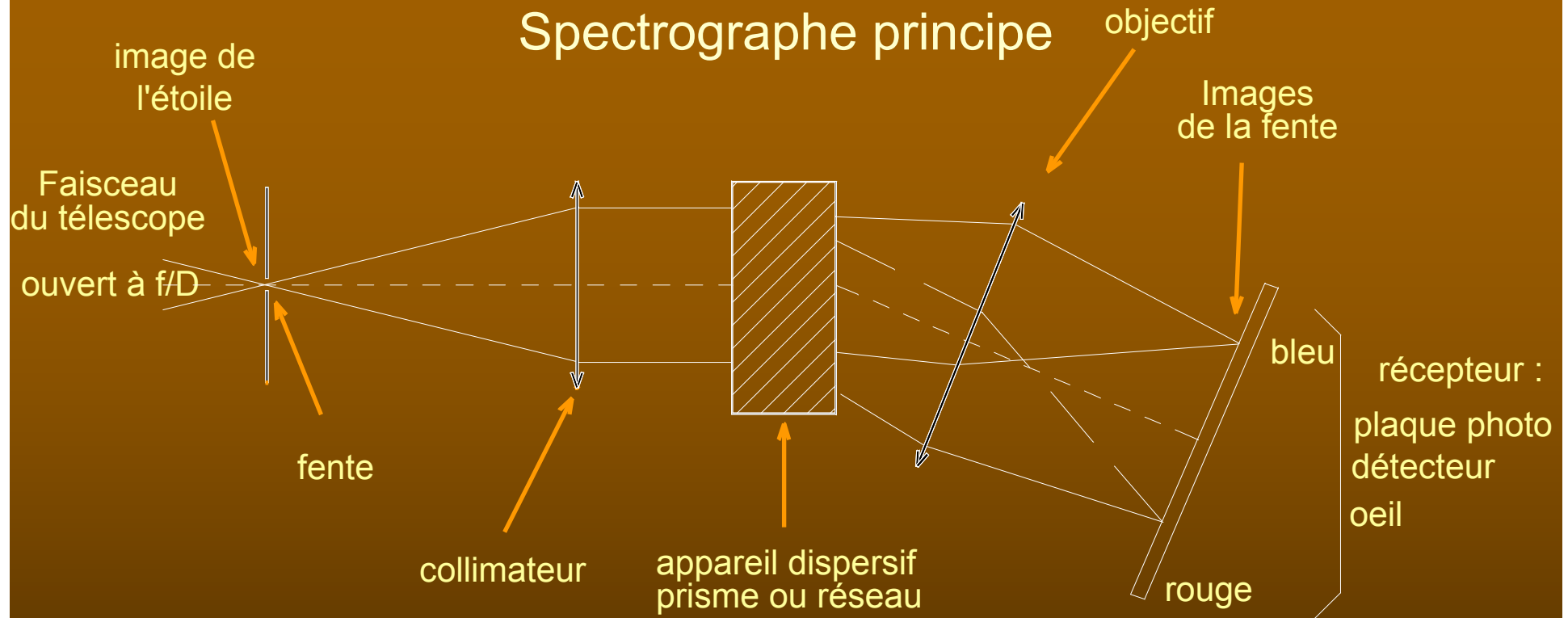


# Spectrographie Stellaire diurne

## I - Le spectrographe et sa caméra CCD

# Spectrographe principe



## Largeur de fente

étroite	raies fines
large	raies larges, mais plus de lumière

## Règlages :

collimateur	faisceau de lumière parallèle
objectif	images de la fente sur le récepteur
récepteur	orientation par rapport à la fente
disperseur	dispersion orthogonale à la fente
image	netteté sur la fente

# Spectrographe principe

Pourquoi une fente ?

L'image d'une étoile est ponctuelle

Le spectre de ce point lumineux devrait suffire

Une deuxième étoile dans le sens de la dispersion se superposerait au 1er spectre.

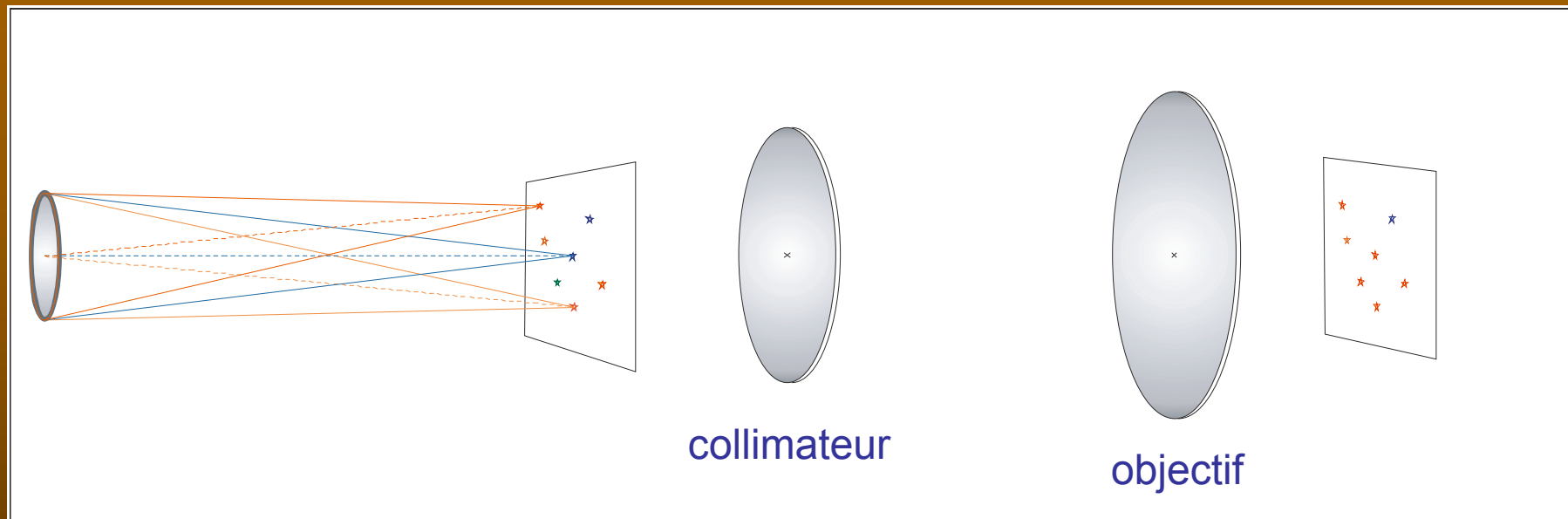
On peut tourner le spectrographe. Mais il peut y avoir beaucoup d'étoile dans le champ.

L'image d'une étoile est élargie par l'agitation atmosphérique

Sur un objet étendue les spectres de chaque partie se mélangeraient

La fente permet de couvrir une partie de l'image

# Spectrographe et Astronomie

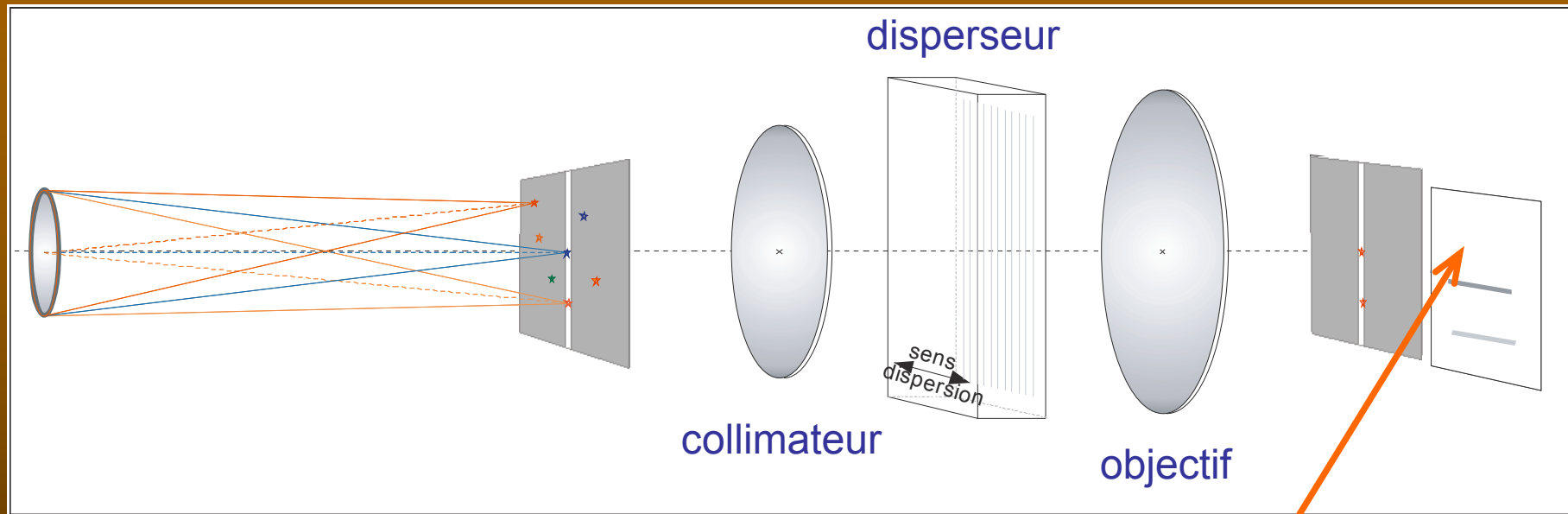


objectif  
instrument

image du ciel  
au plan  
focal

image du ciel  
sur le  
récepteur

# Spectrographe et Astronomie



On met entre collimateur et objectif un appareil disperseur.

Qui donne un spectre de chaque objet.

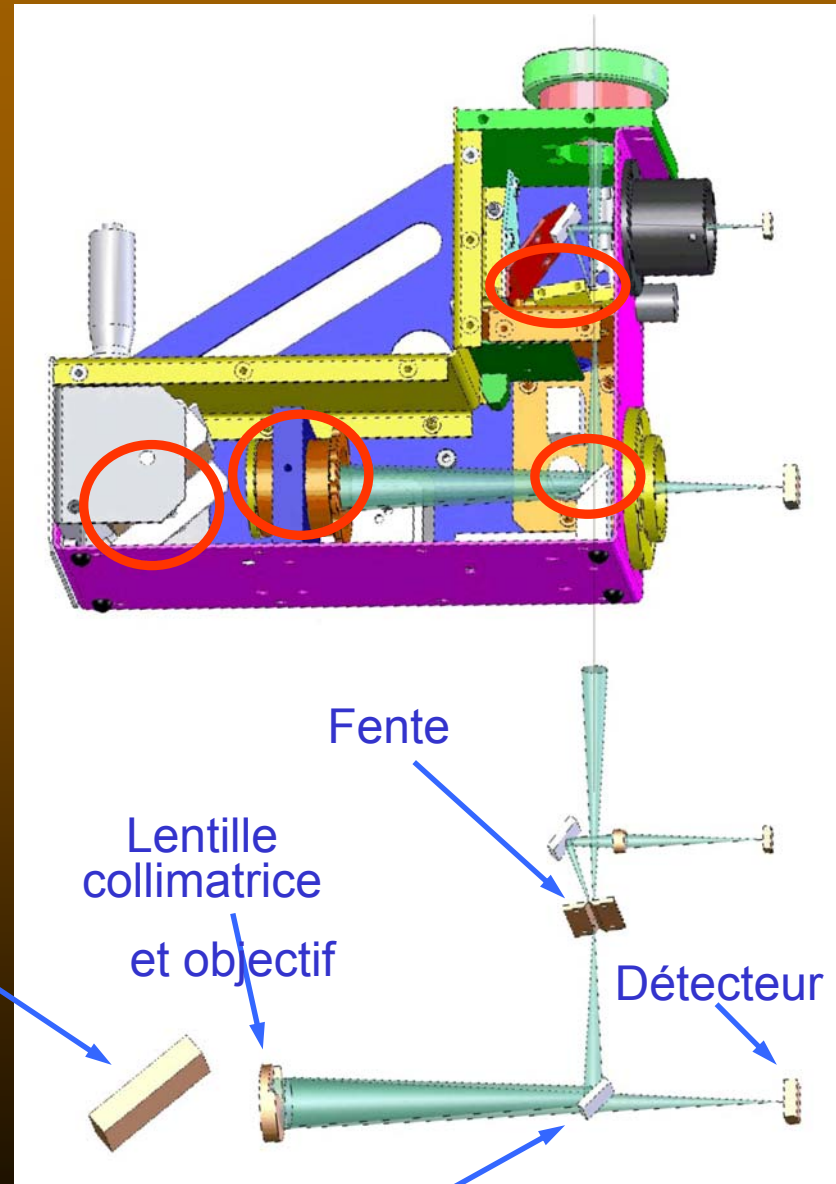
Dans le sens de la dispersion, il peut y avoir superposition.

Pour isoler les objets et limiter la largeur de la tache stellaire, on place une fente au plan focal de l'instrument.

# Le spectrgraphe Lhires III



Schéma optique



Réseau dispersif

Lentille collimatrice et objectif

Fente

Détecteur

La lentille collimatrice sert d'objectif.

Miroir de renvoi

# Le spectrographe Lhires III

La lentille collimatrice sert d'objectif.

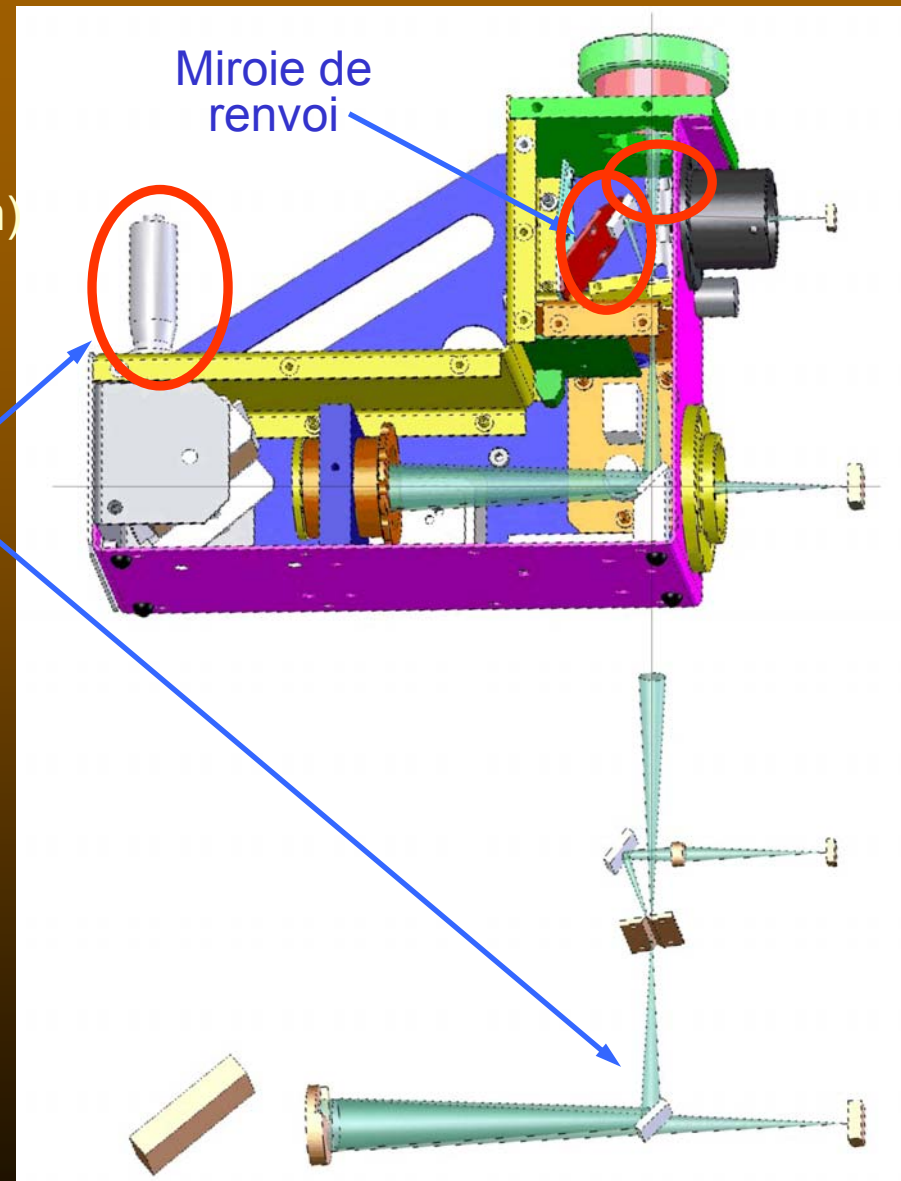
Oblige de travailler hors axe (distorsion)

Optique donnant un petit champ et  
*risque* de vignetage.

Pour parcourir le spectre, on  
fait tourner le réseau avec un  
repérage par un palmer.

En complément :

- un système de visée de la fente  
(support fente aluminé et miroir de  
renvoi)
- une lampe d'étalonnage au néon  
rétractable.



# Observations

- En spectroscopie avec un oculaire mis au plan focal image
- Avec une webcam sans objectif (attention à la petitesse du champ)
- Avec un appareil photo sans objectif
- Avec une camera CCD
- etc

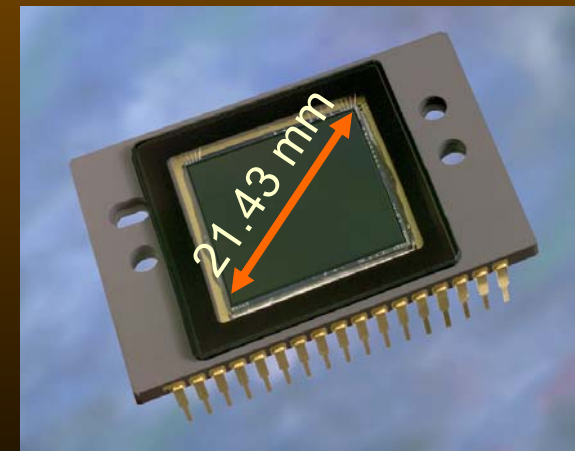


# La caméra CCD

Caméra : Atik Instruments 4000/11000



CCD : KODAK KAI-04022 IMAGE SENSOR



## Avantages de la caméra CCD

	Atik 4000
<b>Sensor Type</b>	Kodak KAI-4022
<b>Horizontal Resolution</b>	2048 pixels
<b>Vertical Resolution</b>	2048 pixels
<b>Pixel Size</b>	7.4 $\mu$ M x 7.4 $\mu$ M
<b>ADC</b>	16 bit
<b>Readout Noise (Typ.)</b>	11 e-
<b>Interface</b>	USB 2.0
<b>Power</b>	12v DC 2A (max)
<b>Maximum Exposure Length</b>	Unlimited
<b>Minimum Exposure Length</b>	1/1000 s
<b>Maximum QE</b>	55%
<b>Anti blooming</b>	>1000x
<b>Full Well</b>	40.000e
<b>Cooling</b>	Thermoelectric, 2 stage Liquid ready
<b>Weight</b>	Approx. 990 g

Nombre de pixels  
Dimension des pixels  
Dynamique des images (65535)

- au lieu de 256 niveaux

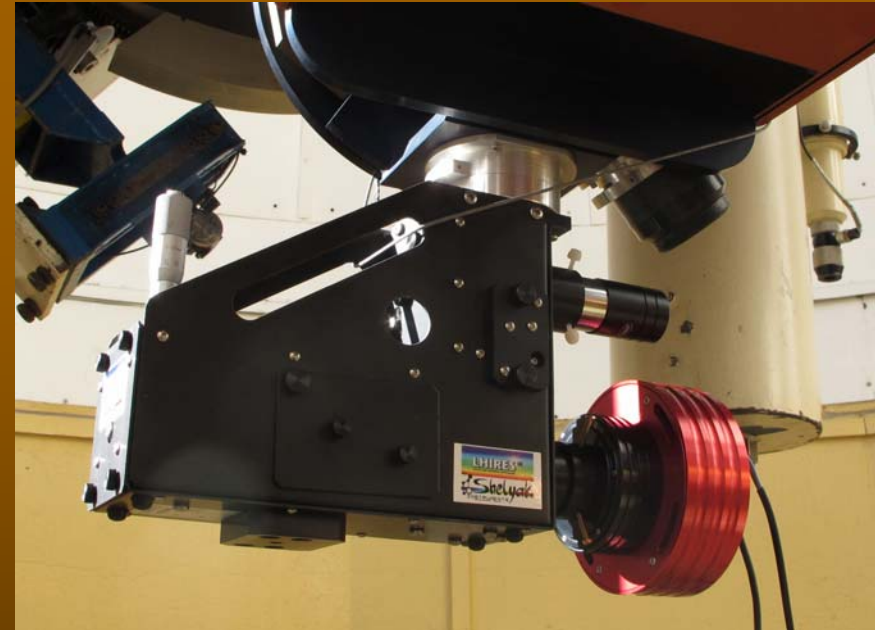
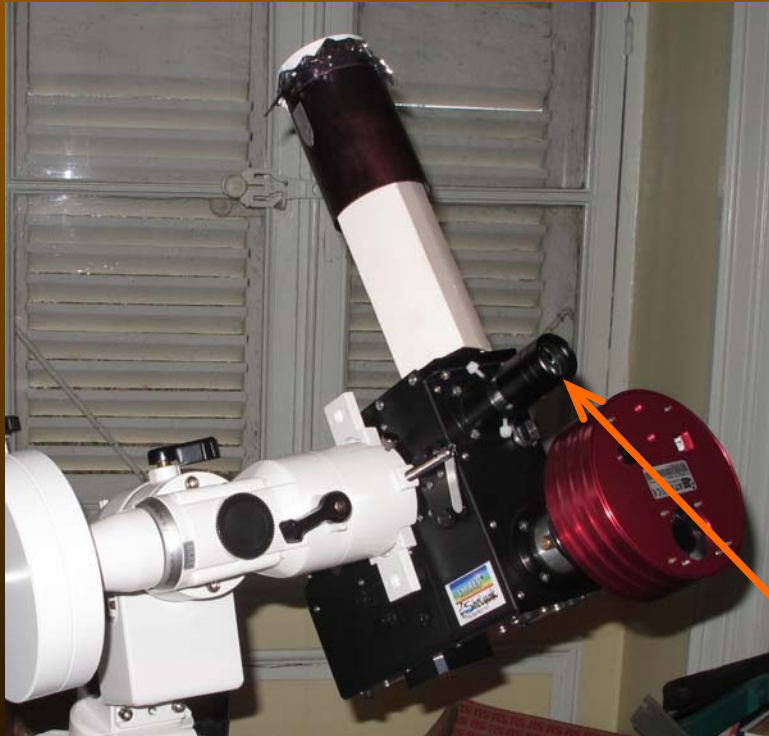
Longs temps de pose

Pas de couleur : il faut travailler avec des filtres

Traitement plus complexe : pixels chauds, bruyants, etc

# Installation du spectrographe

On « accroche » le spectrographe à la lunette ou au télescope,



ou on lui adapte une optique pour faire une image du ciel.

Il reste à faire les branchements et se servir du programme d'acquisition.

Oculaire de visée de la fente

# Branchements du spectrographe

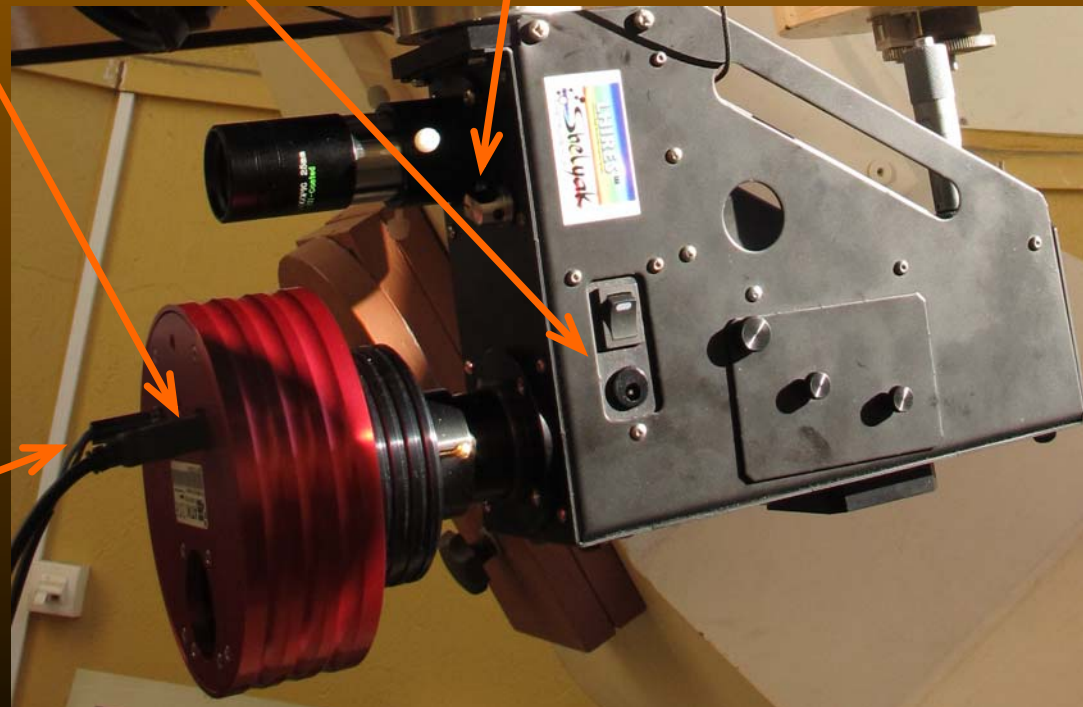
Source d'alimentation 12 volts continus :

- Alimentation de la lampe étalon Néon et son interrupteur.

- Bouton de basculement de la lampe au néon.

- Alimentation du boîtier du CCD

- Branchement sur PC pour l'acquisition (câble USB)

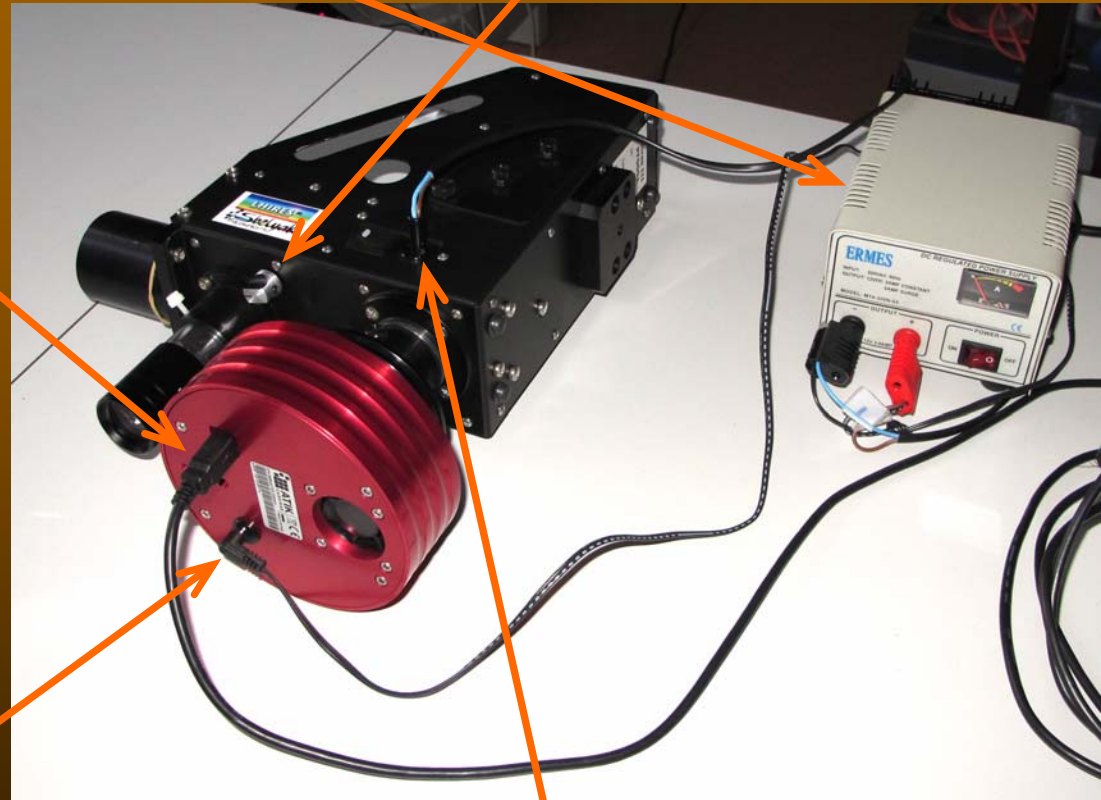


## Branchements du spectrographe

- Bouton de basculement de la lampe au néon.

Source d'alimentation 12 volts continus :

- Branchement sur PC pour l'acquisition (câble USB)



- Alimentation du boîtier du CCD

- Alimentation de la lampe d'étalonnage Néon et interrupteur.

# Lumières parasites

La conception du spectrographe n'est pas très étanche à la lumière

En journée, pour la spectrographie solaire, de la lumière parasite entre très facilement de partout.

Il faut l'en protéger.

En l'enveloppant dans une robe noire de tissu étanche à la lumière.

Tout en laissant passer l'optique, les câbles et ne pas gêner l'aération de la caméra.

Modèle primitif :



# Programme d'acquisition

## Programme *Artemis/ATK Capture*

The screenshot shows the Artemis ATK Capture software window. The menu bar includes File, View, Camera, Colour, Quick, and Help. The toolbar contains icons for acquisition, display, and exposure. Three blue circles highlight the acquisition, display, and exposure icons. A blue arrow points from the acquisition icon to the text 'Acquisition'. A blue arrow points from the display icon to the text 'Sauvegarde'. A green box highlights the main image area, with a green arrow pointing from the text 'Fenêtre Display' to it. A white box highlights the exposure settings dialog, with a white arrow pointing from the text 'Fenêtre Exposure' to it. The status bar at the bottom shows 'Ready', 'Not saved', and 'Zoom 1:1.5 Idle'.

**Acquisition**

**Sauvegarde**

**Fenêtre *Display***

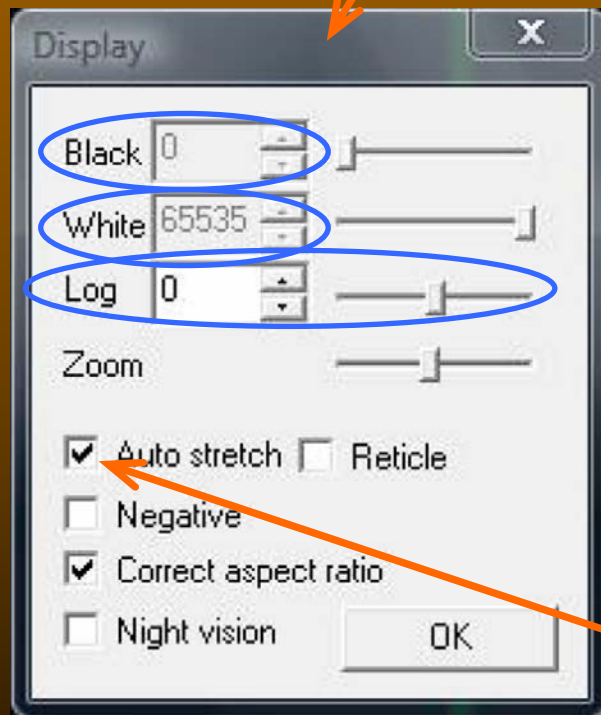
Pour voir l'image en jouant sur les niveaux et en zoomant

**Fenêtre *Exposure***

Réglages :

- temps de pose
- rebinnage
- fenêtrage

# Fenêtre *Display*



Pour l'image affichée :

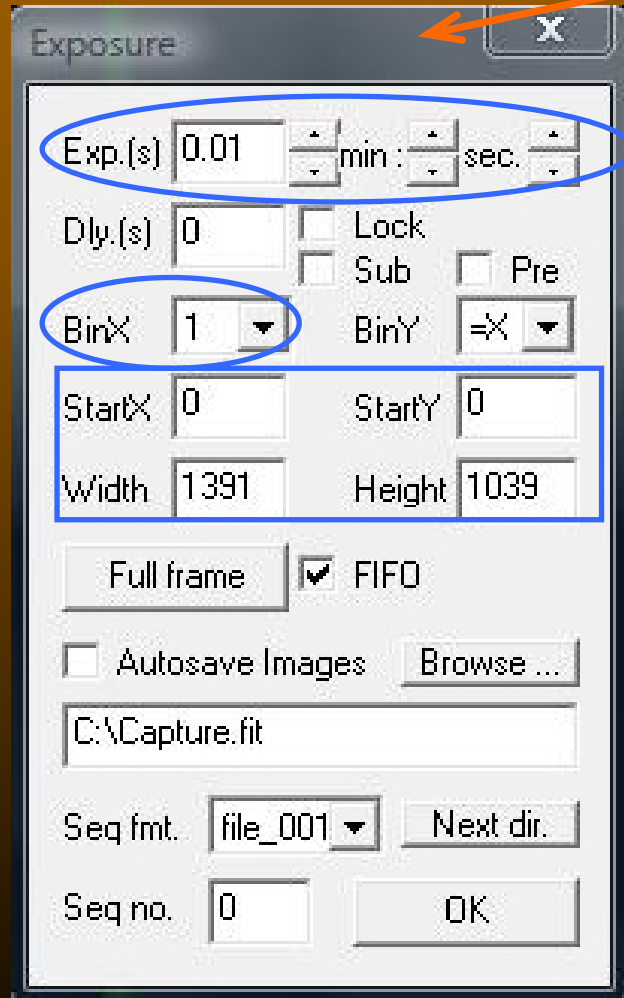
- tous les pixels dont la valeur est plus petite sont noirs
- tous les pixels dont la valeur est plus grande sont blancs

Les valeurs intermédiaires sont réparties en niveaux de gris du noir au blanc (linéairement ou logarithmiquement)

Option pour automatiser la vision entre les intensités min et max des pixels.



# Fenêtre *Exposure*



- temps de pose

- Rebinnage (regroupe les pixels : image plus petite, lecture plus rapide)

- Fenêtrage pour n'utiliser qu'une partie de l'image

Lecture plus rapide, fichiers plus petits

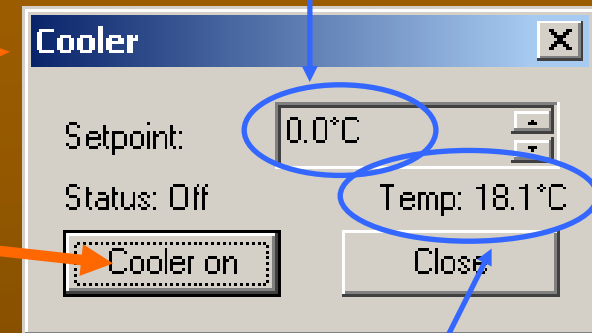
- répertoire de sauvegarde

## Fenêtre *Température (Cooler)*



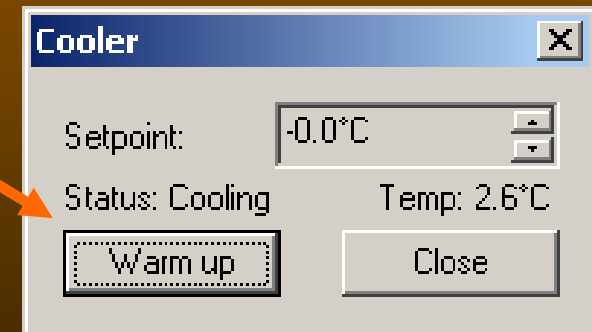
- Mise en route du refroidissement
- refroidissement
- Arrêt du refroidissement

Température désirée



Température du CCD

- A la fin des observations, ne pas arrêter la caméra avant que le CCD ne soit presque revenu en température ambiante.



- Un fort refroidissement du CCD (plus de 20° sous la température ambiante) est déconseillé, car il entraîne une forte consommation du système électrique.

## Montage et réglage

Le choix du constructeur d'utiliser une seule lentille pour faire la collimation et l'image spectrale sur le détecteur, donne peu de latitude.

Il faut commencer par régler la collimation.

Les faisceaux provenant de la fente et sortant de la lentille doivent être des faisceaux parallèles.

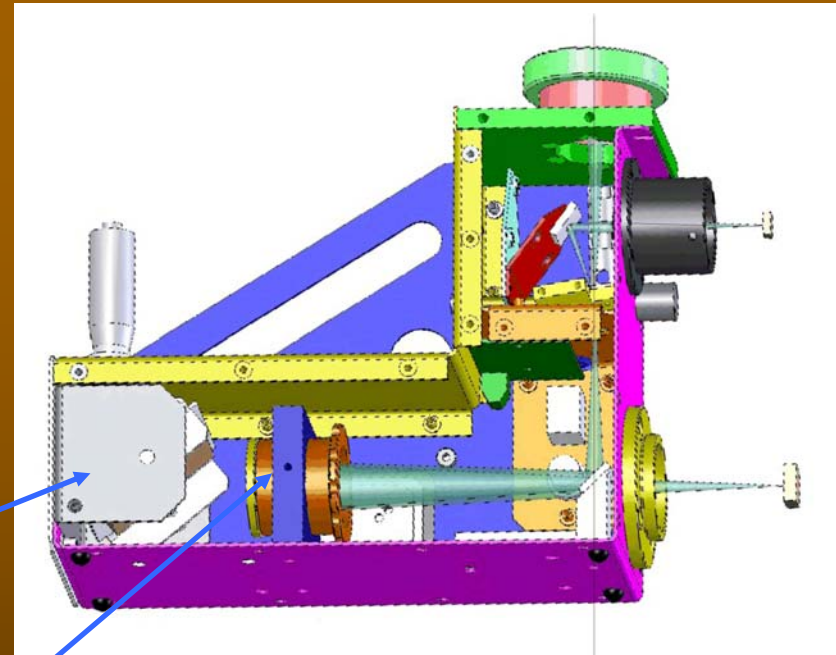
On enlève le réseau (dévisser avant le palmer à fond pour libérer le boîtier réseau).

Avec une lunette autocollimatrice (ou un appareil numérique avec téléobjectif et réglé sur l'infini) placée derrière la lentille, on règle la position de la lentille (par rotation dans son support) pour voir la fente nette.

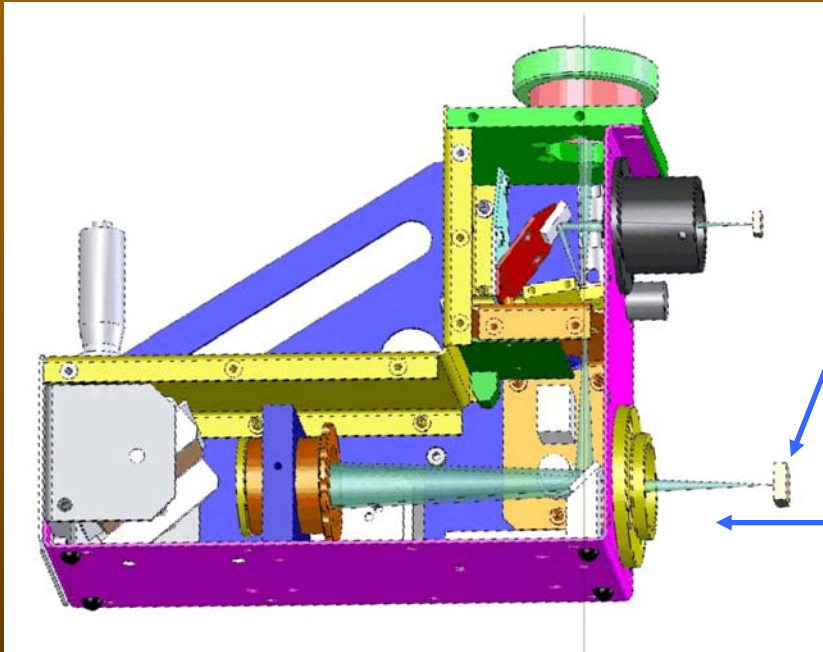
Serrer la lentille avec les deux vis nylon.

***Ne plus y toucher, car vous détruiriez le réglage de la collimation.***

Mise au point : voir diapositive suivante



## Montage et réglage



Le récepteur, caméra, appareil photo ou oculaire, doit être positionné au plan focal image.

(~45 mm en arrière de la bague de sortie)

Choisir dans les tubes d'adaptation ou faire une pièce à la mesure et parfaire la mise au point en avançant ou reculant le boîtier du récepteur.

Faire tourner le récepteur sur lui-même pour amener l'image de la fente dans le sens des colonnes du CCD, et dans le sens des lambdas croissants.

Les autres réglages : orientations de la fente et du réseau, ont peu de marges et demandent une approche manuelle empirique.

Après si ce n'est pas parfait (ce qui est le cas avec les aberrations dues à l'utilisation hors axe central de la lentille, il faudra compter sur l'informatique pour corriger au mieux.

# Première image sur le ciel

On pointe le ciel, pour avoir la lumière solaire.

Réglage de la plage de longueur d'onde :

Position palmer pour orienter le réseau : vers 15 – 15.5

Temps de pose ?      Essai : 10 secondes

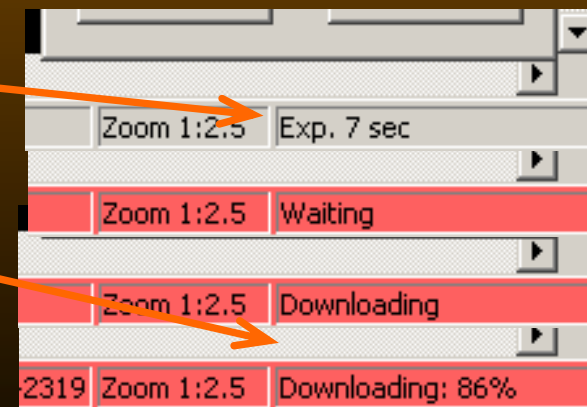
Lancement de l'acquisition



- décomptage

- transfert

Si image correcte : sauvegarde.



## Première image sur le ciel

Triplet caractéristique du magnésium

5167.322 Å , 5172.686 Å, 5183.606 Å

Première remarques

- Les raies spectrales ne sont pas droites
- Il y a des pixels chauds (ou bruyants)
- Dispersion approximative :

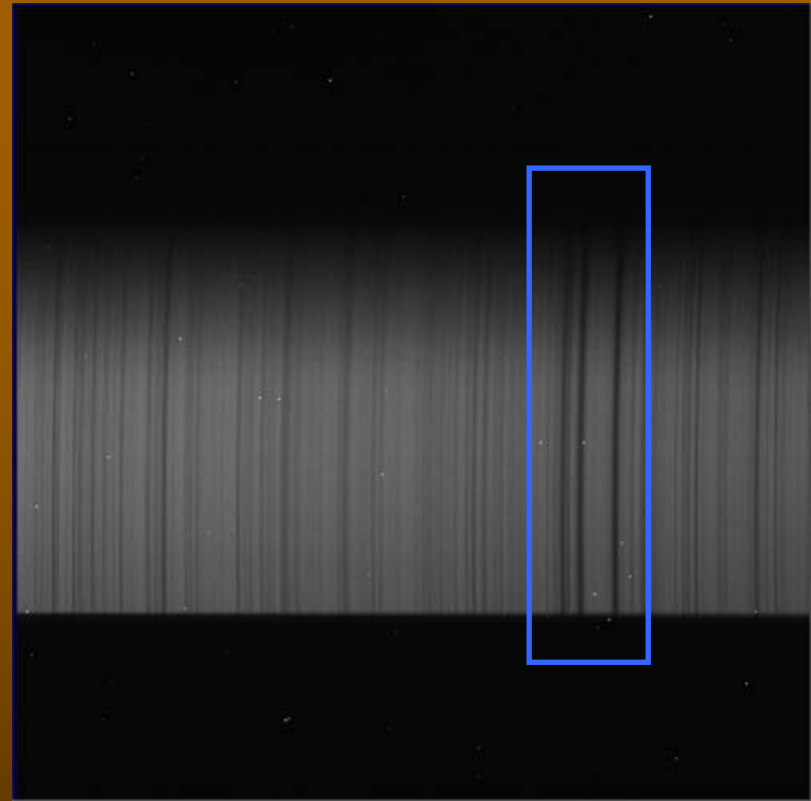
$$(5183.606 - 5167.322) / 135 = 26.3/135 = 0.12 \text{ \AA} / \text{pixel}$$

- Résolution :  $\lambda / \Delta \lambda = 5180 / 0.12 = 43000$

*Bonne résolution*

- Domaine spectral vers 5200 Å :  $2047 * 0.12 = 247 \text{ \AA}$  :

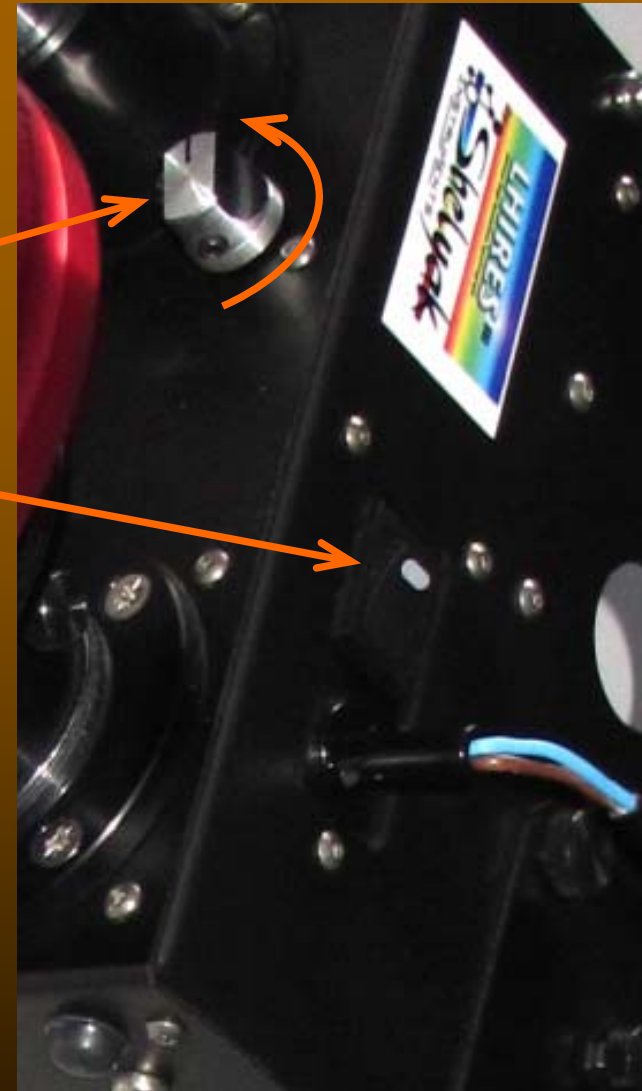
*Champ étroit*



# Étalonnage Néon

Pour faire un étalonnage néon :

- Basculer la lampe devant la fente
- Allumer la lampe
- Temps de pose : fonction du domaine de longueur d'onde (à essayer)
- Sauvegarde.
- Après les poses d'étalonnage penser à éteindre et relever la lampe d'étalonnage.



Le programme et le pilote de la caméra CCD s'installent à partir du fichier *artemisinstall.exe* dans le répertoire *programmes\_sources\ArtemisCCD* des documents fournis.

FIN