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

Rapport de mesure / Optical measurement report

Référence	2016-49001
Date	30/11/2016
Opérateur	FJ
Procédure de mesure	RF-DP
Haso	HA-4333
LIP	LI-1028
Objectif(s)	MOD32-10
Miroir	RS-530

Client	xxx
Type d'optique	Schmidt Cassegrain
Fabricant	Celestron
Nom/modèle	C14
S/N	xxx

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	5,96nm
Incertitude RMS	0,56nm
Interpolation	X2
Mode	Zonal + modal
référence	Oui
Mesures moyennées	500
Double passage	Oui
température	20°
Sous pupilles	-
Conjugaison de pupille	Oui

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

[1] : RR rétroréflexion laser HENE, RA réduction des aberrations de champ.

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

Référence	*Test reference*
Date	*Test Date*
Opérateur	*Operator*
Procédure de mesure	*Procedure reference*
Haso	*Haso serial*
LIP	*LIP serial*
Objectif(s)	*Adaptation lens*
Miroir	*Autocol mirror ref*

Client	*Customer*
Type d'optique	*Optic type*
Fabricant	*Manufacturer*
Nom/modèle	*Name/Model*
S/N	*Serial*

Longueur d'onde	*Wavelength used*
473	*Blue, can be 445nm*
543	*Green*
635	*Red*
805	*IR*

Termes d'aberration pris en compte dans les résultats *Aberration term (Zernike) used for the results*	
Tilt X	
Tilt Y	
Focus	
Astig 0°	
Astig 45°	
Coma 0°	
Coma 90°	
Sphérique *Spherical aberration*	

Incertitude PTV	*Uncertainty PTV*
Incertitude RMS	*Uncertainty RMS*
Interpolation	*µlens interpolation*
Mode	*Modal (Zernike) or Zonal mode*
référence	*Referenced measurement*
Mesures moyennées	*Number of averaged WFE*
Double passage	*Double pass*
température	*Temperature*
Sous pupilles	*Pupil size*
Conjugaison de pupille	*Has pupil conjugaison on the µlens array*

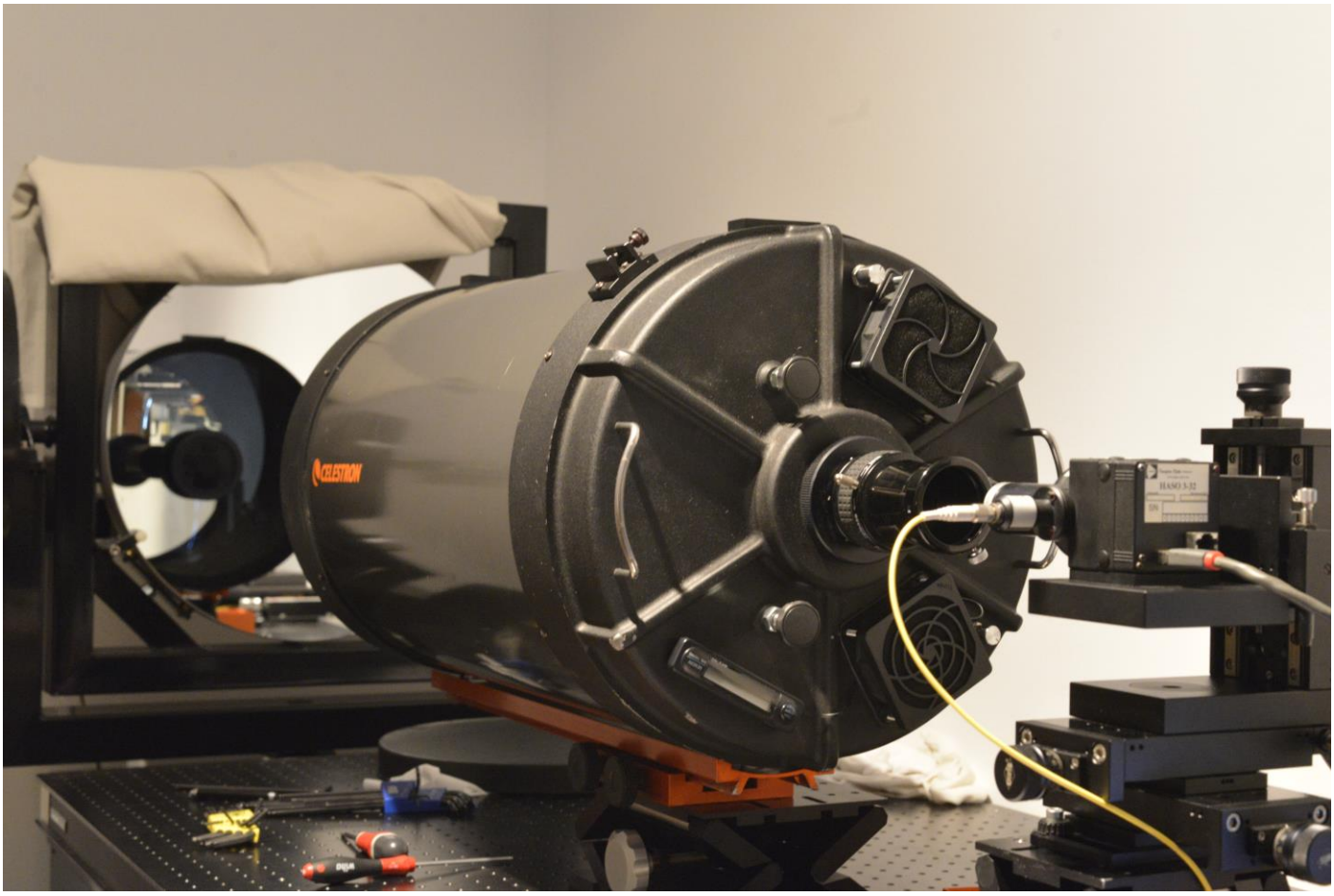
Essais réalisés *Measurement description*	
Centrage sur l'axe[(1)]	*On Axis centering type*
Mesure sur l'axe	*On axis measurement*
Mesure chromatisme	*Chromatism*
Mesure sur mécanique	*With OTA*
Alignement optique (« collimation »)	*Optical alignment*
Mesure dans le champ	*Field performances*
Courbure de champ	*Field curvature*
Système correcteur	*Additional corrector*
Conjugaison	*Conjugaison type*

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

Sommaire

1 Données théoriques / Theorical data 5
2 Informations spécifique à ces mesures / Information regarding the wavefront analysis 6
3 Mesures sur l'axe après alignement lame BF 145mm/ On axis measurement after corrector plate alignment backfocus 145m 7
3.1 Mesure sur l'axe à 635nm / On axis at 635nm 7
3.1.1 Front d'onde au meilleur foyer / WFE at best focus 7
3.1.2 Front d'onde au meilleur foyer hors astigmatisme / WFE at best focus without astigmatism 7
3.1.3 PSF 8
3.1.4 MTF 8
3.1.5 Décomposition de Zernike / Zernike polynomial breakdown 9
3.2 Mesure sur l'axe à 543nm / / On axis at 543nm 10
3.2.1 Front d'onde / WFE 10
3.2.2 Front d'onde hors astigmatisme au meilleur foyer / WFE without astigmatism at best focus 10
3.2.3 PSF 11
3.2.4 MTF 11
3.2.5 Décomposition de Zernike / Zernike polynomial breakdown 12
3.3 Mesure sur l'axe à 473nm / / On axis at 473nm 13
3.3.1 Front d'onde au meilleur foyer / WFE at best focus 13
3.3.2 Front d'onde hors astigmatisme au meilleur foyer / WFE without astigmatism at best focus 13
3.3.3 PSF 14
3.3.4 MTF 14
3.3.5 Décomposition de Zernike / Zernike polynomial breakdown 15
3.4 Front d'onde Résiduel (mamelonnage) / Residual wavefront (ripple) 16
3.5 Chromatisme / Chromatism aberration 17
3.5.1 Décalage des meilleurs foci sur l'axe / Best foci shift on axis 17
3.5.2 Sphérochromatisme / Spherochromatism 18
3.5.3 Aberration sphérique en fonction de la longueur d'onde / Spherical aberration vs wavelength 19
Fin du document 20

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.



© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

1 Données théoriques / *Theorical data*

Lens data (FL, aperture, F/D) Theorical PSF size and MTF cut-off versus wavelength.
Focale : 3910mm. Pupille: 355mm.
Nombre d'ouverture : 11
Diamètre théorique de la tâche de diffraction :

Focale	3910
Diamètre	355
Longueur d'onde	Taille PSF µm
635	17,07
543	14,59
473	12,71

Fréquences théoriques de coupure de la fonction de transfert de modulation (FTM) en cycles/mm
Theorical MTF cut-off frequency versus the wavelength.

Focale	3910
Diamètre	355
Longueur d'onde	Coupure
635	142,98
543	167,21
473	191,95

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

2 Informations spécifique à ces mesures / *Information regarding the wavefront analysis*

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'agît 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.

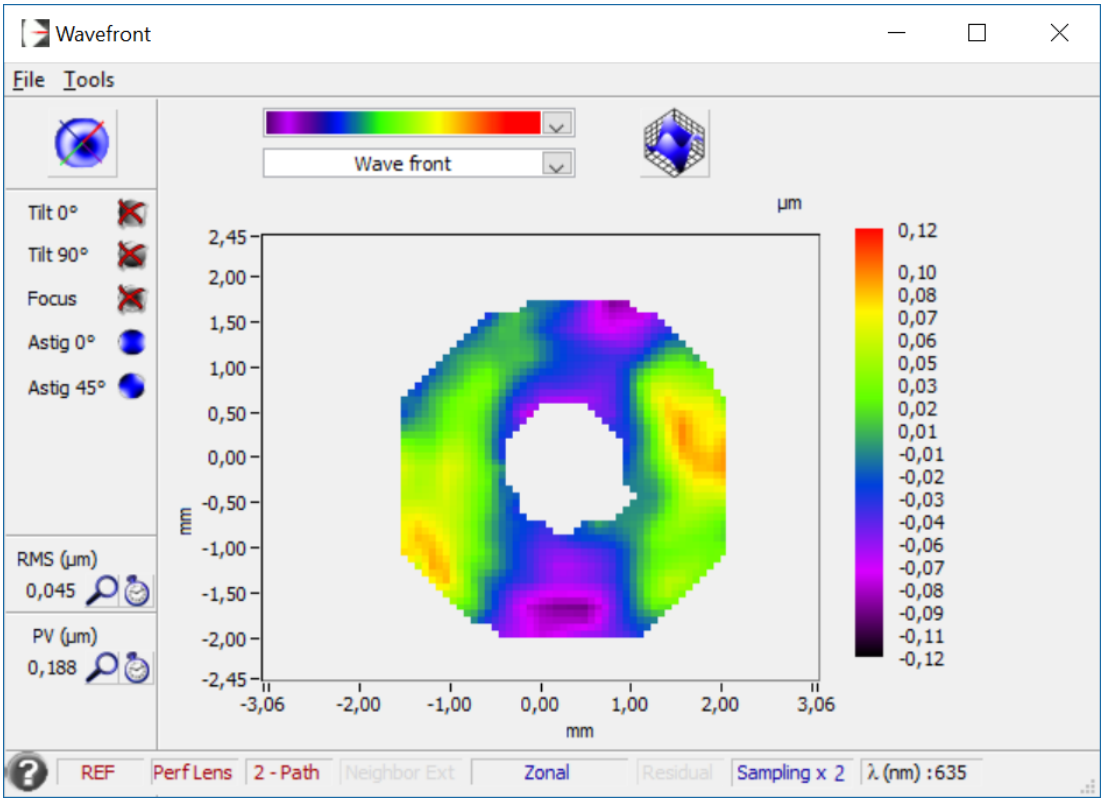
Wavefront measurement objectives : *The Wavefront Error (WFE) shows the wavefront phase map issued from the system aperture with a color code. The colors show the local wavefront phase variation in nanometers. A perfect system should show a zero value over the whole surface, meaning there is no phase error when the light reaches the focus (for an imaging device). The maximum range on the global wavefront is the Peak To Valley error (PTV). This PTV is done on 99% of the surface to avoid a global PTV increase because of a very local defect. The averaged error by Roor Mean Square is the RMS error. The Rayleigh "diffraction limit" quality metric is a quarter of the wavelength. For example in the green (543nm) the PTV error should be lower than 543/4= 135nm PTV.*
The WFE map can provide the Point Spread Function (diffraction spot), the Modulation (Optical) Transfer Function (MTF/OTF) and the Strehl ratio among other information.

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

3 Mesures sur l'axe après alignement lame BF 145mm/ *On axis measurement after corrector plate alignment backfocus 145m*

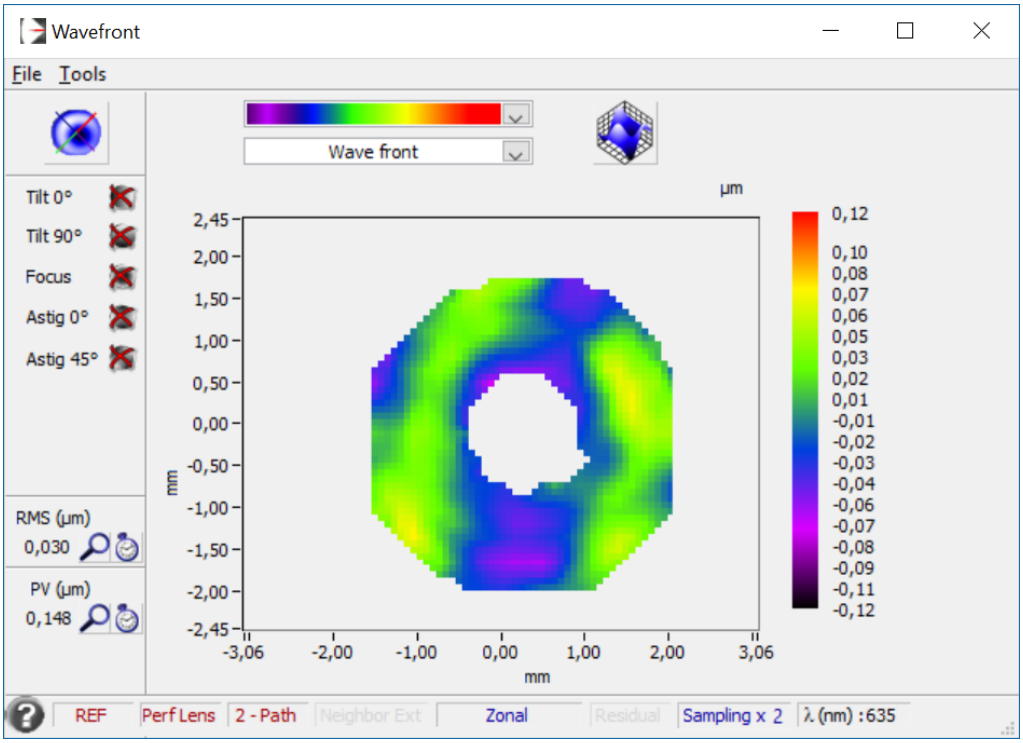
3.1 Mesure sur l'axe à 635nm / *On axis at 635nm*

3.1.1 Front d'onde au meilleur foyer / *WFE at best focus*



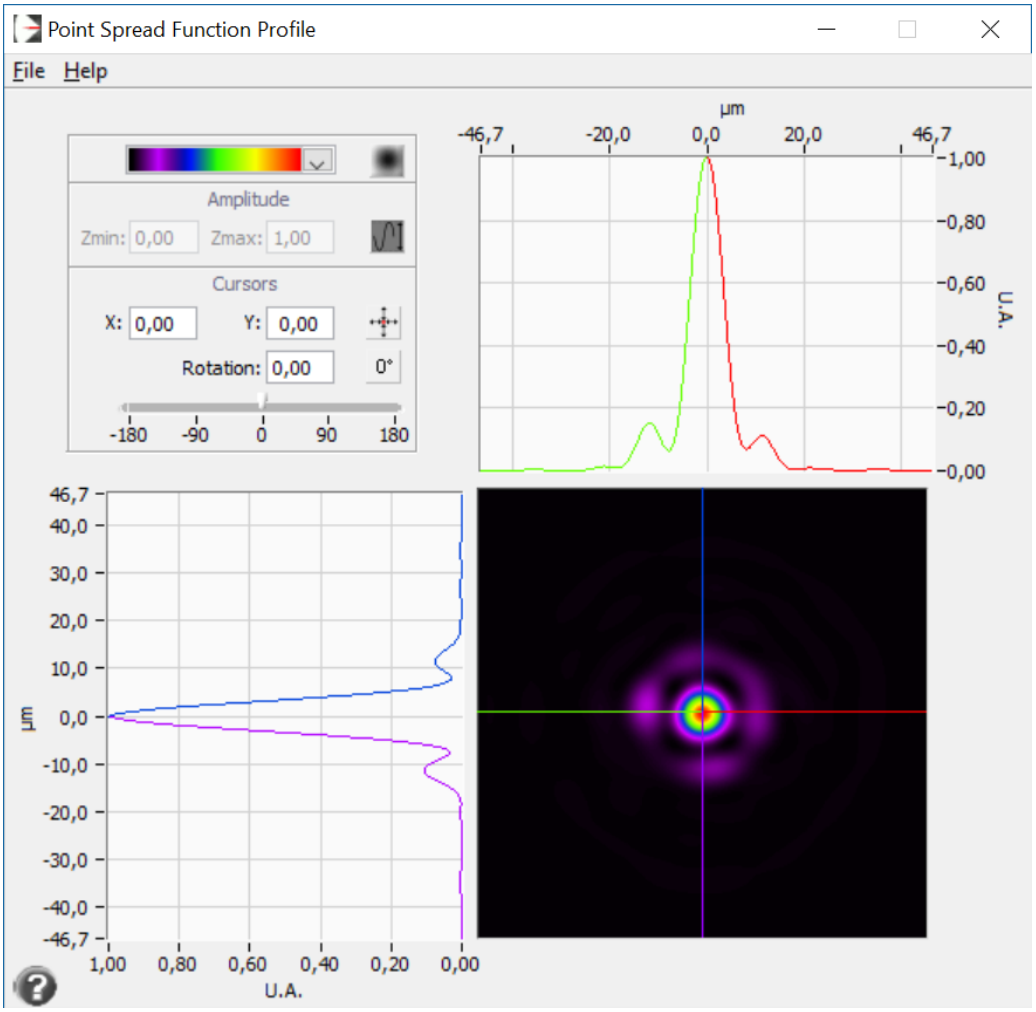
Ratio de Strehl / *Strehl Ratio* : 0,819

3.1.2 Front d'onde au meilleur foyer hors astigmatisme / *WFE at best focus without astigmatism*



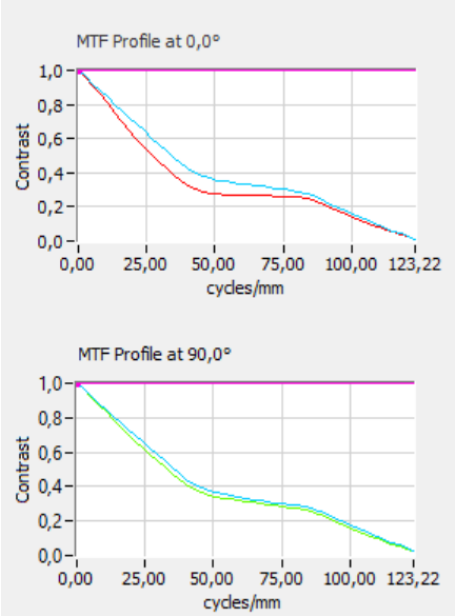
© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

3.1.3 PSF

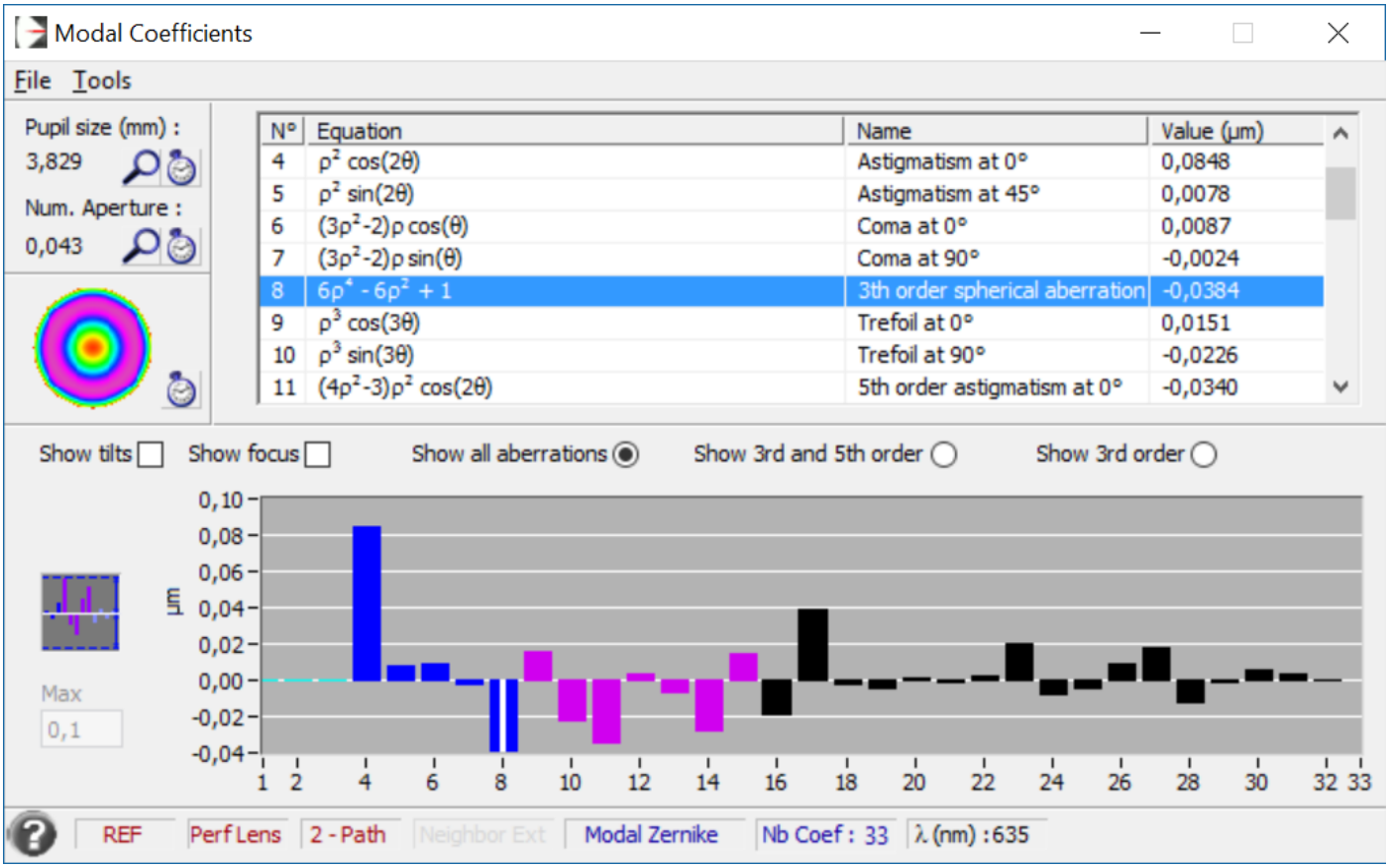


3.1.4 MTF

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.



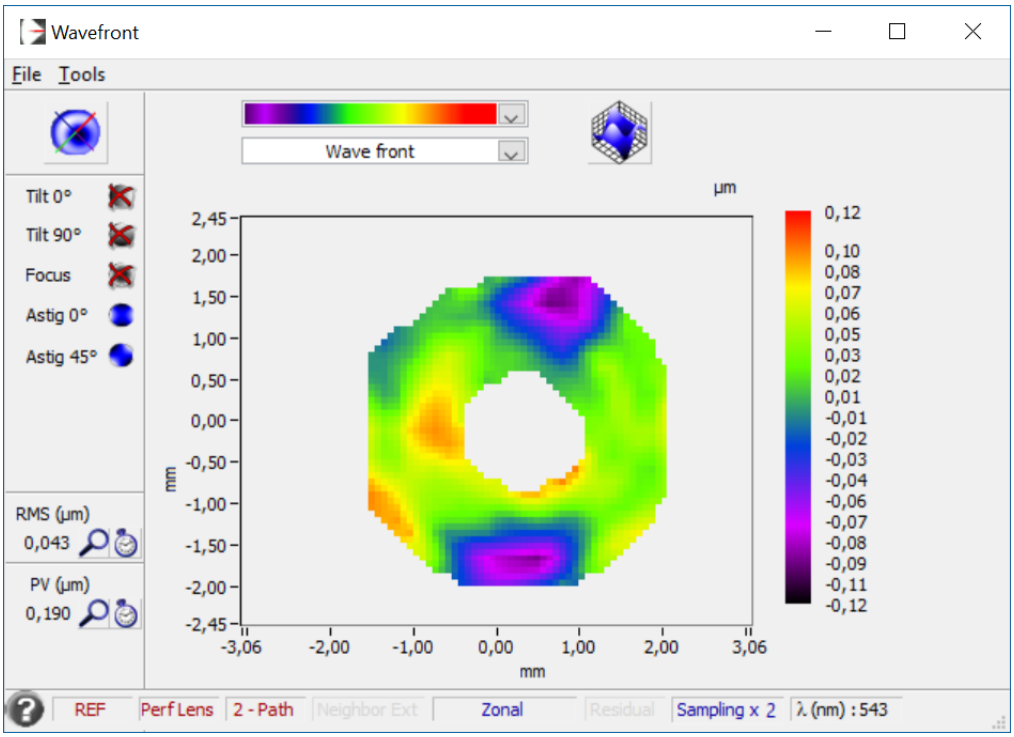
3.1.5 Décomposition de Zernike / *Zernike polynomial breakdown*



© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

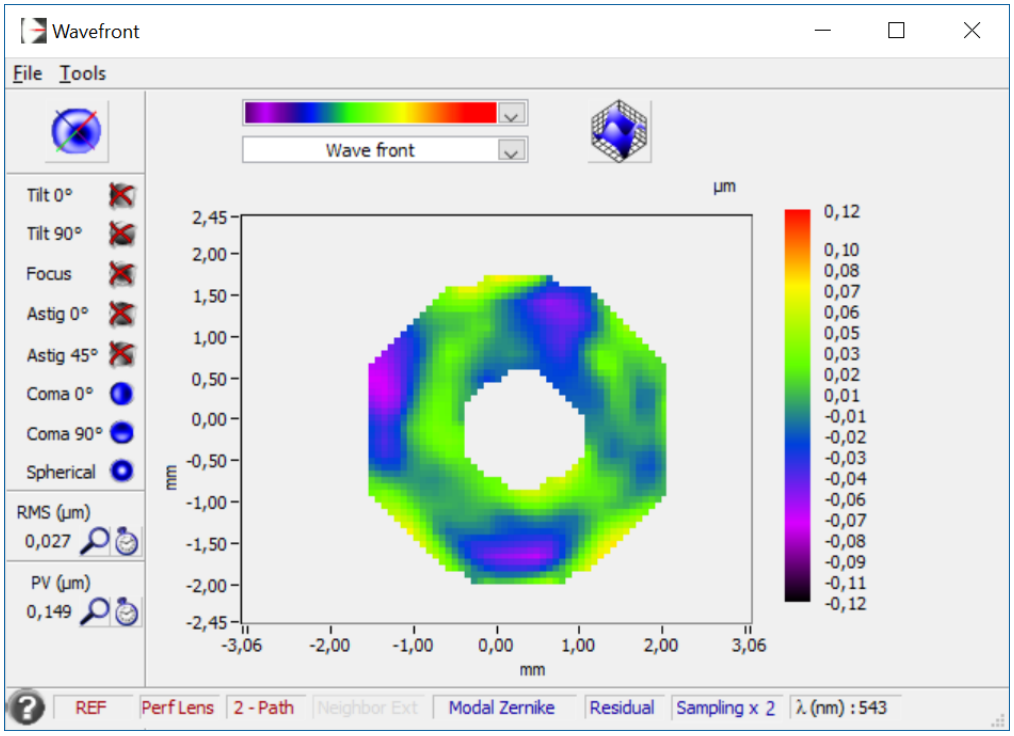
3.2 Mesure sur l'axe à 543nm / / *On axis at 543nm*

3.2.1 Front d'onde / *WFE*



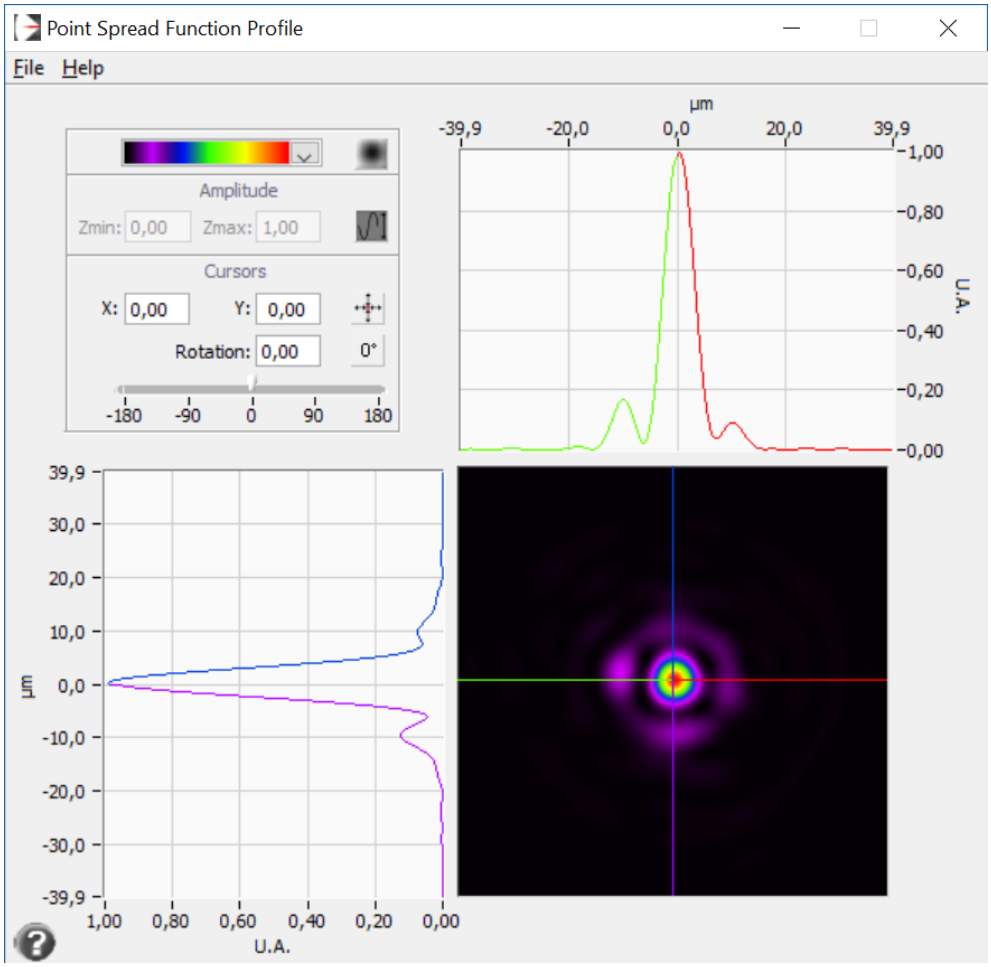
Ratio de Strehl 0,782

3.2.2 Front d'onde hors astigmatisme au meilleur foyer / *WFE without astigmatism at best focus*

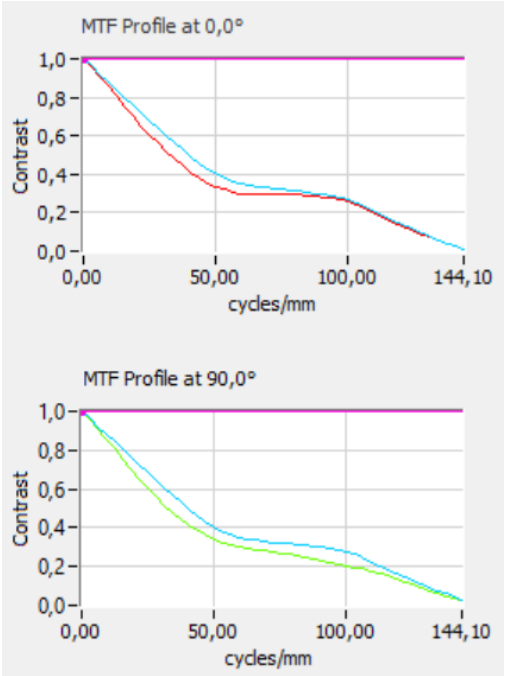


© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

3.2.3 PSF

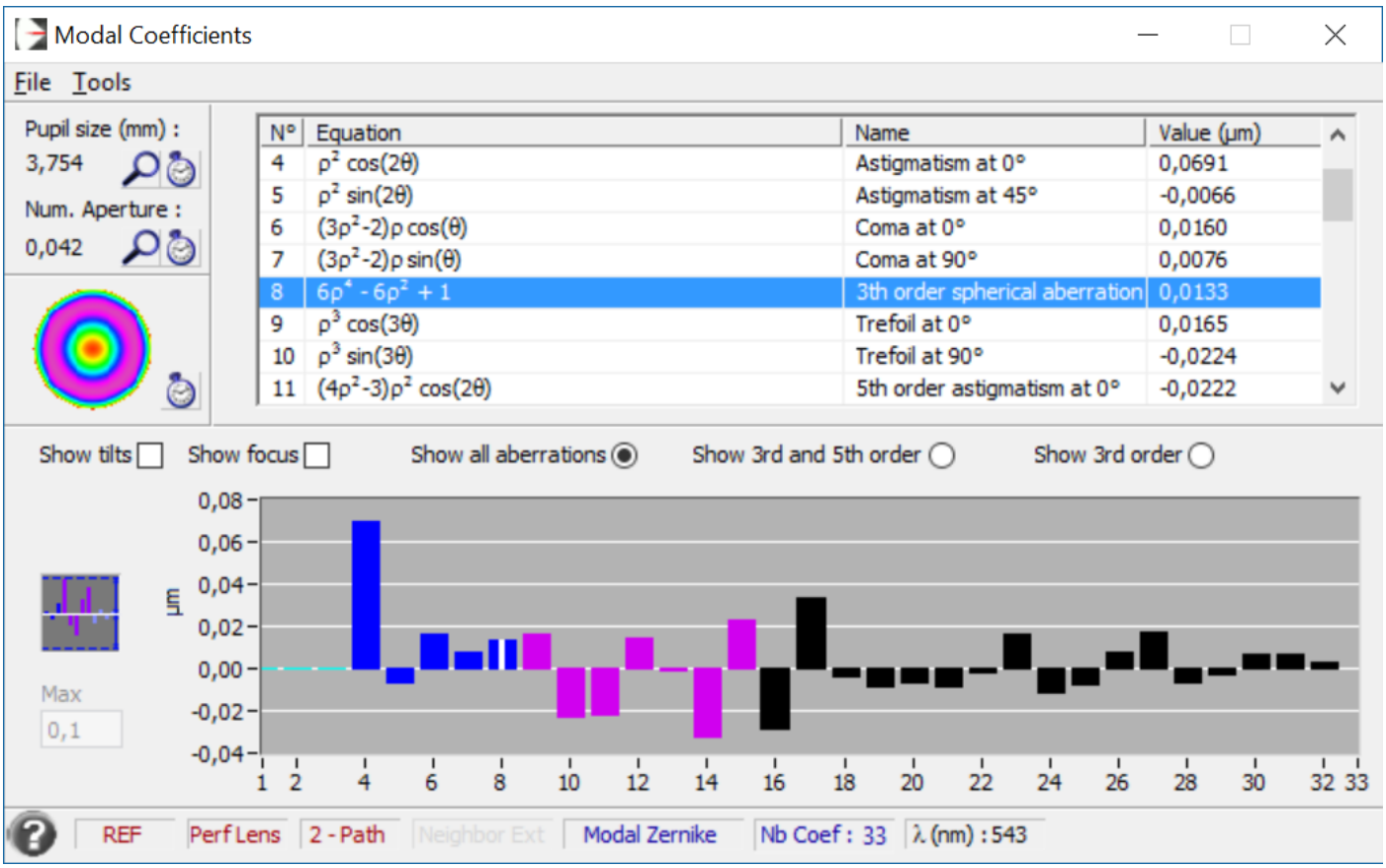


3.2.4 MTF



© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

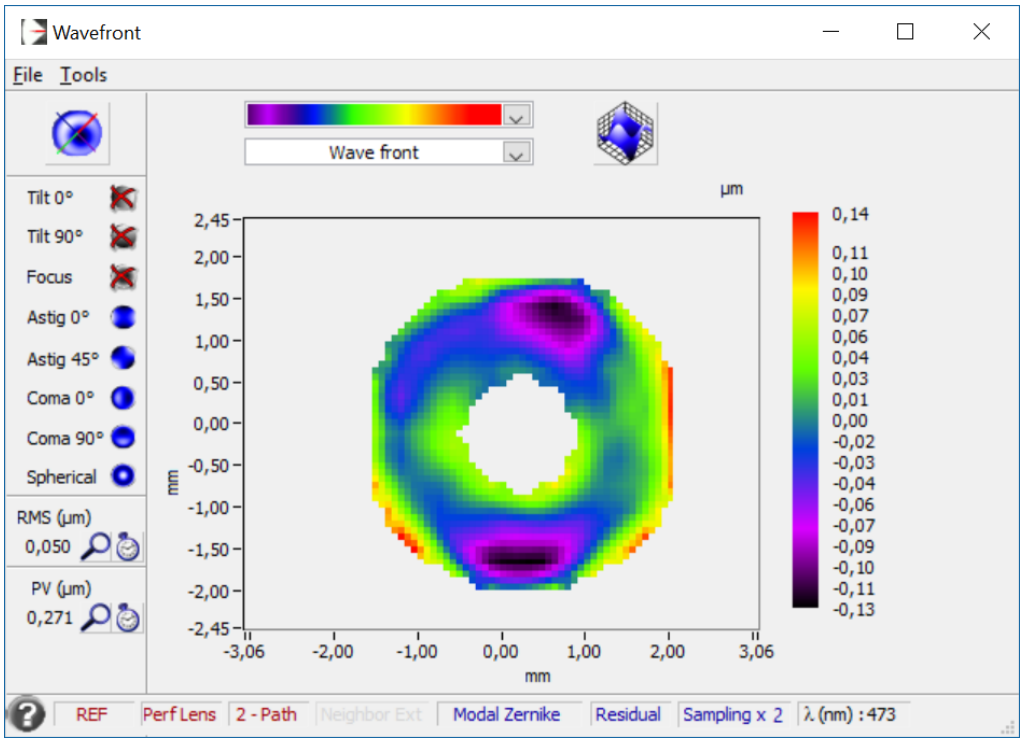
3.2.5 Décomposition de Zernike / *Zernike polynomial breakdown*



© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

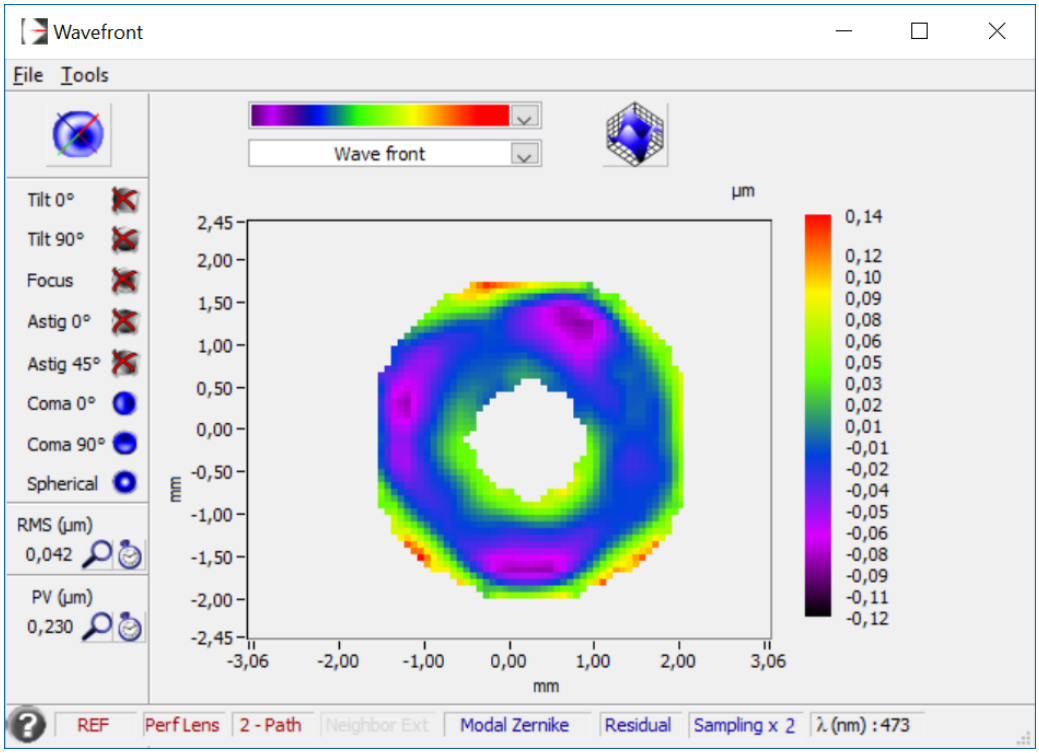
3.3 Mesure sur l'axe à 473nm / / *On axis at 473nm*

3.3.1 Front d'onde au meilleur foyer / *WFE at best focus*



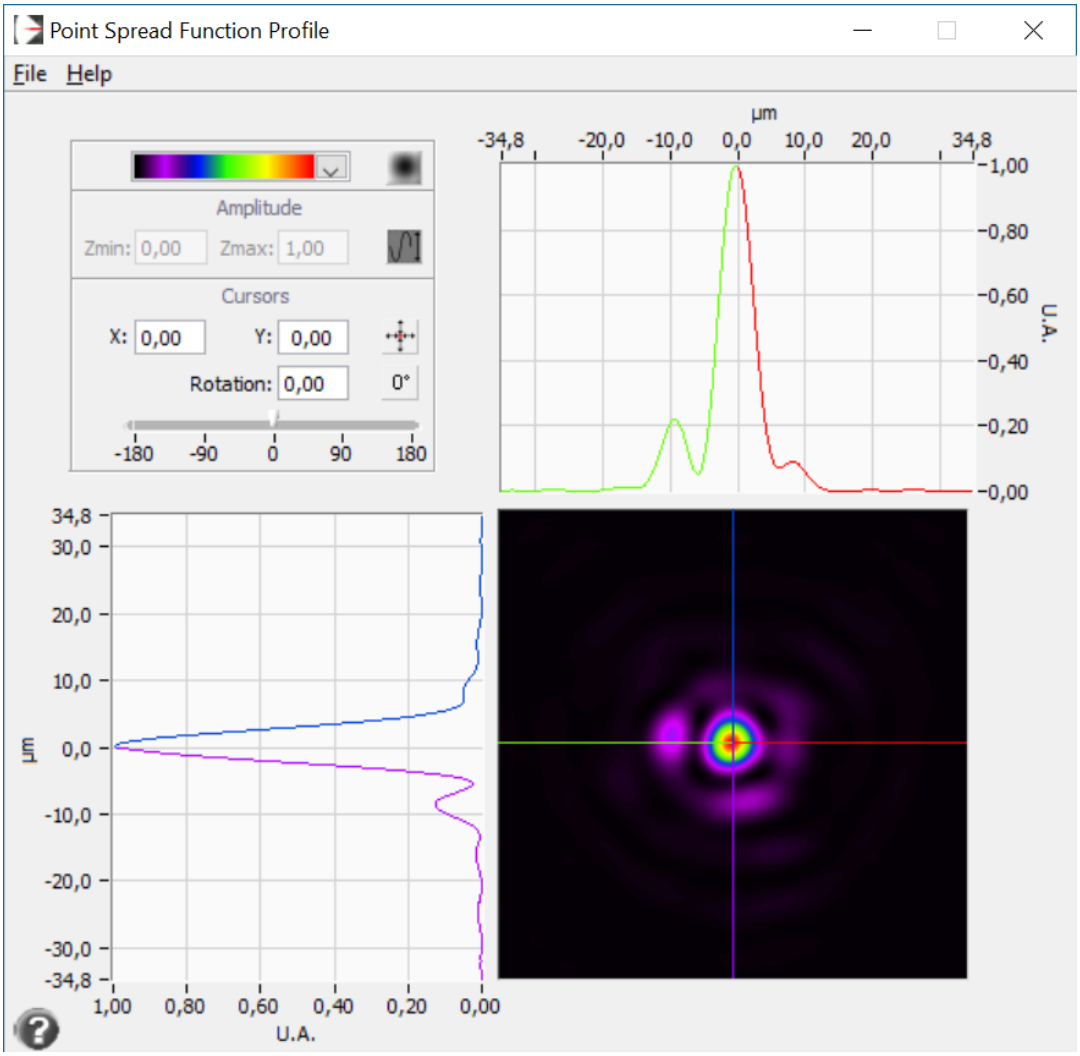
Ratio de Strehl 0,646

3.3.2 Front d'onde hors astigmatisme au meilleur foyer / *WFE without astigmatism at best focus*

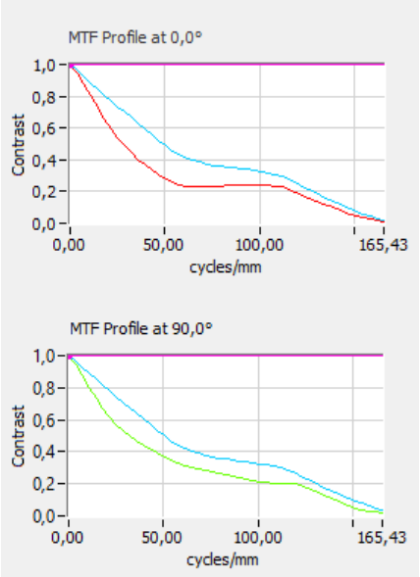


© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

3.3.3 PSF

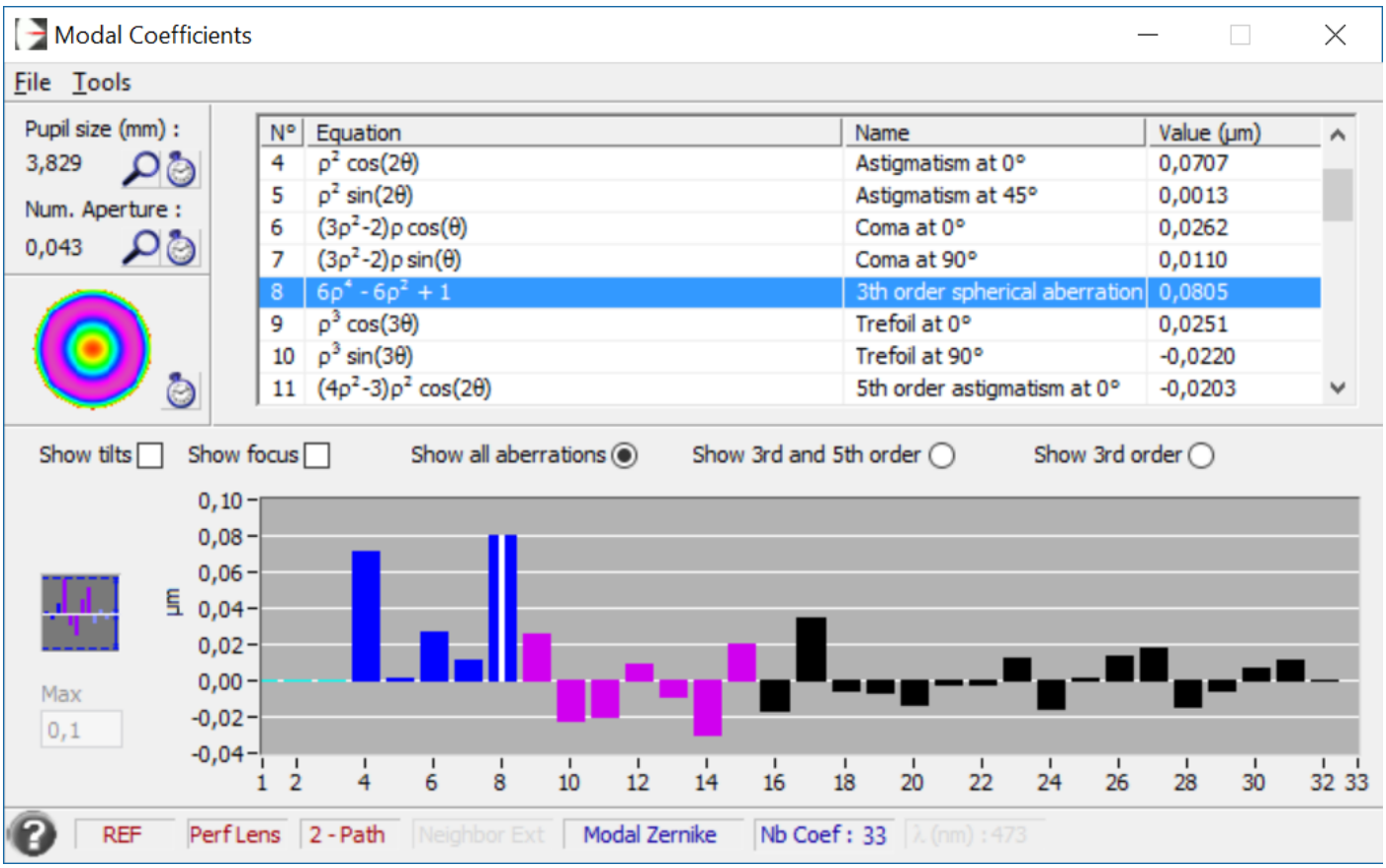


3.3.4 MTF



© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

3.3.5 Décomposition de Zernike / *Zernike polynomial breakdown*

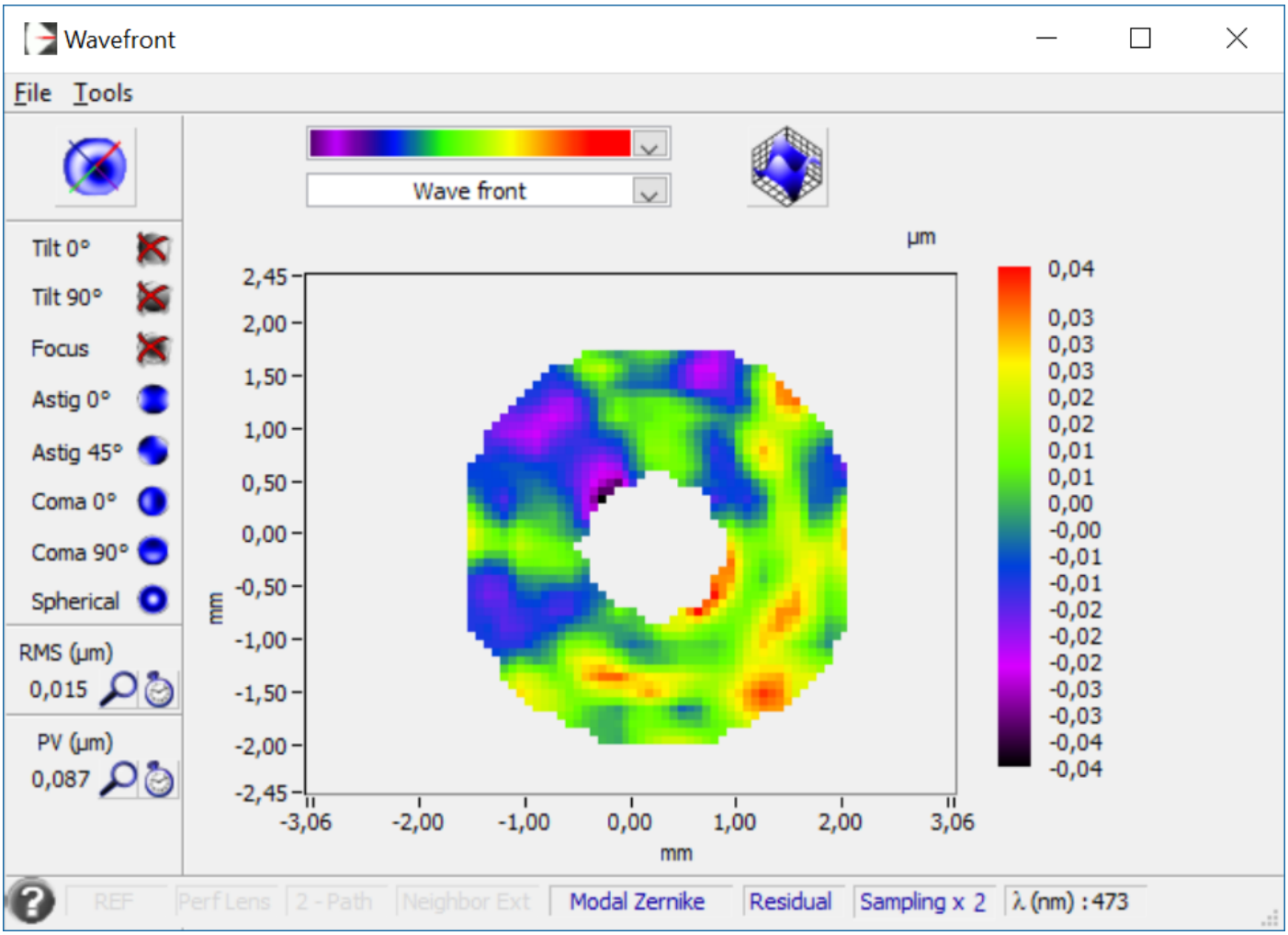


© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

3.4 Front d'onde Résiduel (mamelonnage) / *Residual wavefront (ripple)*

Objectif : Cette mesure permet de caractériser les défauts de quelques cm de diamètres. Il s'agît de ce qui est couramment appelé le mamelonnage.
Pour cette mesure on ignore les 32 premiers termes d'aberration de Zernike qui ont été pris en compte lors de la mesure du paragraphe 2 pour ne laisser que les défauts recherchés ici.

Objective : *This wavefront error map shows the residual aberrations after the 32 first Zernike terms have been removed. That shows surface errors that are localized or with a very high order such as polishing circular patterns.*



© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

3.5 Chromatisme / *Chromatism aberration*

Objectif : La mesure du chromatisme concerne tous les systèmes optiques comportant des dioptres. 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).

Objective : *Chromatism impacts partially or totally transmissive systems. Transmissive components have a behavior that changes depending on the wavelength in terms of focal length and spherical aberration. Spherochromatism graph determines the wavelength the system has been optimized for if any.*

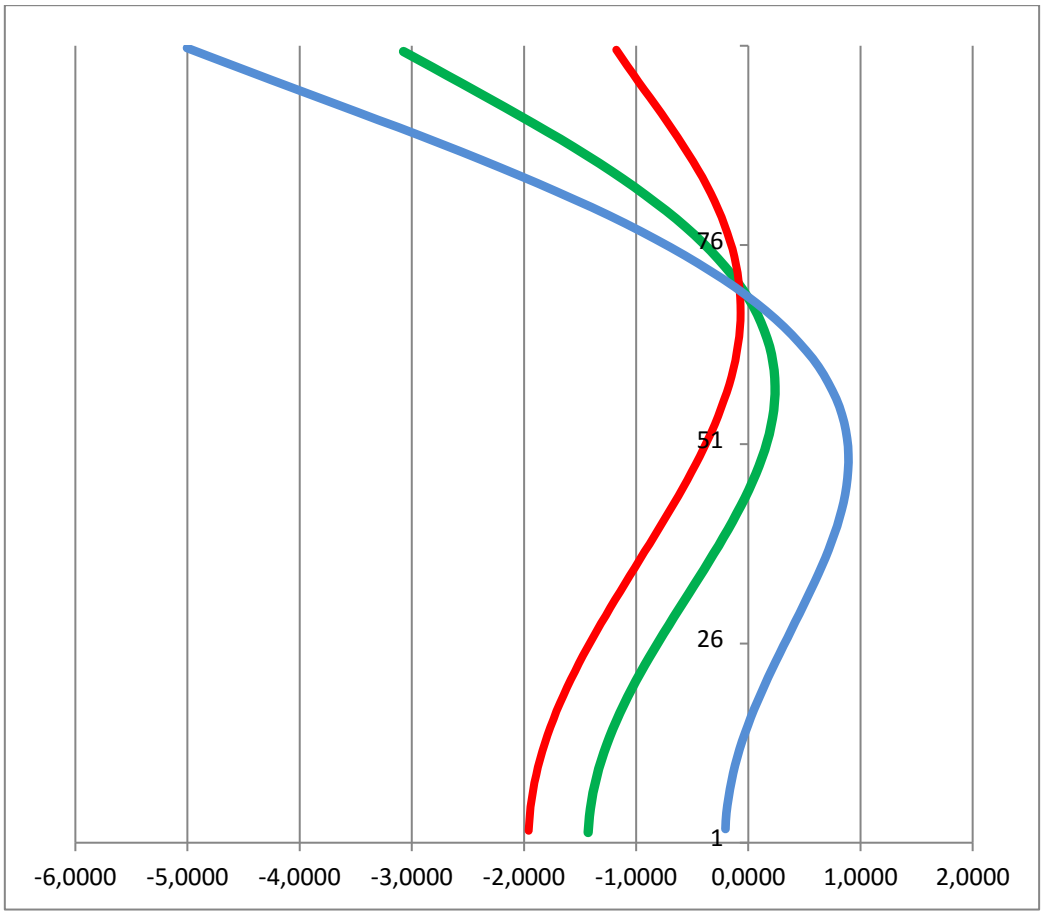
3.5.1 Décalage des meilleurs foci sur l'axe */ Best foci shift on axis*

En µm	
Rouge 635 nm	0
Vert 543 nm	-190
Bleu 473 nm	-360

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

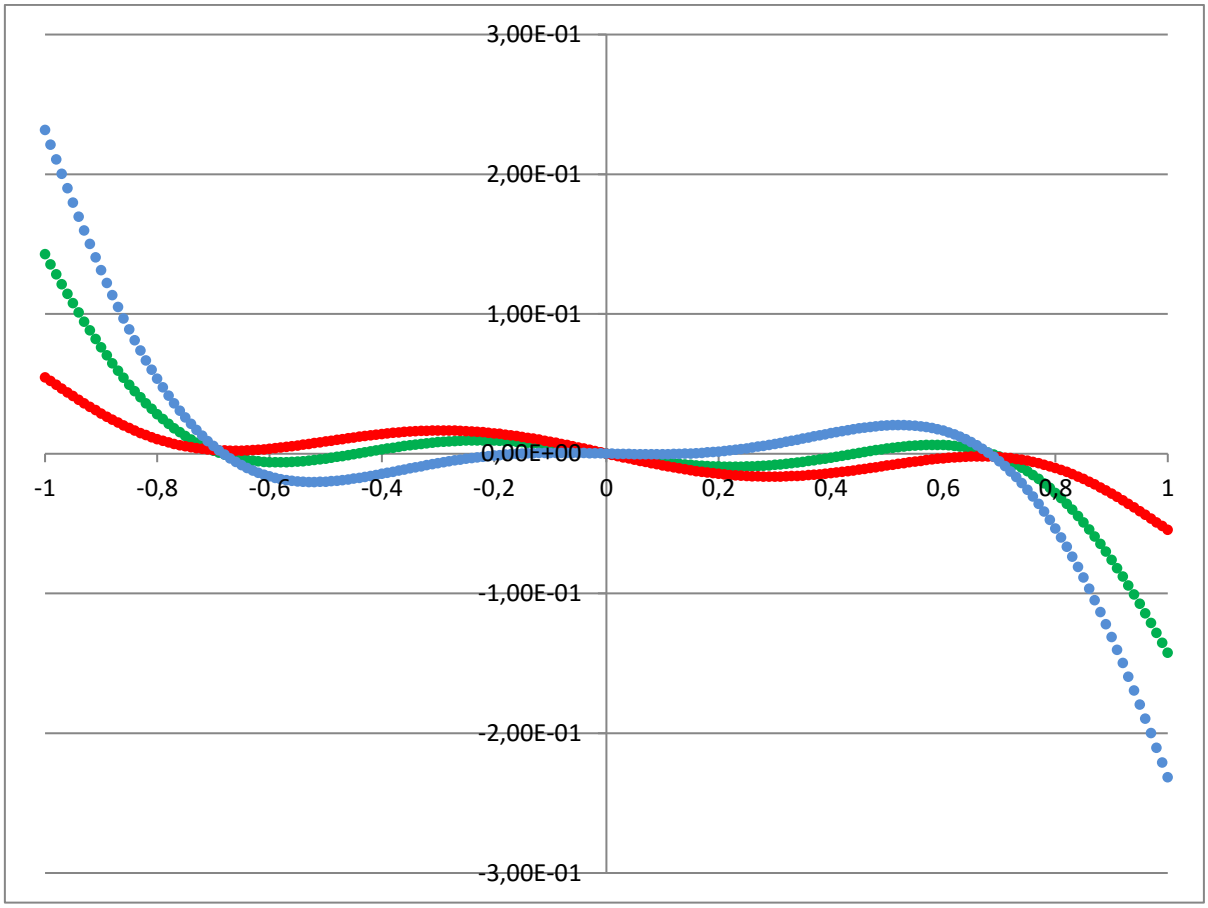
3.5.2 Sphérochromatisme / *Spherochromatism*

Base de calcul : aberration sphérique 3eme, 5eme et 7eme ordre.
Calculated on the 3rd, 5th and 7th spherical aberration orders.



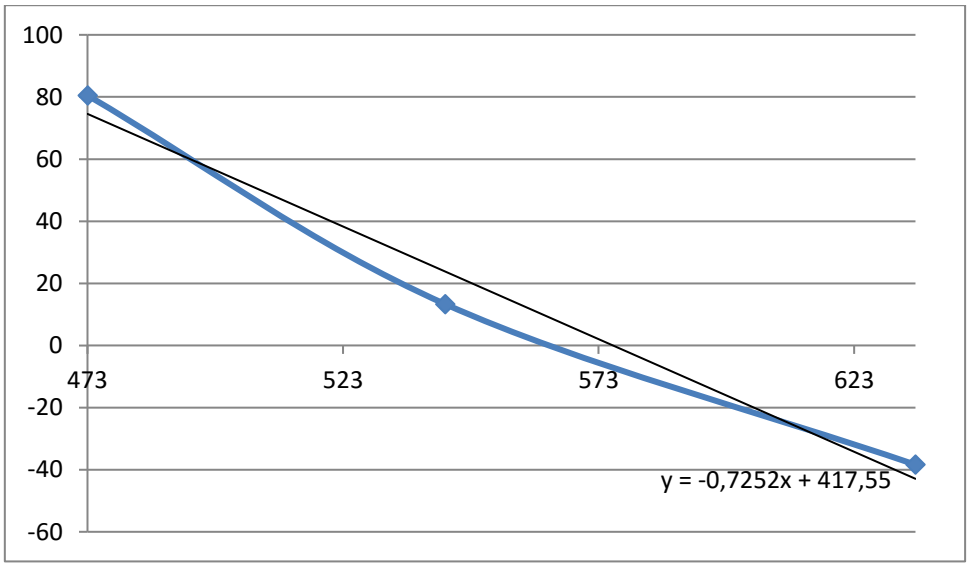
Chromatisme longitudinal, Unités mm

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.



Chromatisme transverse, Unités mm

3.5.3 Aberration sphérique en fonction de la longueur d'onde / *Spherical aberration vs wavelength*



© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.

Fin du document.

© 2015 Airylab SARL, 34 rue Jean Baptiste Malon, 04800 Gréoux les Bains. +33 492788172
Les informations contenues dans ce rapport appartiennent à Airylab. Reproduction soumise à autorisation.
Information and graphics in this report belongs to Airylab. Reproduction requires an a written authorization.