

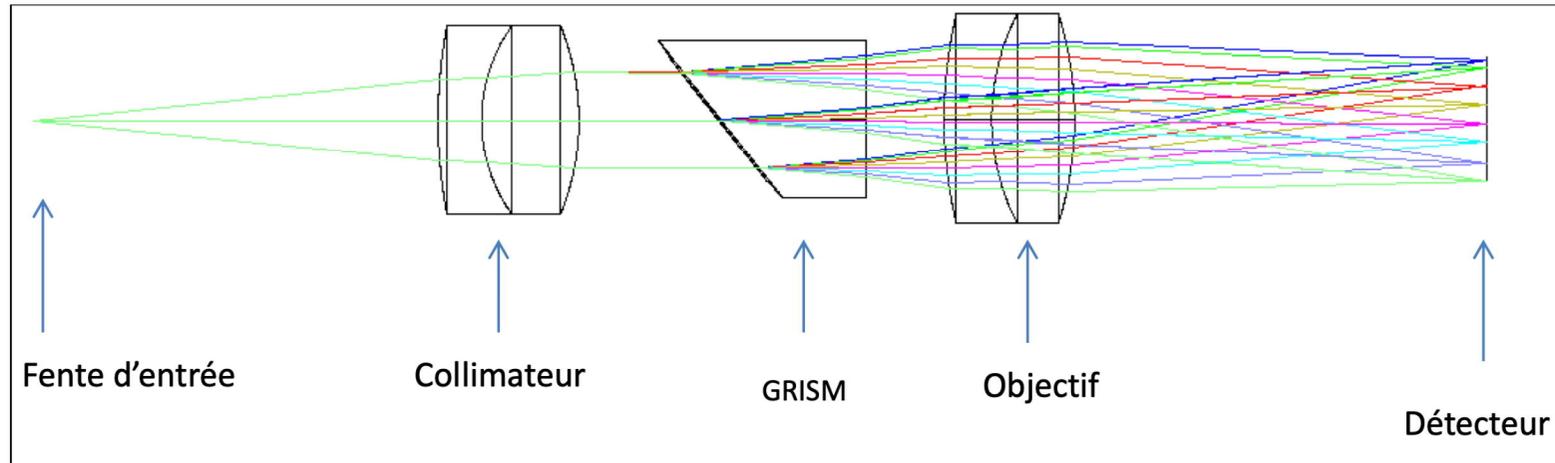
# **RAPAS**

Spectrographie : choix instrumental

Christian Buil, 26 novembre 2023

# Constitution d'un spectrographe

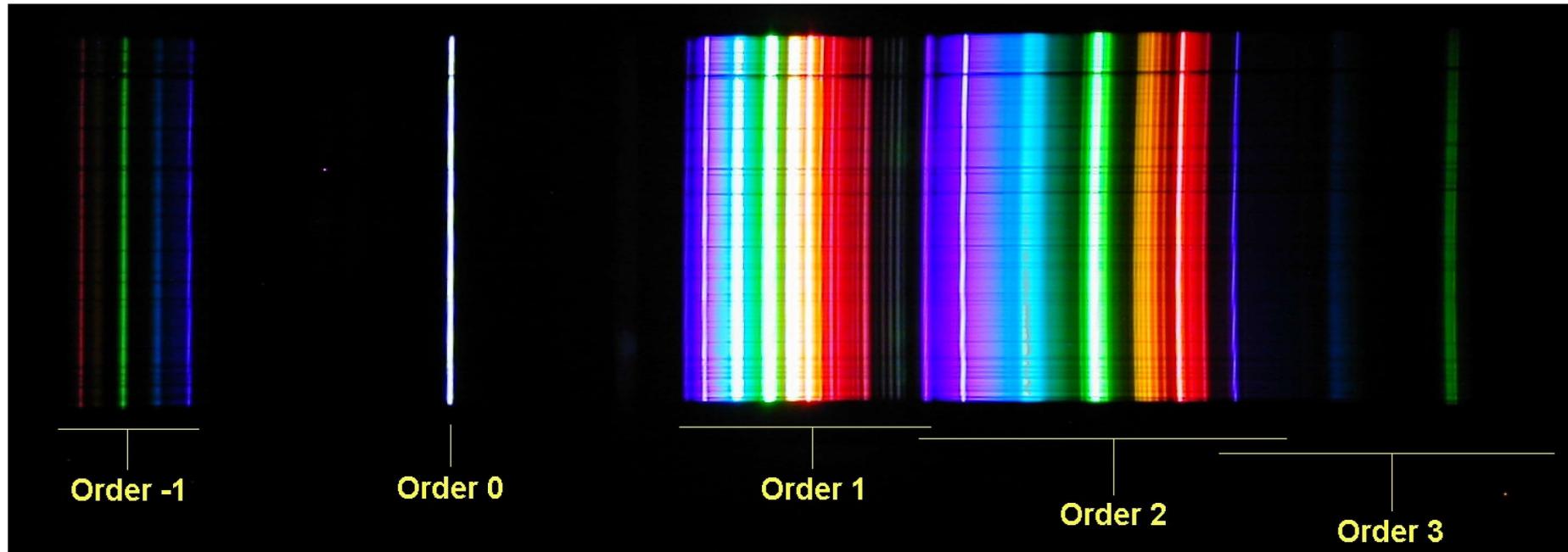
Exemple de l'Alpy600 (Shelyak)



Grism = Grating + Prism → déviation angulaire moyenne nulle

## L'aspect d'un spectre (basse résolution)

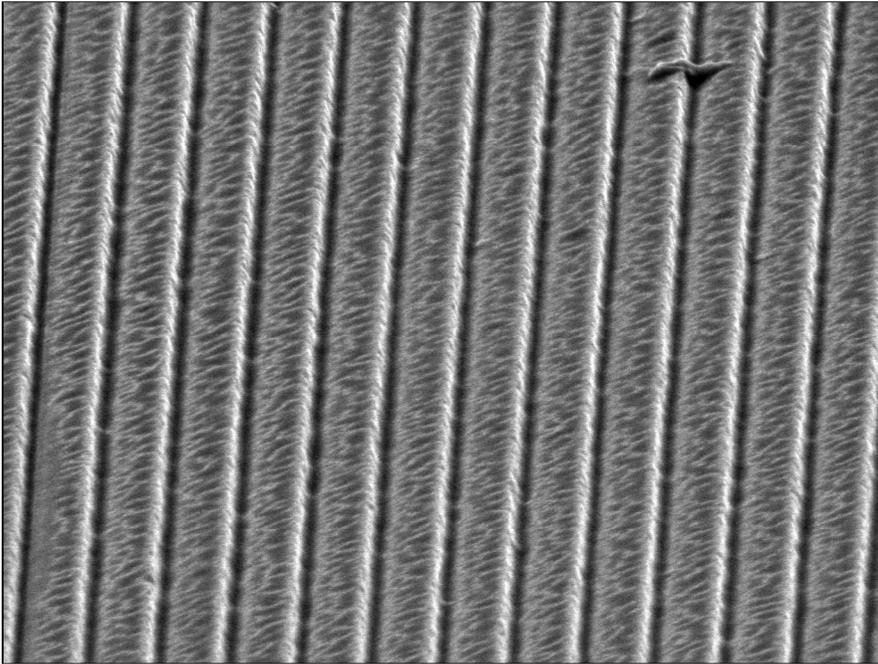
L'élément dispersif est ici un réseau par diffraction



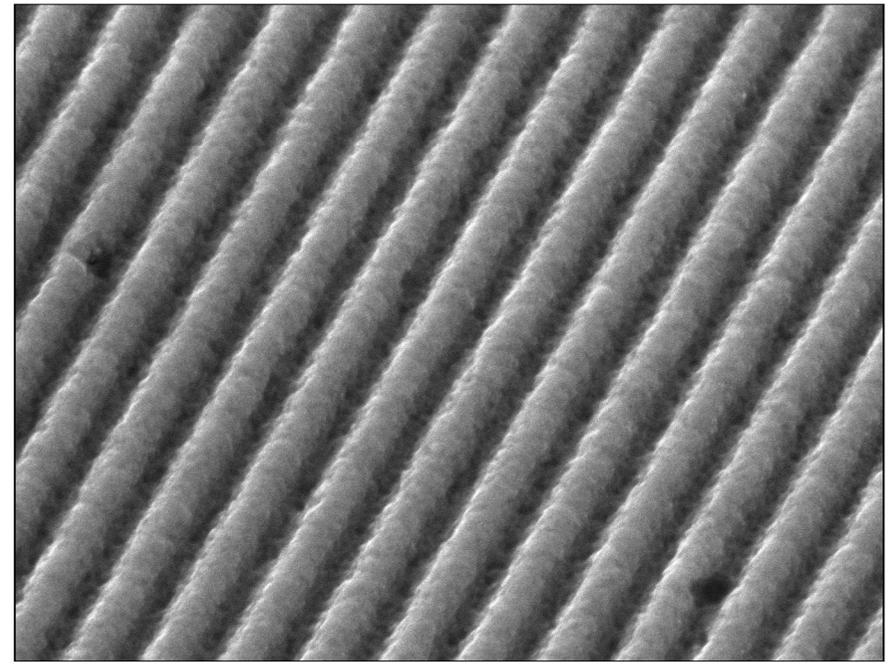
# Grating = réseau par diffraction

Structure diffractive de 100 traits/mm à 3200 traits/mm

La forme des traits n'est pas quelconque (blaze = optimisation du domaine spectral)



Structure microscopique d'une réseau gravé

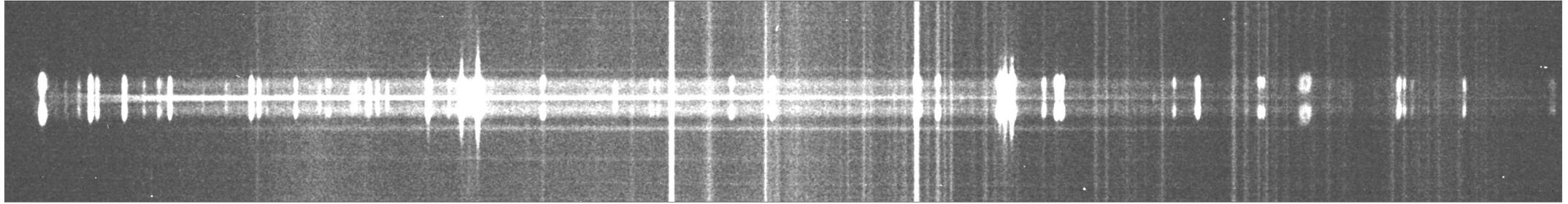


Structure microscopique d'une réseau holographique

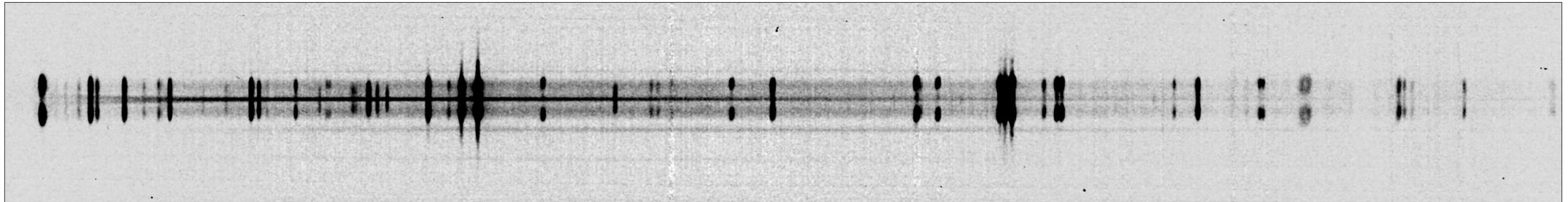
# Couverture spectrale et achromatisme

Messier 57 - OHP - Newton 150 F/5 - Star'Ex LR (300 traits/mm) - 8 x 900 s

Avant retrait du ciel



Après retrait du ciel

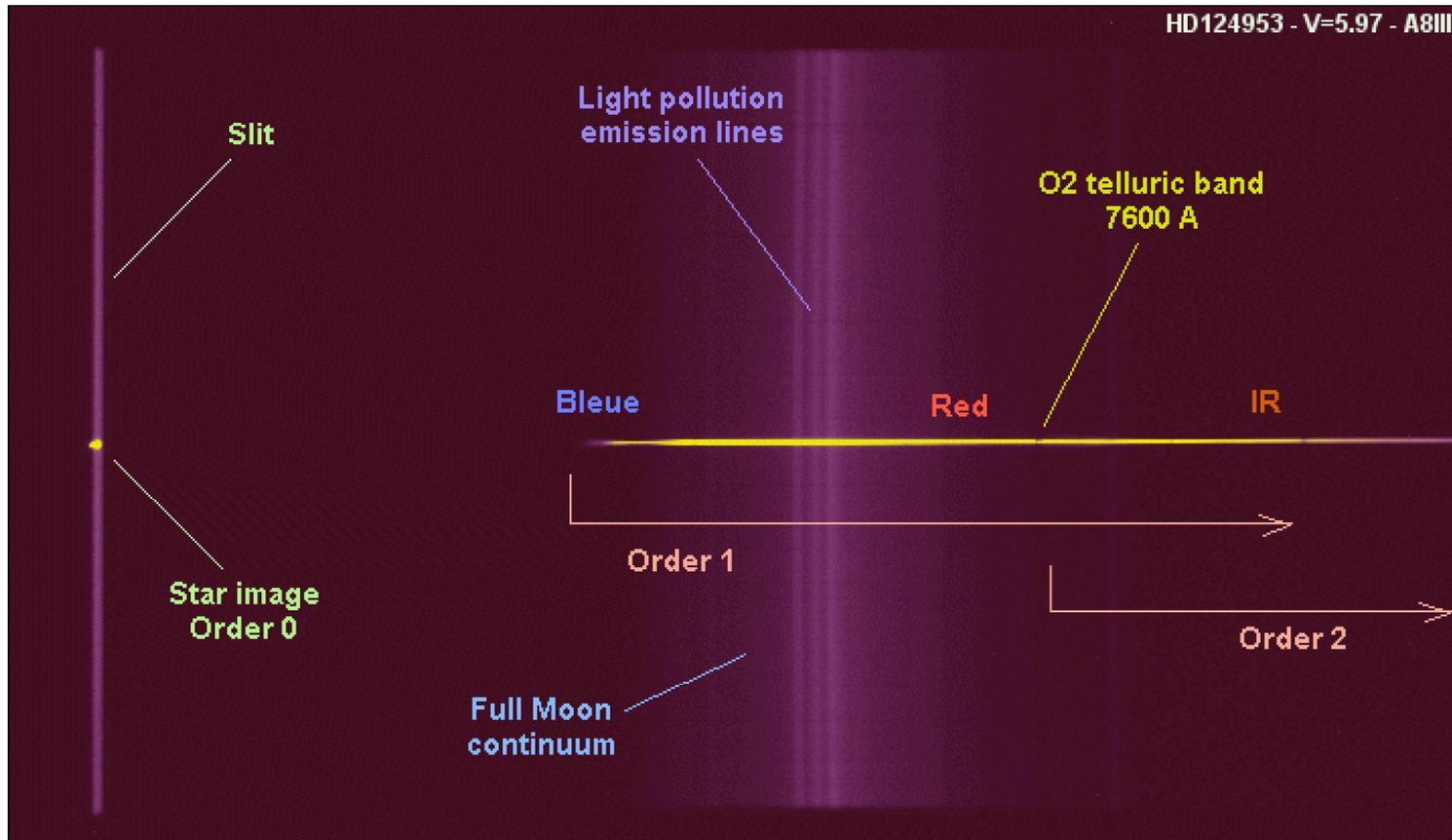


↑  
[Ne III]  
3869 A

↑  
[OIII]  
5007 A

↑  
Halpha  
6563 A

# L'importance de la fente d'entrée



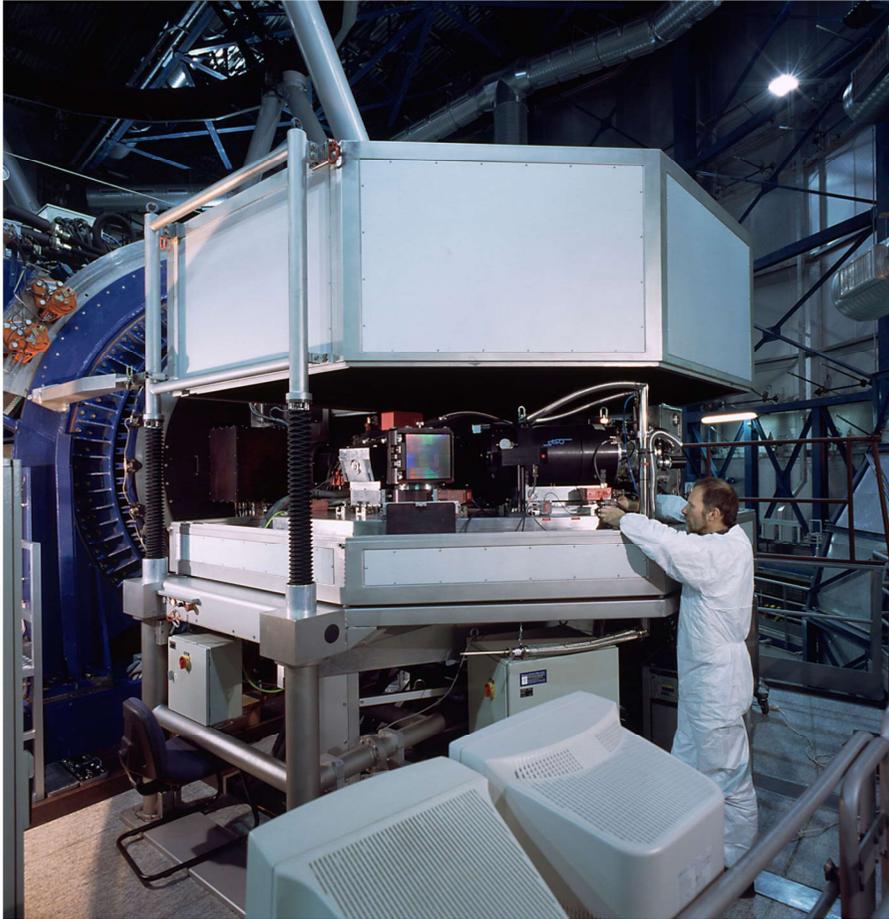
- Fixer la résolution spectrale
- Fixer l'étalonnage spectral
- Isoler l'objet observé de ces voisins
- Obscurcir le fond de ciel

A résolution spectrale identique,

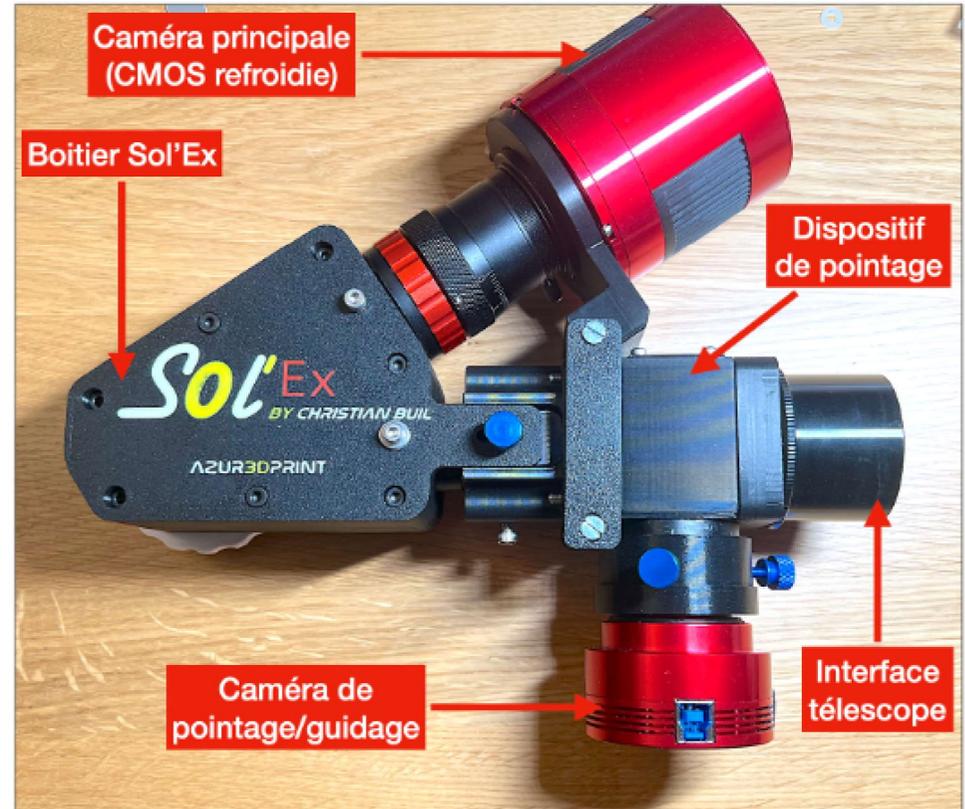
La largeur physique de la fente est déterminée par la taille du télescope (fixe la dimension linéaire du disque de seing)

# Ces deux spectrographes ont la même résolution spectrale !

A résolution spectrale identique, la taille du spectrographe est directement proportionnelle à celle du télescope (la loi d'airain de la spectrographie).



UVEX VLT (ESO)

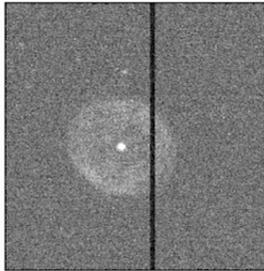


Star'Ex HR

# Choix de la fonction de la fente d'entrée (1/2)

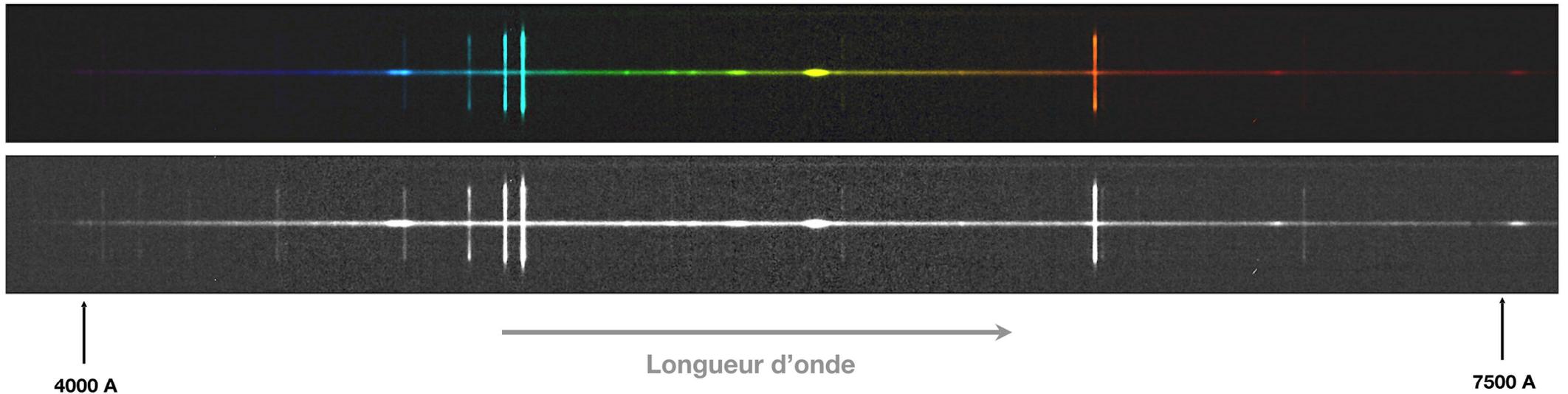
## Fixer la résolution spectrale

Largeur de la fente = largeur des raies spectrales



NGC 1501

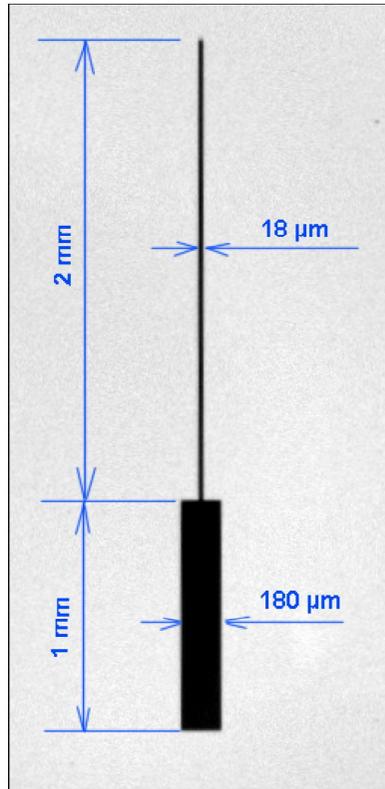
RC10 f/8 + Star'Ex (300 l/mm, slit 23 microns, ASI533MM)



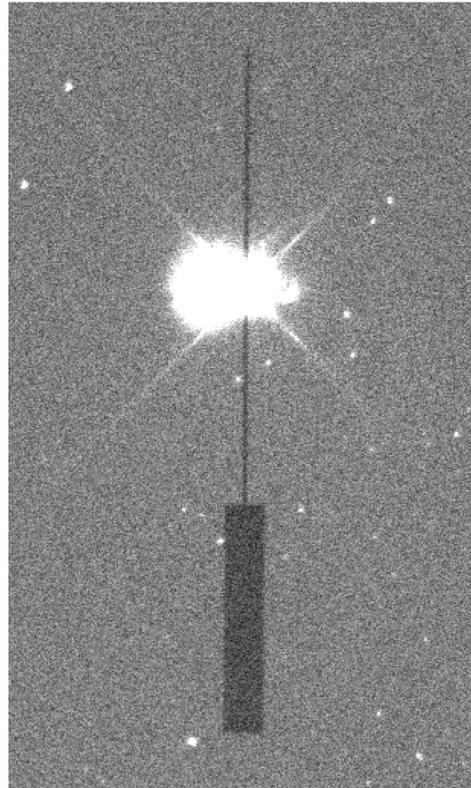
*Spectre d'une nébuleuse planétaire et d'une étoile Wolf-Rayet*

## Choix de la fonction de la fente d'entrée (2/2)

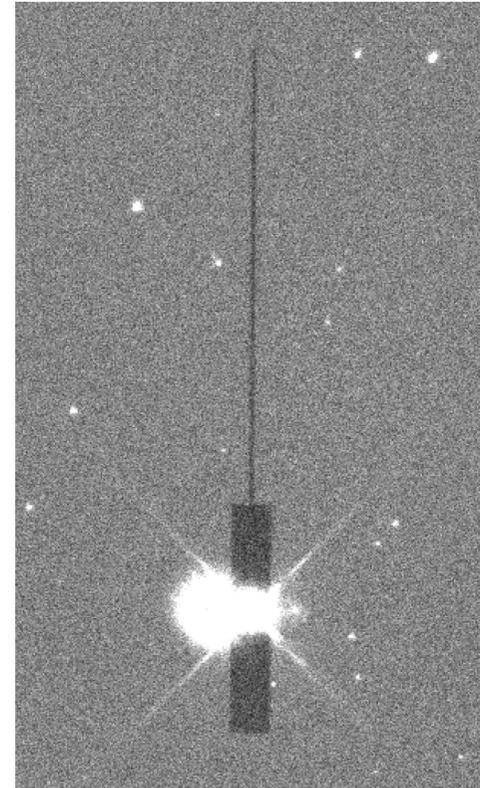
Étroite pour la résolution spectrale, large pour la photométrie



Exemple de fente « photométrique »



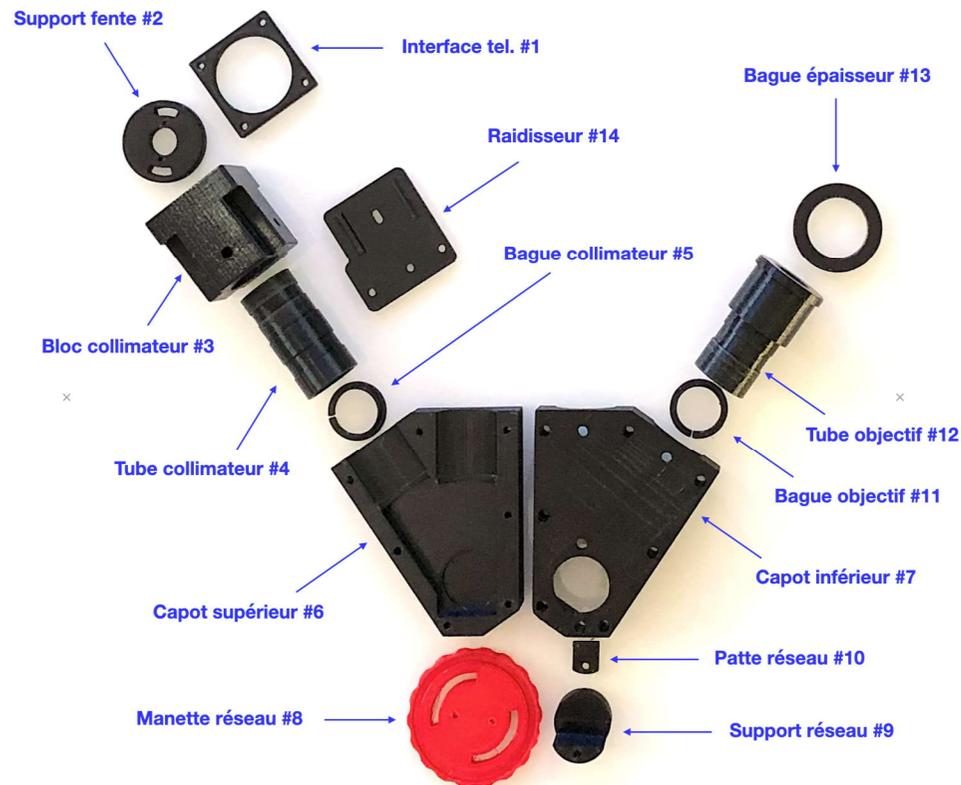
L'étoile dans la partie étroite de la fente



L'étoile dans le partie large de la fente

# Spectrographe Star'Ex (« Star Explorer »)

Kit optique et mécanique disponibles + large documentation + YouTube + forum

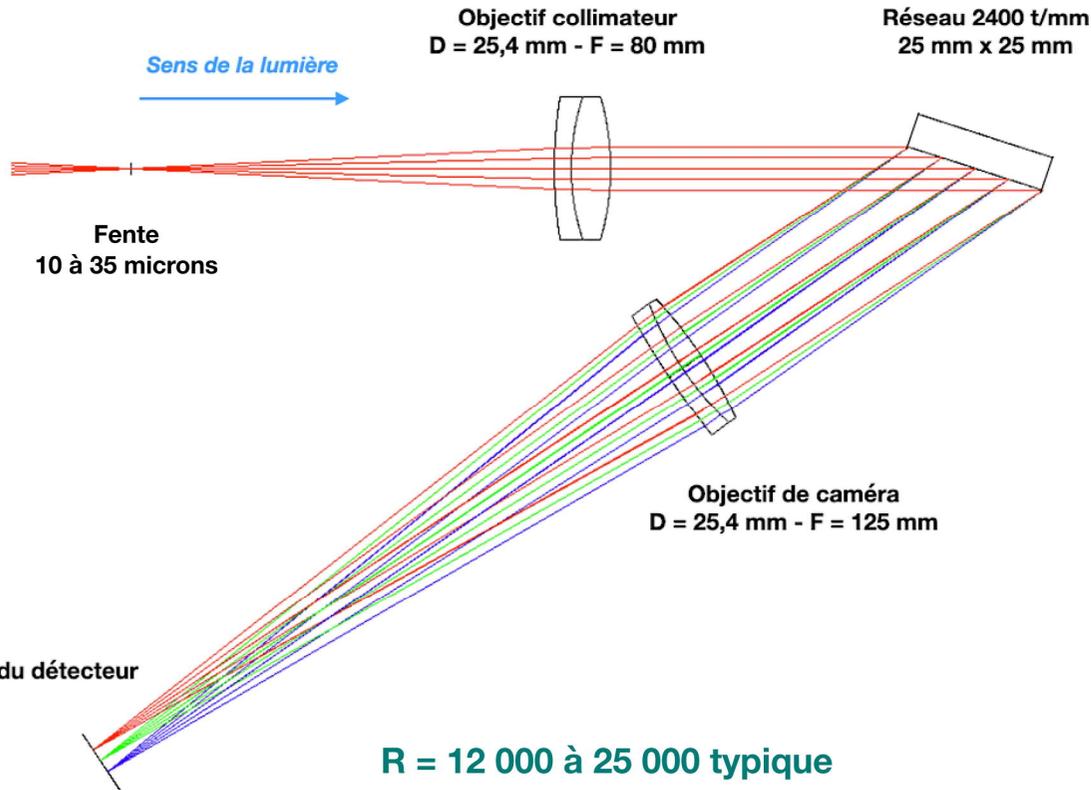


Projet Sol'Ex / Star'Ex - <http://www.astrosurf.com/solex/>

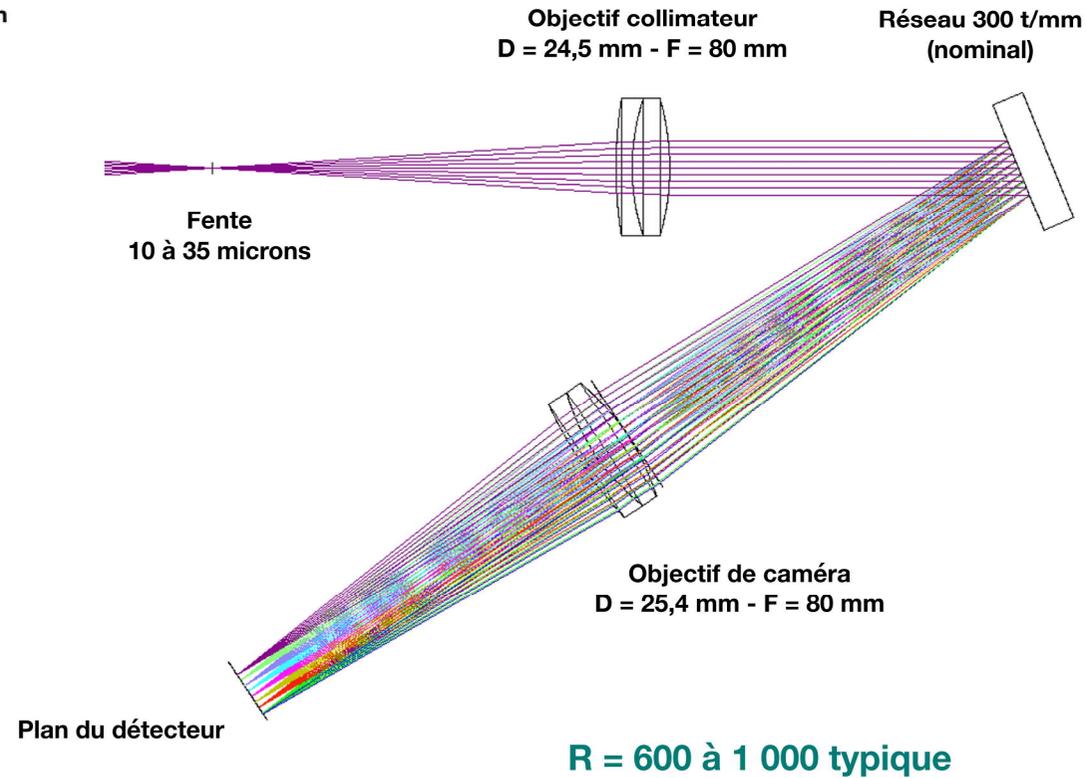
# Spectrographe Star'Ex (« Star Explorer »)

## Deux grandes configurations

### Star'Ex HR (Haute Résolution)



### Sol'Ex LR (Basse Résolution)



Fente interchangeable, réseau interchangeable

**Star'Ex sur un télescope Newton 250 mm F/4**

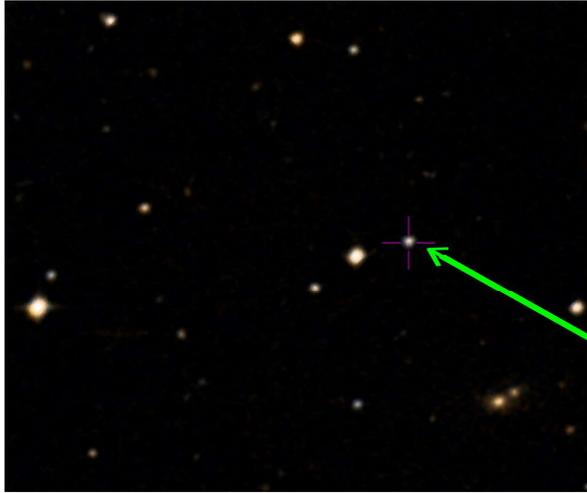
**Alpy 600 sur un télescope CN212**



# Star'Ex LR (low resolution) - objet faible

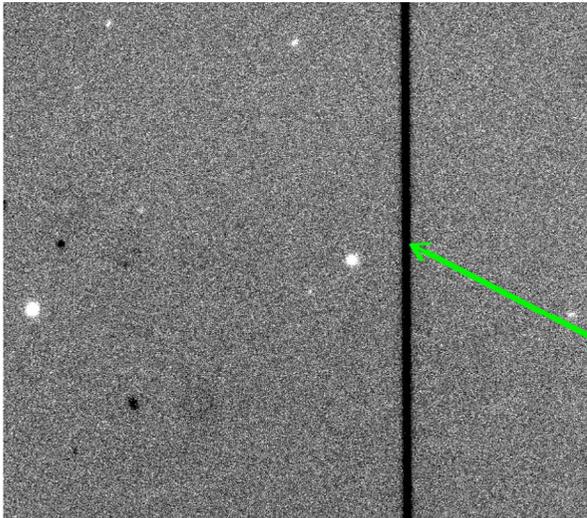
Observation du quasar UM402 depuis Antibes  
 $z = 2.83 - V = 17.2$

W. Sargent & all. AJSS 69, 703, 1989. - Hale 5 m telescope



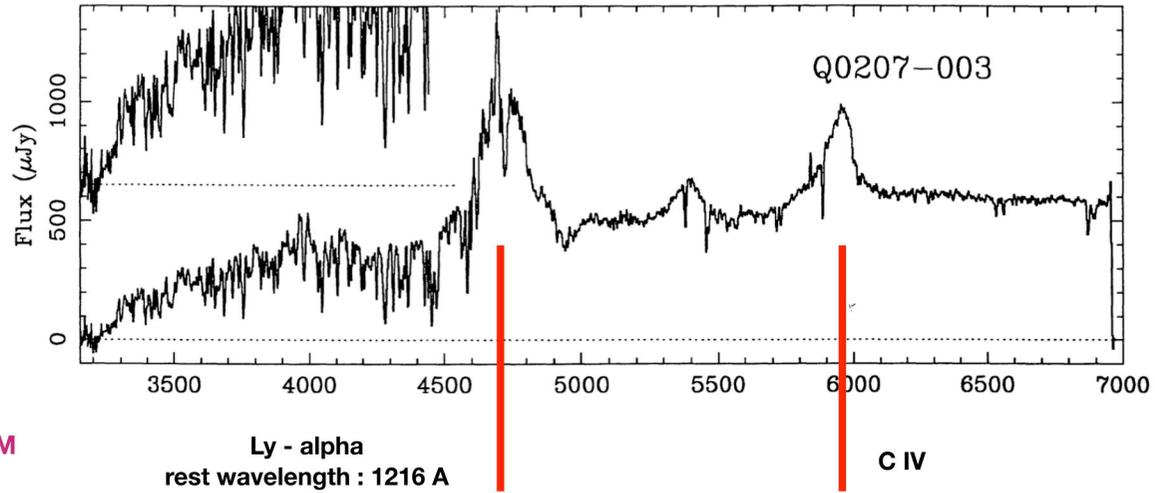
DSS2 image

The quasar is here

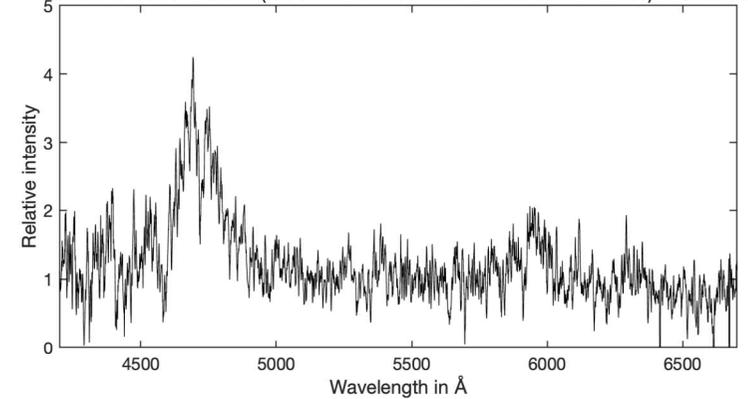


Star'Ex guiding system  
90 sec. Exposure, ASI290MM  
(remember: sky pollution !)

The quasar is here !!!



UM 402 (quasar at  $z = 2.83$ ) - 14.880/10/2021 - 16 x 900 s - Antibes St-Jean - C. Buil  
Newton 10-inch f/4 - StarEx (300 l/mm - 19 microns slit - 80x80 conf. - R = 900) - ASI183MM



Newton 10-inch - Star'Ex (grating 300 line/mm - 19 microns slit)

# Spectre de SN 2023dzc à V=15.0 avec une lunette de 85 mm de diamètre + Star'EX LR 300 t/mm

TRANSIENT NAME SERVER

SEARCH ASTROPHYSICS NOTS LOG OUT

TAU SUPERNOVA WORKING GROUP

SN 2023dzc

RA/DEC (2000) Type Redshift  
 06:11:58.264 +58:48:57.58 SN Ia 0.014  
 62.892765 +58.815995

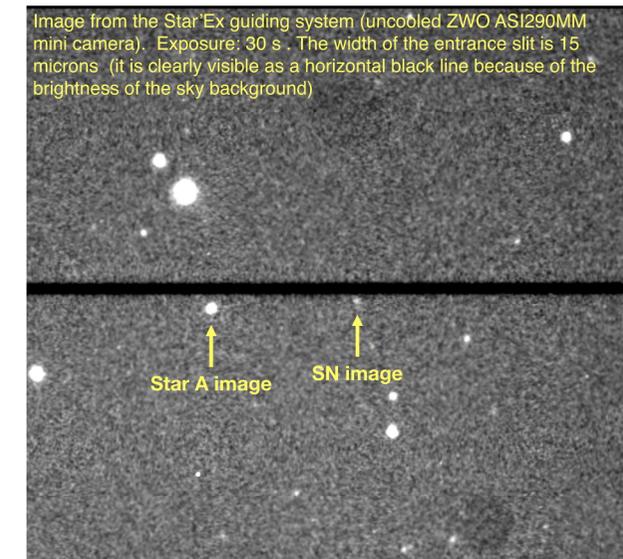
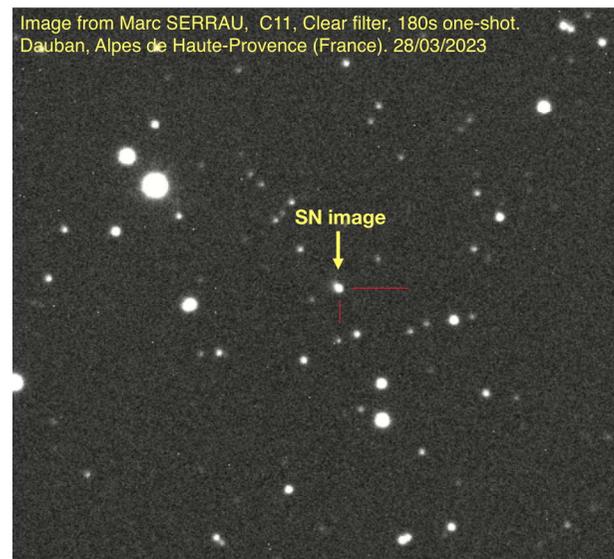
Discovery Report Classification Report

Reporting Group Discovering Data Source Discovery Date TNS AT Public  
 ASAS-SN ASAS-SN 2023-03-27 06:28:48.000 Y Y

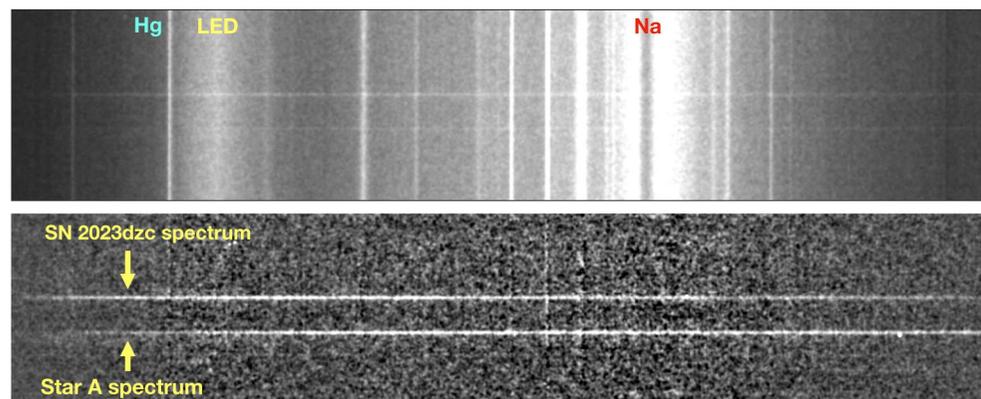
Host Name Discovery Mag Filter  
 WISEA 15.9 g-Sloan

Reports  
 K. Z. Stanek, for the ASAS-SN team

Detected by ASAS-SN the 2023-03-27 06:28:48  
 See: <https://www.wis-tns.org/object/2023dzc>

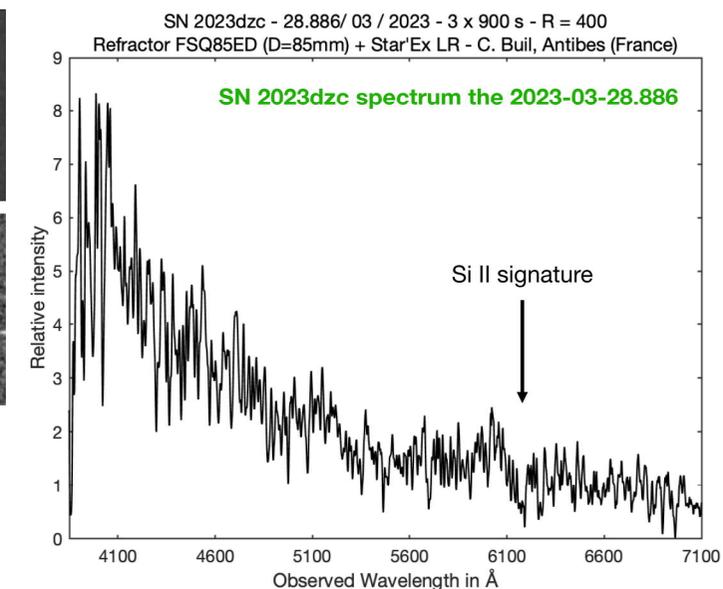


Setup: Takahashi FSQ85ED refractor (D=85mm F/5). Star'Ex LR spectrograph (15 microns slit). Main camera ZWO ASI533MM pro. Mount ZWO AM5. Guiding by using ASIair system. Prism software for spectra acquisition. Star'Ex project: <http://www.astrosurf.com/solex/>



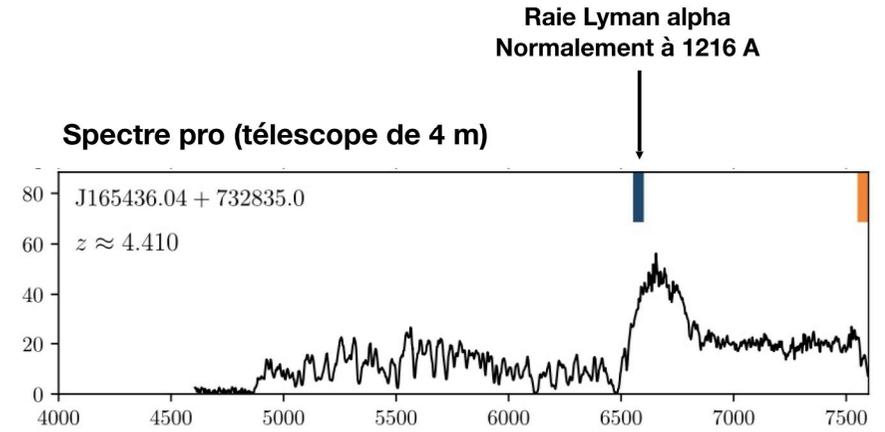
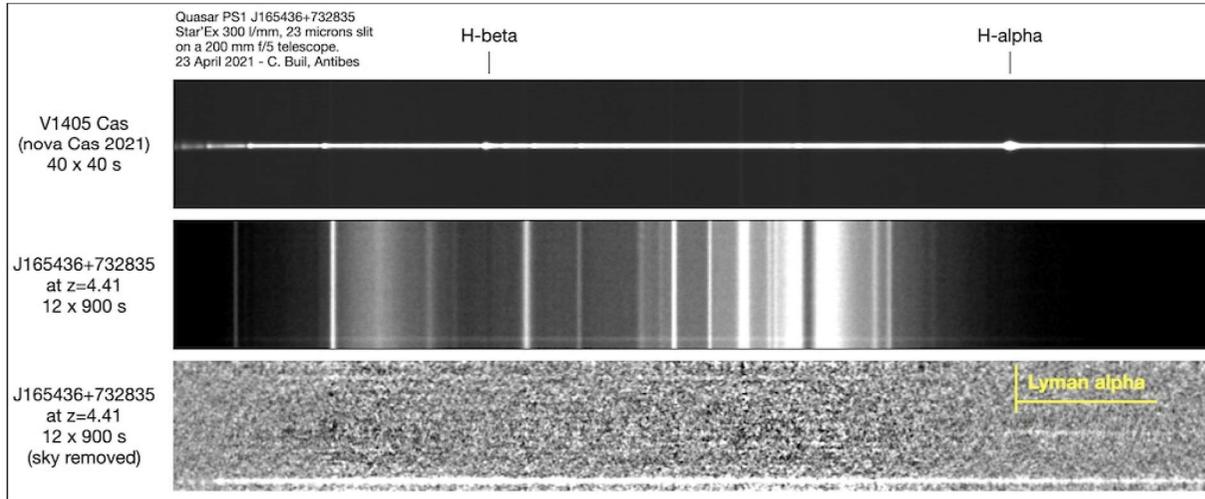
2-D image of the spectrum. Up, before sky removal (very intense compared to SN signal. i.e. Na + LED pollution). Down, after sky removal (specINTI processing). Star A is partially in the 19 microns wide slit.

Very bad conditions during observation: moon, city pollution (Antibes + Cannes), cirrus clouds. The estimated effective exposure time is near 35 mn only and naked eye limit magnitude is 2.



# Star'Ex LR (low resolution) - une observation extrême en ville

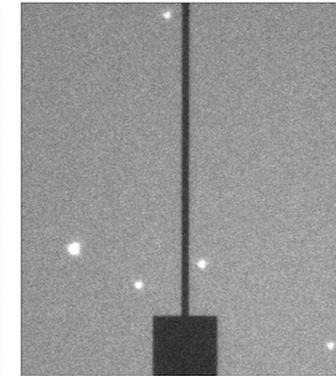
Le quasar J165436.04 + 732835.0 à  $z = 4.410$  (redshift)  
Magnitude 19 - Observation en milieu urbain ( $v=3$  limite à l'oeil nu !)



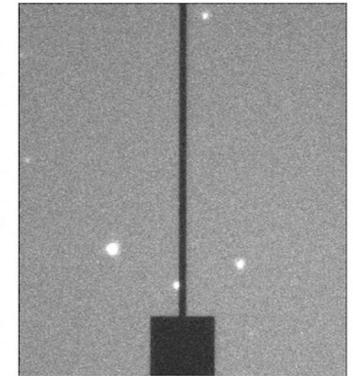
Le setup : Star'Ex au foyer  
d'un Newton 200 mm f/5



DSS image



Star'Ex guiding image (60 s)



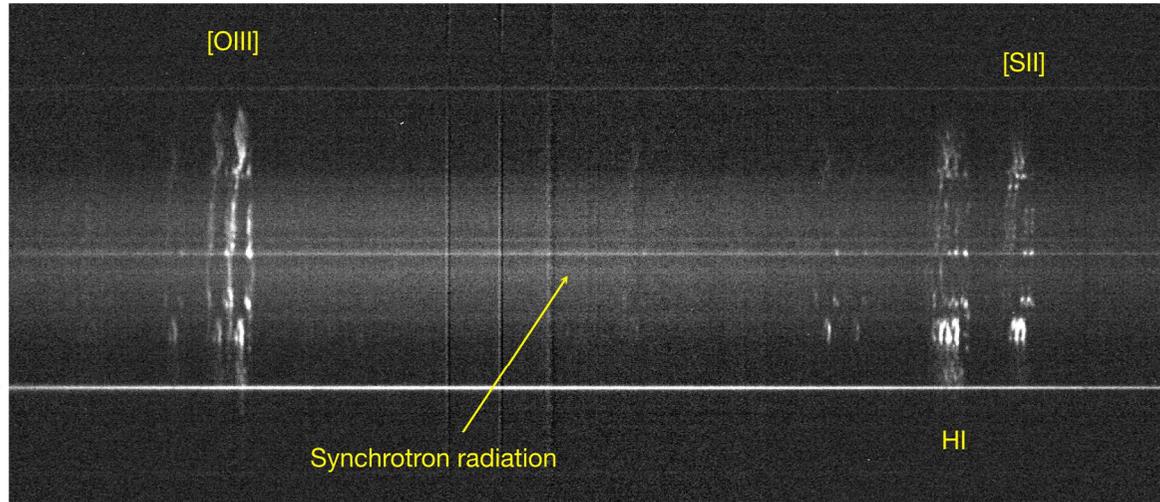
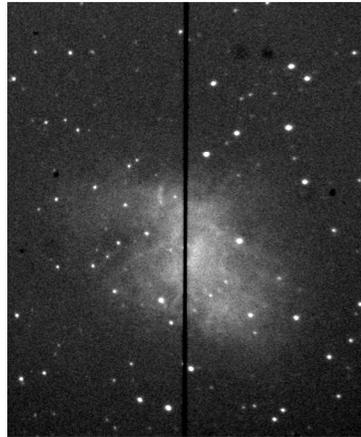
Star'Ex guiding image (60 s)

Objet absolument invisible dans la caméra de guidage -> pointage au jugé

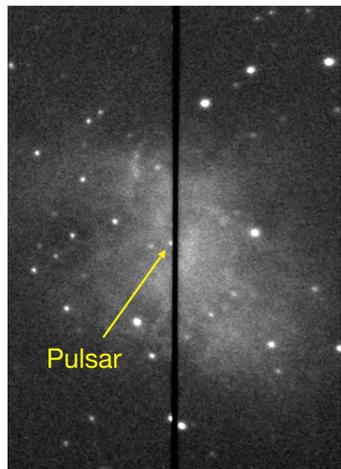
# Star'Ex LR (low resolution) - objet étendu + Doppler

La nébuleuse du Crabe (M1): un rémanent de supernova

Vitesse Doppler d'expansion : 1300 km/s

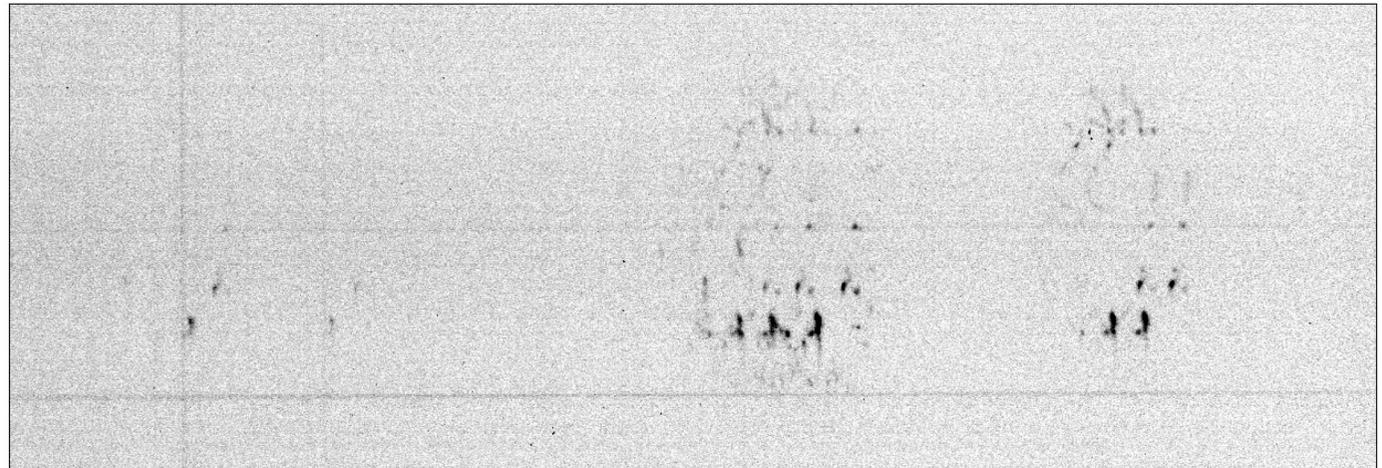


Newton 10-inch f/4 - Star'Ex + 300 lines per mm grating (power resolution: 800) + 19 microns slit + 80 x 80 configuration



Pulsar spectrum  
→  
(note lines emission)

Sol'Ex guiding  
system image



# Star'Ex LR :

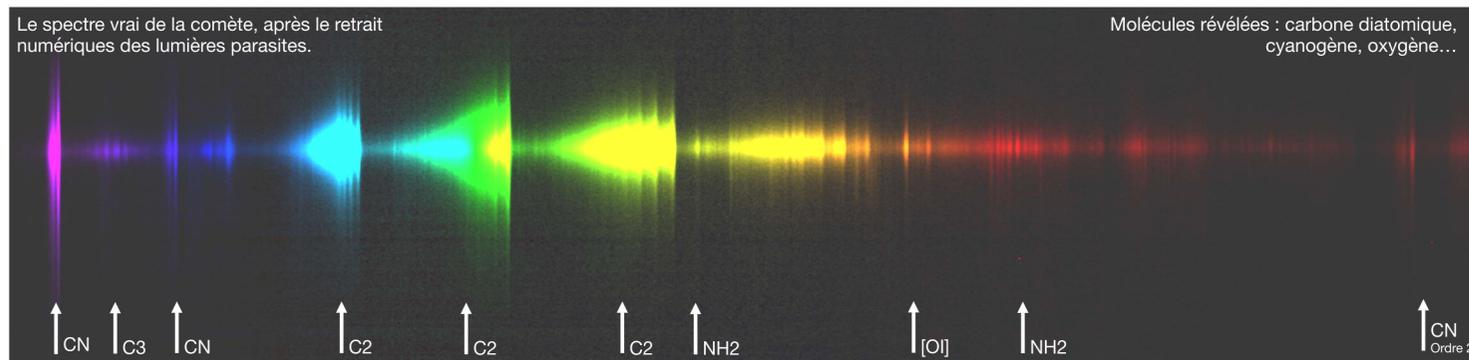
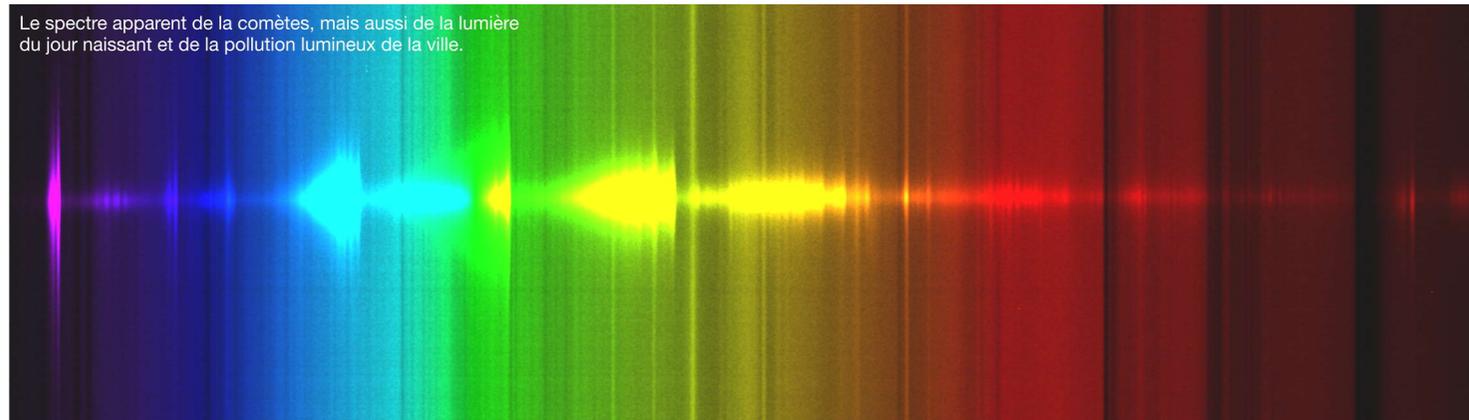
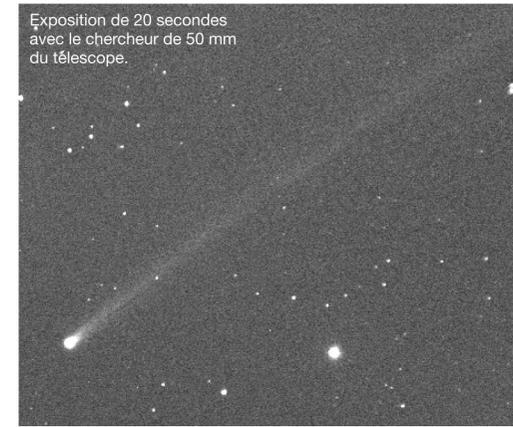
## Système solaire

### Le spectre de la comète C/2023 P1 (Nishimura) dans la matinée du 7 septembre 2023 depuis Antibes

Instrument : Télescope Ritchey-Chrétien de 250 mm f/8 et spectrographe Star'Ex (Star Explorer : <http://www.astrosurf.com/solex/>)

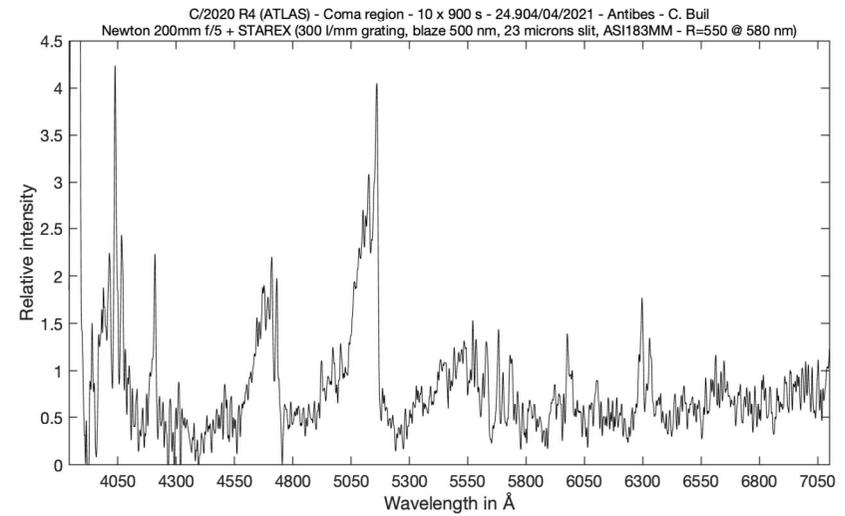
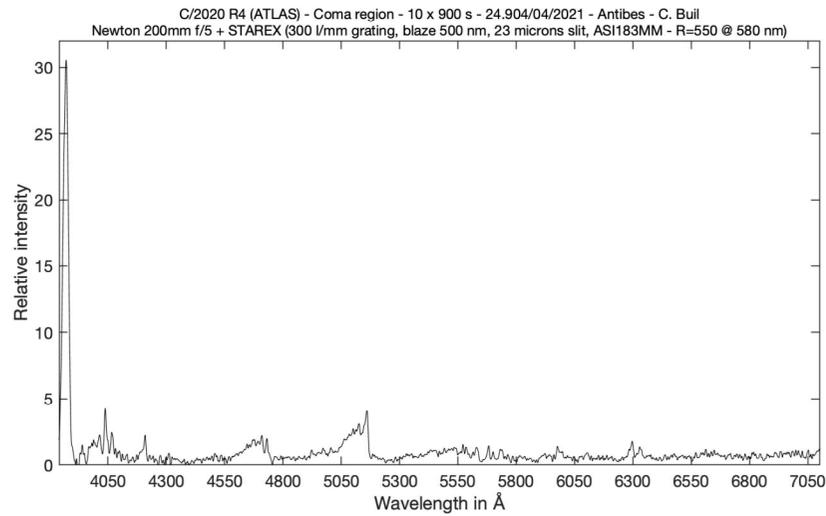
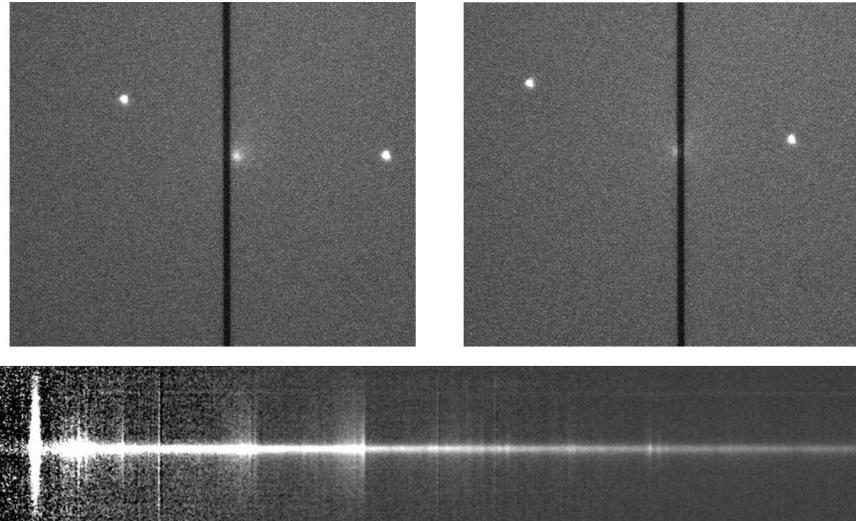
Exposition : 5 x 300 secondes

Observateur : Christian Buil



# Star'Ex LR (low resolution) - système solaire

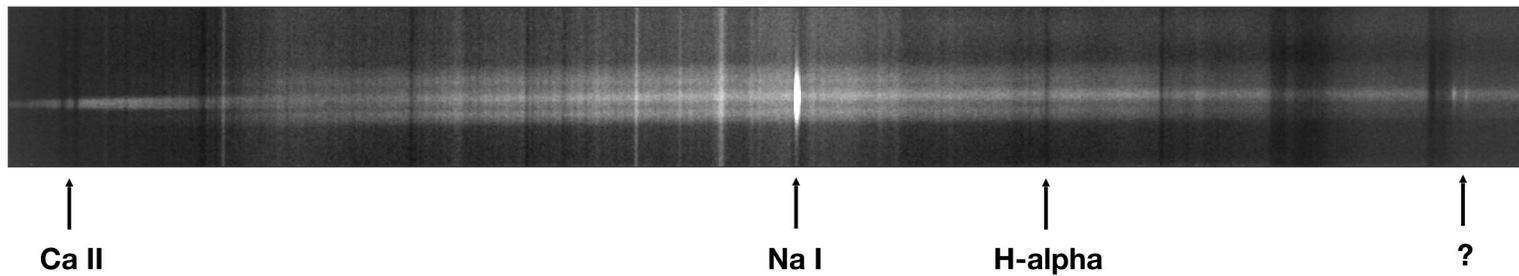
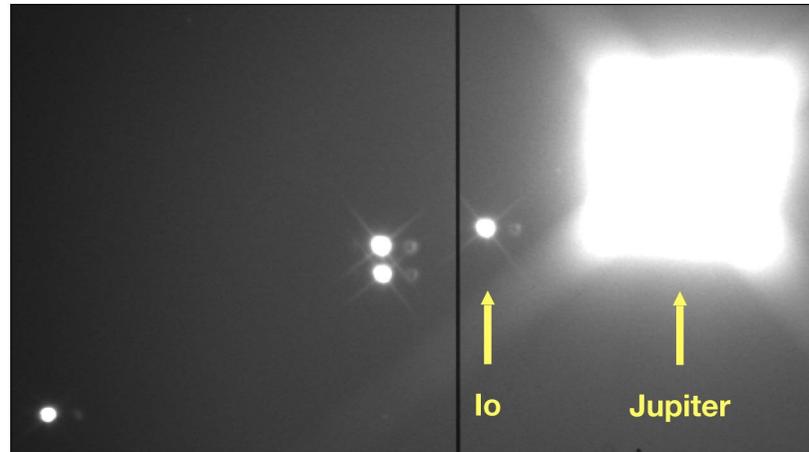
Comète C/2020 R4 - Star'Ex 300 - Newton 200 mm - Antibes + Lune



# Star'Ex LR (low resolution) - système solaire

## La trainée de sodium du satellite Io produit par le volcanisme

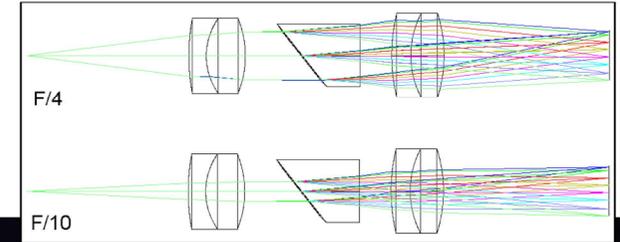
Star'Ex 300 traits/mm sur RC10 Sky-Watcher (29 août 2022)



Attention, plus ouvert que  $f/4$  = début de vignettage

## Choix du télescope : privilégier l'achromatisme (1/2)

Alpy 600



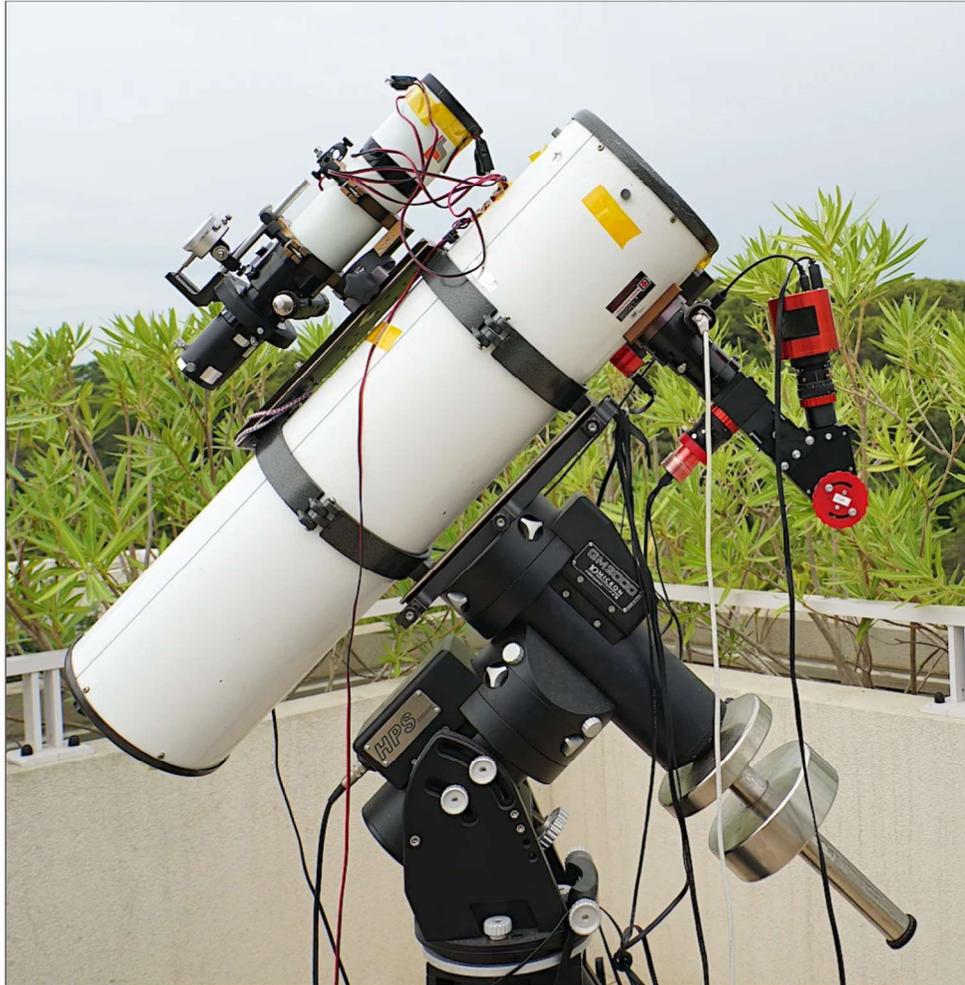
CN212 - F/3,9



D = 940 mm - F/4,45 - Saint-Caprais

# Choix du télescope : privilégier l'achromatisme (2/2)

Star'Ex



Newton 200 f/5

Attention à certains réducteurs de focale



« Vieux C8 »

# Spectrographie : penser aux opérations d'étalonnage

## Etalonnage spectral et radiométrique

La spectrographie 2.0 : recherche de solutions simples et économiques

Star'Ex - Fibres optiques

Alpy - Module intégré



# Spectro 2.0 initiative

Exploit today's technologies : relatively low cost equipment, easy to use, even in urban environment, very high performance (automation, optics, spectrograph at low cost thanks to 3D printing...). **Ideal for initiation, for discovery and for fun!**



Astrophotography and Spectrography



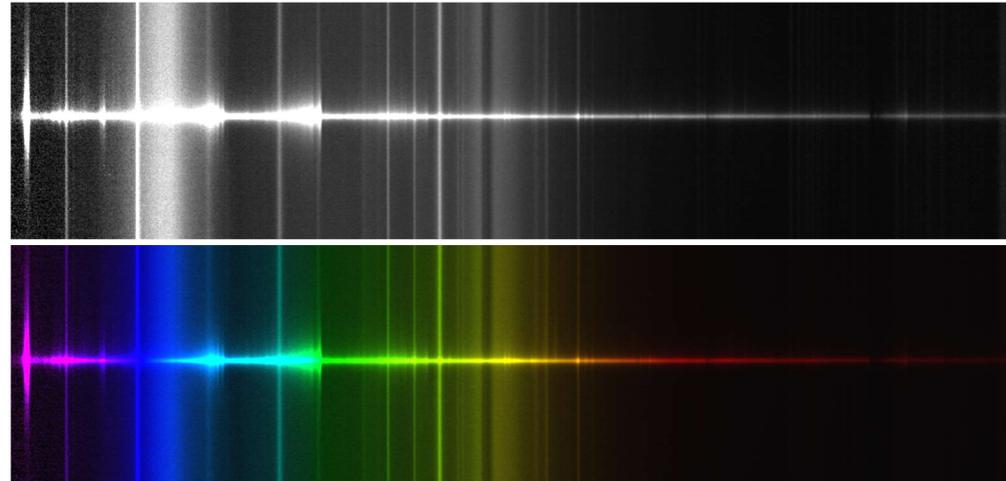
ASKAR FR300 and Star'EX



Flexibility and return on investment: From Sol'Ex to Star'Ex



Comet C/2022E3 (ZTF) spectrum taken from an urban area - **spectrography can be done anywhere!**



## Selected Area 51 (7h30m39s, +29°49'44", 2000.0)

### RAPAS : test magnitude limite avec un instrument compact grand-champ

Lunette FSQ85ED (d=85 mm, f= 450 mm)

Monture AM5

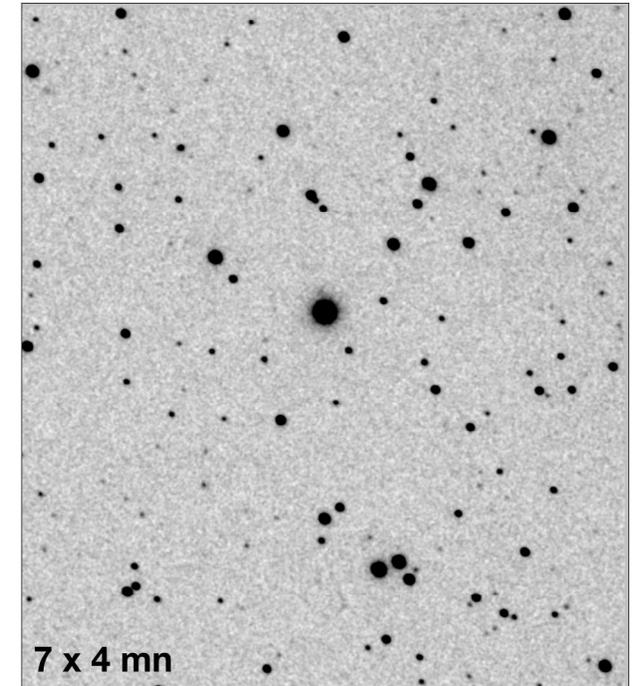
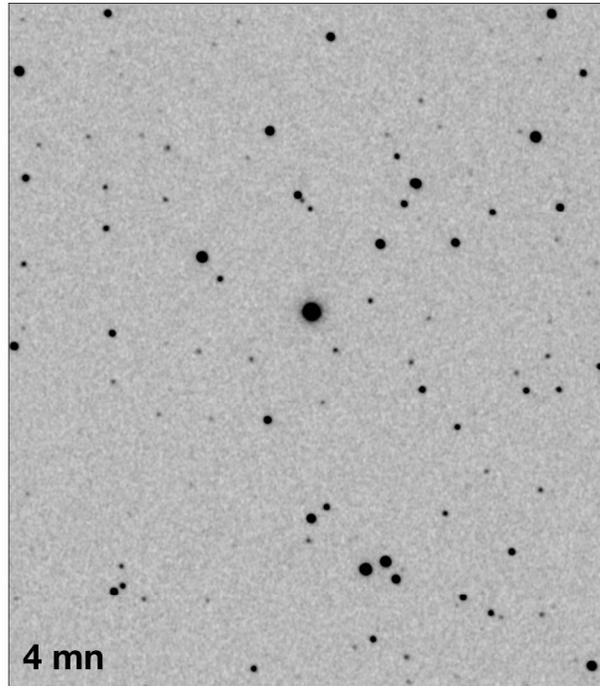
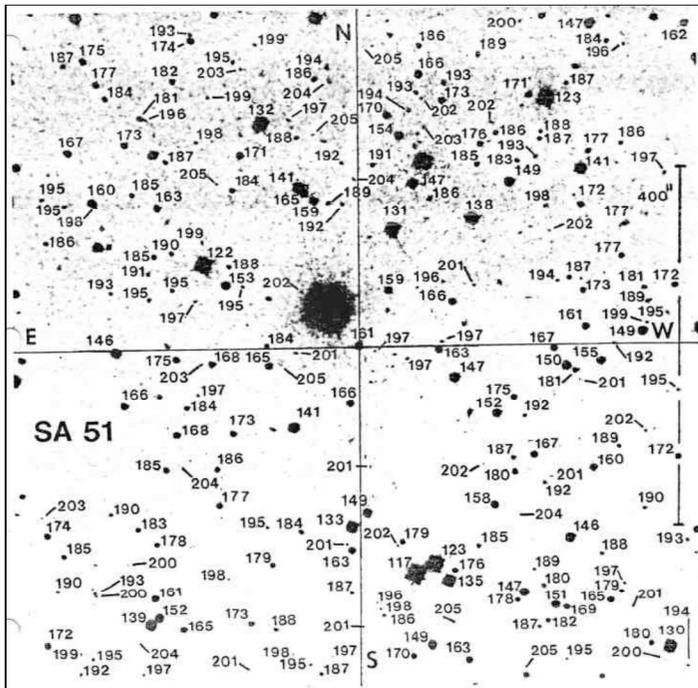
Caméra ASI6300MM (plein format 24x36)

Filtre IR/UV block Astronomik L2

Observation dans conditions peu favorables : depuis Antibes et sur les lumières de la ville de Cannes (mag. limite 3 à l'oeil)

Pose 4 mn, champ 4.57° x 3,05° : mag limite 17,5  
(Fdm = 0.35)

Pose 7x4 mn, champ 4.57° x 3,05° : mag limite 18,6  
(Fdm = 0.96)

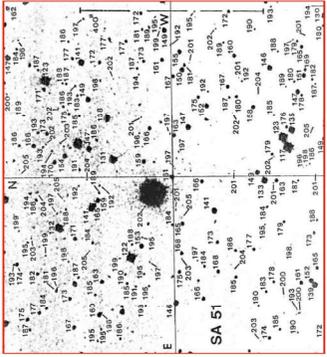


# Selected Area 51 (7h30m39s, +29°49'44", 2000.0) - Test spectrographie avec fente large (Star'Ex)

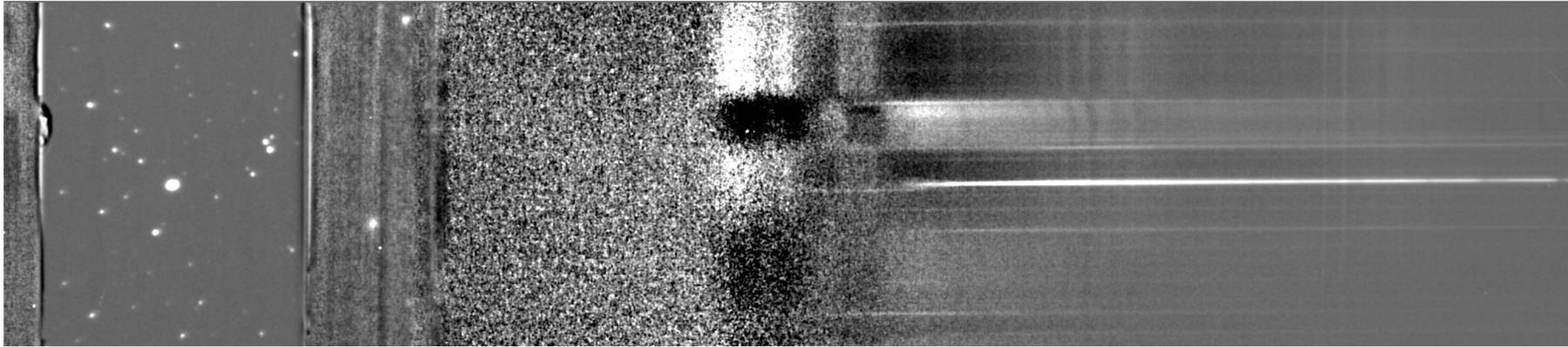
09/03/2023

Application : mesure de la SED précise d'objets de faible écart (SED = spectral energy distribution)

Lunette TS PhotoLine 80 ED (diamètre 80 mm, focale 480 mm) + Star'Ex LR 80x80, réseau 150 mm, fente large (2.0 mm x 4.5 mm), caméra ASI533MM Pro - Exposition 45 mn (9x300 s) durant la Pleine Lune et en milieu urbain (Antibes)



Carte de champ SA51



Champ spectro SA51

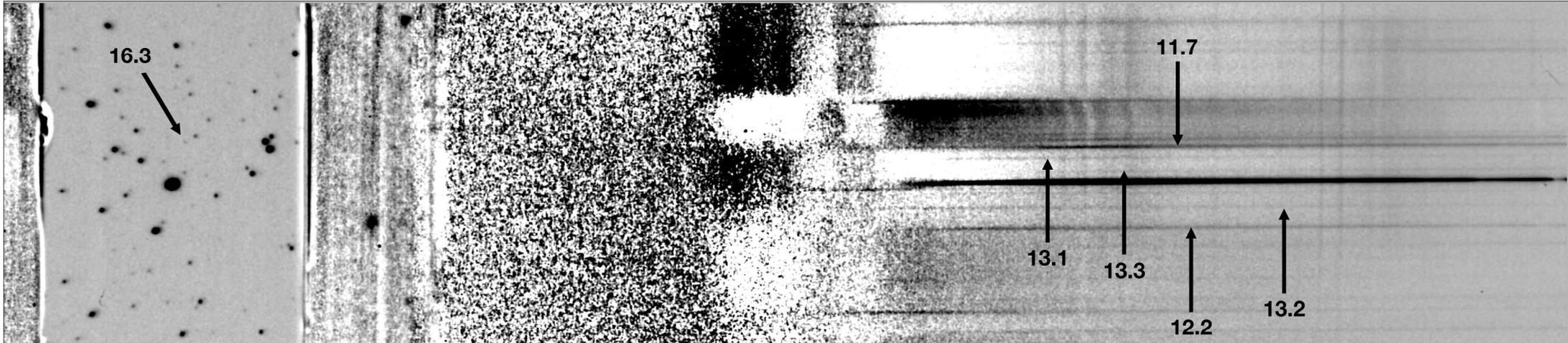
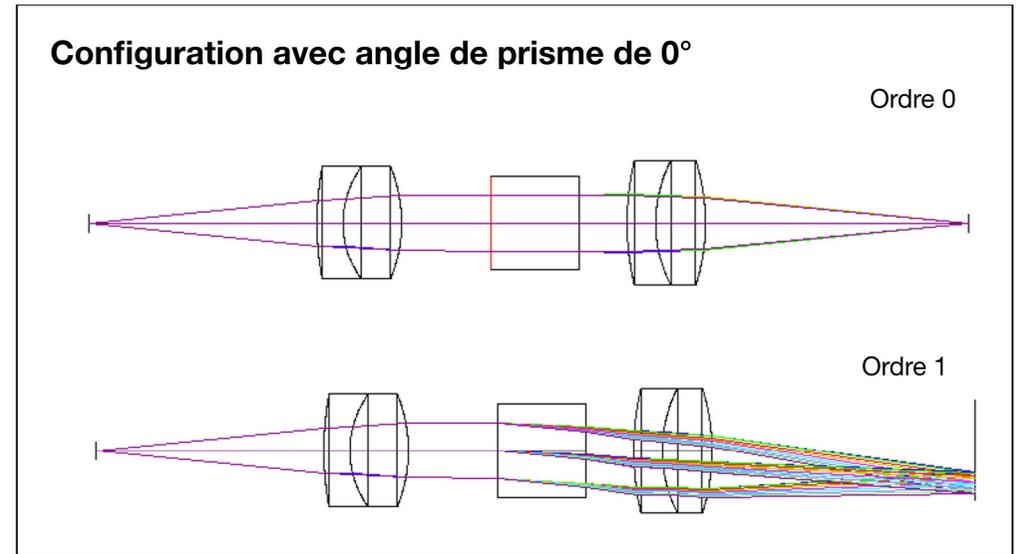
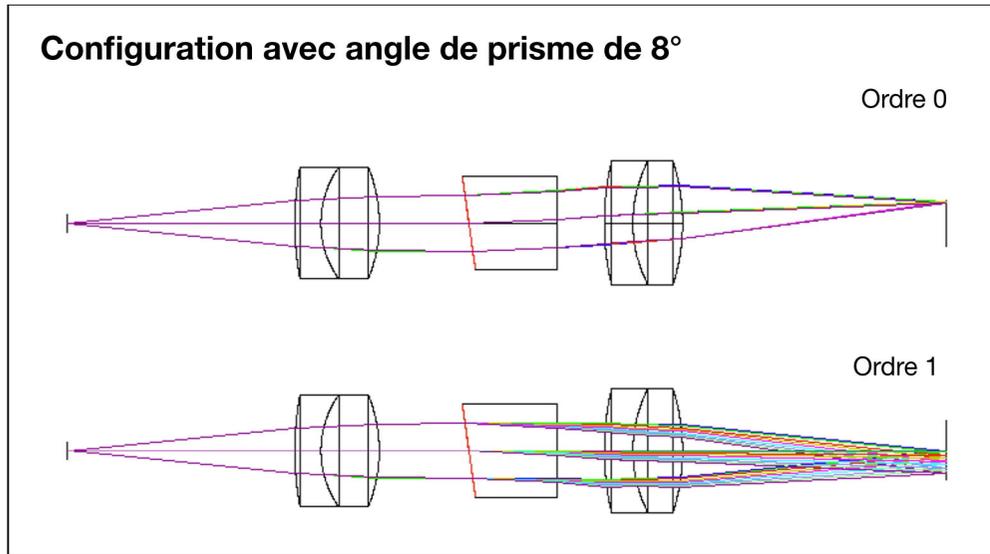


Image ordre 0

Spectre ordre 1 (R=180)

# Etude optique RAPAS - Alpy 200



## Application SED privilégié SED (Distribution Spectrale d'Energie) -> choix structurant (R = 100 environ)

Observation simultanée du spectre d'ordre 1 et du spectre d'ordre 0 (champ pointé).

Conversion d'un Alpy 600 en un Alpy 200 (réseau 200 t/mm).

- La taille linéaire du spectre de 380 nm à 750 nm est de 1,800 mm
- Le facteur de plaque est de 2055 A/mm
- Si la caméra est une ASI533MM Pro (pixels de 3,76 microns), la taille du spectre est de 480 pixels, et l'échantillonnage de 7,73 A/pixel
- Taille optique de la PSF : 5 à 10 microns (qualité image)
- Avec une fente de 23 microns (ou seeing équivalent à 23 microns au foyer), le pouvoir de résolution estimé à 550 nm est de  $R = 110$
- Capacité d'étalonnage spectral intégré avec l'image d'ordre 0.

# Etude RAPAS

Star'Ex sur un télescope de 150 mm f/5  
OHP - Août 2023



## Option Star'Ex très basse résolution : « Star'Ex VLR »

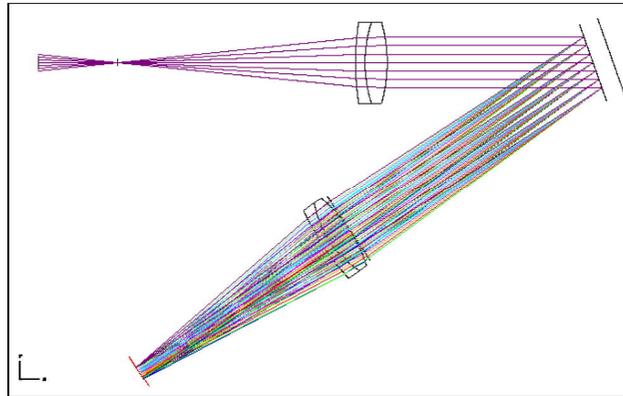
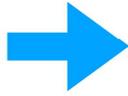
Christian Buil, août 2023

Base Star'Ex LR, objectif collimateur :  $f = 80$  mm (standard Star'Ex), objectif de caméra :  $f = 75$  mm (soit origine ThorLabs (proto ?), soit conception optimisée), réseau 150 t/mm blaze 500 nm, fente de 19 à 50 microns (suivant télescope et seeing), caméra science ASI533MM Pro, caméra de guide ASI462MM Pro ou ASI174MM Pro

### Choix A

Objectif ThorLarbs  
AC254-075-A

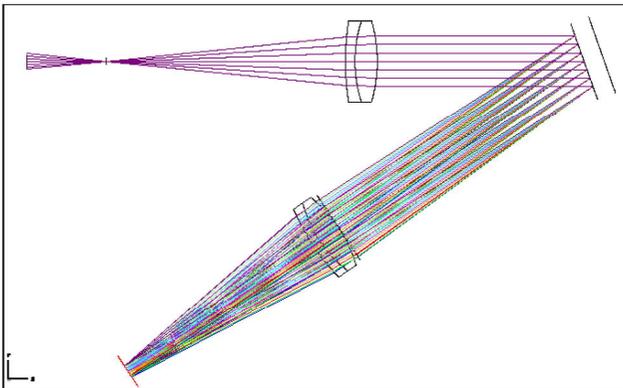
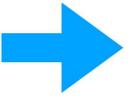
D = 25 mm - F = 75 mm  
Coût : 80 Euros



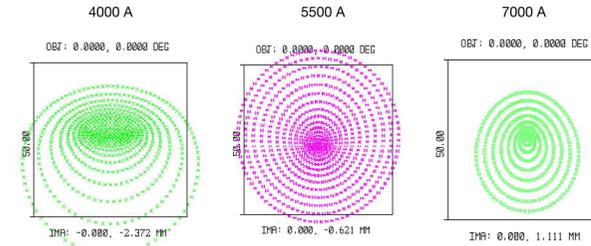
### Choix B

Objectif spécial optimisé

D = 25 mm - F = 75 mm  
Coût : ???

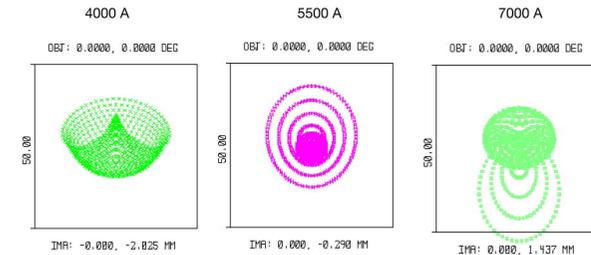


Spot-Diagrammes, taille du carré = 50 microns



Longueur du spectre de 3900 à 7500 A : 4,18 mm  
Dispersion spectrale : 860 A/mm - Domaine : 390 - 750 nm  
Pouvoir de résolution (R) : 180 @ 550 nm

Spot-Diagrammes, taille du carré = 50 microns



Longueur du spectre de 3900 à 7500 A : 4,18 mm  
Dispersion spectrale : 860 A/mm - Domaine : 380 - 750 nm  
Pouvoir de résolution (R) : 210 @ 550 nm

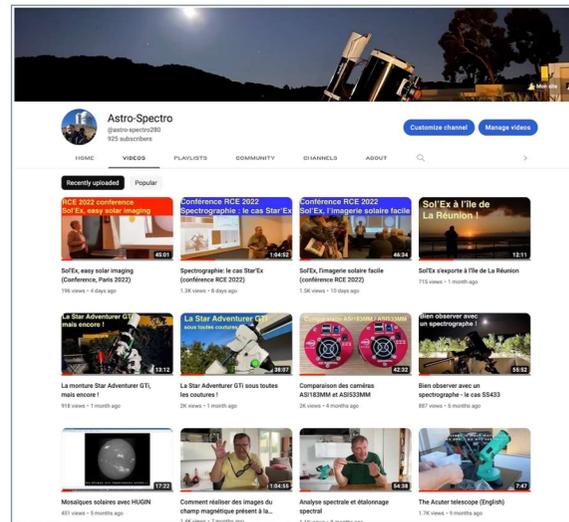
Note 1 : étude mécanique sur étagère. Unique modification : retouche tube objectif de 5 mm par rapport à la configuration Star'Ex LR.

Note 2 : porter une attention sur la (les) fente(s) d'entrée(s). Un développement spécifique est à prévoir pour une exploitation optimale (fentes de 23 à 50 microns est à prévoir pour s'adapter à la diversité des télescopes).

## Page « ressources »

### Partie 9 : les chaînes vidéo, les listes de discussion, les forums

Une large partie de la chaîne YouTube de l'auteur, [Astro-Spectro](#), est consacrée au projet Sol'Ex/Star'Ex. Un grand nombre de vidéos disponible sur la technique, sur les astuces, sur l'observation, sur les résultats. N'hésitez pas à vous y rendre et aussi à vous abonner car elle est mise à jour régulièrement !



N'hésitez pas non plus à rejoindre le groupe [Sol'Ex sur Facebook](#), riche de centaines de participant :

# Merci pour votre attention !

