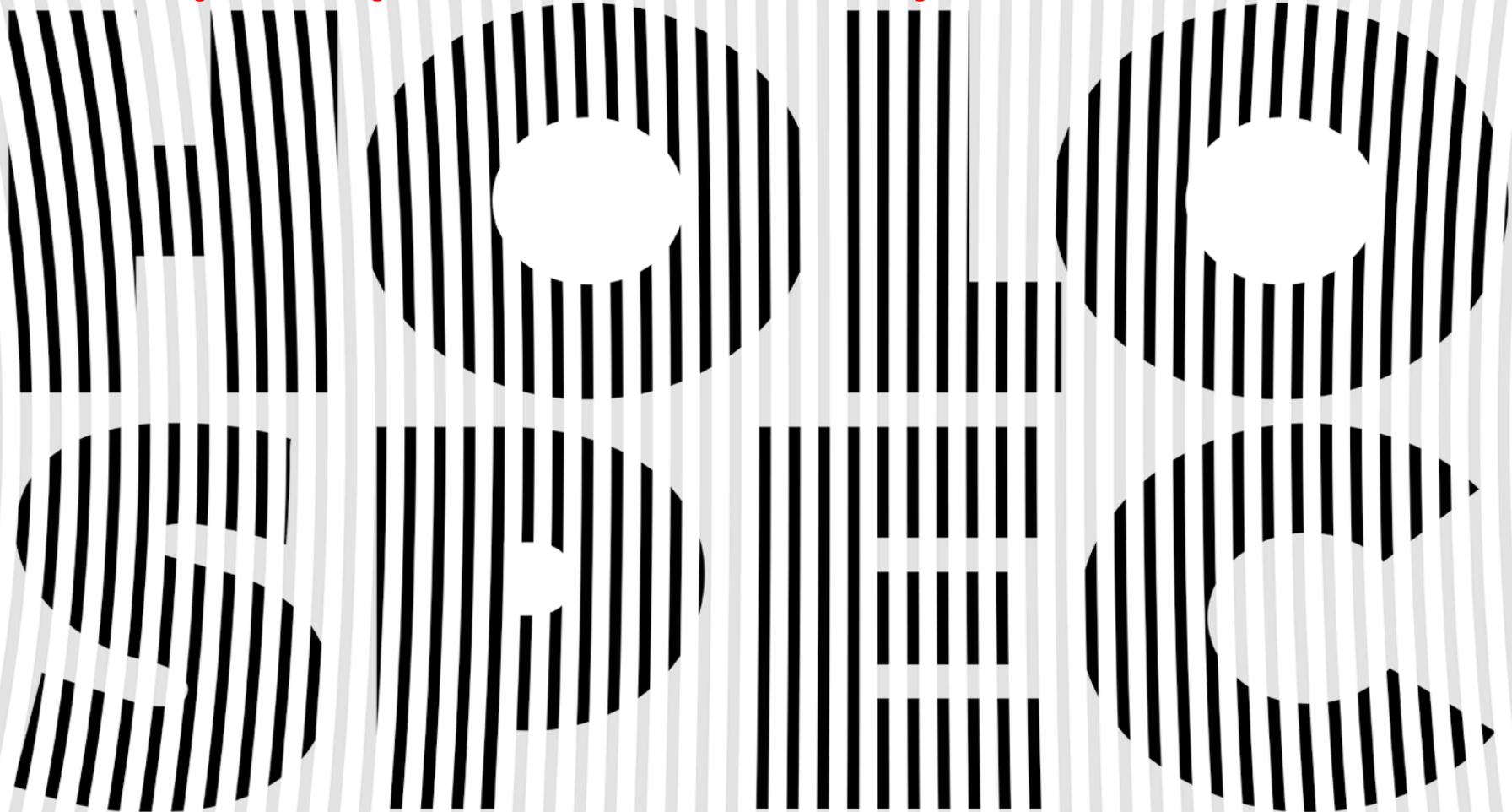


Un hologramme pour mesurer la transmission atmosphérique avec le télescope auxiliaire de LSST



Sylvie Dagoret, Jérémy Neveu, Olivier Perdereau et Marc Moniez (LAL-Orsay)
Marc Betoule et Laurent Le Guillou (LPNHE)

The Robotic Auxilliary Telescope System

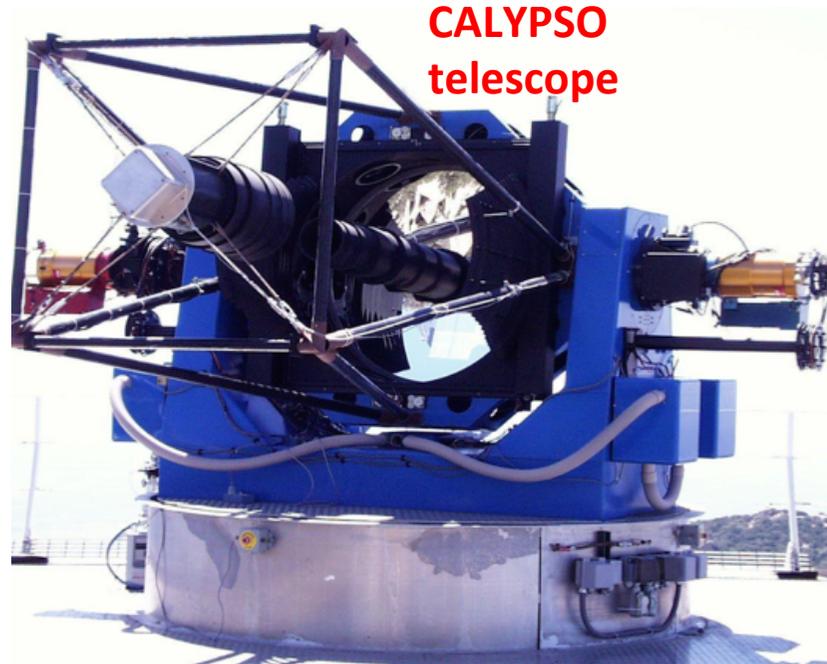
CALYPSO: A key-element of the project



Robotic Auxiliary Telescope System



- Edgar J. Smith Telescope (aka Calypso) donated to LSST
- Relocated from Kitt Peak to the NOAO in 2014
 - 1.2m diameter
 - f/18
 - Two instrument ports
- Will have spectroscopy and imaging capabilities
- Goal is to measure the atmospheric transmission during LSST observations



7

The Robotic Auxiliary Telescope System

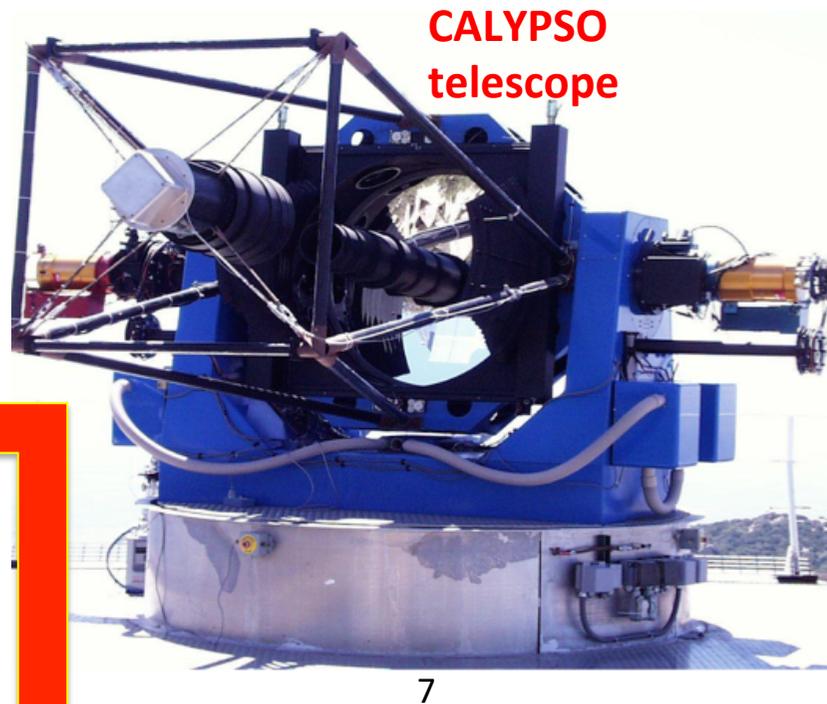
CALYPSO: A key-element of the project



Robotic Auxiliary Telescope System



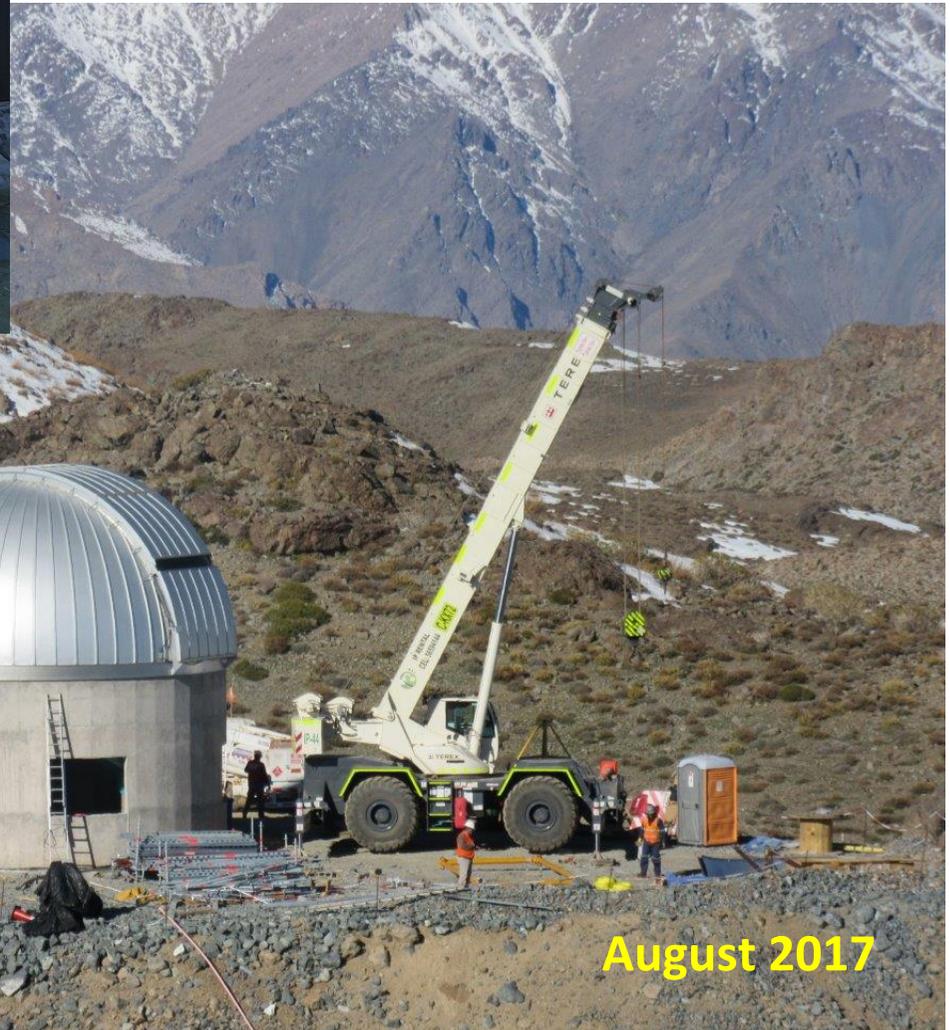
- Edgar J. Smith Telescope (aka Calypso) donated to LSST
- Relocated from Kitt Peak to the NOAO in 2014
 - 1.2m diameter
 - f/18
 - Two instrument ports
- Will have spectroscopy
- Goal is to measure the atmospheric transmission during LSST observations



The calibration hill



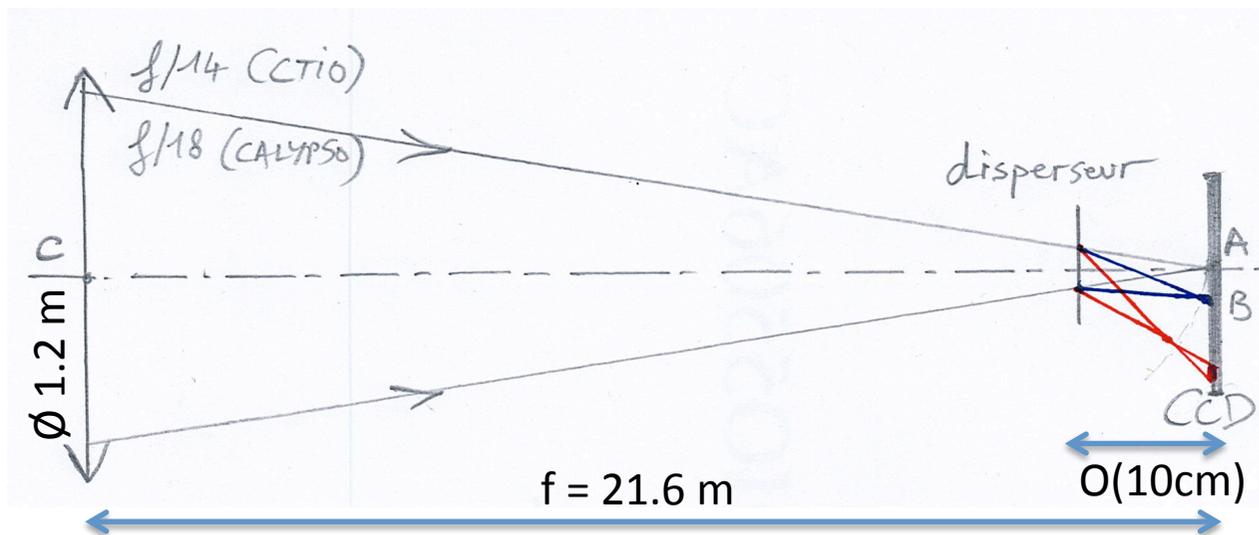
June 2017



August 2017

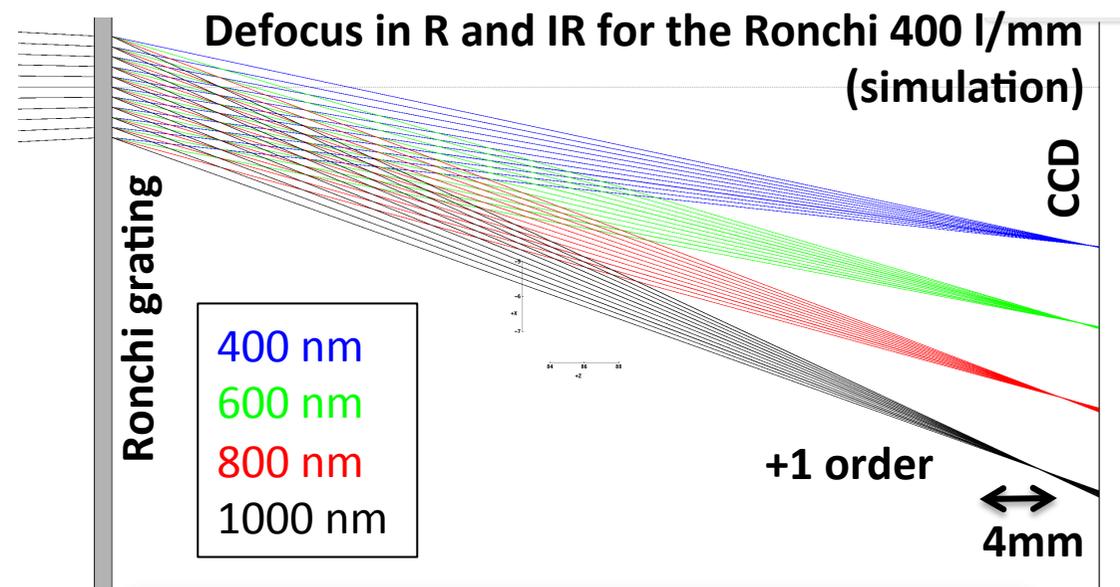
CALYPSO spectrograph requirements

- Moderate resolution ($\lambda/\Delta\lambda \sim 100$)
 - Slitless (no precise positioning)
 - On the path of the converging beam
 - CCD orthogonal to the optical axis (no tilt)
 - Preserve a direct image (compare integral with filter profile)
- > **baseline** = periodic grating **Ronchi** type



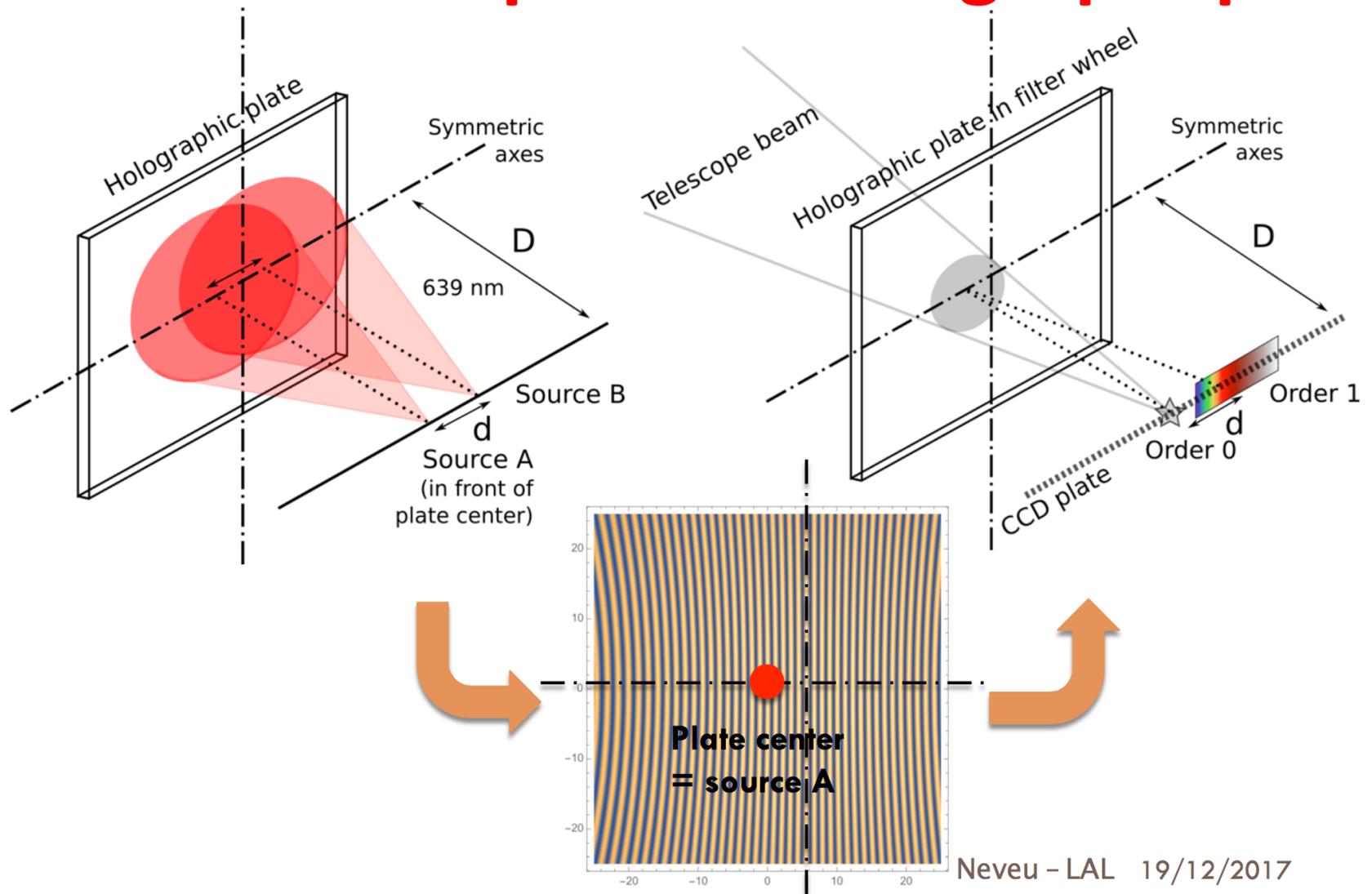
Motivation depuis les observations de mai 2016 / jan. 2017 avec un réseau de Ronchi

- Distorsions car illumination par faisceau convergent (et non parallèle)
- De plus, le chemin optique au CCD augmente du bleu à l'IR -> forte défocalisation



(09/2016: Note DESC on the analysis of the monacam spectral data)

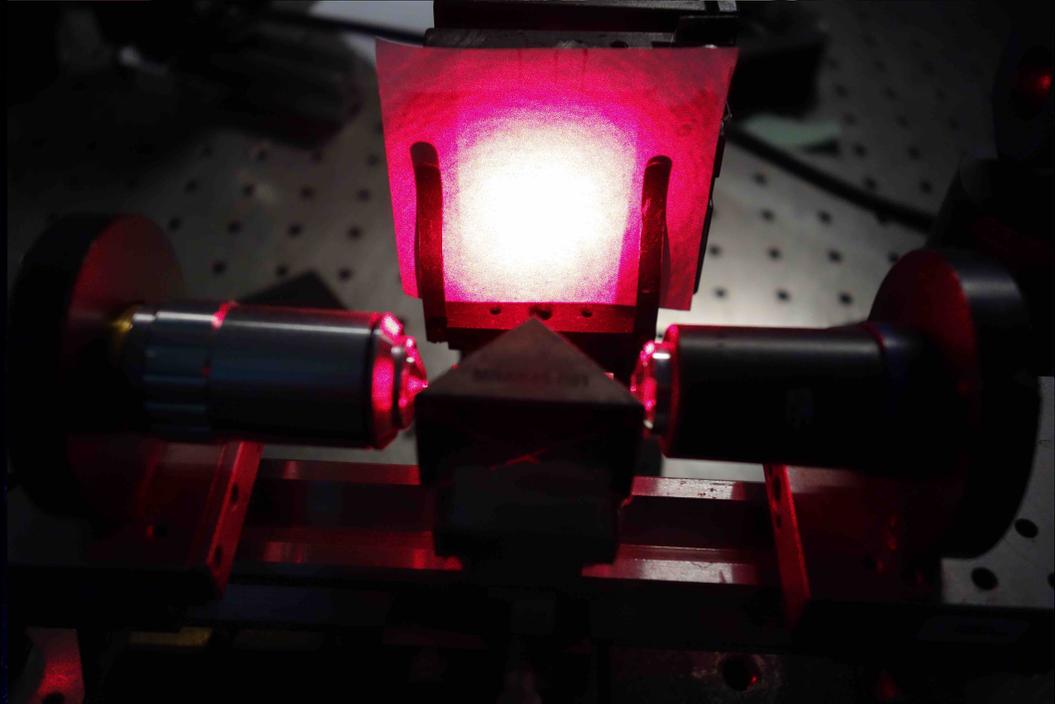
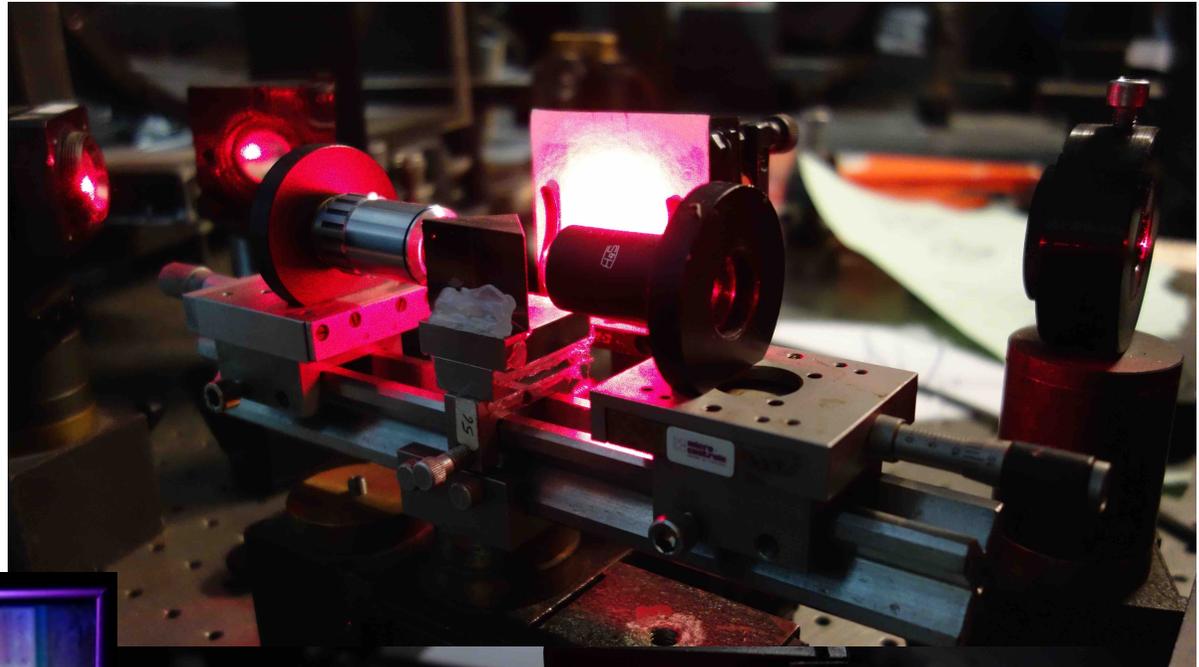
Solution: Disperseur holographique



S. Dagoret-Campagne, J. Neveu, M. Moniez

Fabricant à Bordeaux

- Banc de fabrication →
- « Ultimate holography » produit les meilleurs hologrammes au monde
- Nous avons déjà testé des prototypes satisfaisants
- Phase d'optimisation



Tests des hologrammes

- *Mai-juin 2017*
- *18 nuits au CTIO (0.9m)*
- *3 prototypes calculés, produits, testés, et comparés aux réseaux classiques en ~ 6mois*

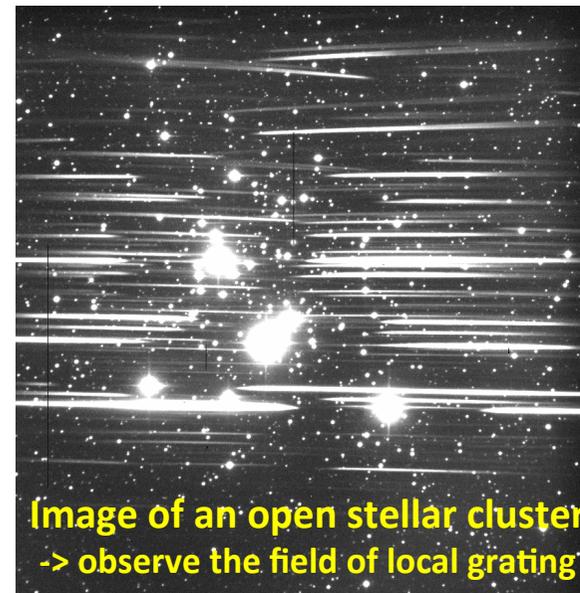
Realized HOE

Ultimate holography company, in Bordeaux



Phase
modulation
hologram

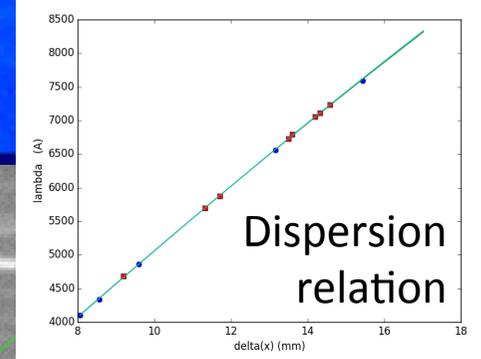
Amplitude modulation
hologram



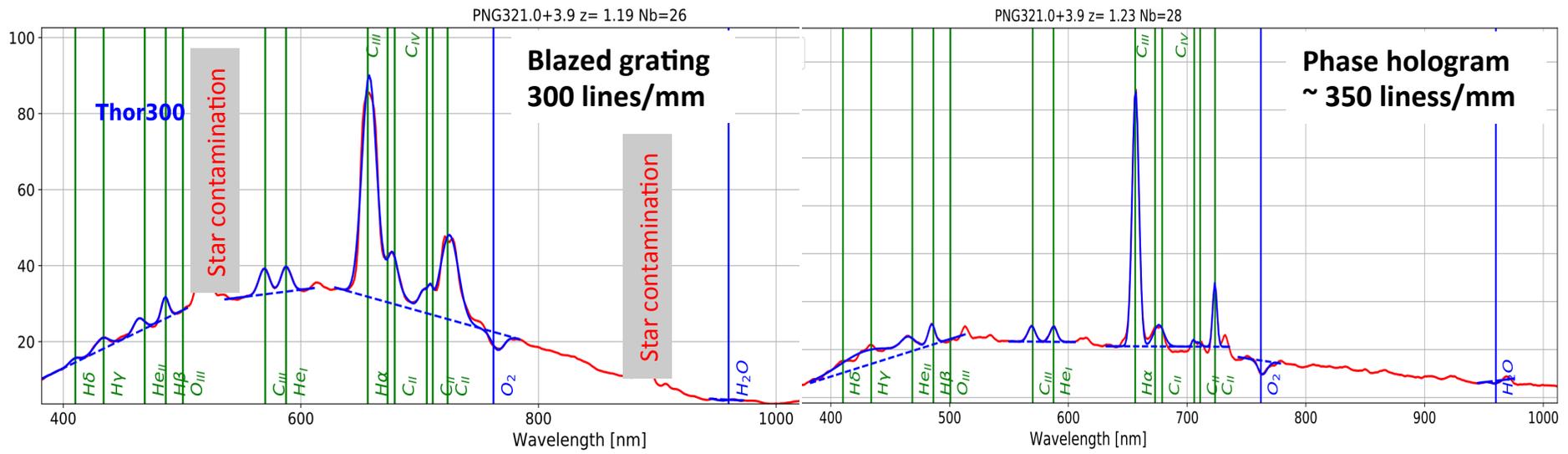
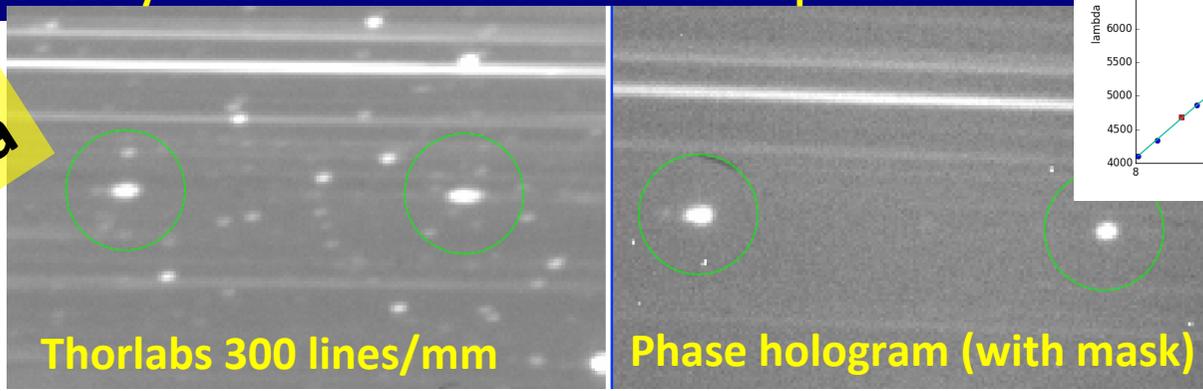
HOE performances: planetary nebula

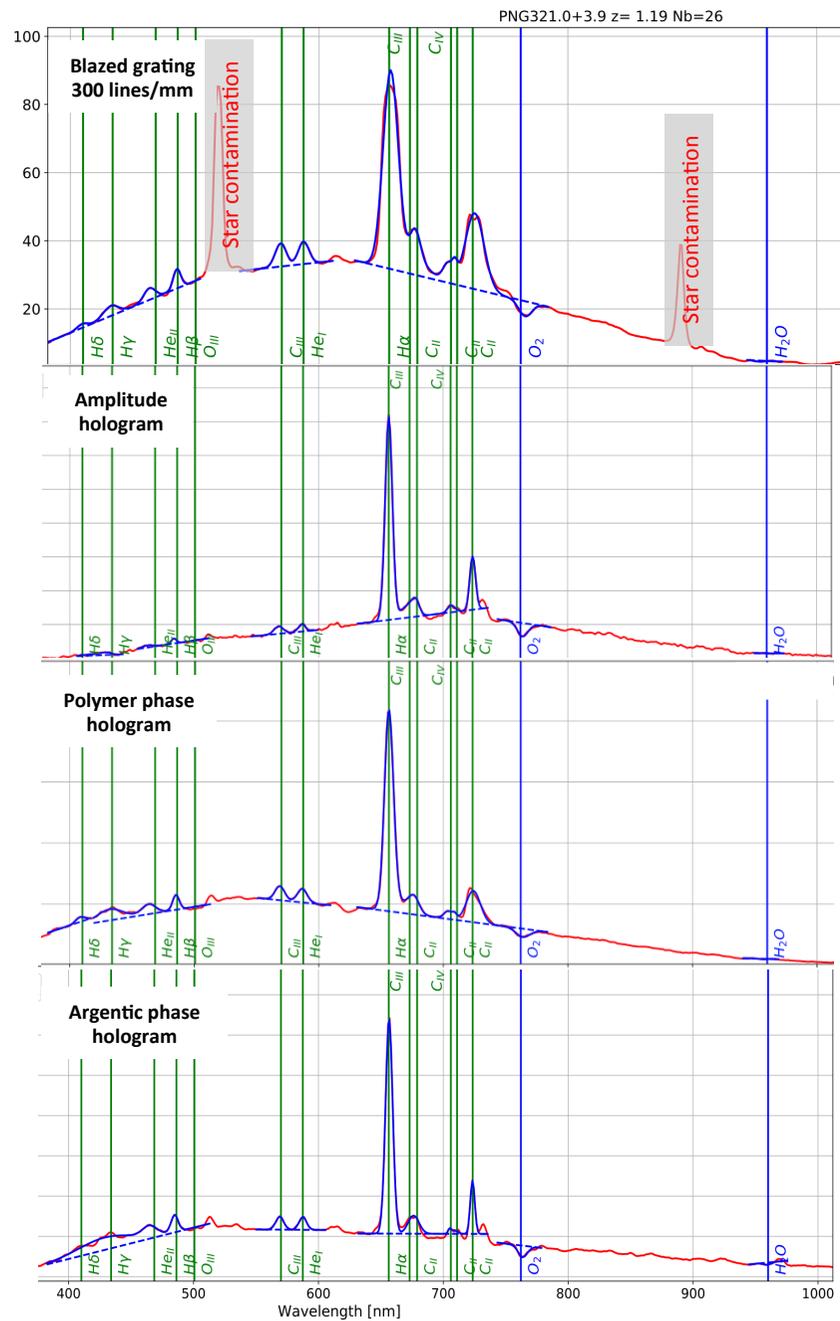
Why? narrow emission spikes with measured intensities
 -> λ calibration, resolution, and $(\epsilon_{\text{CCD}} \times \epsilon_{\text{diffraction}})(\lambda)$ estimates

Planetary nebula PNG032.9-02.8 emission spikes



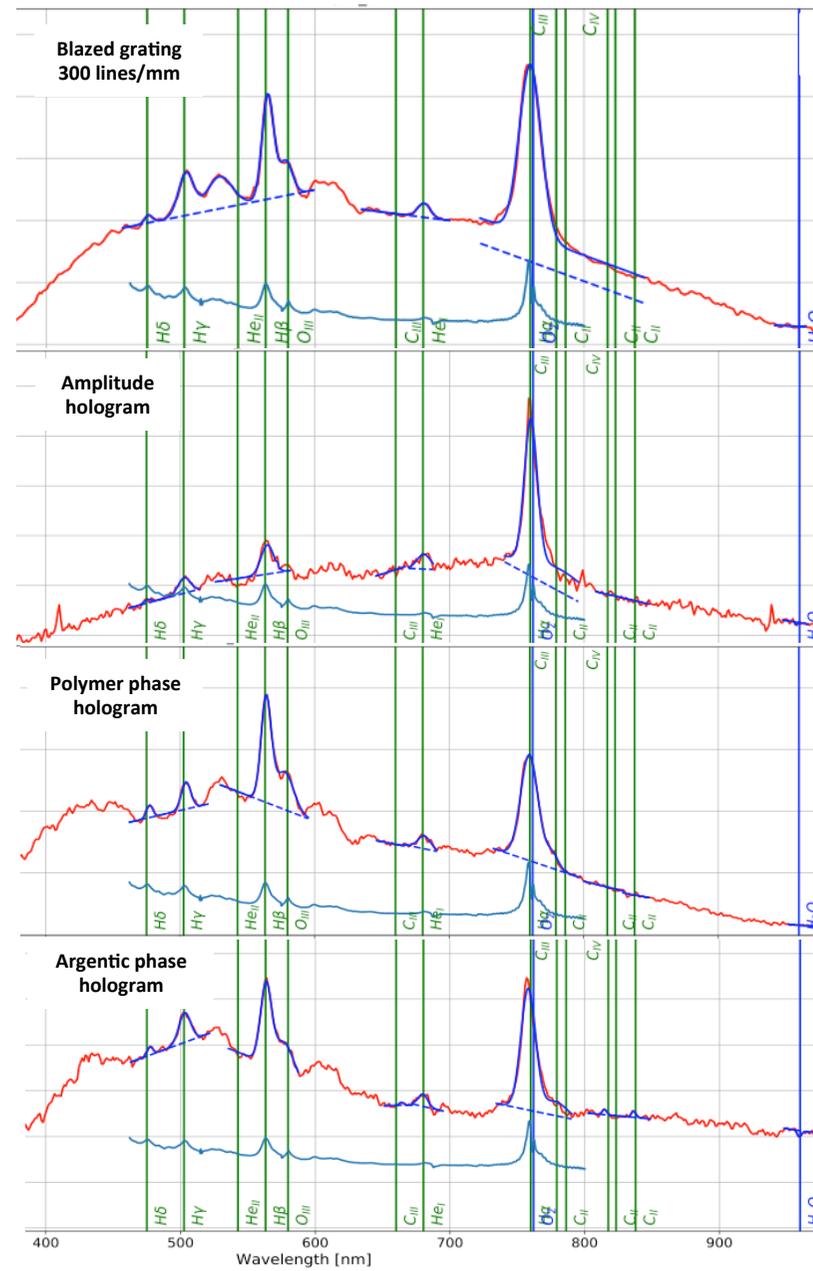
June data





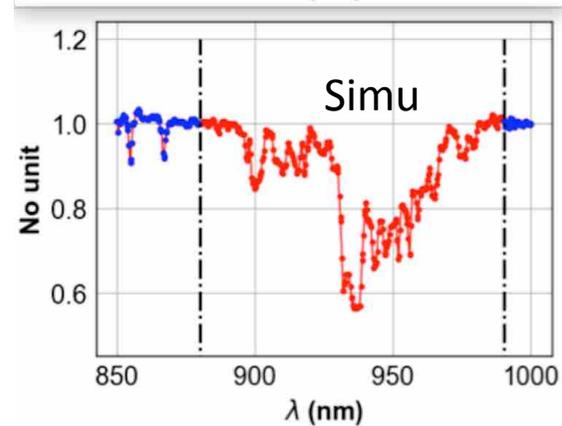
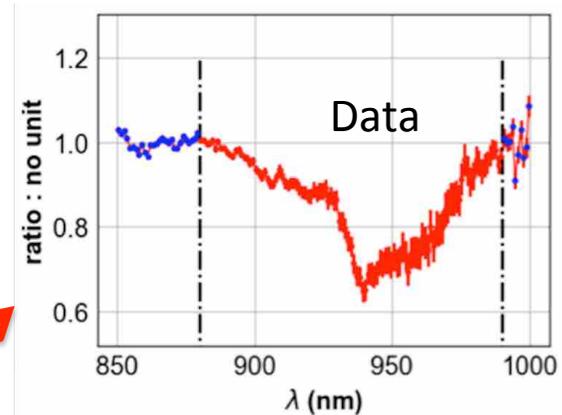
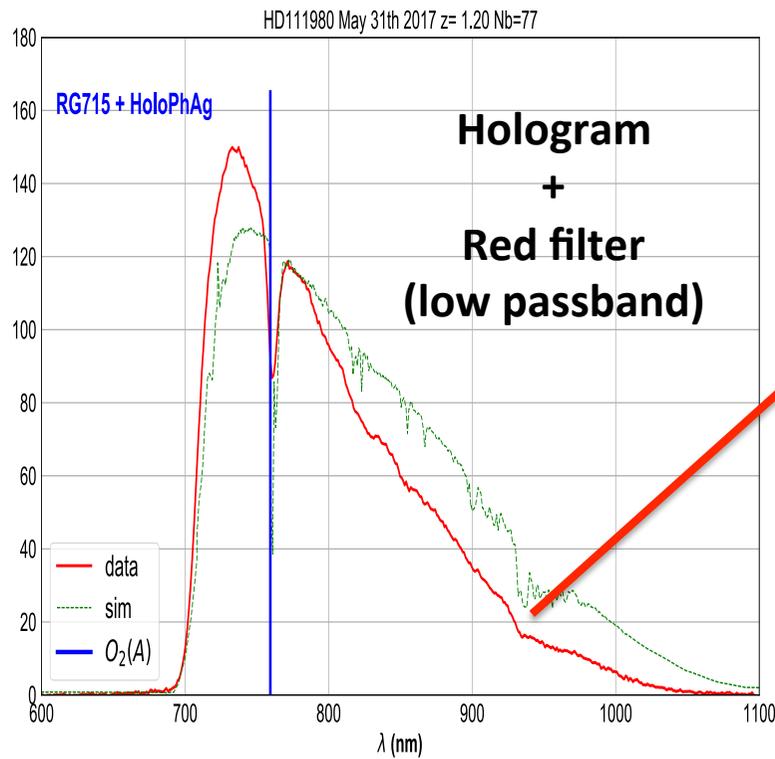
Planetary Nebula SED

Quasar SED



H₂O from standard star (preliminary)

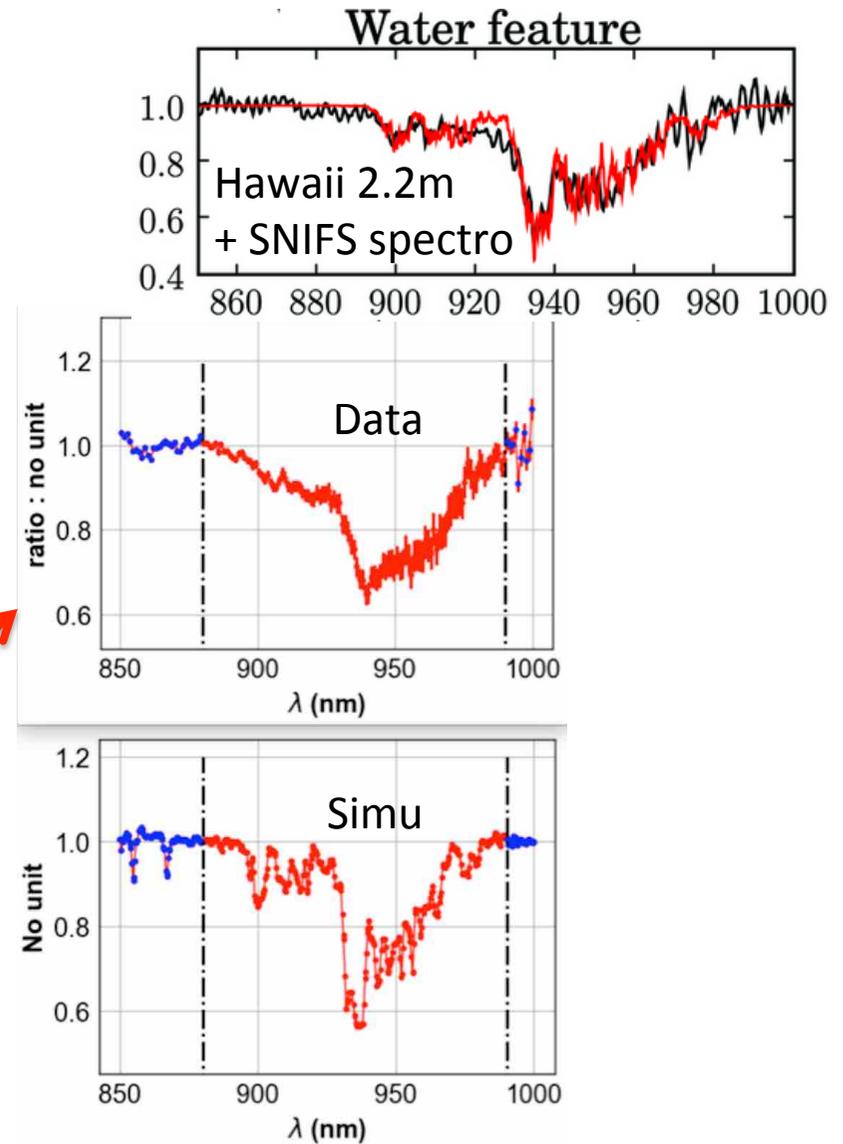
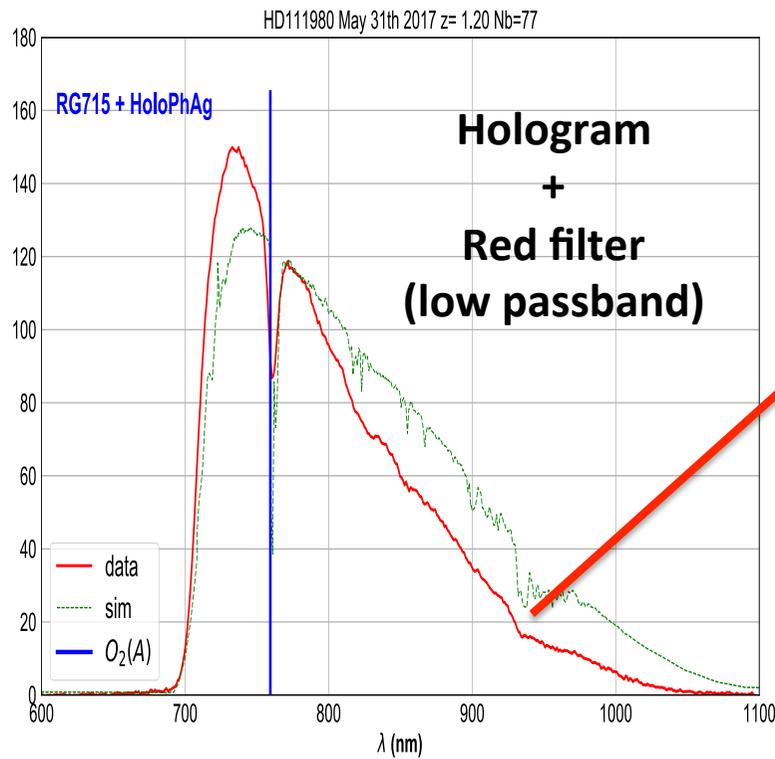
June data



Limited by low CCD efficiency@ $\lambda > 900\text{nm}$

Will be improved with LSST-type CCD -> **very promising**

H₂O from standard star (preliminary)



Precipitable water vapor (PWV) can be estimated from ratio H₂O/O₂
Limited in our tests by low CCD efficiency@λ>900nm
Will be improved with LSST-type CCD -> **very promising**

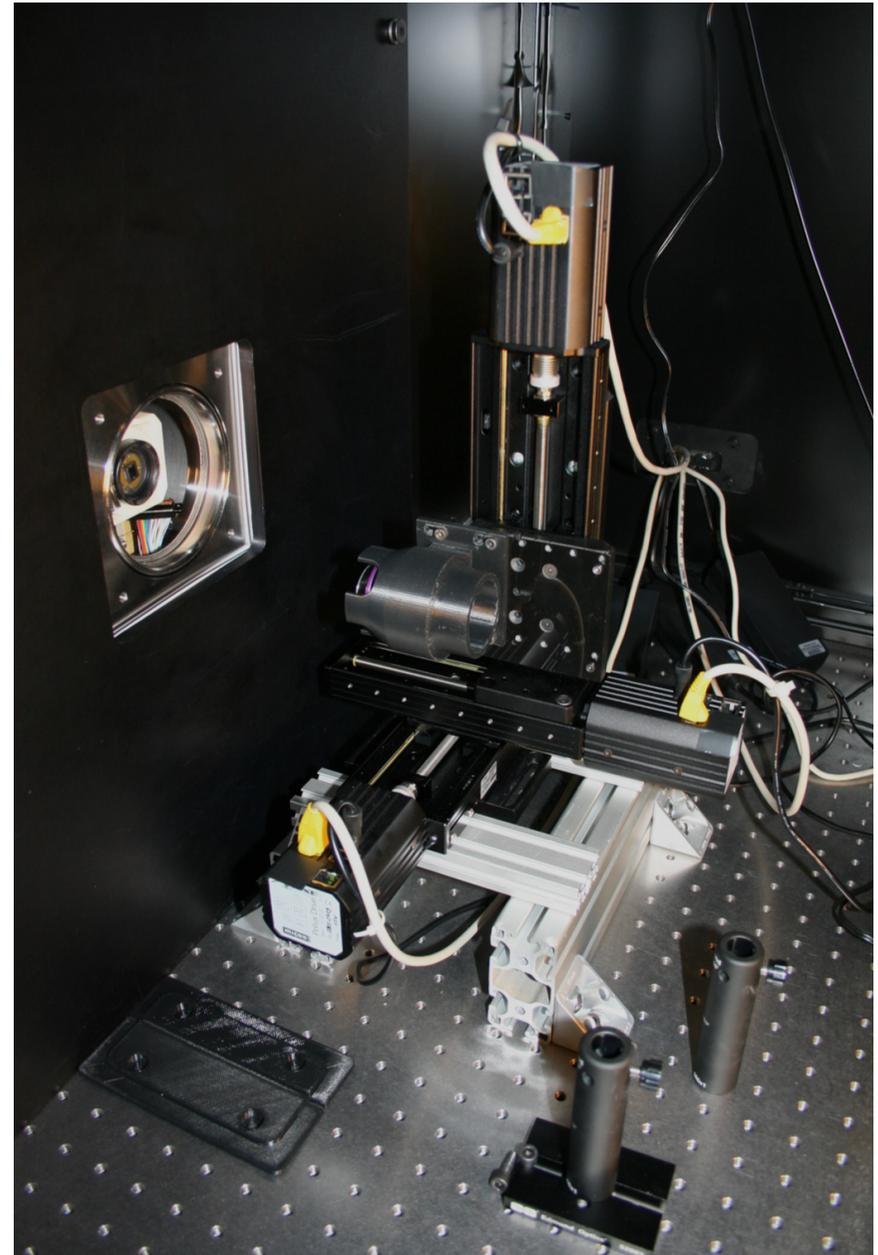
Banc d'optique au LPNHE

Composition

- CCD de type LSST (4Kx4K, pixels 10μ)
- Hologramme monté sur bras XYZ
- Faisceau de AuxTel simulé avec 2 miroirs paraboliques
- Source: sphère intégrante lumière thermique + raies à travers un trou de 10μ

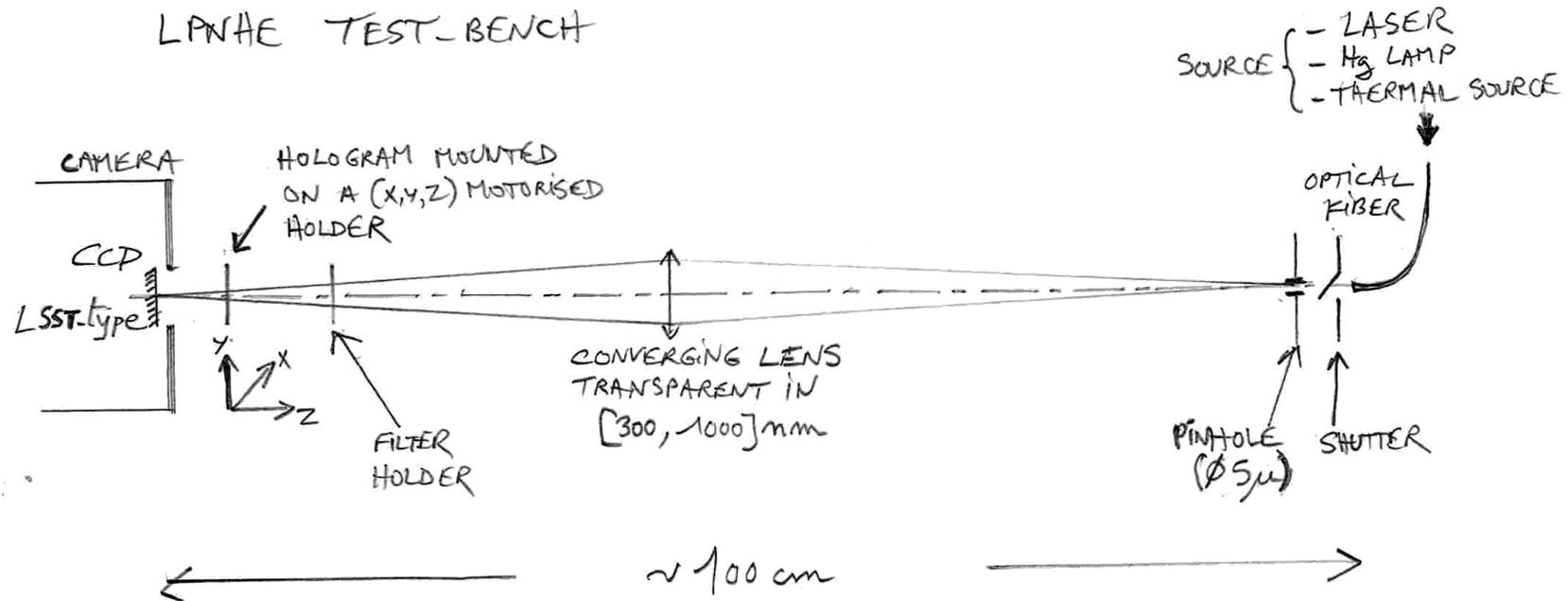
Mesures à faire

- Volume de validité $\Delta X \Delta Y \Delta Z$ pour spectro ($>10\text{mm}10\text{mm}4\text{mm}$)
- Résolution spectrale $\lambda/\Delta\lambda$ avec lampe Hg et monochromateur
- Transmissions ordres 0, 1, 2 et 3 en fonction de λ
- Présence de fantômes, bruit...



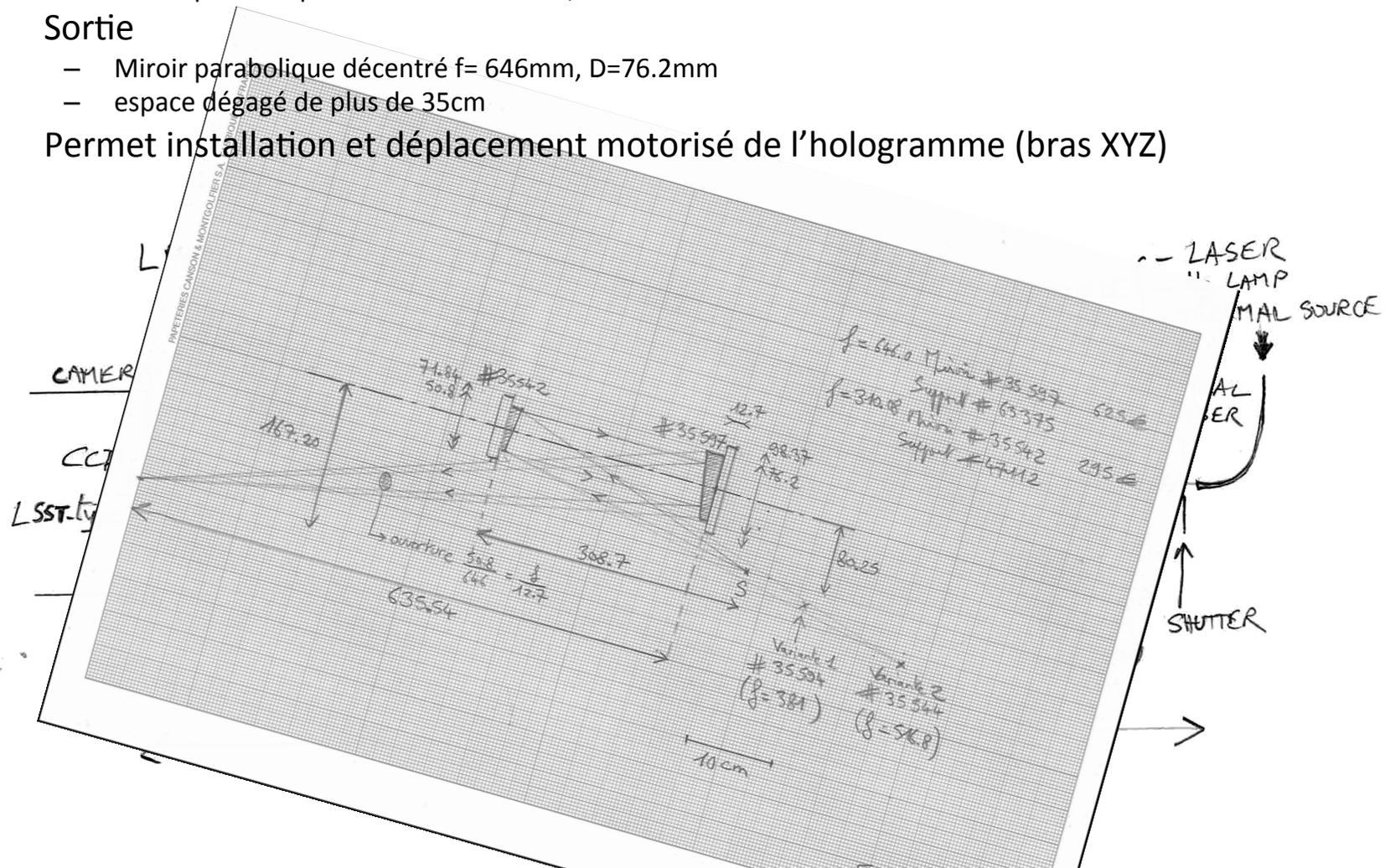
Simulation du faisceau du télescope

- Entrée
 - fibre optique
 - sphère intégrante
 - trou de 10microns
 - Miroir parabolique décentré $f=310\text{mm}$, $D=50.8\text{mm}$
- Sortie
 - Miroir parabolique décentré $f= 646\text{mm}$, $D=76.2\text{mm}$
 - espace dégagé de plus de 35cm
- Permet installation et déplacement motorisé de l'hologramme (bras XYZ)



Simulation du faisceau du télescope

- Entrée
 - fibre optique
 - sphère intégrante
 - trou de 10microns
 - Miroir parabolique décentré $f=310\text{mm}$, $D=50.8\text{mm}$
- Sortie
 - Miroir parabolique décentré $f= 646\text{mm}$, $D=76.2\text{mm}$
 - espace dégagé de plus de 35cm
- Permet installation et déplacement motorisé de l'hologramme (bras XYZ)



Calendrier

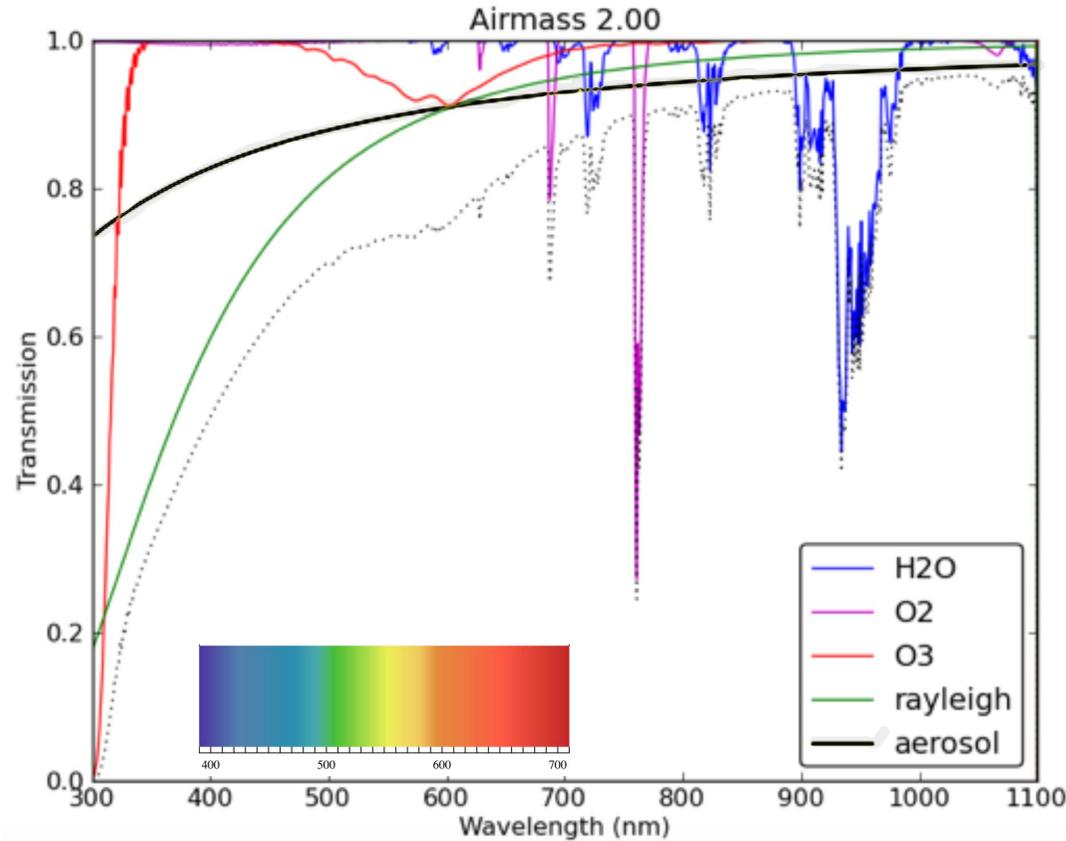
Objectif final: modéliser l'absorption atmosphérique en fonction de la direction, à partir de la détermination de paramètres-clés: τ (aérosols), Ozone, H₂O

- **Janvier 2017:** tests préparatoires au CTIO (Chili)
- **Mai 2017:** premiers prototypes d'hologrammes
- **Juin 2017:** tests de prototypes sur télescope au CTIO (Chili)
- **Eté 2017:** analyse des tests
- **Automne 2017**
 - simulations optiques et atmosphériques
 - Analyse: étude de la largeur équivalente de la bande d'absorption de l'eau (proche IR) et de l'absorption par les aérosols (bleu)
- **Automne-Hiver 2017-printemps 2018**
 - Optimisation / fabrication d'hologrammes
 - tests sur le banc d'optique du LPNHE.
- **Printemps-été 2018:** fabrication d'une version définitive (si nécessaire).
- **Eté-automne 2018:** Caractérisation sur banc des hologrammes définitifs.
- **Janvier 2019**
 - début des opérations sur AUXTEL. Solutions implantées: 1 ou 2 hologrammes combinés avec des filtres
- **Janvier 2019 – 2020**
 - finalisation/calibrage du dispositif
 - mesures extensives des variations d'absorption de l'atmosphère sur le site de LSST

SUPPLEMENTS

Variability of the atmospheric transmission

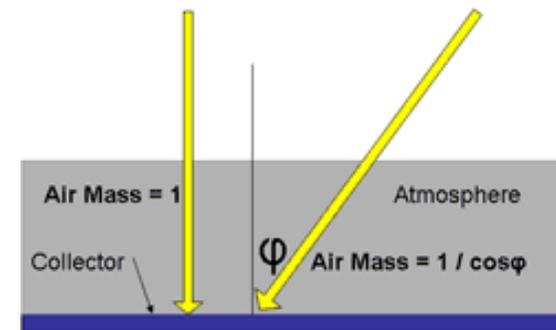
(Stubbs et al. PASP, 119: 1163–1178, 2007)



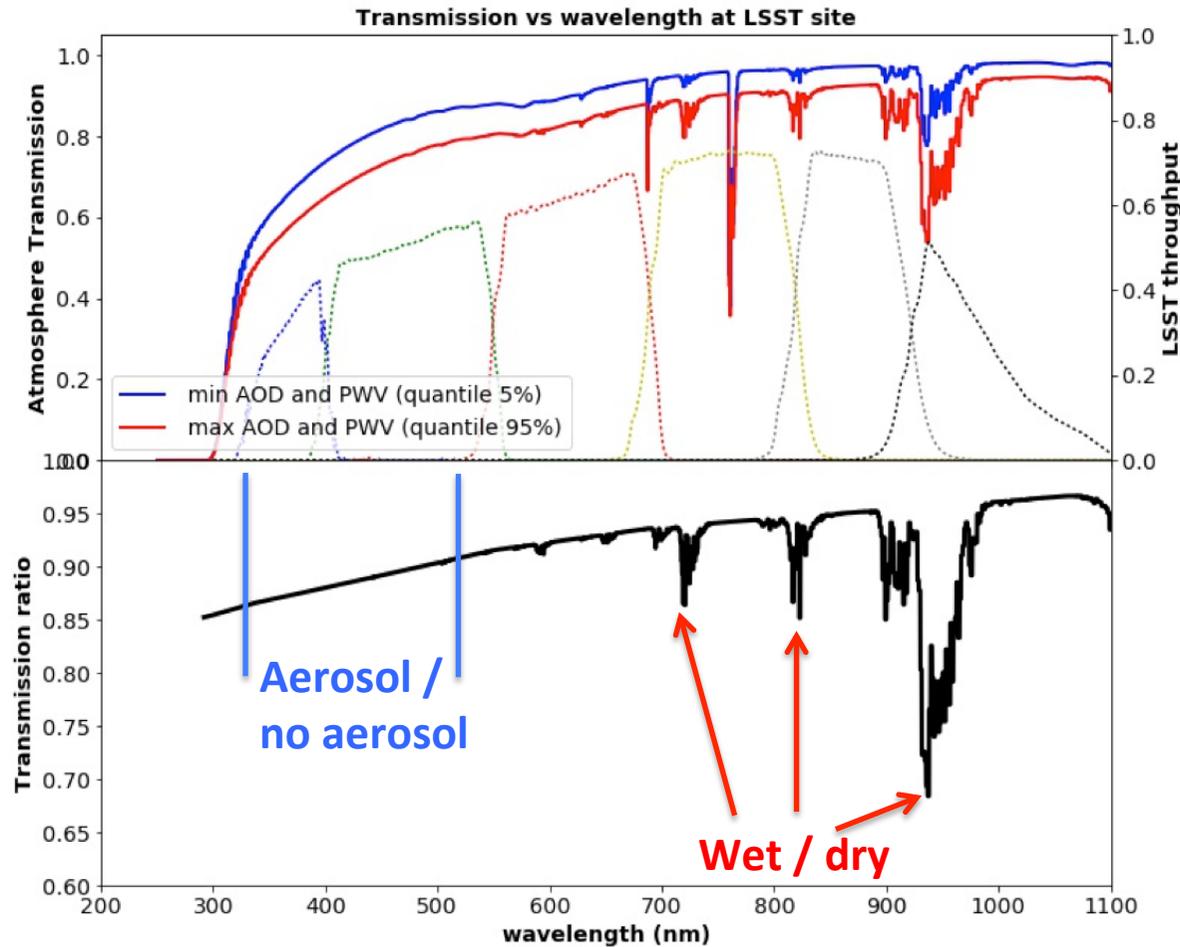
- **Photometrists** use photometric quality nights and narrow band filters
 - *No cloud*
 - *Low humidity*
 - *Low aerosols*
- **LSST** wants to **use all nights** with wide band filters
 - *Few clouds (grey absorption)*
 - *Humidity (affects Red-IR)*
 - *Aerosol (affects UV-V)*

After correcting for Airmass:

- O₂, O₃, rayleigh can be extracted
- Then determine H₂O and aerosol



Variability of the atmospheric transmission

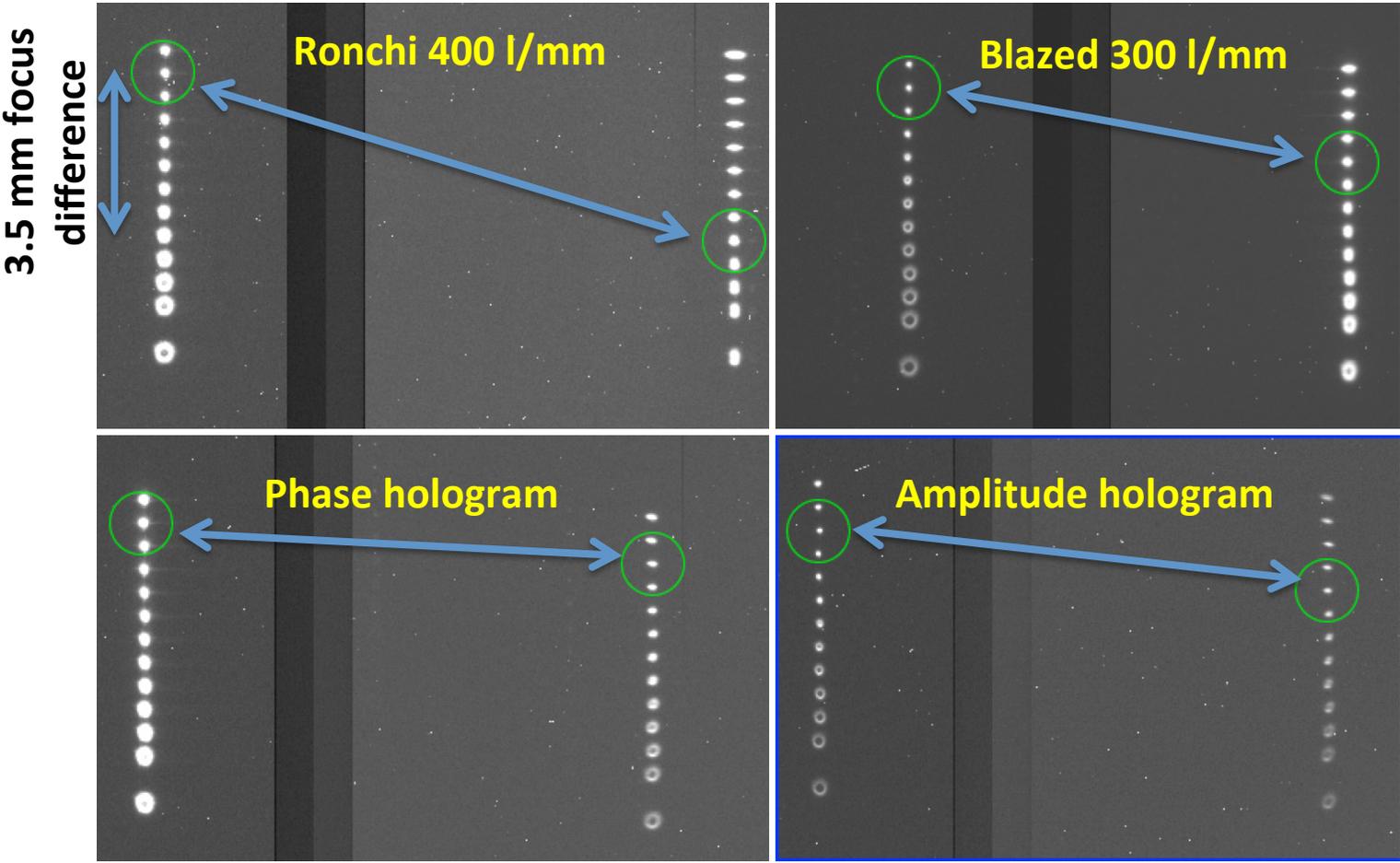


Same airmass
Same O_2
Same O_3
No clouds (grey)
Change
 H_2O (PWV)
Aerosols

June data

Let's look in more details

- *SIMULTANEOUS* focus procedures with the $H\alpha$ narrow filter.
 - 0 order focus (left) vs +1 order focus (right)



Ressources - Besoins

- **Physiciens**

- **Jérémy Neveu**, MCF, LAL; tests en laboratoire et sur télescope, analyse.
- **Sylvie Dagoret-Campagne**, DR, LAL; simulation et analyse, tests en laboratoire et sur télescope.
- **Marc Moniez**, DR, LAL; optique diffractive, tests en laboratoire et sur télescope, analyse.
- **Olivier Perdereau**, DR, LAL; tests en laboratoire et sur télescope, analyse.
- **Laurent Le Guillou**, MCF, LPNHE; tests en laboratoire
- **Marc Betoule**, CR, LPNHE; tests en laboratoire

- **Budget (financement LAL)**

<u>Type de dépense</u>	<u>Date</u>	<u>Montant</u>
<u>Hologrammes définitifs pour Calypso</u>	<u>printemps 2018</u>	12k€
<u>Éléments optiques pour modification du banc du LPNHE</u>	2017	1k€
Missions France (Bordeaux, lieu de production)	2017-2018	2k€
Missions Chili (2018-2020) pour 3 <u>personnes/10 nuits</u>	2018-2020	9k€
Contingences		3k€
Total		27k€

- **Support technique (LAL et LPNHE)**

Etude/réalisation pièces opto-mécanique sur imprimante 3D (S. Jenzer)