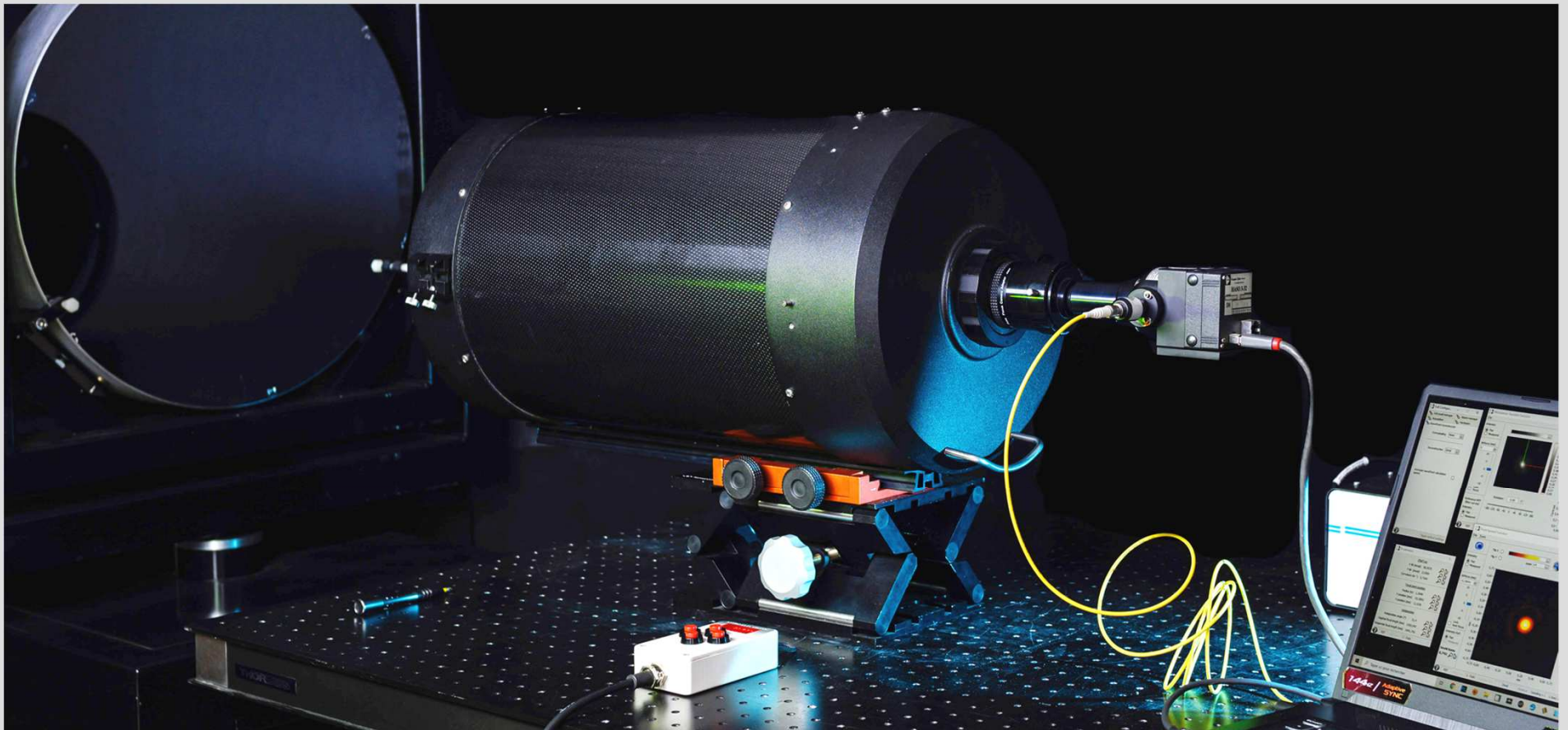


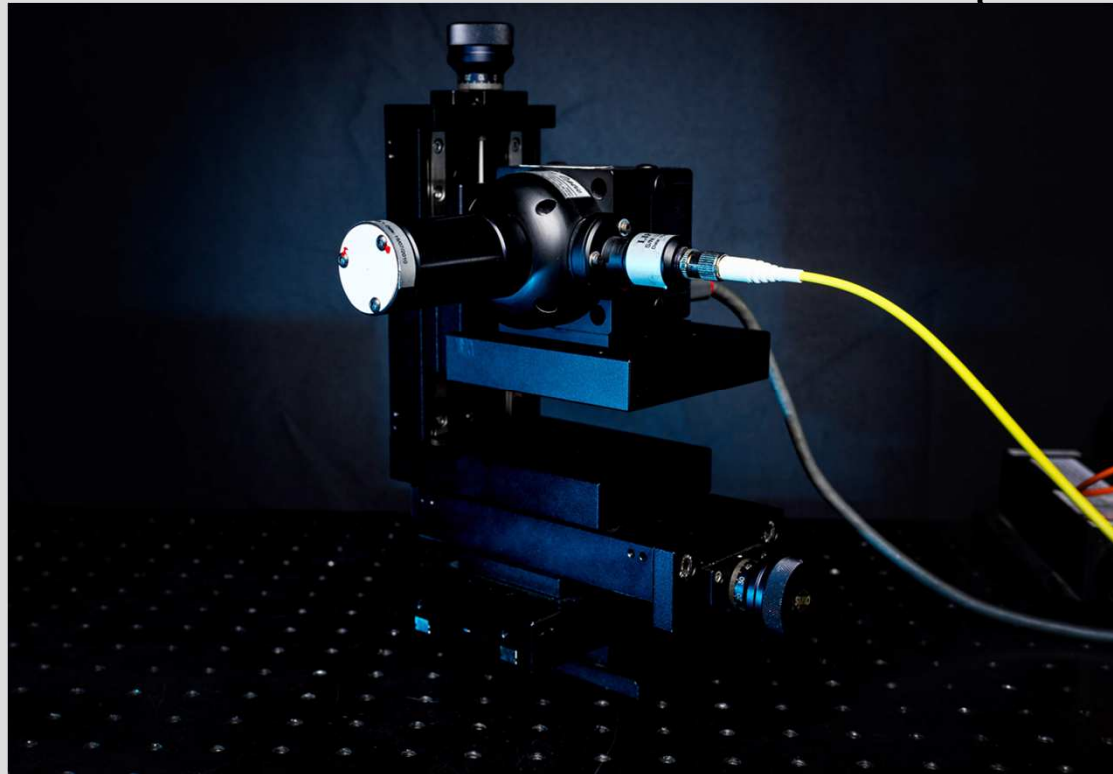
Le contrôle des instruments d'optique avec un analyseur de front d'onde Shack-Hartmann

Jean-Marc Lecleire



L'analyseur de front d'onde Shack-Hartmann est utilisé en métrologie optique pour :

- Contrôler la qualité des instruments d'optique : télescopes, lunettes, objectifs photo...
- Contrôler les miroirs concaves, miroirs plans, miroirs convexes...
- La collimation des instruments : lunettes et télescopes



- Et si vous voulez voir une démo du Shack-Hartmann...



LECLEIRE OPTIQUE

Laboratoire de métrologie optique

Retrouvez-moi sur mon stand durant ces RCE !





LECLEIRE OPTIQUE

Laboratoire de métrologie optique

Et bientôt...

Fabrication de miroirs de grand diamètre (500 mm et +)

- Miroirs en série
- Miroirs de 1 à 2m de diamètre
- Atelier d'optique bientôt opérationnel (2023 si tout va bien)



J'ai repris l'activité de métrologie optique de **AiryLab** (Frédéric Jabet)

Je suis en mesure d'effectuer les mêmes prestations de contrôle et réglage

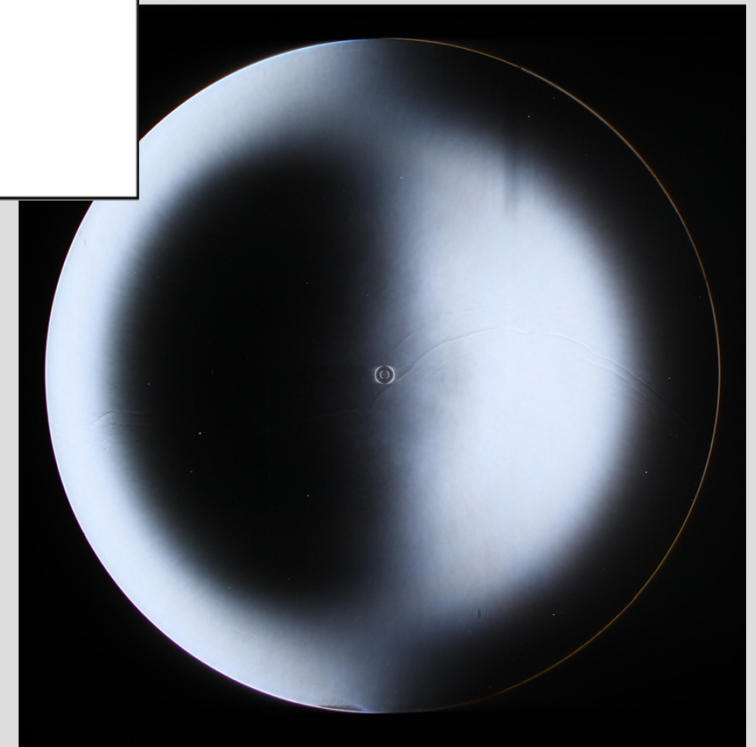
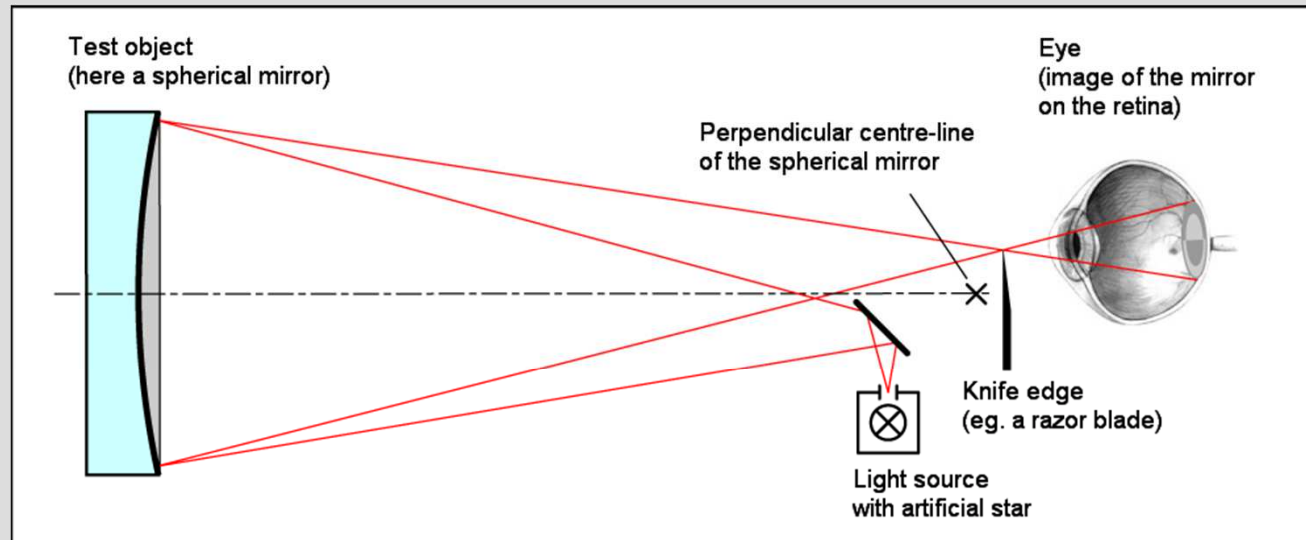
The logo for AiryLab is displayed in a 3D, metallic blue font with a slight shadow, set against a white rectangular background.

Je dispose d'un analyseur de front d'onde Shack-Hartmann
HASO Imagine Optic, et de deux miroirs plans d'autocollimation :

- 530 mm de diamètre au labo d'optique
- 180 mm de diamètre pour les interventions extérieures

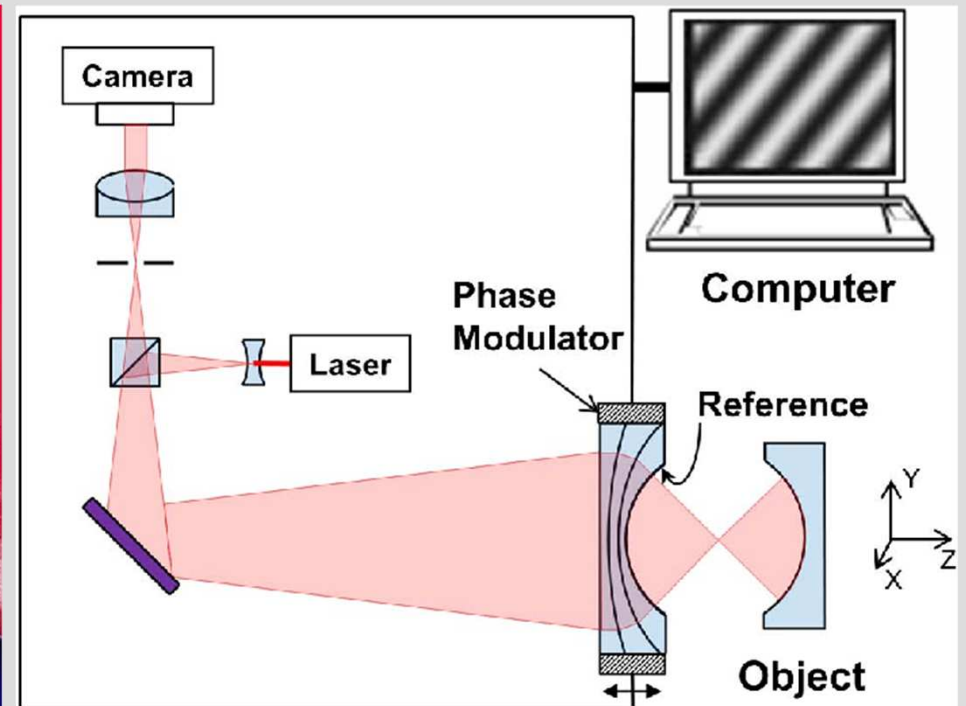
Autres moyens de contrôle...

• L'analyseur de Foucault



Autres moyens de contrôle...

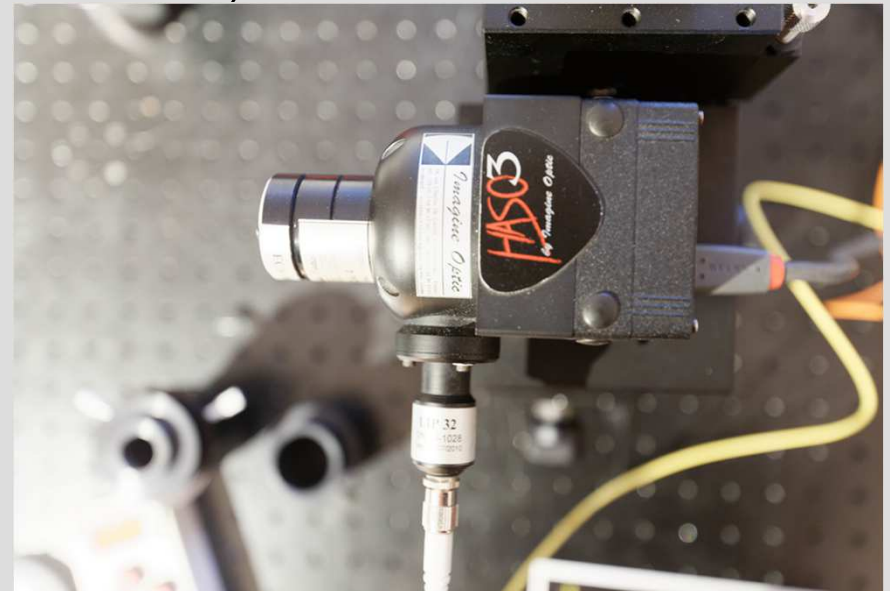
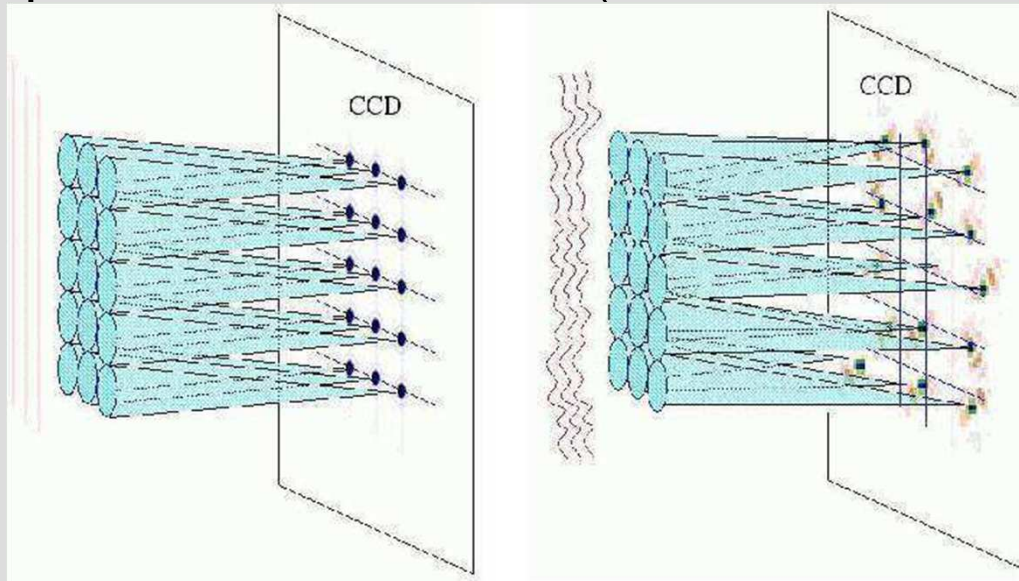
• L'interféromètre de Fizeau



Principe de l'analyseur de front d'onde Shack-Hartmann

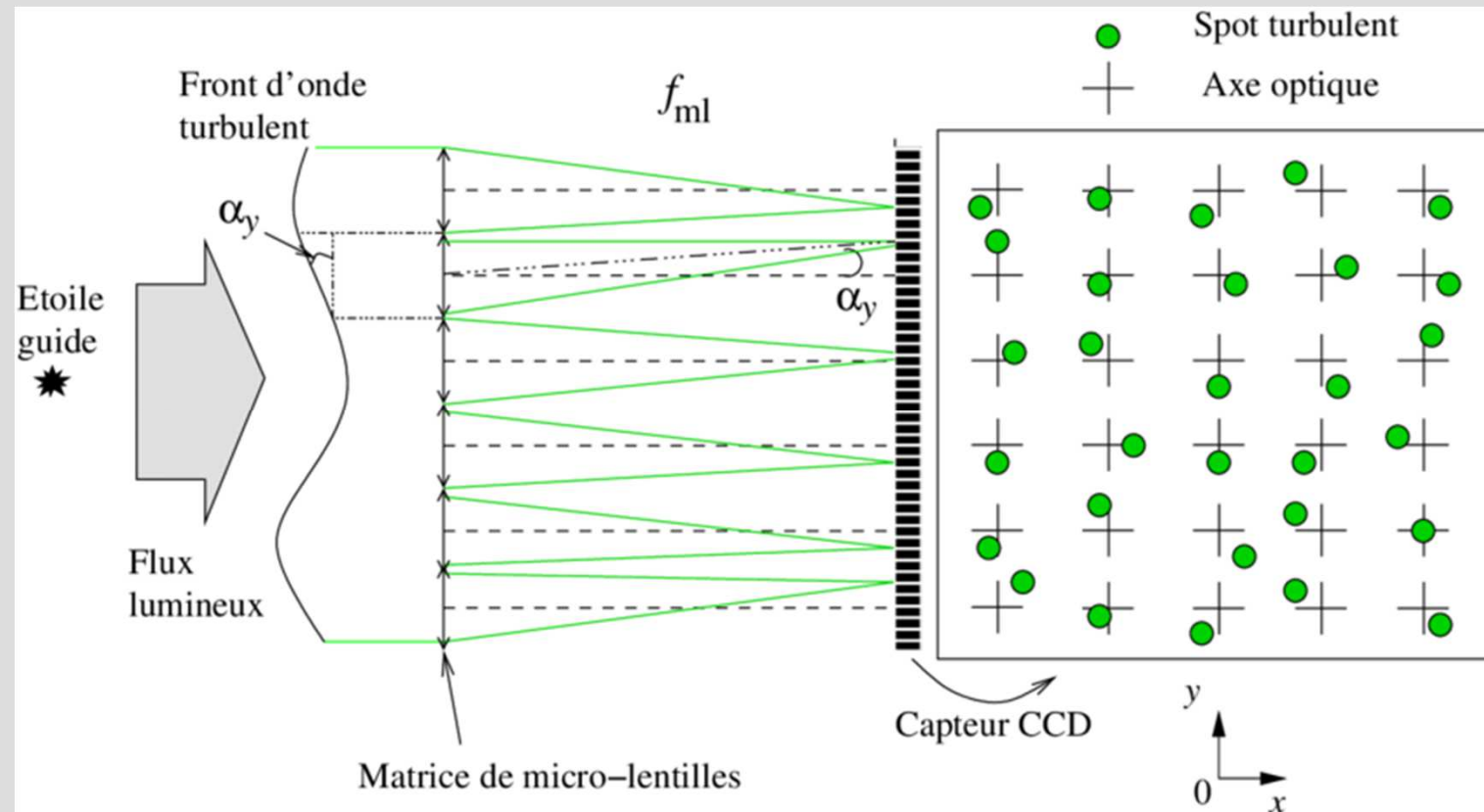
C'est un instrument permettant de mesurer la déformation du front d'onde d'un faisceau optique

- Il est composé d'une matrice de micro-lentilles placée parallèlement devant un capteur CCD
- Chaque micro-lentille génère sur le capteur un point de focalisation dont la position varie en fonction de la déformation locale du front d'onde, autour de sa position de référence (front d'onde non déformé)



Métrologie optique

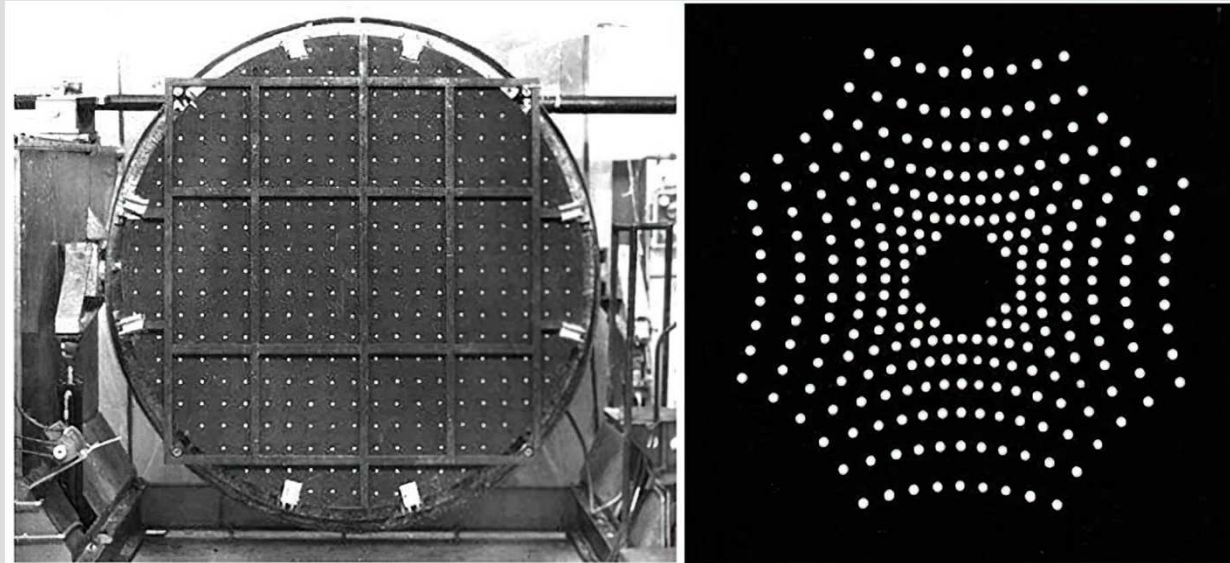
Principe de l'analyseur de front d'onde Shack-Hartmann



Utilisé dans les grands observatoires pour corriger la turbulence lorsqu'il est associé à un miroir déformable placé dans le faisceau optique

Un peu d'histoire...

Le test de Hartmann a été inventé fin XIX^e siècle par Johannes Hartmann, il consistait à placer un masque percé devant le miroir ou l'objectif à contrôler, puis les mesures étaient réalisées en mesurant la position des points sur les plaques photo



En 1970, Roland Shack remplace l'écran par des micro-lentilles de section carrée, augmentant la sensibilité et la précision des mesures

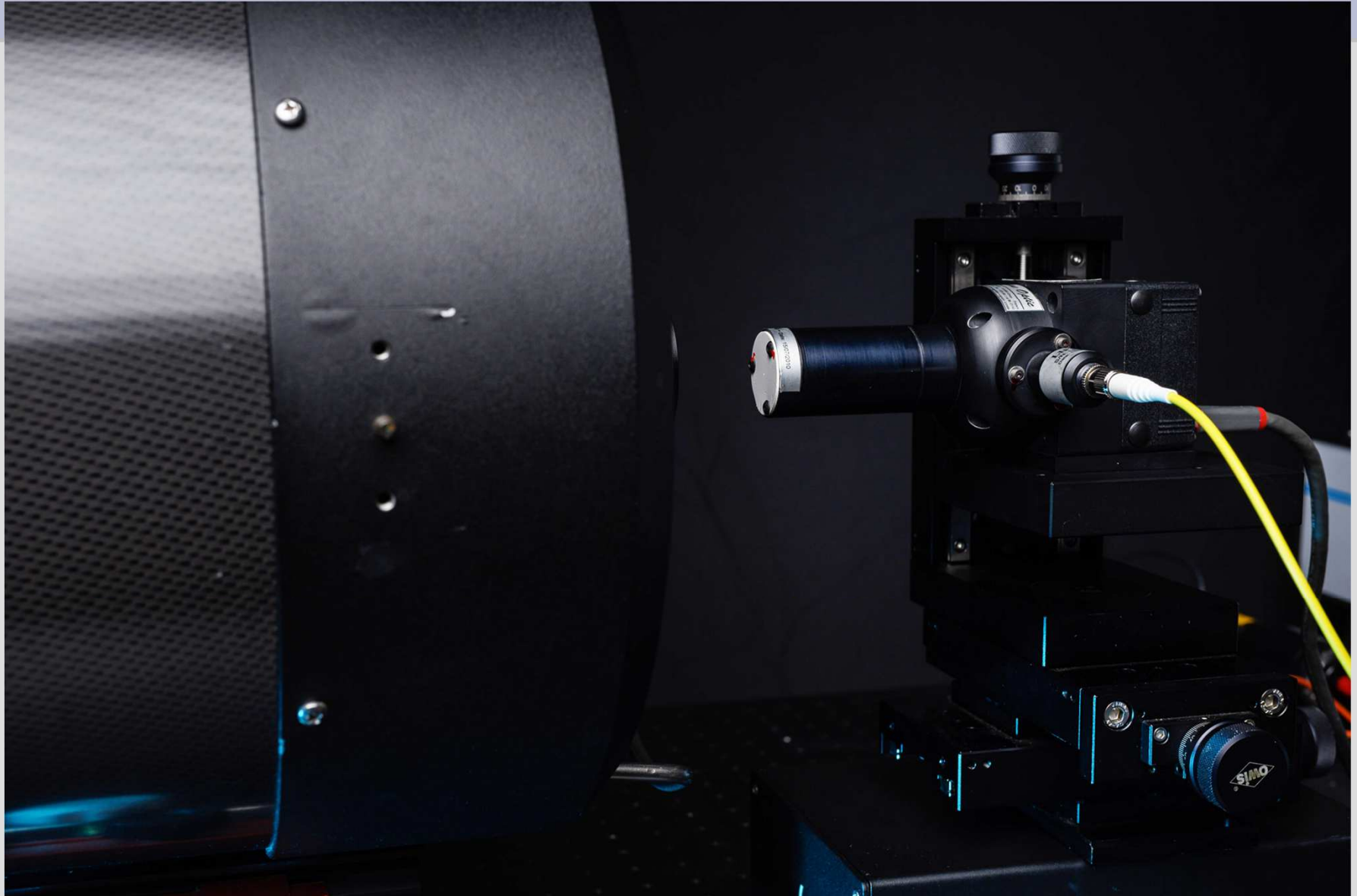
Montage optique standard

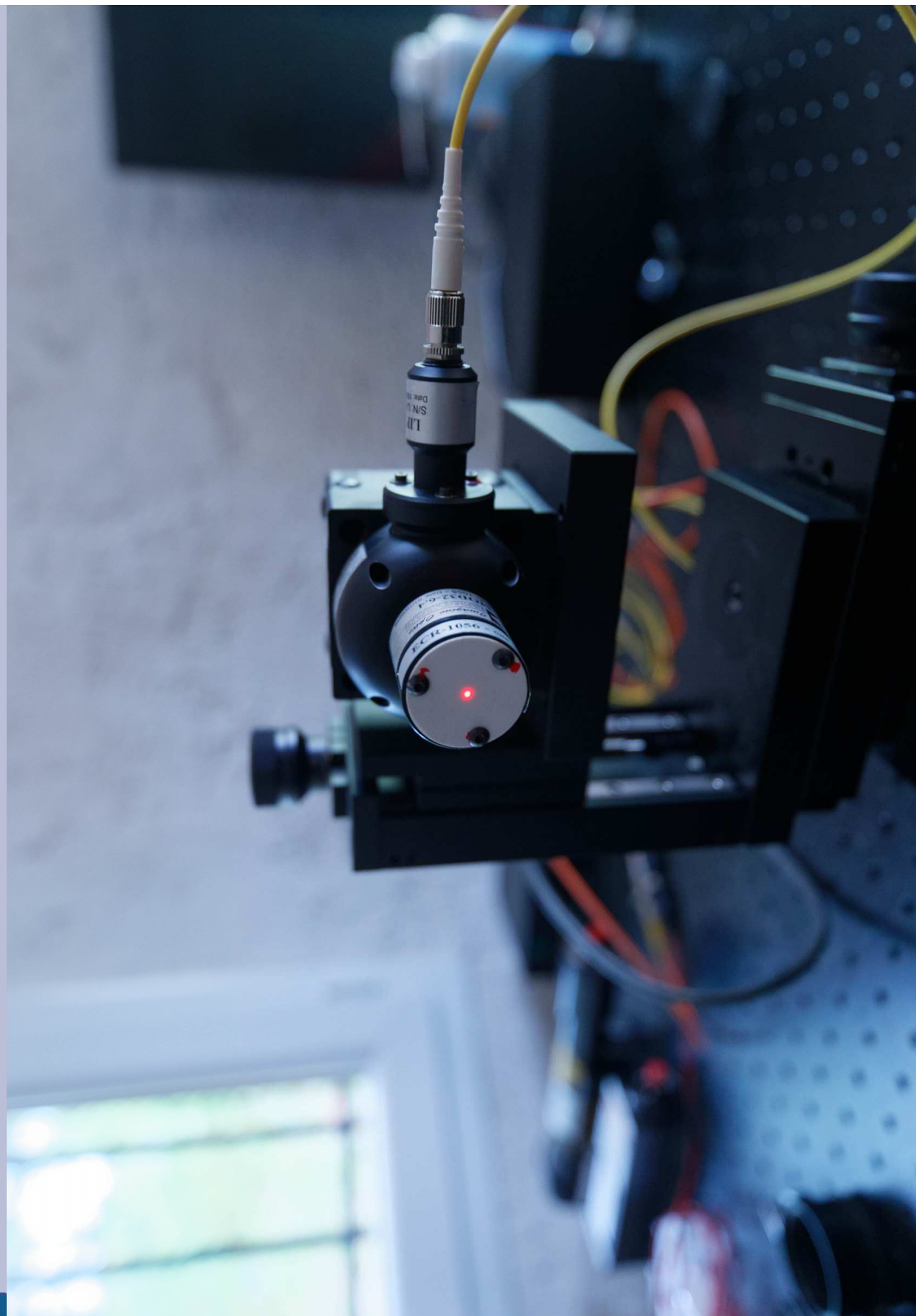
Dans la plupart des cas, en labo, la mesure est effectuée par autocollimation

L'instrument à contrôler est placé devant un miroir plan, et le Shack-Hartmann est placé au foyer



L'analyseur de front d'onde est constitué de la caméra + micro-lentilles, d'un





Le banc optique est équipé de plusieurs lasers de manière à pouvoir effectuer



3 sources laser
- rouge (635 nm)
- vert (543 nm)
- bleu (445 nm)



Plusieurs façons d
L'analyseur de front



Que peut-on analyser avec un Shack-Hartmann ?

- Défocalisation
- Aberration de sphéricité
- Astigmatisme
- Coma (défauts d'alignement des optiques)
- Tréfoil (tensions mécaniques ou collage des optiques)
- Chromatisme
- Sphérochromatisme (à partir des polynômes de Zernike)
- Courbure de champ
- Et les effets de la turbulence !

Applications du Shack-Hartmann

Les applications sont nombreuses dans le domaine de l'optique : lasers, ophtalmologie, optique adaptative, mais aussi métrologie et alignement des optiques

En astronomie, il permet de contrôler la qualité des

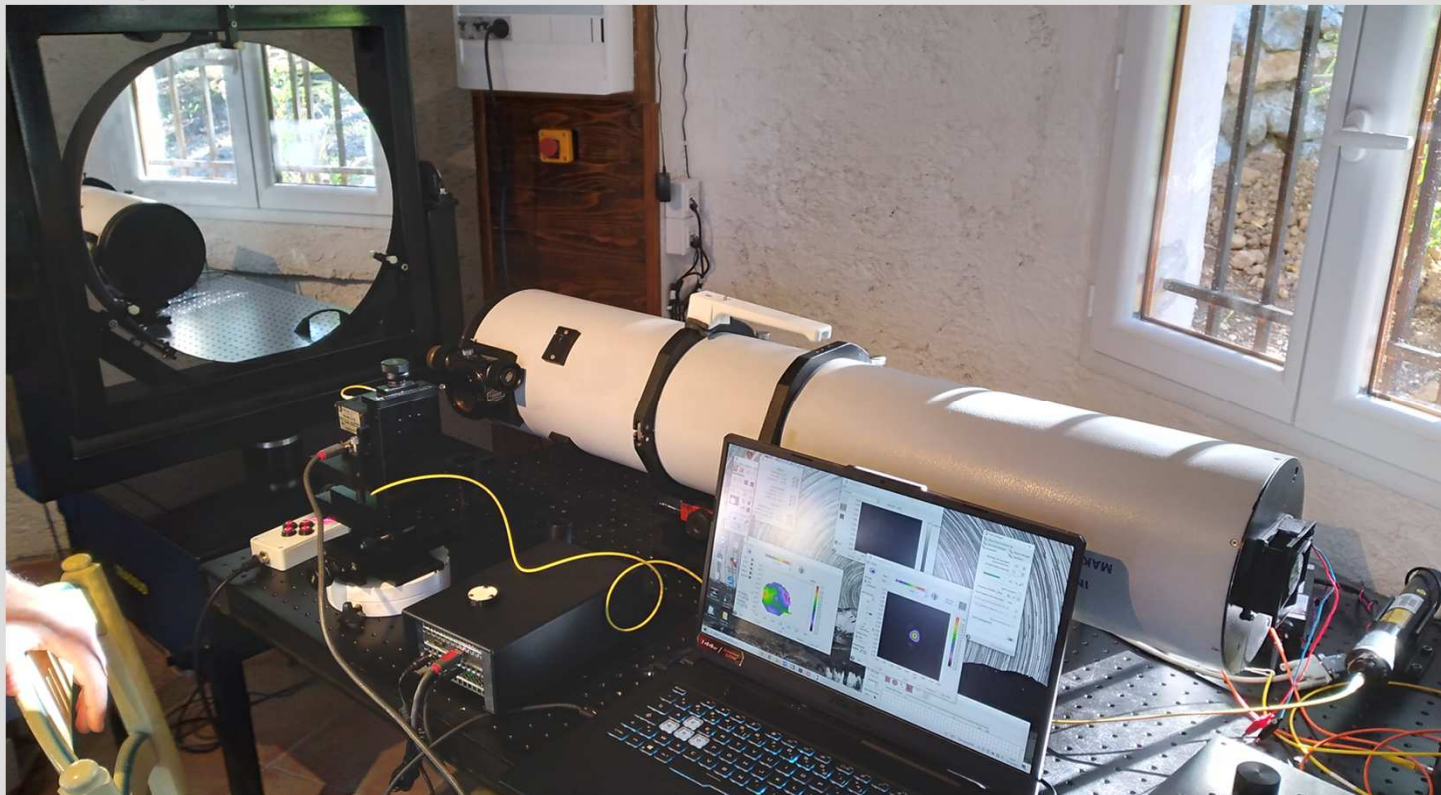
- Télescopes complets : SC, Cassegrains, Maksutov, RC, Newton
- Lunettes astronomiques
- Objectifs photo, jumelles
- Miroirs seuls : sphériques, paraboliques, plans, convexes

On peut réaliser non seulement des contrôles, mais aussi effectuer les réglages d'alignement et centrage des optiques

On peut s'en servir pour positionner des lentilles dans un système optique par observation des aberrations

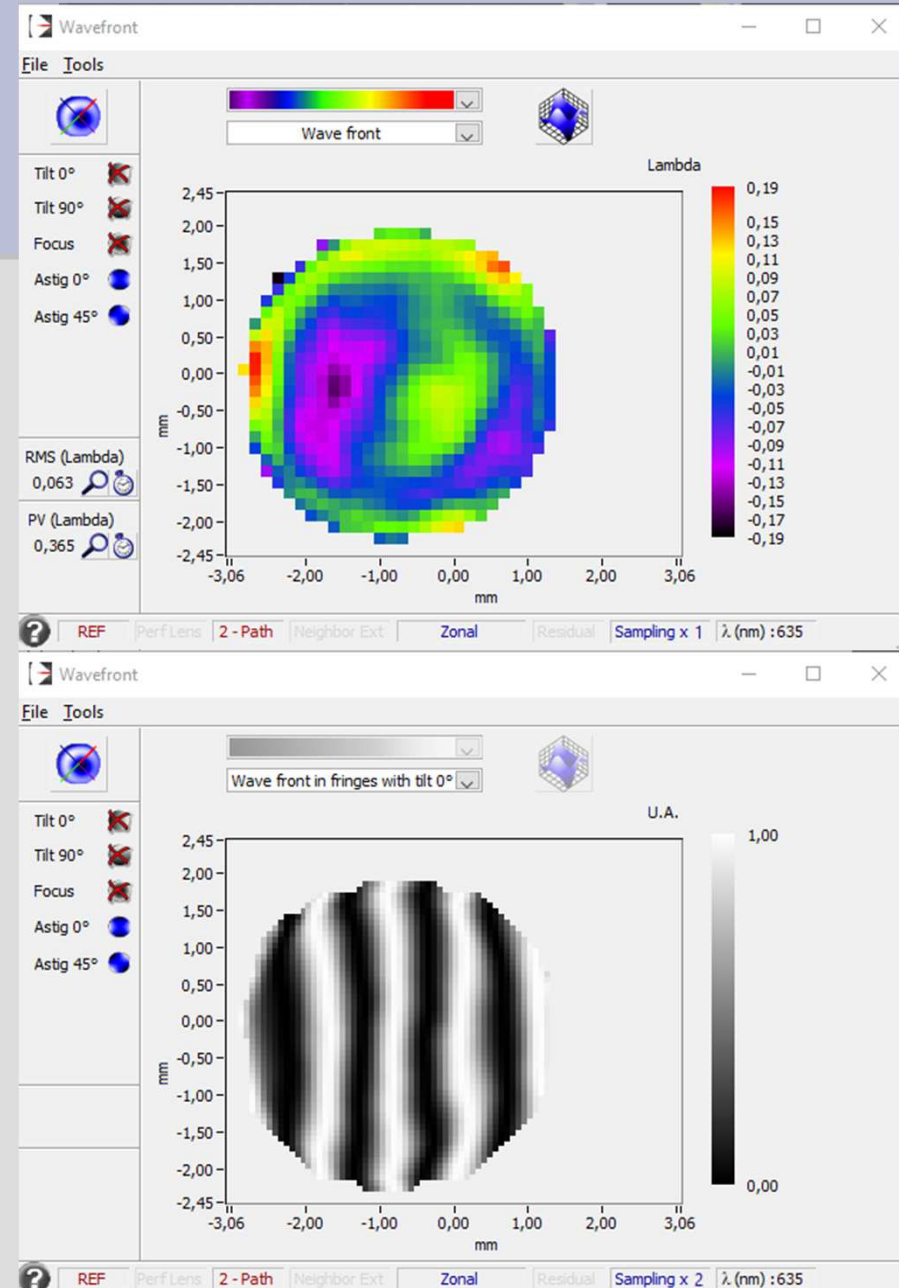
Avantages du Shack-Hartmann

- Rapidité (analyse en direct 50 images/s)
- Précision de mesure (absolue $\lambda/200$)
- Insensible aux vibrations
- Travaille en lumière blanche
- Mesure impersonnelle (contrairement au test de Foucault)



Equivalence avec les franges d'interférences

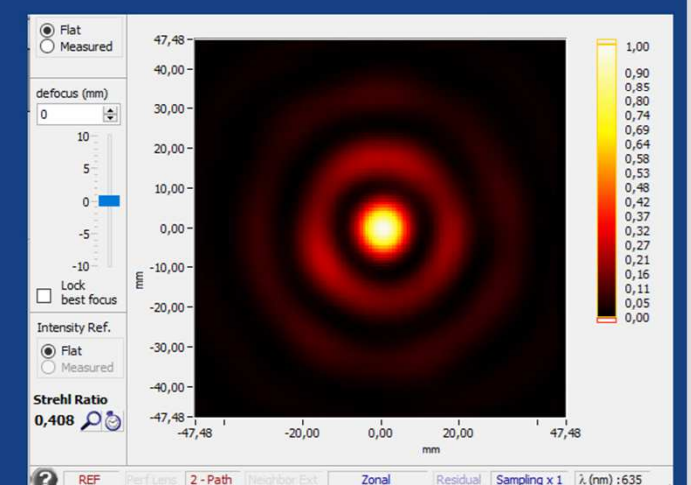
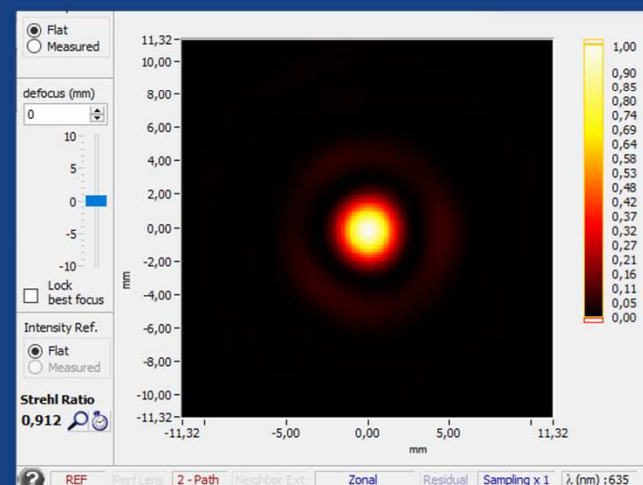
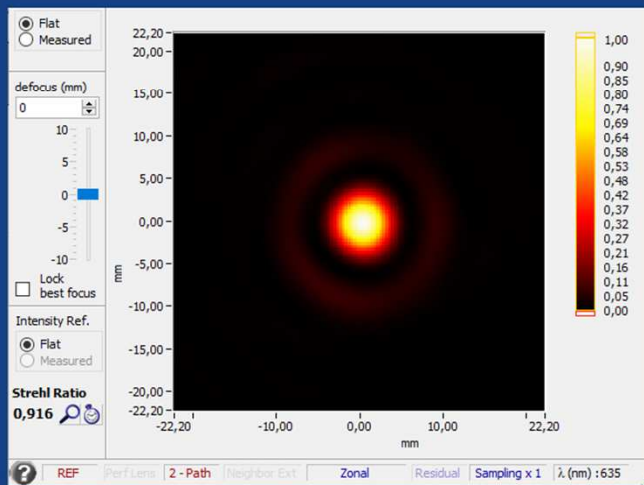
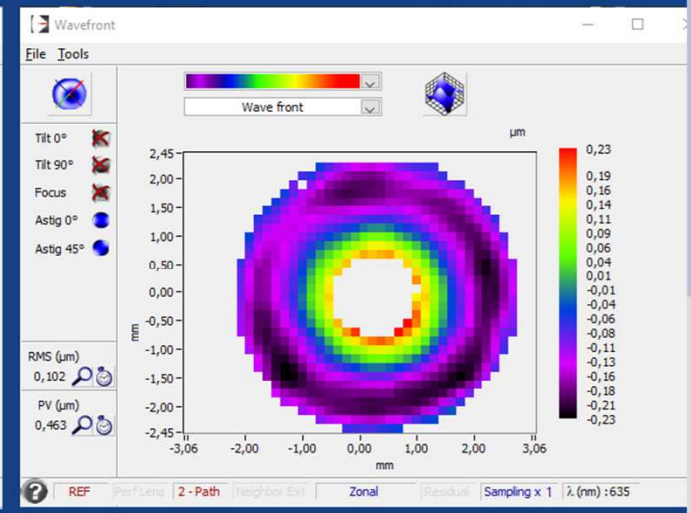
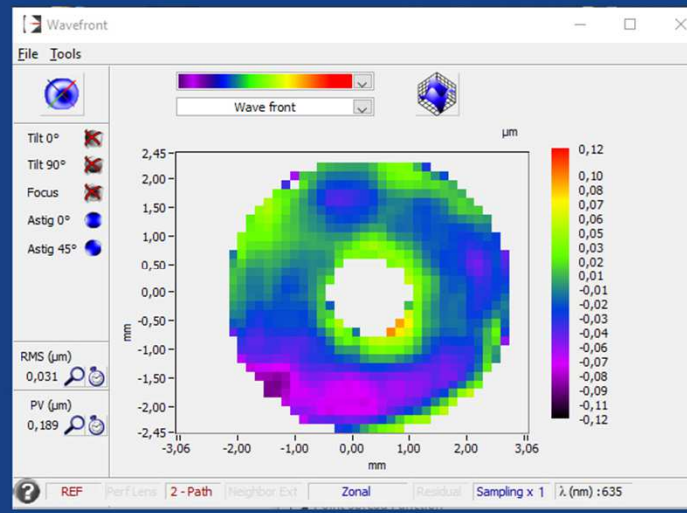
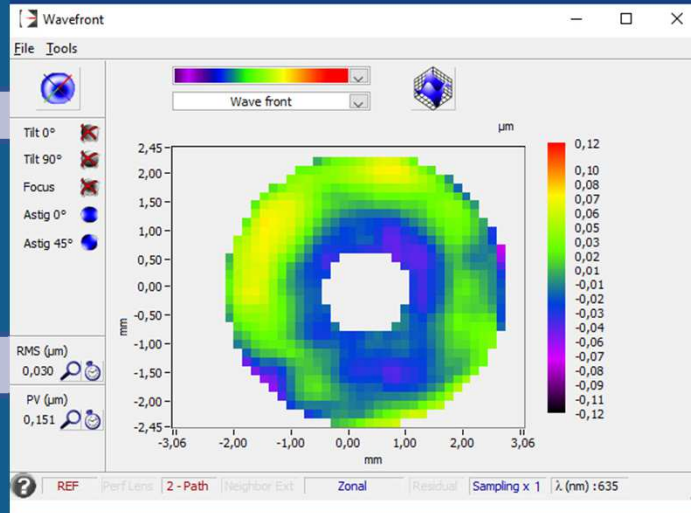
- 1 frange = $\lambda/2$
- On visualise les défauts optiques sous forme de courbes de niveau
- Mesure PTV (peak to valley) et RMS (root mean square) qui pondère l'influence des défauts en fonction de leur surface



Rouge : longueur d'onde = $0,635\mu\text{m}$

Vert : longueur d'onde = $0,543\mu\text{m}$

Bleu : longueur d'onde = $0,445\mu\text{m}$



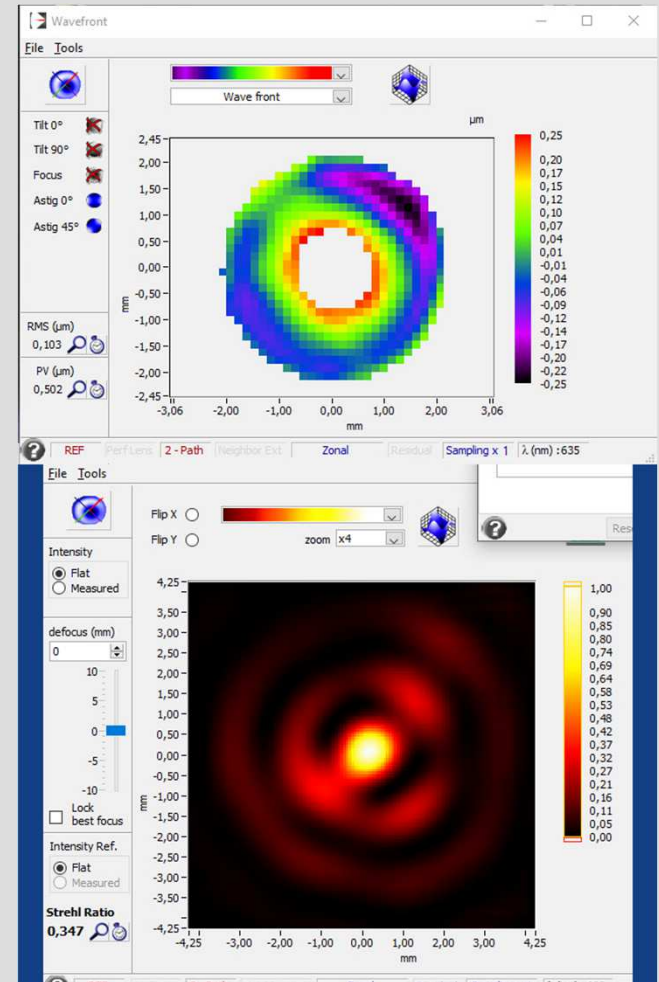
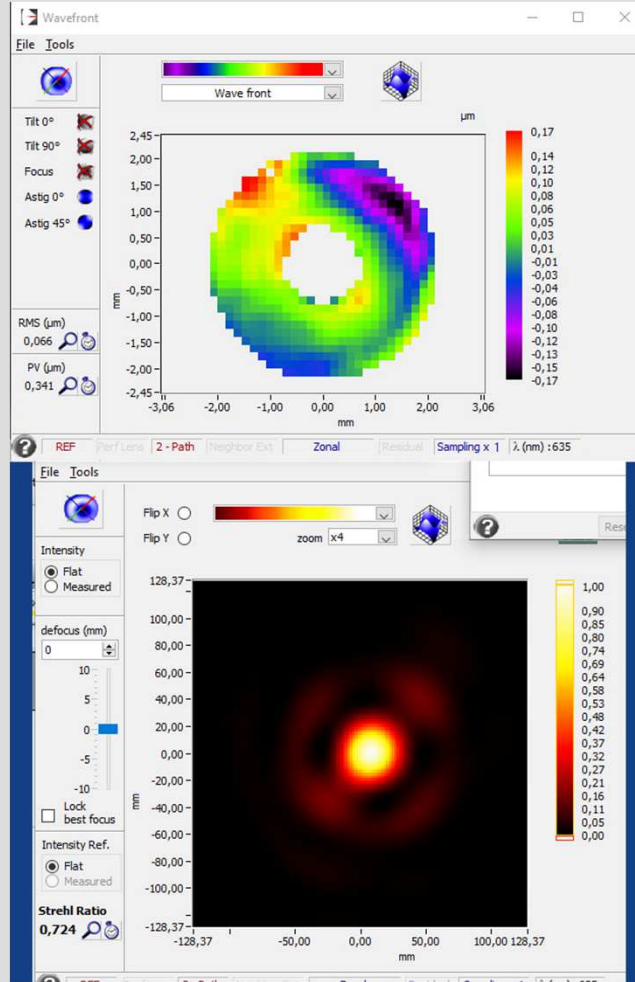
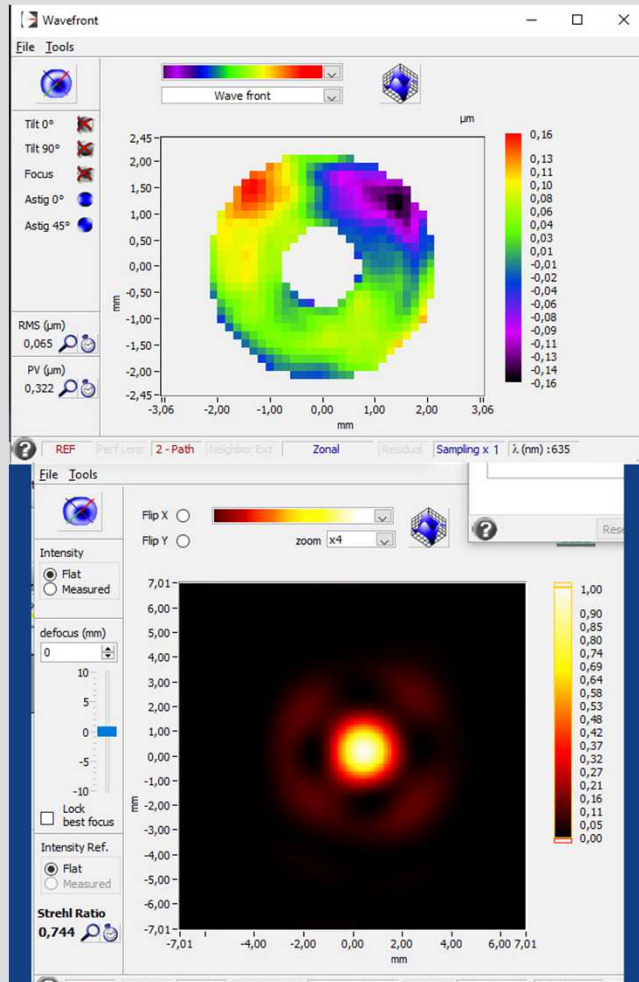
Strehl : 0,92
PTV = $\lambda/4,2$
RMS = $\lambda/21$

Strehl : 0,91
PTV = $\lambda/2,9$
RMS = $\lambda/17$

Strehl : 0,41
PTV = $\lambda/1$
RMS = $\lambda/4,3$

Télescope C14 Edge HD observatoire de Bauduen, le 13 mars 2022. Sans renvoi coudé.
Mise au point : au niveau du haut du porte oculaire. Opérateur : JML. www.leclaire.optique.fr

Exemple de mesure : Celestron 11

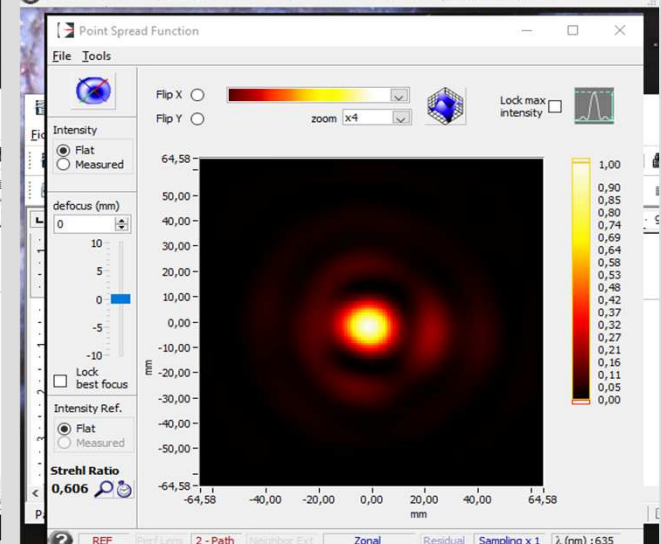
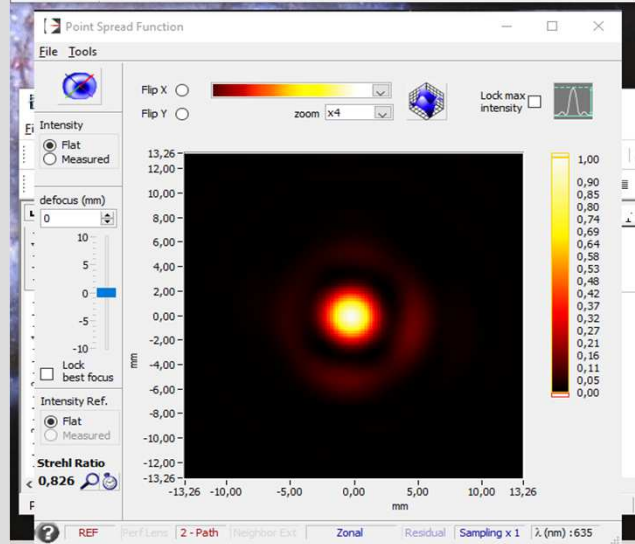
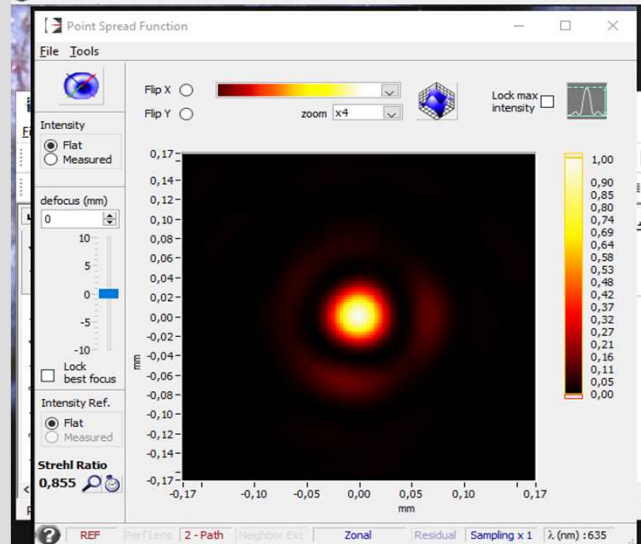
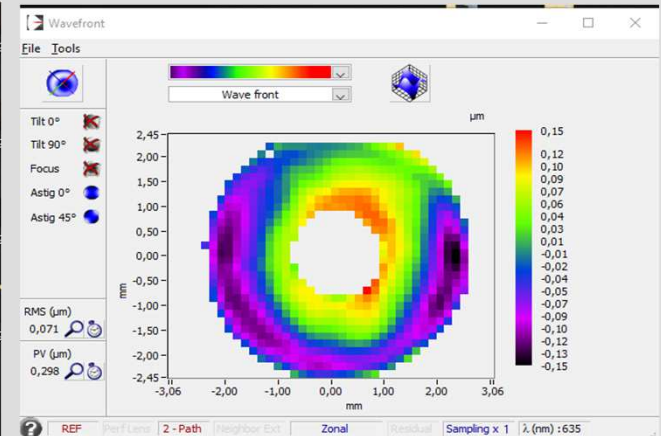
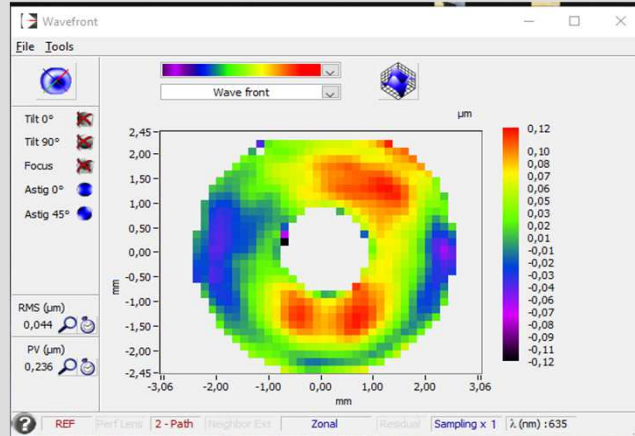
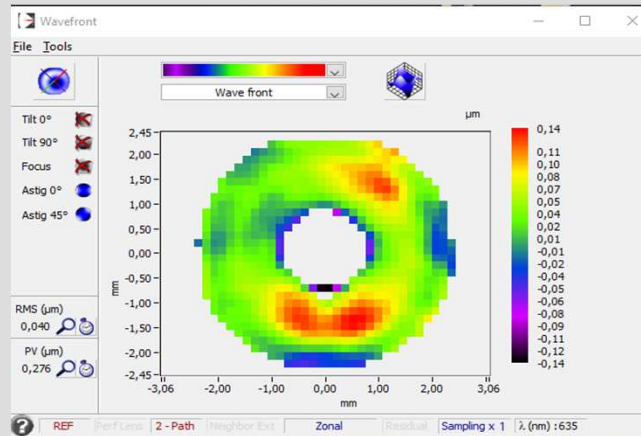


Rouge

Vert

Bleu

Exemple de mesure : Celestron 9

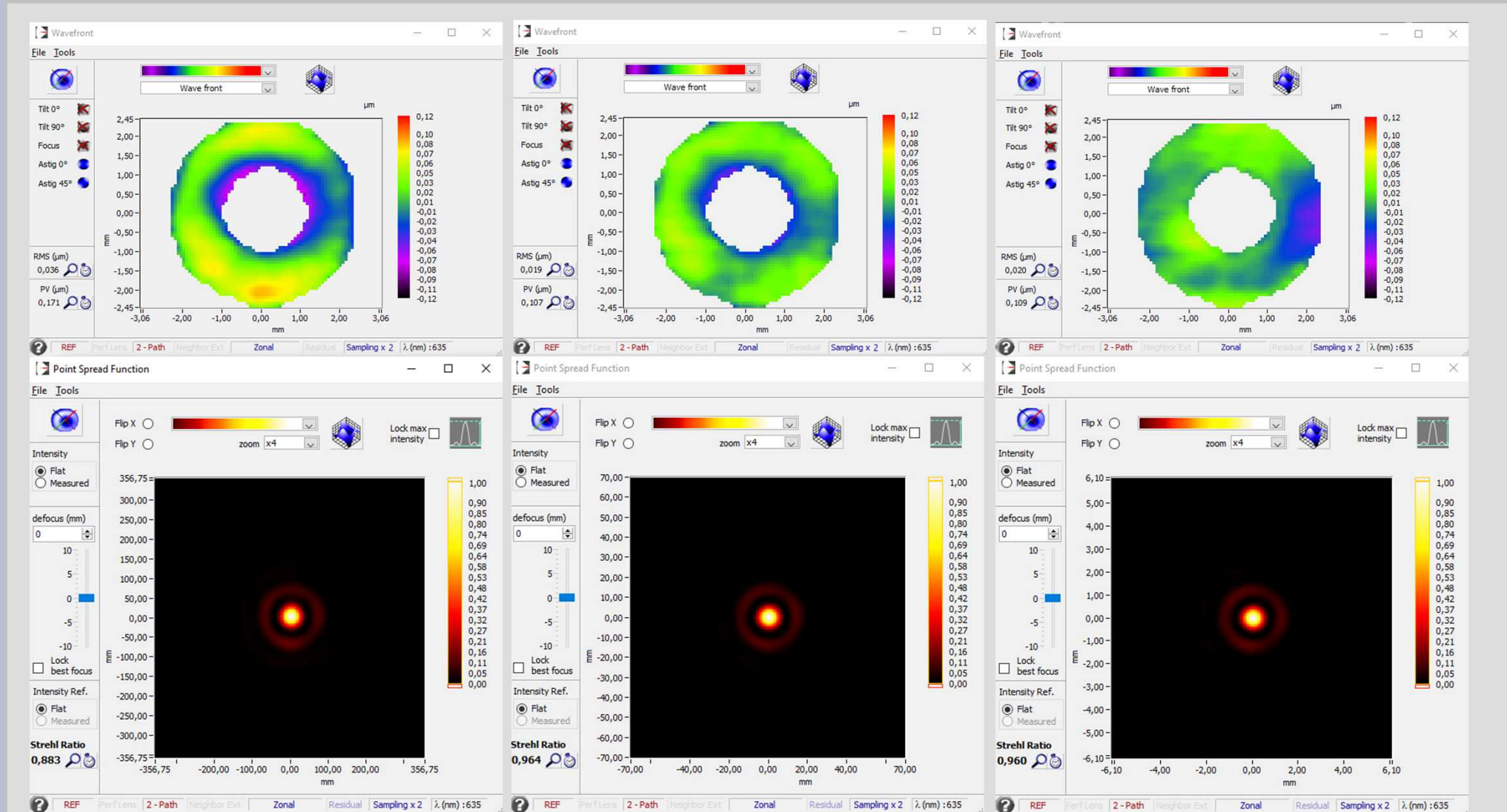


Rouge

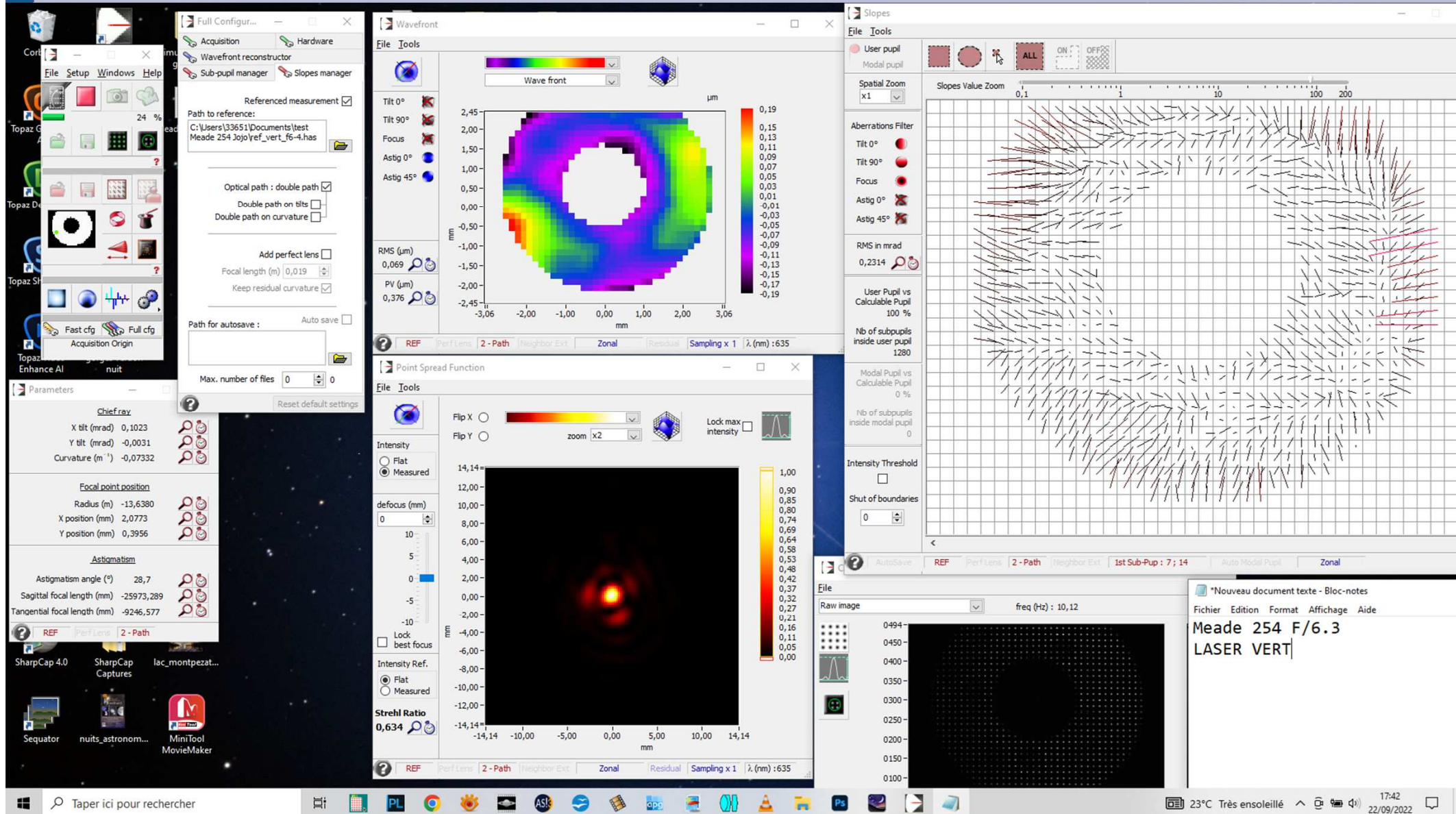
Vert

Bleu

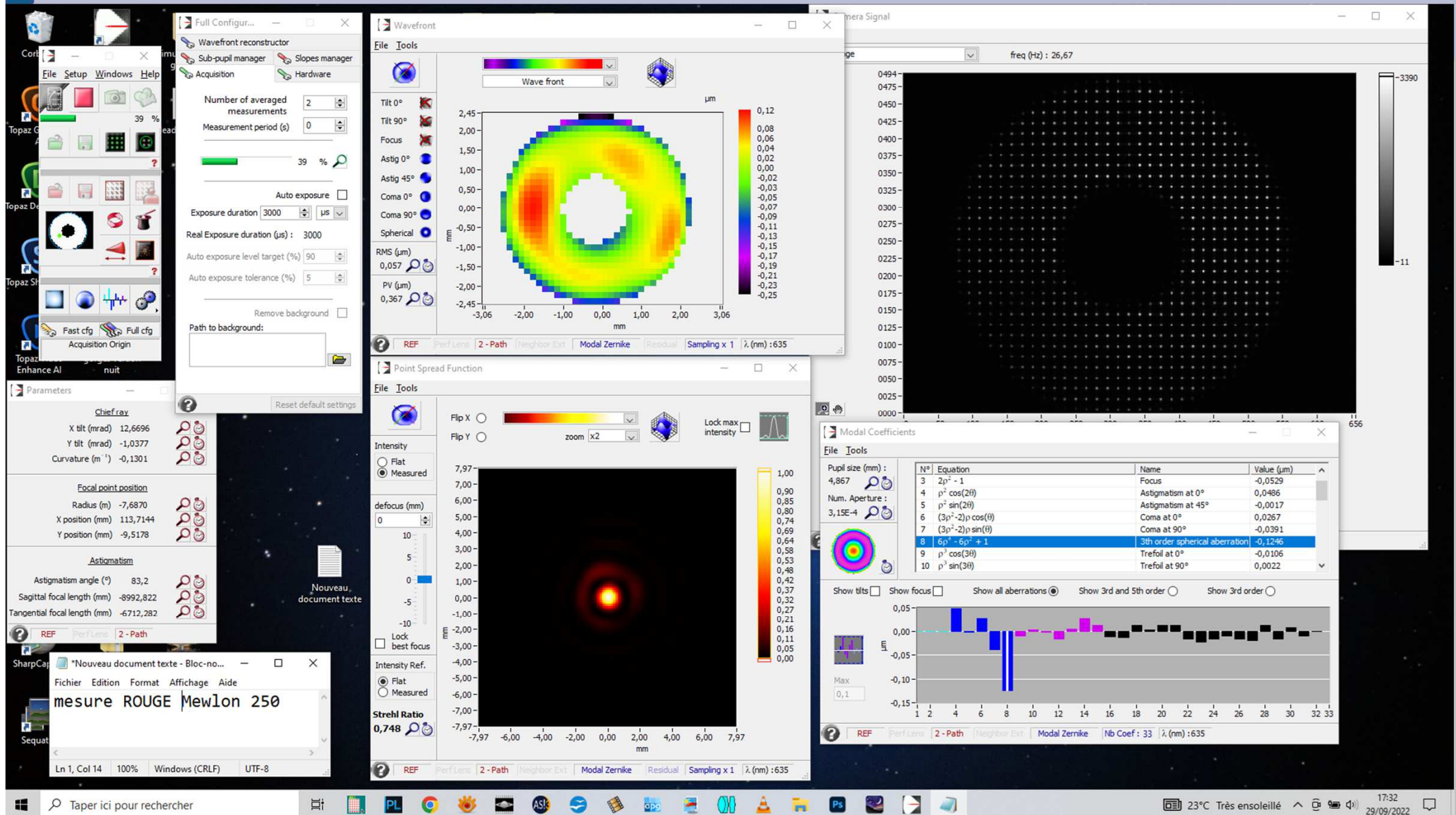
Exemple de mesure : Celestron 5



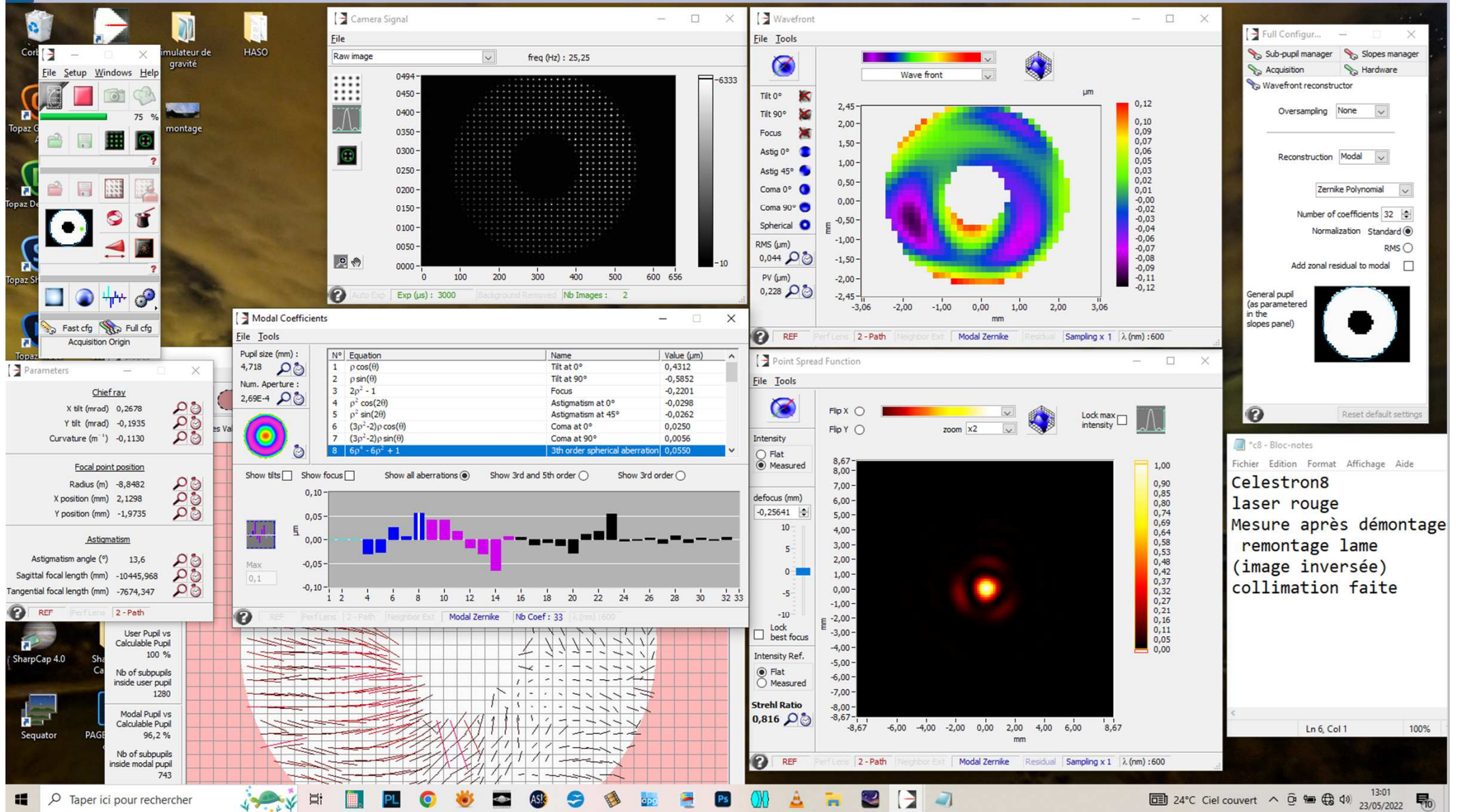
Exemple de mesure : Meade 254 F6,3



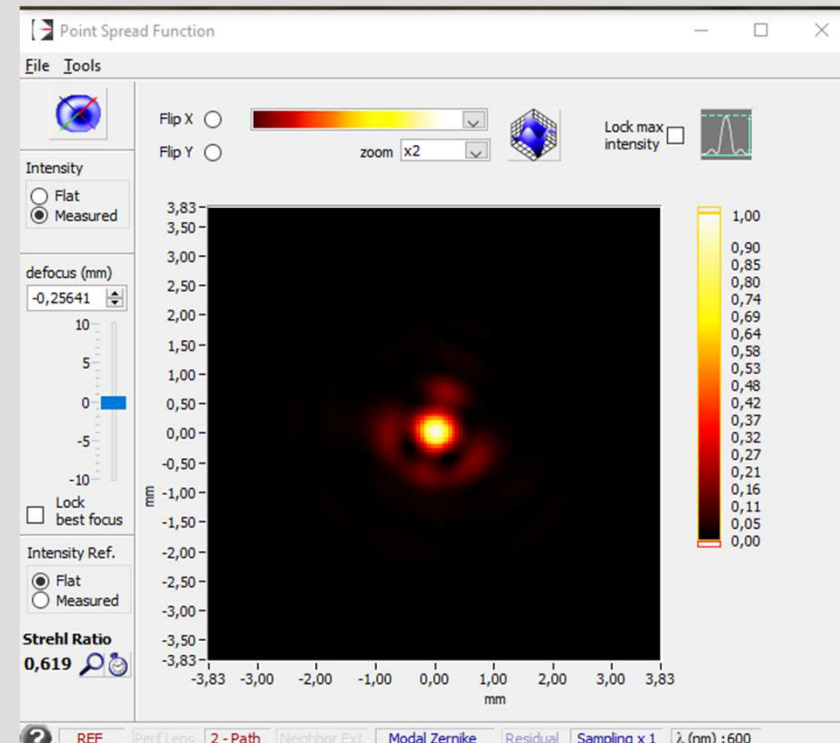
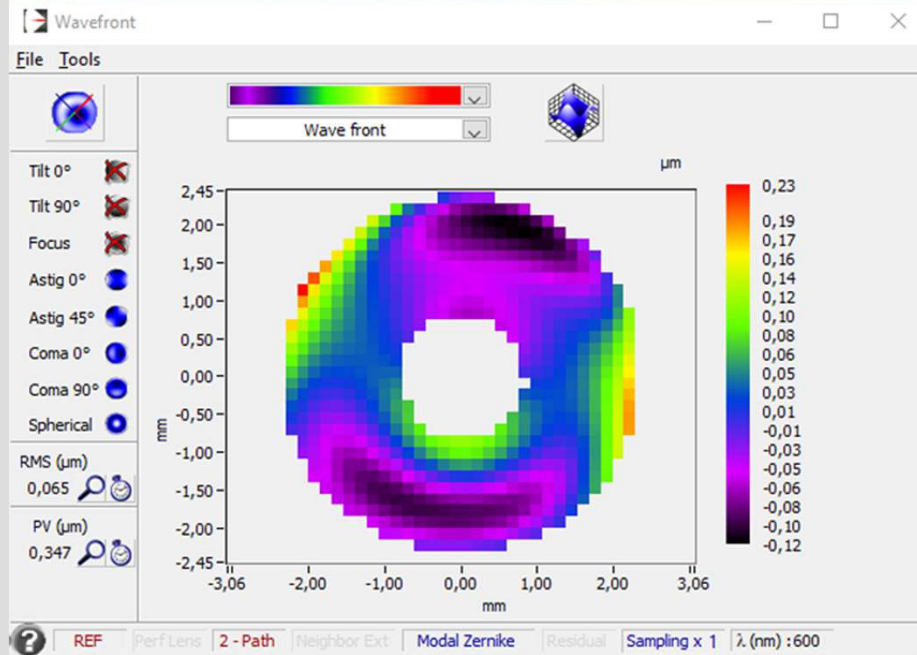
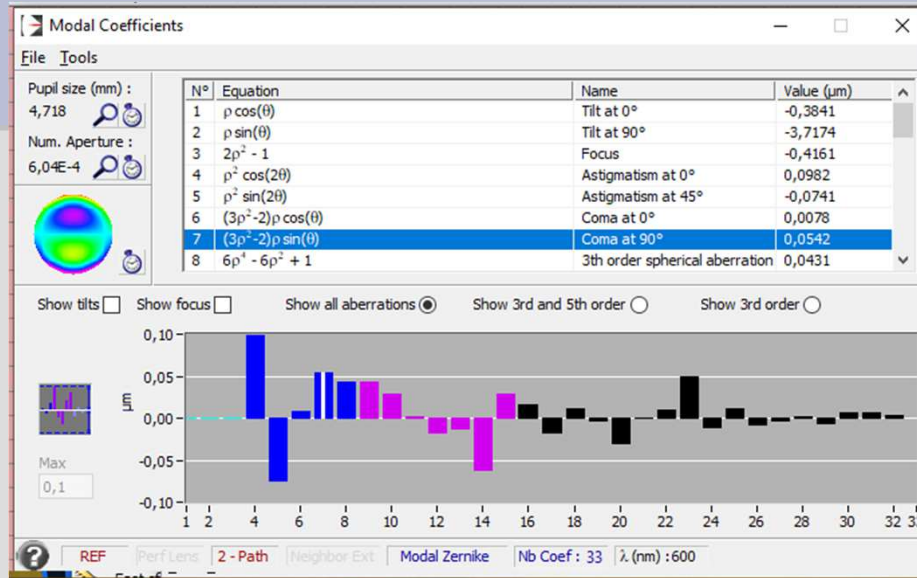
Exemple de mesure Mewlon 250



Coefficients de Zernike



Coefficients de Zernike (suite)



Merci de votre attention
À tout de suite sur le stand Lecleire Optique

