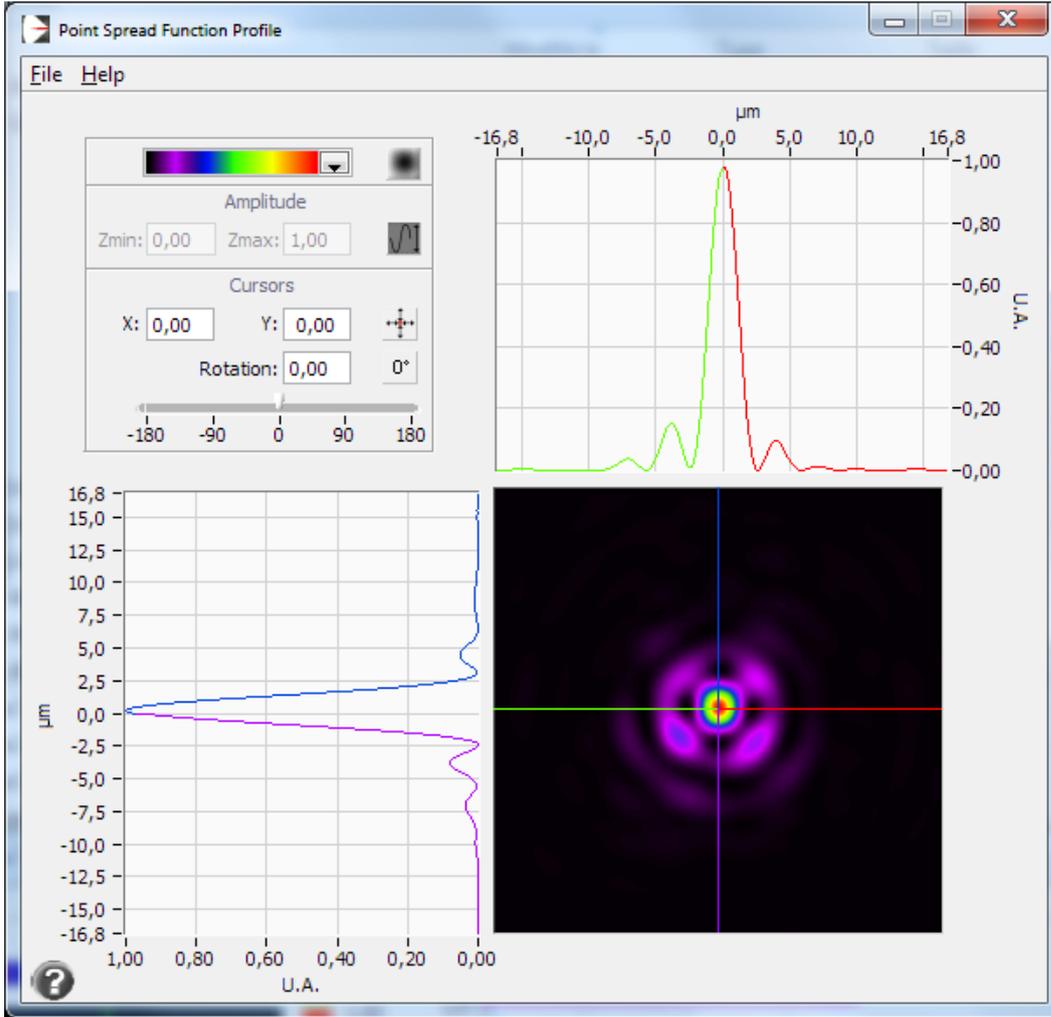
**We conclude that a 90° telescope rotation introduces a strong coma due to a significant secondary mirror alignment modification. This corroborates tests done by the owner that showed that the telescope doesn't hold its alignment depending on its position and meridian flip.**

## 2.5 Mesure sur l'axe à 543nm

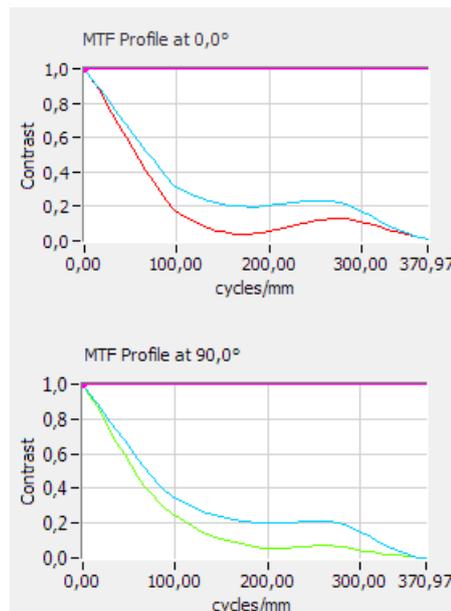
### 2.5.1 Front d'onde hors astigmatisme de 3eme ordre



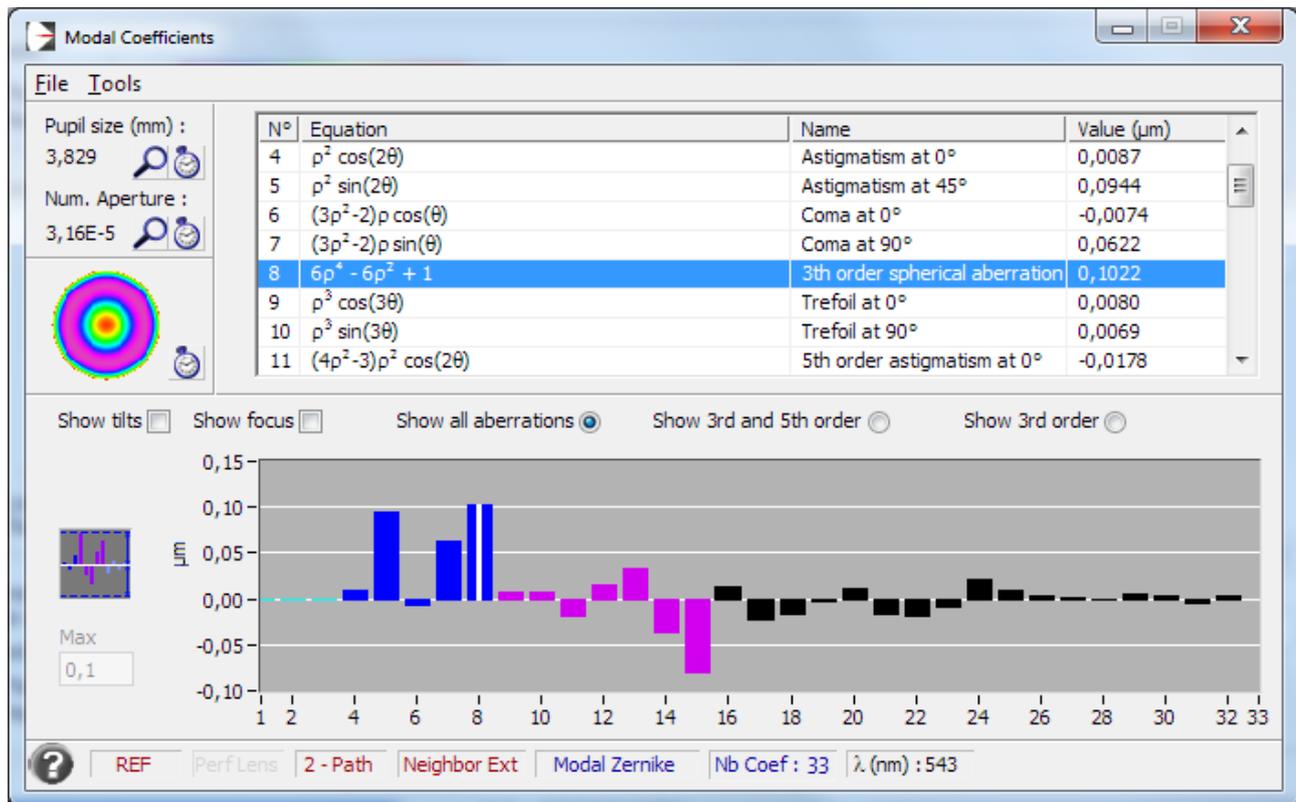
### 2.5.2 PSF



### 2.5.3 MTF

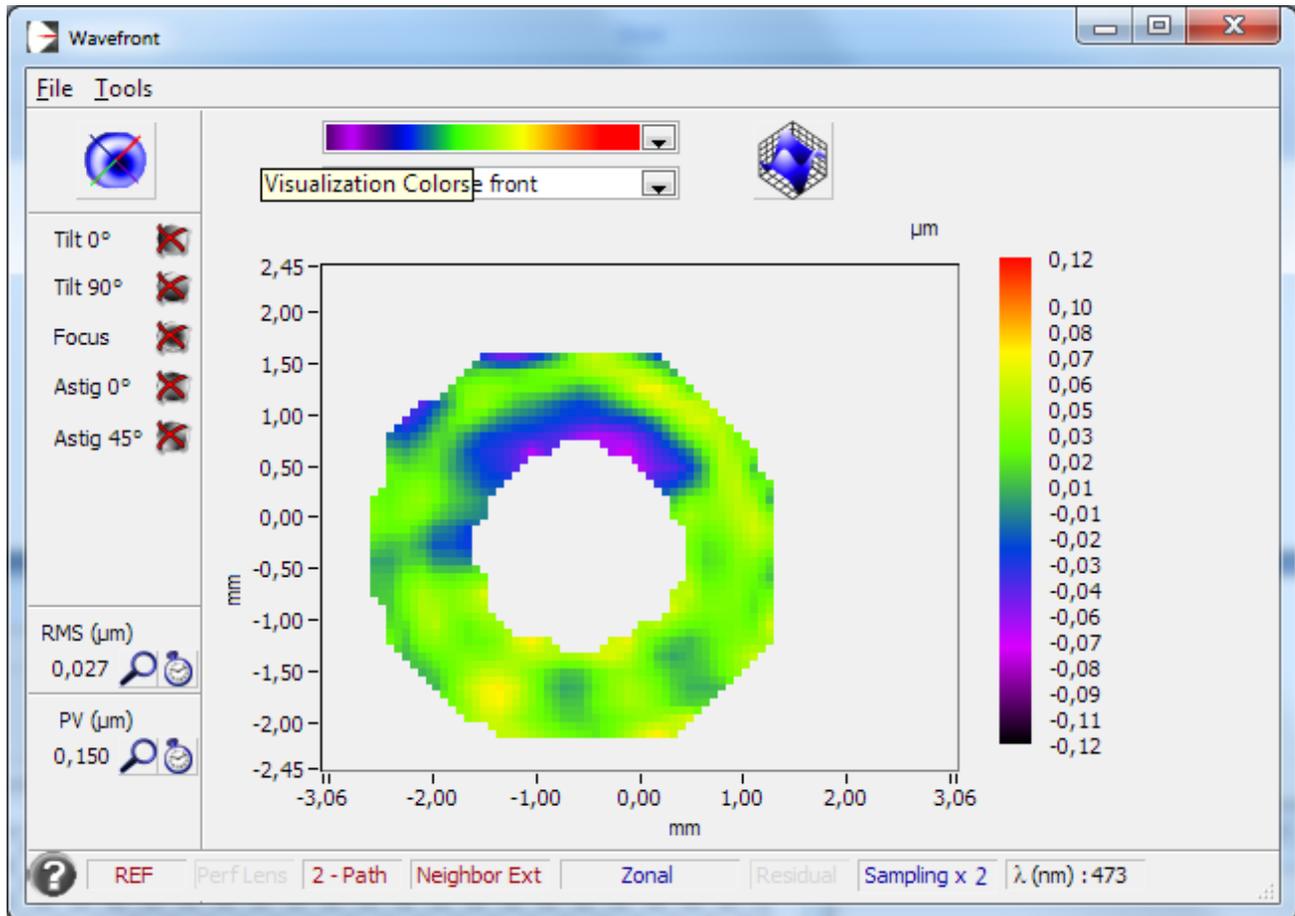


## 2.5.4 Décomposition de Zernike

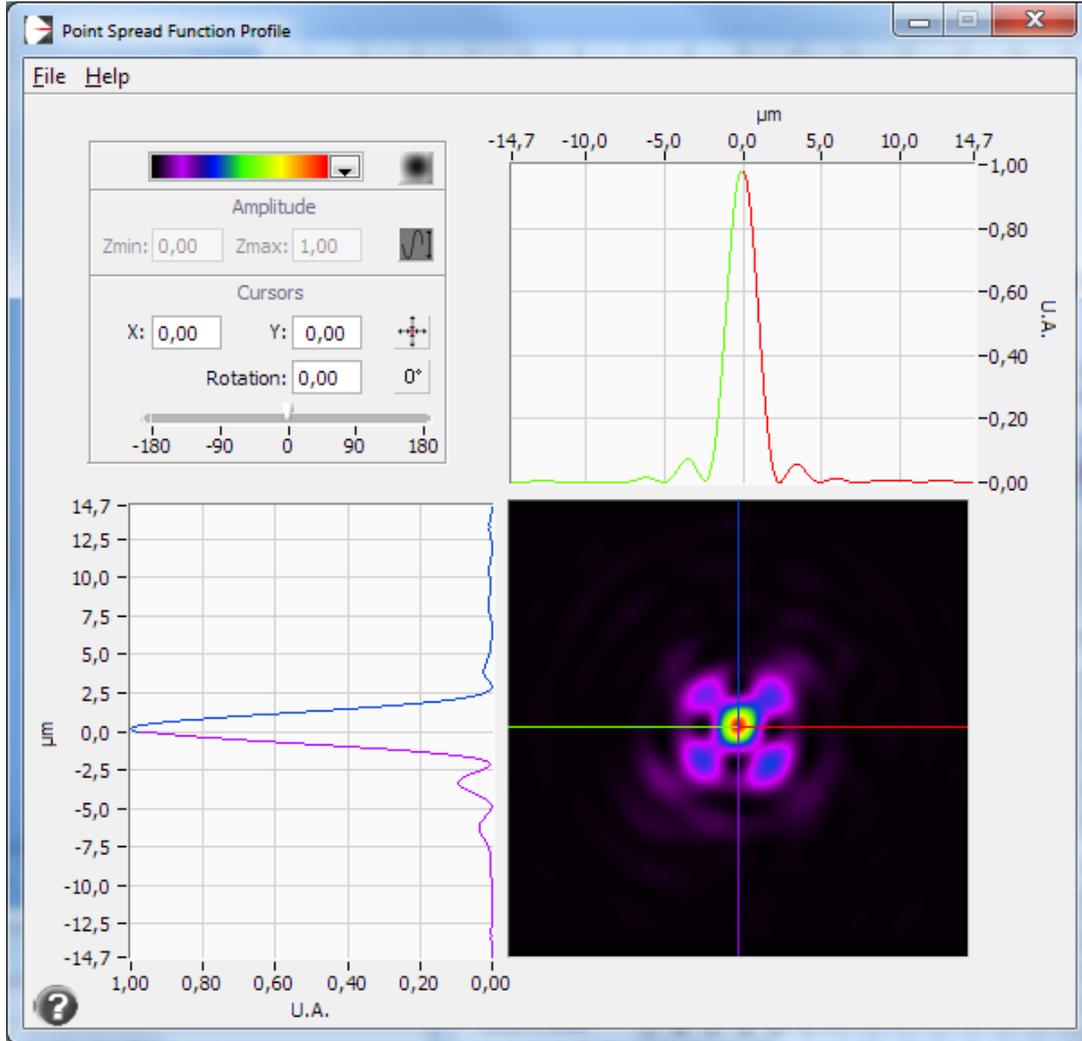


## 2.6 Mesure sur l'axe à 473nm

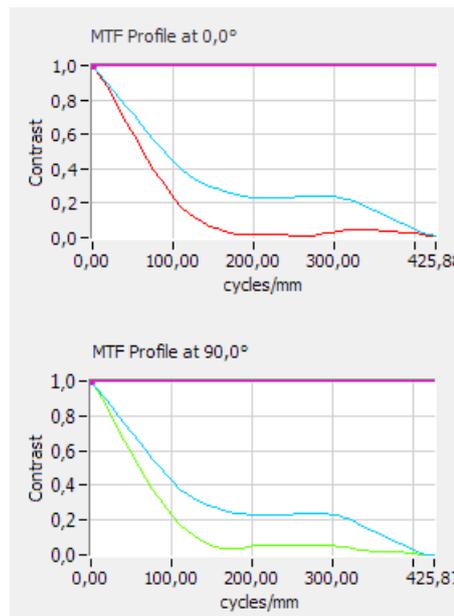
### 2.6.1 Front d'onde



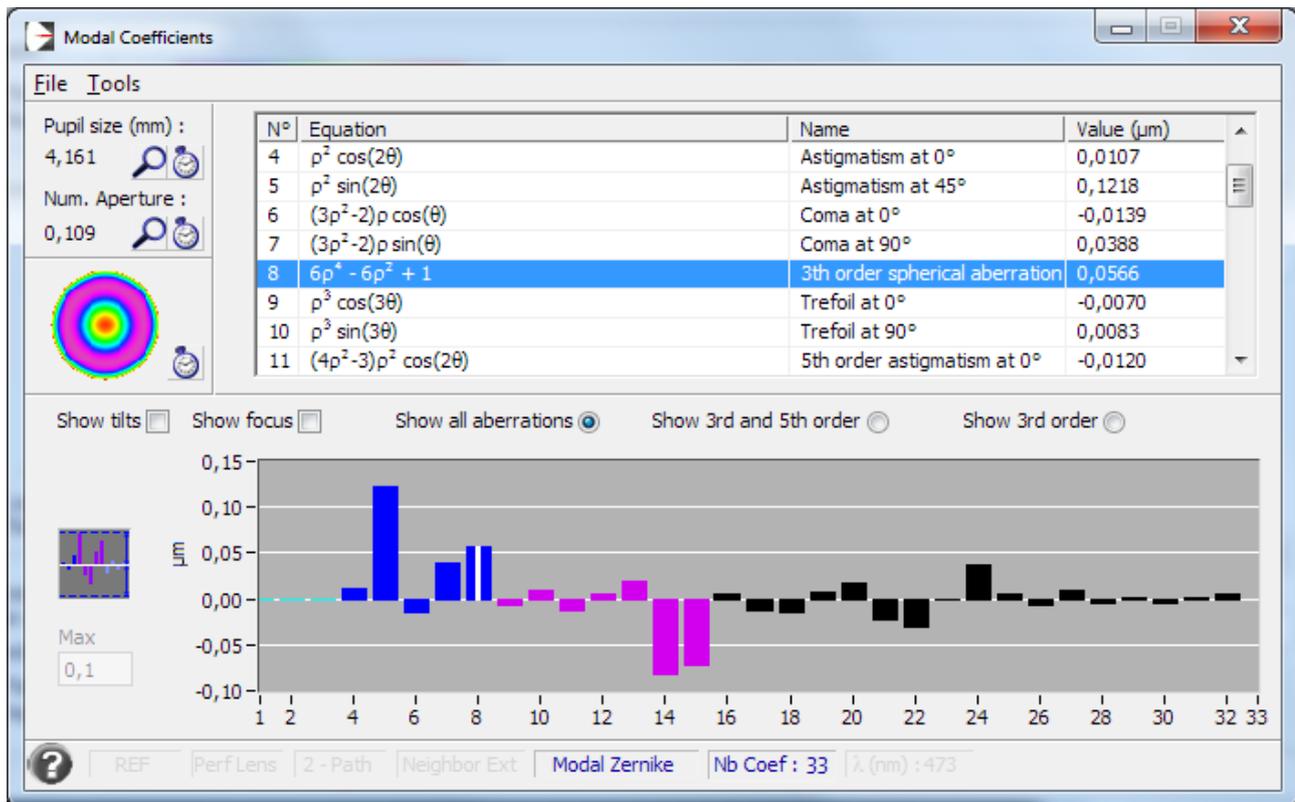
### 2.6.2 PSF



### 2.6.3 MTF



## 2.6.4 Décomposition de Zernike



## 2.7 Chromatisme

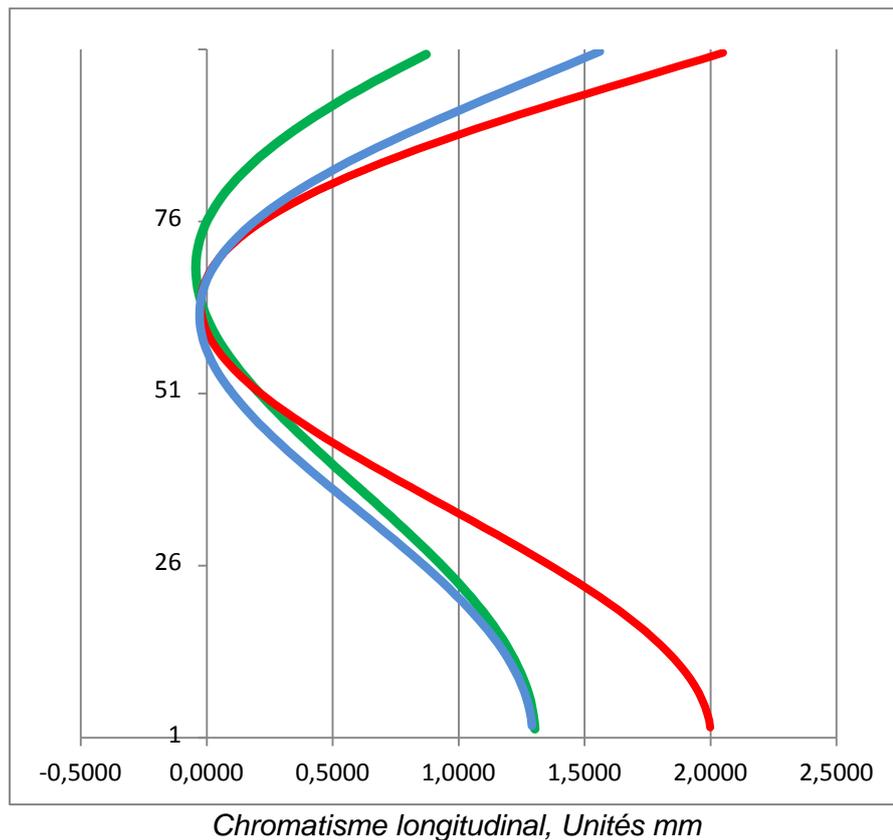
**Objectif :** La mesure du chromatisme concerne tous les systèmes optiques comportant des dioptries. Un élément transmissif a un comportement variable en fonction de la longueur d'onde. Les deux mesures importantes sont le chromatisme (décalage du foyer en fonction de la longueur d'onde) et le sphérochromatisme. Ces mesures permettent aussi de déterminer pour quelle longueur d'onde le système est optimisé, idéalement entre 500 et 550nm (vert).

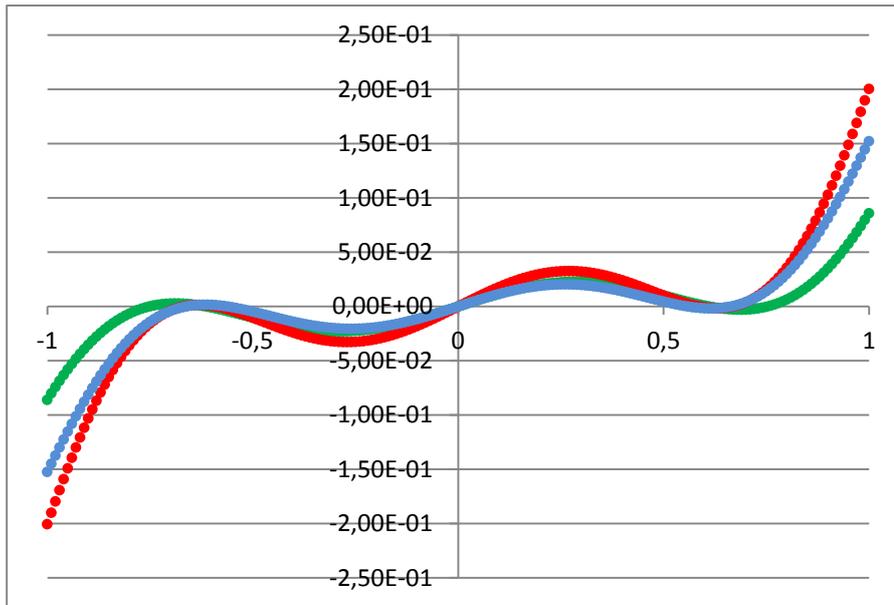
### 2.7.1 Décalage des meilleurs foci sur l'axe

En $\mu\text{m}$	
Rouge 635 nm	0
Vert 543 nm	0
Bleu 473 nm	+10

### 2.7.2 Sphérochromatisme

Base de calcul : aberration sphérique 3eme, 5eme et 7eme ordre.





*Chromatisme transverse, Unités mm*

## **2.8 Overall conclusion for axis measures**

The telescope shows correct performances on axis. Nevertheless the 3rd order spherical aberration is unusually high and may demonstrate an incorrect distance between M1 and M2. Longitudinal chromatism is not present, and spherochromatism is negligible.

### 3 Mesure dans le champ à 635nm

**Objectif :** Les mesures dans le champ permettent de vérifier les performances lorsqu'on s'éloigne du centre du champ ou du capteur. Ces performances sont impactées par les aberrations de champ classiques ([coma](#) et [astigmatisme](#)) et par la [courbure de champ](#).

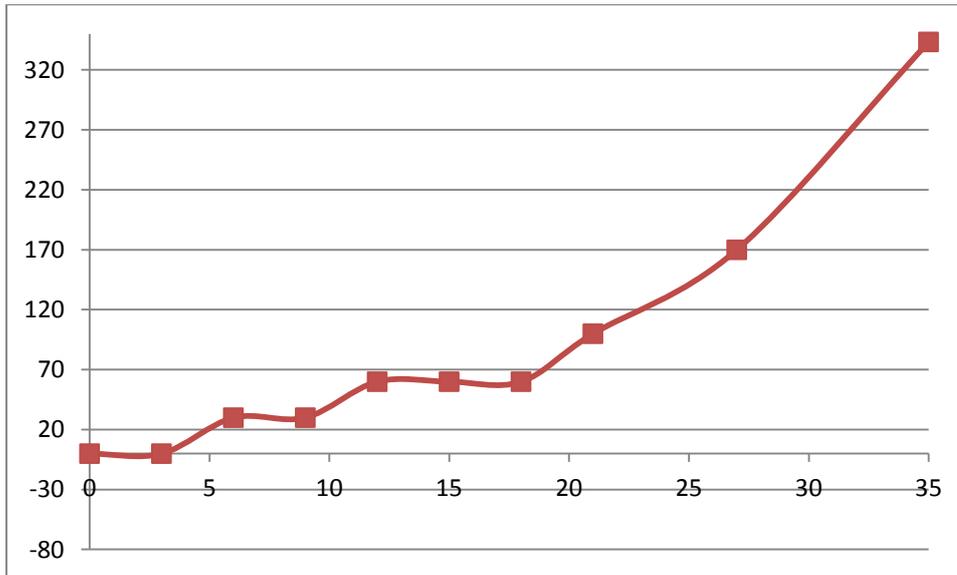
#### 3.1 Courbure de champ

Mesure de 0 à 35mm

Cercle de pleine lumière : <54 mm

Rayon de courbure de Petzval mesuré : 5786mm

Décalage du point à 27mm de l'axe : 170  $\mu\text{m}$



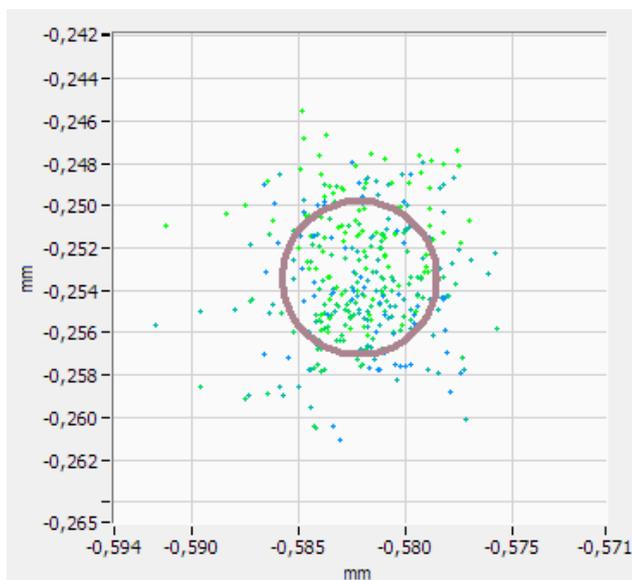
### 3.2 Spot diagram

Le cercle représente la taille théorique de la tâche de diffraction.

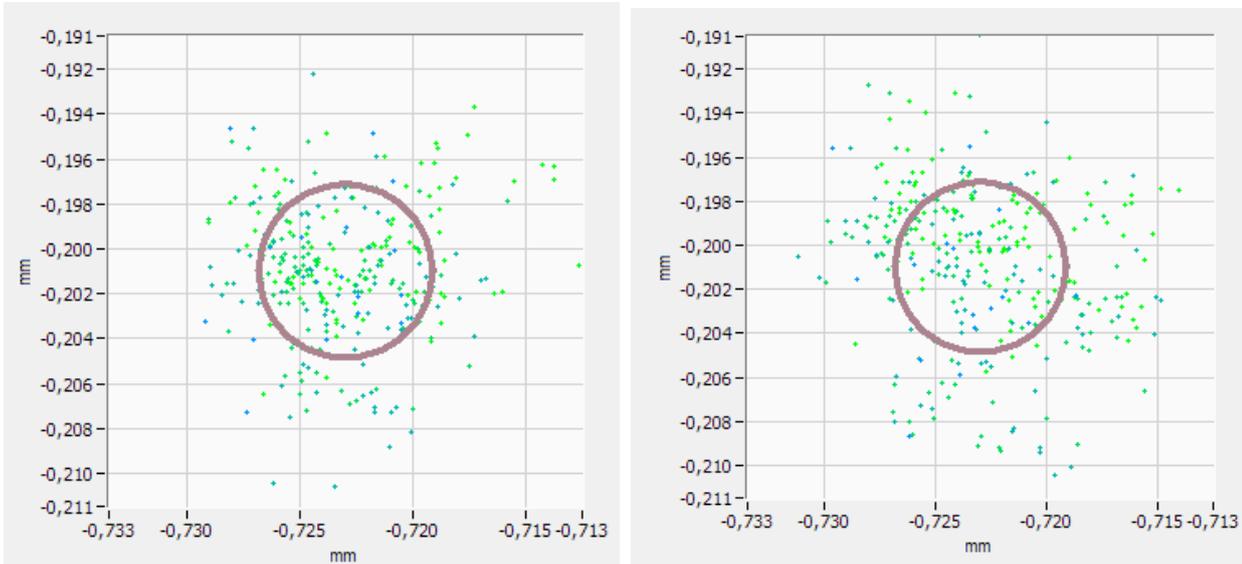
Les points verts représentent les rayons marginaux (extérieur de la pupille), les bleus les rayons paraxiaux (proche de l'axe optique).

Les *spot diagrams* dans le champ sont donnés sans prendre en compte la courbure de champ à gauche (cas d'une utilisation avec un oculaire), et avec la défocalisation due à la courbure de champ à droite (cas d'une utilisation avec un film/capteur plan).

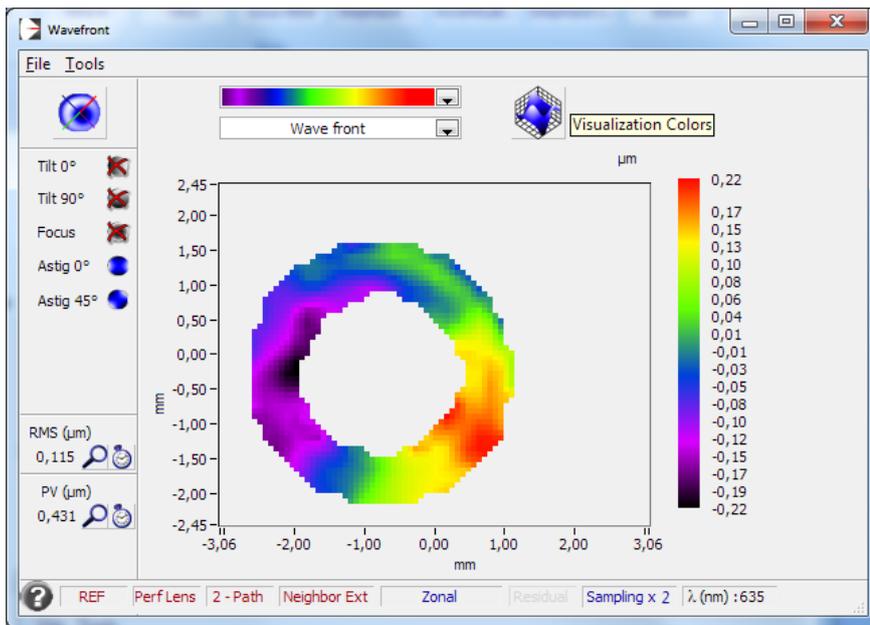
#### Sur l'axe



6mm

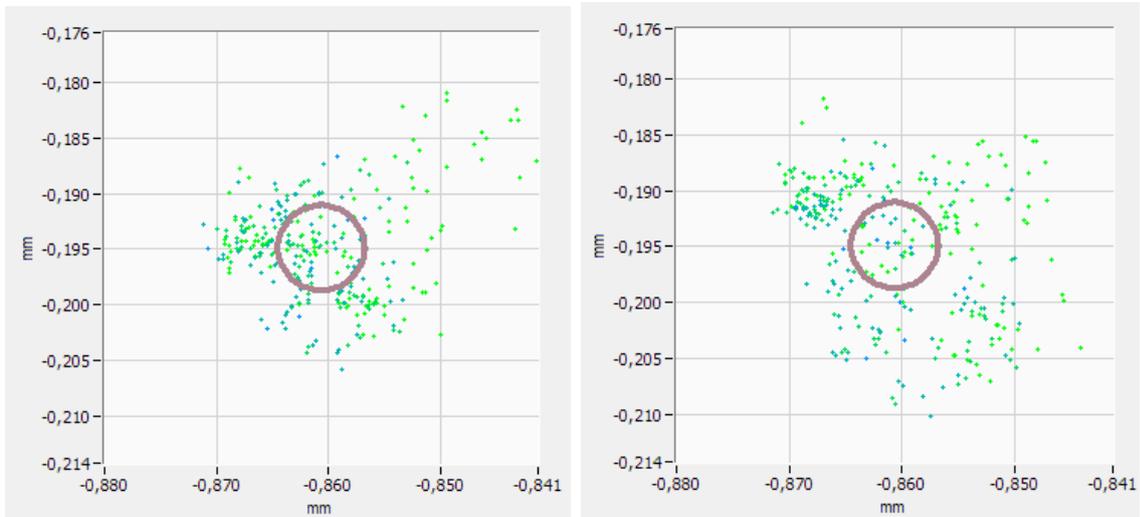


*Focalisé / défocalisé*

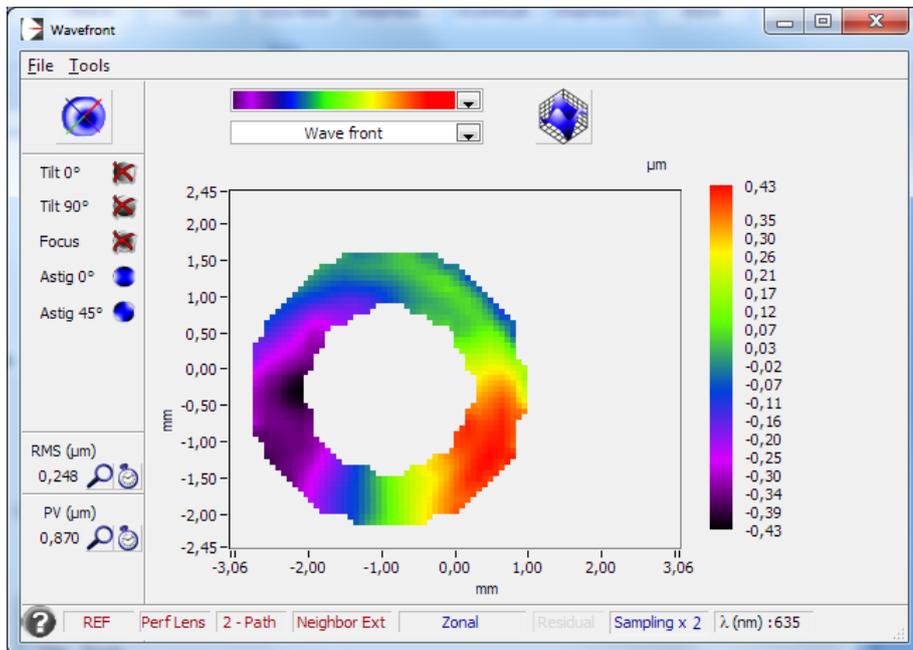


*Wavefront*

12mm

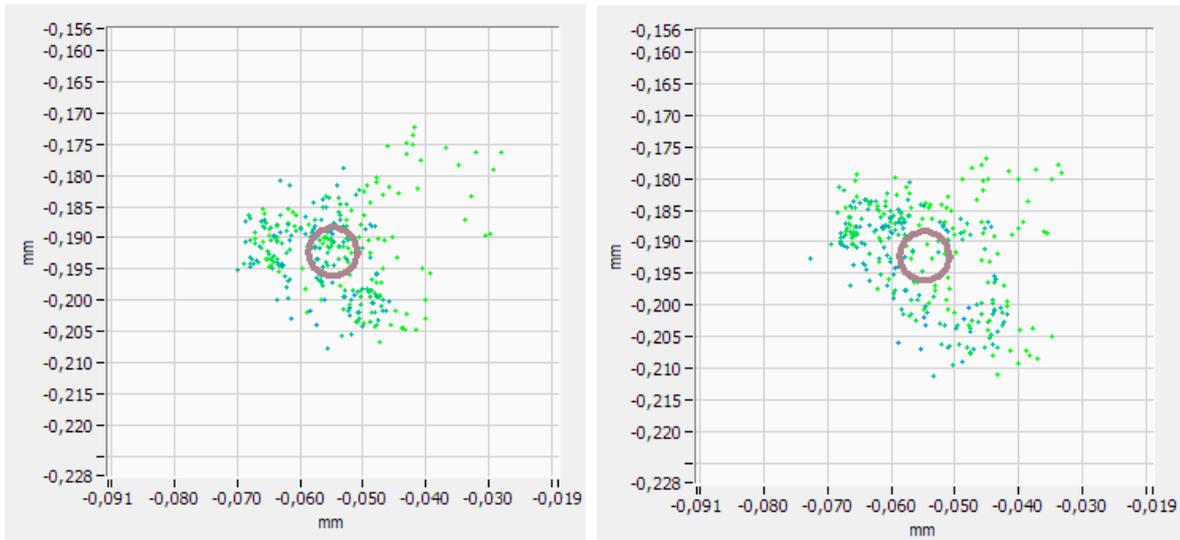


*Focalisé / défocalisé*

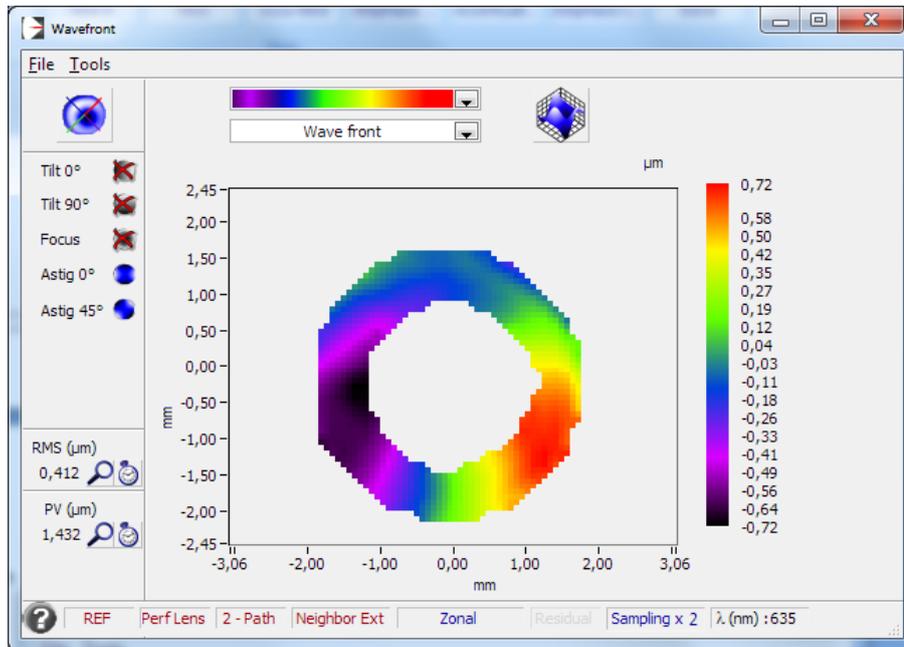


*Wavefront*

18mm

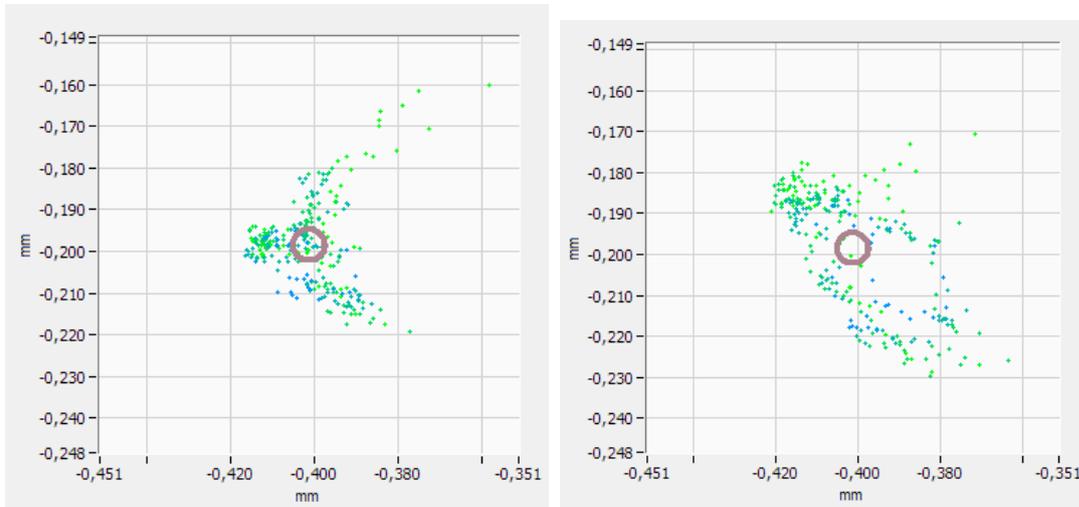


Focalisé / défocalisé

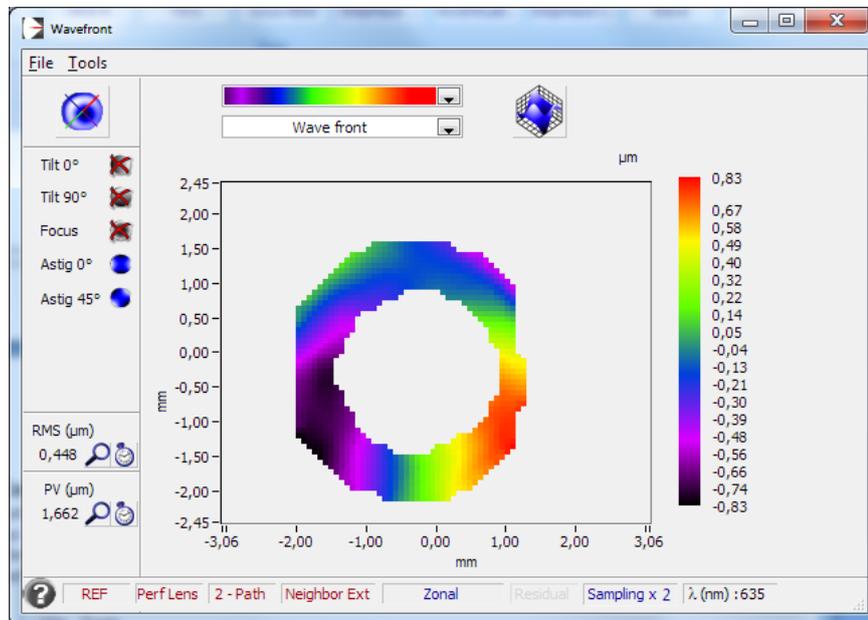


Wavefront

27mm



*Focalisé / défocalisé*



*Wavefront*

### **3.3 Conclusion of field measurement**

The field curvature is not perfect. We think it may come from a wrong working distance between M1 and M2.

Coma comes back strongly as we increase the distance from the optical axis. Some other designs such as the Corrected Dall Kirkham present better off axis performances.

**In its present state this instrument is not suitable for astrophotography with a large sensor.**

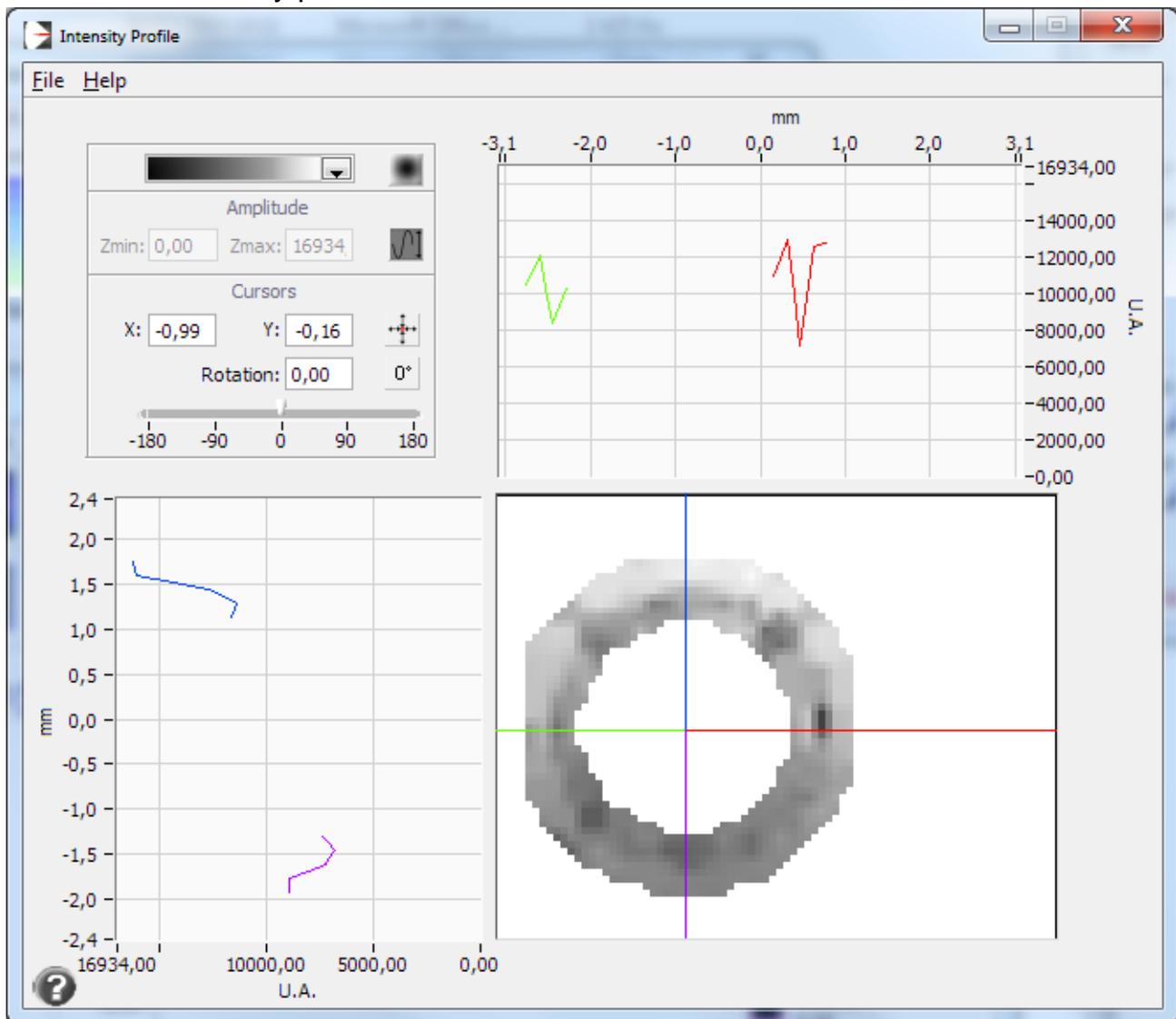
## 4 Entry pupil photometry comparison

The owner mentioned that he has a very weak signal with this telescope when compared with his previous refractor (Astro-Physics 155mm) using the same digital sampling (1"). At the same digital sampling the signal level depends on the aperture.

The HASO can be used for photometric comparison and measurement (*ref MAN/CESTA/GD280604, CEA confidential*). The ADU on each micro lens doesn't depend on the system numerical aperture or aperture diameter.

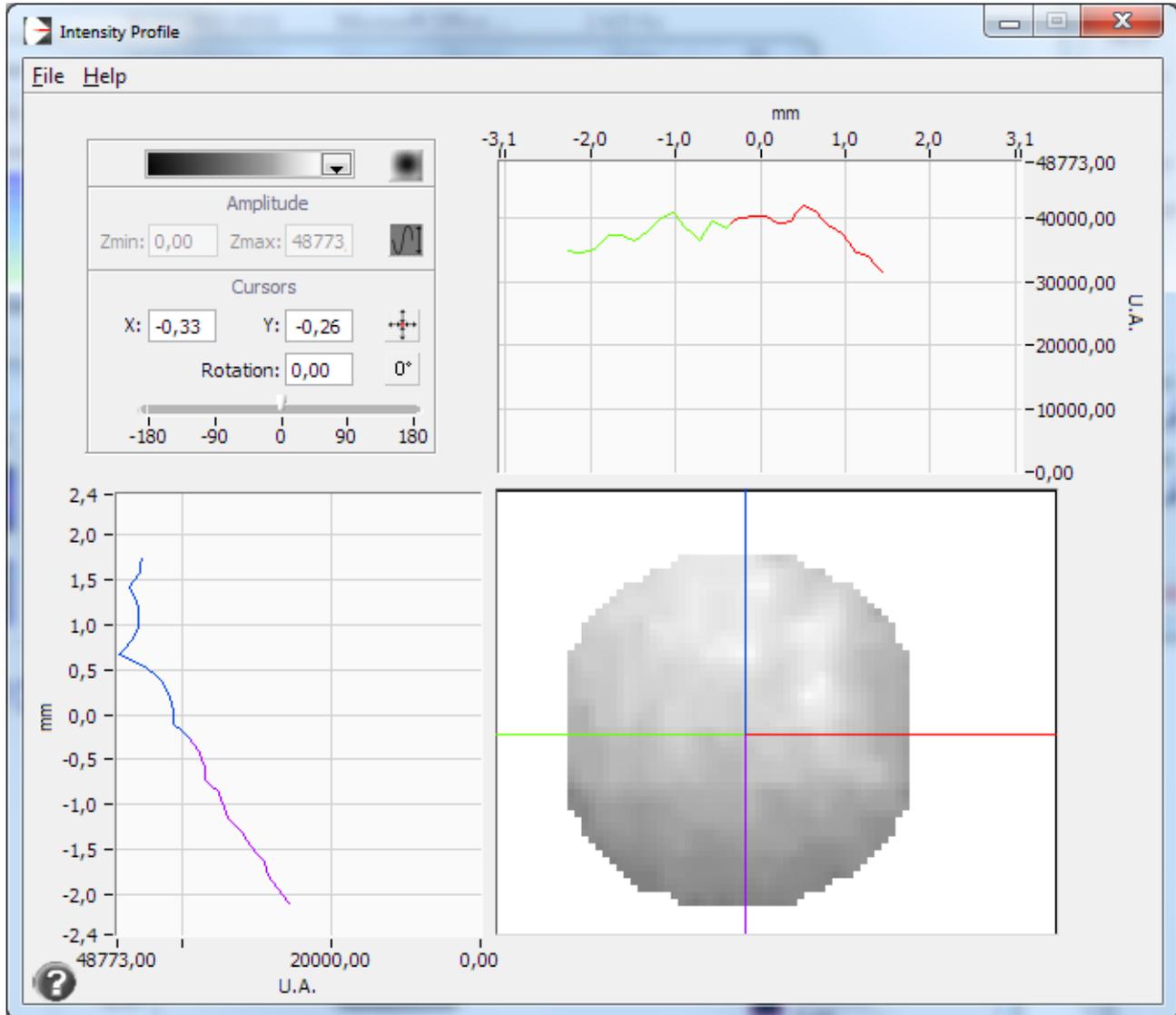
We compared in the same conditions (same laser source, same output power, no fiber disconnection, same exposure time) the Ultra CRC with two other instruments:

### 4.1 UCRC intensity profile



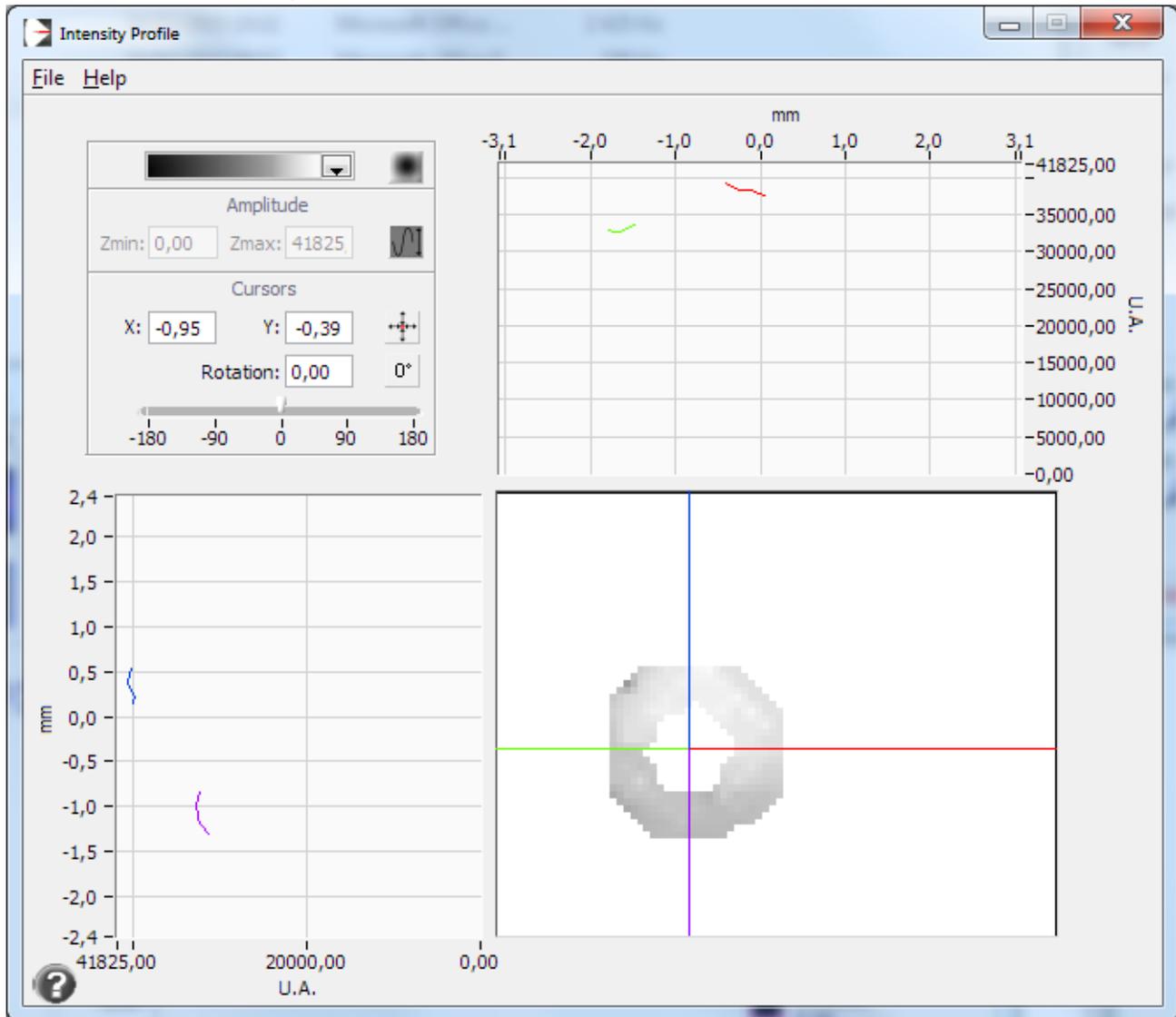
Average level is about 12000ADU.

## 4.2 FSQ106ED intensity profile



Average level is about 40000ADU.

### 4.3 C8 XLT intensity profile



Average level is about 35000ADU.

### 4.4 Conclusion for the intensity measurement

**Note that the light passes two times in the telescope, once in each direction.**

If we considered the FSQ as being 100% transmission, the C8 XLT presents a transmission of 87,5% (93,5% mirror reflection : in line with the expected results). The UCRC presents a reflection of 30% of the FSQ.

**The UCRC presents a significant loss of light at this wavelength (635nm).**

## 5 Overall UCRC assessment

In its present condition, this telescope is not suitable for long exposure astrophotography with a large sensor for the following reasons:

- **Optical alignment is not reliable** and changes dramatically depending on its orientation. The main aberration is coma that indicates a secondary mirror assembly stability issue.
- Astigmatism **changes over time**, that may also be caused by a mechanical deformation.
- **Off axis performances are not up to expectations** due to a strong coma. Spot diagrams are not good enough starting at 18mm off axis
- **Field curvature correction isn't good enough** when compared to similar designs. We suspect an incorrect working distance between the two mirrors. That would explain as well the **slight spherical aberration** seen on *on axis* measures.
- The telescope presents a **strong weakness in transmission** we do not explain (potential corrector lenses polarization).