

Le réglage fin d'un spectrographe stellaire

Fine tuning a stellar spectrograph

Christian Buil
(V1.0 – 11 juin 2025)

1. Objet/Goal

Malgré un montage et un réglage soignés sur table d'un spectrographe, les observateurs rapportent souvent le problème suivant lors de la première lumière sur les étoiles :

L'image de la fente est nette dans la caméra de guidage et la focalisation du télescope est jugée correcte (l'image des étoiles est fine dans cette caméra en même temps que celle de la fente). Par ailleurs, l'image du spectre sur une source étendue (lumière du jour, pointage de la lune, pose longue de nuit sur le fond de ciel) apparaît nette, c'est-à-dire que le spectre est bien focalisé dans le plan de la caméra scientifique. Tout semble aller pour le mieux, mais malgré tous ces signaux positifs, dès que l'on pointe une première étoile, le spectre de celle-ci apparaît anormalement élargi.

Les raies stellaires peuvent demeurer nettes, mais on est loin d'obtenir un spectre concentré suivant l'axe spatial (perpendiculaire à la dispersion) sur un tout petit nombre de pixels.

Le mauvais réflexe ici est d'essayer de refocaliser le télescope. Certes, il est alors possible d'obtenir une trace plus fine du spectre de l'étoile, mais en même temps, les étoiles sont défocalisées dans le plan de la fente, ce qui conduit à une perte considérable de flux optique entrant dans le spectrographe.

Tout ce qui vient d'être décrit est le symptôme d'un réglage insuffisamment précis de l'objectif collimateur. La fente n'est pas exactement au foyer optimal de ce dernier. Par conséquent, les rayons qui sortent de l'objectif collimateur et provenant d'un point de la fente ne sont pas parallèles, ce qui cause l'astigmatisme : le spectre est net dans une direction mais flou dans la direction perpendiculaire.

Cette note explique comment régler cette difficulté en observant les étoiles elles-mêmes (donc de nuit, sur le télescope) et obtenir un réglage parfait de l'instrument.

Despite careful assembly and adjustment of the spectrograph on a table, observers often report the following problem when first observing stars:

The image of the slit is sharp in the guide camera and the telescope focus is considered correct (the image of the stars is sharp in this camera at the same time as the image of the slit). Furthermore, the image of the spectrum on an extended source (daylight, moon pointing, long night exposure against the sky background) appears sharp, i.e., the spectrum is well focused in the plane of the scientific camera. Everything seems to be

going well, but despite all these positive signs, as soon as you point at a star, its spectrum appears abnormally broad.

The stellar lines may remain sharp, but we are far from obtaining a spectrum concentrated along the spatial axis (perpendicular to the dispersion) on a very small number of pixels.

The wrong reflex here is to try to refocus the telescope. Admittedly, it is then possible to obtain a finer trace of the star's spectrum, but at the same time, the stars are defocused in the plane of the slit, which leads to a considerable loss of optical flux entering the spectrograph. Everything described above is a symptom of insufficiently precise adjustment of the collimating lens. The slit is not exactly at the optimal focus of the collimating lens. As a result, the rays coming out of the collimating lens and originating from a point in the slit are not parallel, causing astigmatism: the spectrum is sharp in one direction but blurred in the perpendicular direction.

This note explains how to adjust this difficulty by observing the stars themselves (i.e., at night, on the telescope) and obtaining a perfect adjustment of the instrument.

2. Montage/Setup

Pour illustrer la procédure, nous nous appuyons sur une configuration de spectrographe à basse résolution utilisé sur un télescope Newton très ouvert, à f/4. Ces conditions sont parmi les plus difficiles pour un spectrographe, car tous les défauts optiques y sont exacerbés. Il est important de noter que la procédure décrite est tout aussi applicable à un spectrographe haute résolution exploité, par exemple, à f/8.

Le télescope utilisé est le modèle Sky-Watcher Quattro 150P, avec un diamètre de 150 mm et une longueur focale de 600 mm, fixé sur une monture ZWO AM5 :

To illustrate the procedure, we use a low-resolution spectrograph configuration on a very open Newtonian telescope with a focal ratio of f/4. These conditions are among the most difficult for a spectrograph, as all optical defects are exacerbated. It is important to note that the procedure described is equally applicable to a high-resolution spectrograph operating at, for example, f/8.

The telescope used is the Sky-Watcher Quattro 150P model, with a diameter of 150 mm and a focal length of 600 mm, mounted on a ZWO AM5 mount:



Le spectrographe est Star'Ex LR (by Azur3DPrint), monté directement au foyer Newton :

The spectrograph is Star'Ex LR (by Azur3DPrint), mounted directly at the Newtonian focus:



La caméra de science est un modèle Player One Uranus M Pro et la caméra de guidage est un modèle ZWO ASI290MM :

The science camera is a Player One Uranus M Pro model and the guide camera is a ZWO ASI290MM model:



Une caractéristique essentielle que doit posséder le spectrographe est la capacité d'ajuster précisément le tirage optique de l'objectif in situ, sans aucun démontage. C'est par exemple le cas avec la version Azut3DPrint de Star'Ex, où une molette permet de faire cet ajustement en la tournant dans un sens ou dans l'autre :

An essential feature that a spectrograph must have is the ability to precisely adjust the optical draw of the lens in situ, without any disassembly. This is the case, for example, with the Azut3DPrint version of Star'Ex, where a knob allows this adjustment to be made by turning it in one direction or the other:



3. Procédure

Les acquisitions sont réalisées avec le logiciel CCDCiel de Patrick Chevalley. Pour des informations sur la façon d'installer et utiliser ce logiciel, téléchargez ce document :

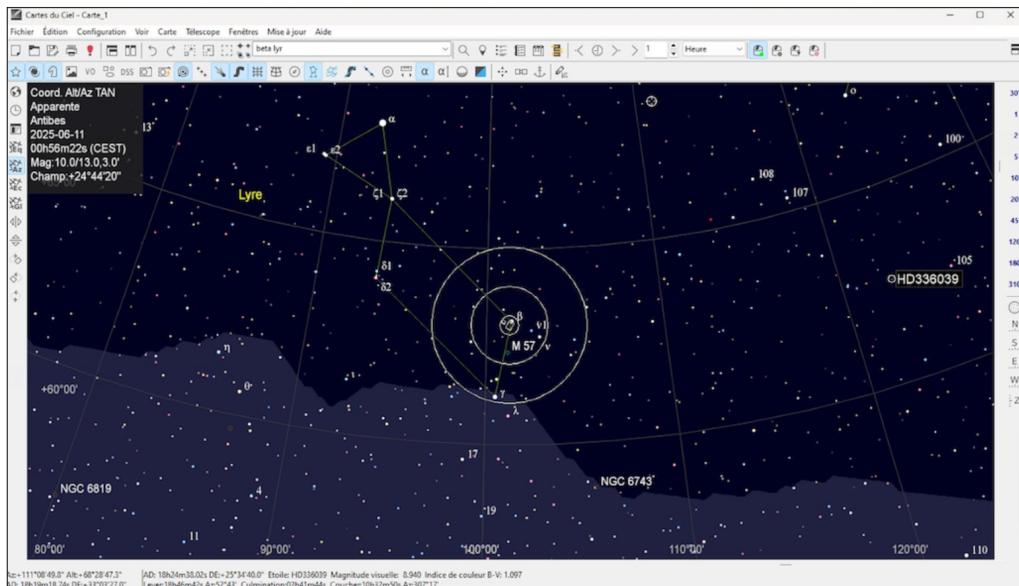
[https://buil.astrosurf.com/CCDCiel/Aide_CCDCiel.pdf.](https://buil.astrosurf.com/CCDCiel/Aide_CCDCiel.pdf)

Pointer une étoile de magnitude 3 à 5. Dans l'exemple nous visons l'étoile beta Lyre (Shelyak) qui présente l'intérêt de montrer de belles raies en émission, ce qui permet de mieux contrôler encore les réglages :

Acquisitions are made using Patrick Chevalley's CCDCiel software. For information on how to install and use this software, download this document:

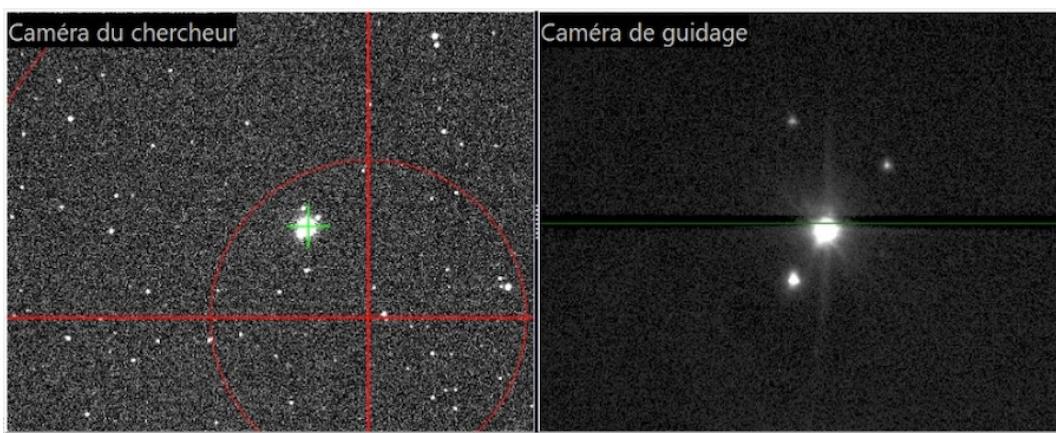
https://buil.astrosurf.com/CCDCiel/Aide_CCDCiel.pdf

Point to a star with a magnitude of 3 to 5. In the example, we are aiming at the star beta Lyra (Shelyak), which is interesting because it shows beautiful emission lines, allowing for even better control of the settings:



L'étoile cible dans le chercheur (modèle Sky Watcher Evostar 50) et dans la caméra de guidage :

The target star in the finder (Sky Watcher Evostar 50 model) and in the guide camera:



L'ordre des opérations est crucial, il est important de ne pas en dévier. Voici les étapes à réaliser en séquence.

The order of operations is crucial, and it is important not to deviate from it. Here are the steps to follow in sequence.

ETAPE 1/STEP 1

Sur un fond ciel lumineux et uniforme (au crépuscule par exemple), focaliser la caméra de guidage afin d'obtenir une image bien nette de la fente :

Against a bright, uniform sky background (at dusk, for example), focus the guide camera to obtain a clear image of the slit:



Il est important d'obtenir des bords bien nets de la fente, ici le modèle GEN2 de Star'Ex (une portion, avec la zone photométrique et un fort zoom pour bien détailler) :

It is important to obtain sharp edges of the slit, here the GEN2 model from Star'Ex (one section, with the photometric area and a strong zoom for detail):



Vous ne devez plus revenir sur ce réglage pour la suite.

You do not need to change this setting again.

ETAPE 2/STEP 2

Au départ, vos images d'étoiles seront sûrement floues (alors que la fente est nette) :

At first, your images of stars will probably be blurry (while the slit is sharp):



Ajuster la focalisation du télescope pour projeter une image bien nette des étoiles dans le plan de la fente d'entrée et obtenir des images fines des étoiles :

Adjust the focus of the telescope to project a sharp image of the stars in the plane of the entrance slit and obtain sharp images of the stars:



Vous ne devez plus retoucher ce réglage.

You should not change this setting again.

ETAPE 3/STEP 3

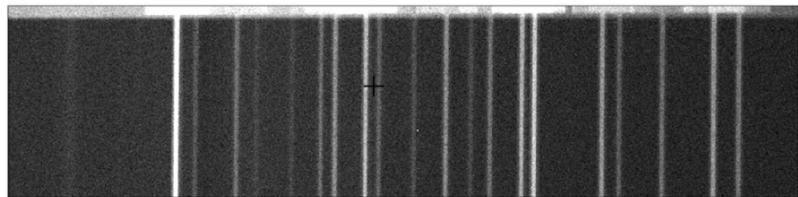
Focaliser la caméra science pour obtenir une image nette des raies spectrales :

Focus the science camera to obtain a clear image of the spectral lines:



Dans l'exemple ci-après, nous utilisons les raies spectrales en émission issues d'une lampe au néon qui illumine toute la pupille d'entrée du télescope. Si la lampe est petite, il suffit de l'agiter devant l'entrée du télescope pendant l'exposition.

In the example below, we use spectral lines emitted by a neon lamp that illuminates the entire entrance pupil of the telescope. If the lamp is small, simply wave it in front of the telescope entrance during exposure.



Vous pouvez aussi profiter du crépuscule pour réaliser la même focalisation sur le spectre solaire de la lumière du jour.

Vous ne touchez plus à ce réglage.

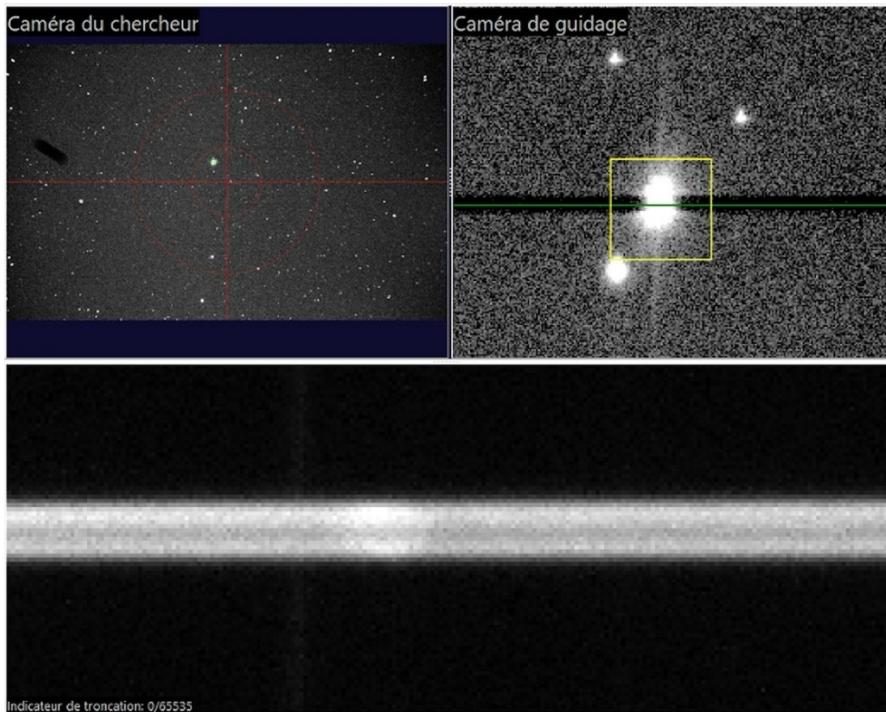
You can also take advantage of twilight to achieve the same focus on the solar spectrum of daylight.

Do not change this setting.

ETAPE 4/STEP 4

Prendre le spectre de l'étoile (ici une pose de 5 secondes, avec un zoom centré sur la raie Halpha en émission, mais vous pouvez aussi viser une étoile plus « normale ») :

Take a spectrum of the star (here a 5-second exposure, with the zoom centered on the Halpha emission line, but you can also aim at a more “normal” star):



Le spectre de l'étoile apparaît dans la partie inférieure. Il est important de poser le bon diagnostic. Dans cet exemple, la trace du spectre est large, ce qui n'est pas satisfaisant et c'est ce que nous voulons corriger. Le trait horizontal au milieu de la trace est l'image de l'obstruction centrale du miroir primaire du télescope, visible car la trace est défocalisée suivant l'axe vertical en raison de l'astigmatisme.

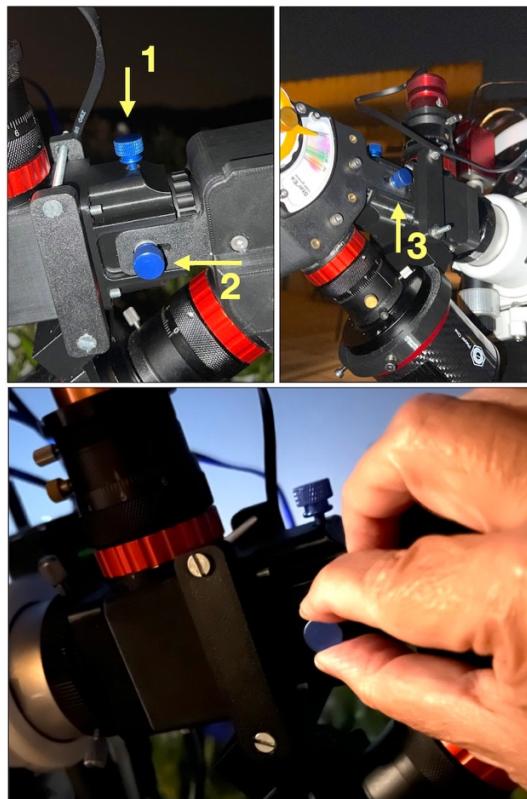
Nous allons maintenant ajuster la position du bloc collimateur par translation.

Dans le cas de l'instrument Star'Ex LR, desserrez complètement la vis 1 (voir l'illustration ci-après). Desserrez également les vis 2 et 3 tout en laissant une légère pression pour que le bloc collimateur puisse se déplacer avec une friction raisonnable. Le système est sécurisé, mais par précaution et pour plus de confort, il est vivement recommandé de pointer une étoile de telle manière que l'axe optique du collimateur soit dans une position approximativement horizontale.

The spectrum of the star appears in the lower part. It is important to make the correct diagnosis. In this example, the spectrum trace is wide, which is not satisfactory and is what we want to correct. The horizontal line in the middle of the trace is the image of the central obstruction of the telescope's primary mirror, visible because the trace is defocused along the vertical axis due to astigmatism.

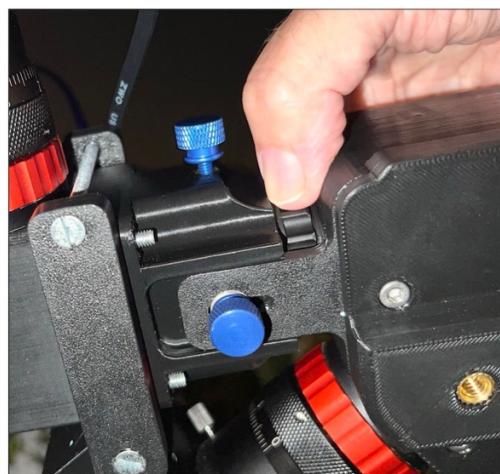
We will now adjust the position of the collimator block by translation.

In the case of the Star'Ex LR instrument, completely loosen screw 1 (see illustration below). Also loosen screws 2 and 3 while applying slight pressure so that the collimator block can move with reasonable friction. The system is secure, but as a precaution and for greater comfort, it is strongly recommended that you point the telescope at a star so that the optical axis of the collimator is in an approximately horizontal position.



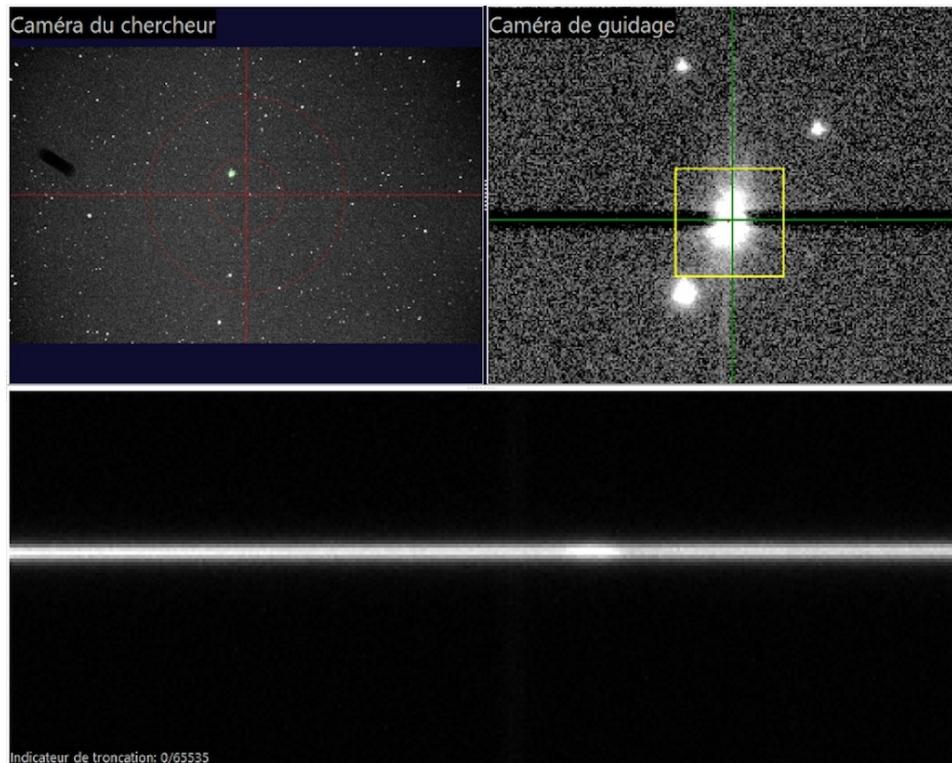
Tournez la bague de réglage du bloc d'un demi-tour dans un sens pour commencer. Assurez-vous, en poussant le corps principal de Star'Ex, que celui-ci soit bien en appui sur la bague si vous devez la dévisser.

Turn the adjustment ring on the block half a turn in one direction to begin. Push the main body of Star'Ex to ensure that it is firmly against the ring if you need to unscrew it.



Centrez l'étoile, puis réalisez un nouveau spectre. Bien sûr, si la trace s'élargit, il faudra tourner la bague de réglage dans le sens inverse. En procédant par tâtonnements (en finissant par un réglage au 1/10 de tour), vous allez obtenir un résultat similaire à ceci :

Center the star, then take a new spectrum. Of course, if the trace widens, you will need to turn the adjustment ring in the opposite direction. By trial and error (finishing with a 1/10 turn adjustment), you will obtain a result similar to this:



Tout est net simultanément : la fente, les étoiles dans l'image de guidage et le spectre avec une trace bien fine.

Serrez les vis 1, 2 et 3. Tout est verrouillé et vous ne devrez plus jamais avoir besoin de régler le bloc collimateur, c'est un ajustement fait pour la vie.

Everything is clear at the same time: the slit, the stars in the guide image, and the spectrum with a fine line.

Tighten screws 1, 2, and 3. Everything is locked in place, and you will never need to adjust the collimator block again. It's a once-in-a-lifetime adjustment.

ETAPE 5/STEP 5

Votre spectrographe est à présent pleinement opérationnel : il délivre des spectres d'étoiles nets et lumineux.

En routine, la seule précaution à prendre est de vérifier que les étoiles sont correctement focalisées sur la fente (la netteté peut changer suivant l'endroit du ciel visé).

Astuce : remarquez que la fente est horizontale dans toutes ces exemples et que le spectrographe est orienté sur le télescope de telle manière que l'axe long de la fente soit orienté suivant l'axe des déclinaisons. De cette manière, un incident d'entraînement sur l'axe horaire élargira le spectre, mais le signal enregistré au final reste inchangé (après binning), ce qui est le plus important.

Your spectrograph is now fully operational: it produces clear and bright star spectra.

As a routine precaution, check that the stars are correctly focused on the slit (the sharpness may vary depending on the part of the sky you are observing).

Tip: note that the slit is horizontal in all these examples and that the spectrograph is oriented on the telescope so that the long axis of the slit is oriented along the declination axis. This way, any drift on the hour axis will widen the spectrum, but the signal recorded will remain unchanged (after binning), which is the most important thing.

