

Aide-Mémoire CCDCiel

Par Christian Buil
(Version 1.4 - 11 juin 2025)

1. Objet

CCDCiel est un puissant logiciel d'acquisition d'images astronomiques. Développé par Patrick Chevalley, il est disponible en téléchargement gratuit (les liens utiles seront fournis plus loin). Compatible avec plusieurs plateformes (Linux, Mac, Windows), ce logiciel s'installe facilement, ce qui est un atout majeur.

Le présent texte est une vision personnelle de l'usage de CCDCiel, initialement écrit pour ne rien oublier lors d'une première utilisation, mais qui me semble utile de partager. Notez bien que cette manière de faire est celle d'une personne qui débute tout juste son apprentissage avec CCDCiel, ce qui est peut-être aussi votre cas ! J'ai ici utilisé la distribution Windows.

Le domaine particulièrement couvert dans cet aide-mémoire est celui de la spectrographie astronomique, bien que le logiciel couvre une large part des domaines de l'astronomie, comme l'astrophotographie. Cette partie « spectroscopie » de l'application a été conçue par Patrick en étroite collaboration avec un petit groupe d'amateurs passionnés de spectroscopie, formant le groupe « Nice-People » (Pierre Dubreuil, Stéphane Ubaud, Jean-Luc Martin, Alain Lopez). On sent bien la marque de cette expertise à l'usage de CCDCiel !

Ce logiciel est malheureusement desservi, à mon avis, par une documentation, certes complète et bien écrite, mais un peu austère car illustrée par peu d'exemples. Il s'agit plus d'un manuel de référence que d'un guide d'usage. J'espère que cet aide-mémoire, rédigé comme je l'ai indiqué en premier pour les besoins de l'auteur, sera utile et participera à casser l'impression première que peut donner CCDCiel, celle d'un logiciel difficile d'approche. En réalité, je peux en témoigner, il n'en est rien. C'est en réalité un logiciel très bien pensé, très complet, très robuste (sans plantage) et, dès lors que l'on suit sa logique (ce qui n'est pas anormal), il devient fort agréable à utiliser, tout devenant à l'emploi évident et allant vers l'essentiel.

Ce document ne prétend pas être un guide d'usage complet du logiciel, qui est au demeurant très puissant (des fonctions de scripts peuvent par exemple être écrites en Python pour des usages spécifiques). Il n'effleure que le sujet, qui plus est dans le style d'usage de l'auteur, qui peut bien sûr être différent du vôtre.

Le « setup » qui sert à illustrer cet aide-mémoire, est constitué de la manière suivante~: monture 10Micron GM2000, lunette Askar 107PHQ (D=107 mm, F=740 mm), spectrographe Star'Ex2400 avec caméra Player One URANUS M, guidage avec

une caméra ZWO ASI290MM, chercheur SkyWatcher EVOSTAR (D=50 mm, F=242 mm) équipé d'une caméra ASI ZWO174MM, focalisation motorisée ZWO EAF :



Je débute donc par l'installation de CCDCiel, fort simple, puis par la paramétrisation. Cette dernière opération peut sembler un peu fastidieuse, mais cela est dû au fait que je la décompose soigneusement. Ce ne doit pas être un sujet de blocage pour l'emploi~!

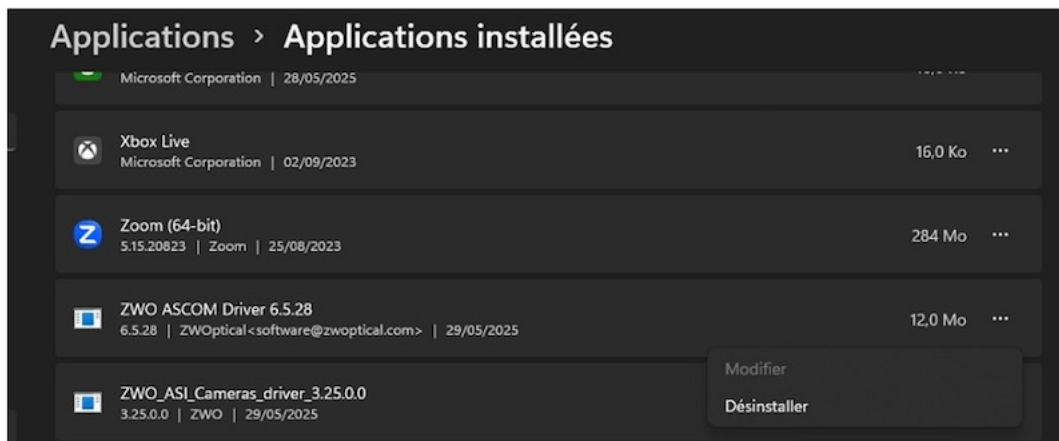
En effet, outre le fait que cette phase est le lot de tous les logiciels de ce type, qui se veulent puissants, il faut bien se rappeler que ce paramétrage n'est à réaliser qu'une seule fois pour un équipement donné. Ensuite, c'est la récompense : le démarrage d'une observation avec CCDCiel se révèle d'une exceptionnelle rapidité et simplicité, car le logiciel garde tout soigneusement et est bien organisé. En gros, vous cliquez sur un bouton et vous pouvez commencer à observer.

2. Installation

CCDCiel repose entièrement sur ASCOM pour dialoguer avec les périphériques.

Il importe de veiller à disposer des drivers les plus récents. Attention, il est sage de forcer manuellement le retrait des drivers actuels avant une mise à jour (un problème a été rencontré avec l'installateur de ZWO).

Depuis Windows appeler l'utilitaire « Programmes et fonctionnalités » (ou la rubrique « Ajouter supprimer des programmes »), puis désinstaller :



CCDCiel peut être téléchargé depuis l'adresse suivante : <https://www.ap-i.net/ccdciel/en/start>

Il est également nécessaire d'installer le compagnon naturel de CCDCiel, le logiciel de cartographie stellaire Carte du Ciel, disponible à cette adresse : <https://www.ap-i.net/skychart/fr/start>

Une fonction très importante de CCDCiel est la réduction astrométrique des champs d'étoiles pour centrer la cible dont on souhaite prendre le spectre. Il est vivement recommandé d'utiliser l'application ASTAP et l'une de ses bases de données stellaires associées pour une grande efficacité (rapidité) tout en étant une solution légère. CCDCiel exploite parfaitement ASTAP et cet ensemble se révèle particulièrement sûr et véloce lorsque l'image du champ stellaire est réalisée avec un chercheur électronique de quelques centaines de millimètres de longueur focale.

Pour télécharger ASTAP, rendez-vous sur : <https://www.hnsky.org/astap.htm>

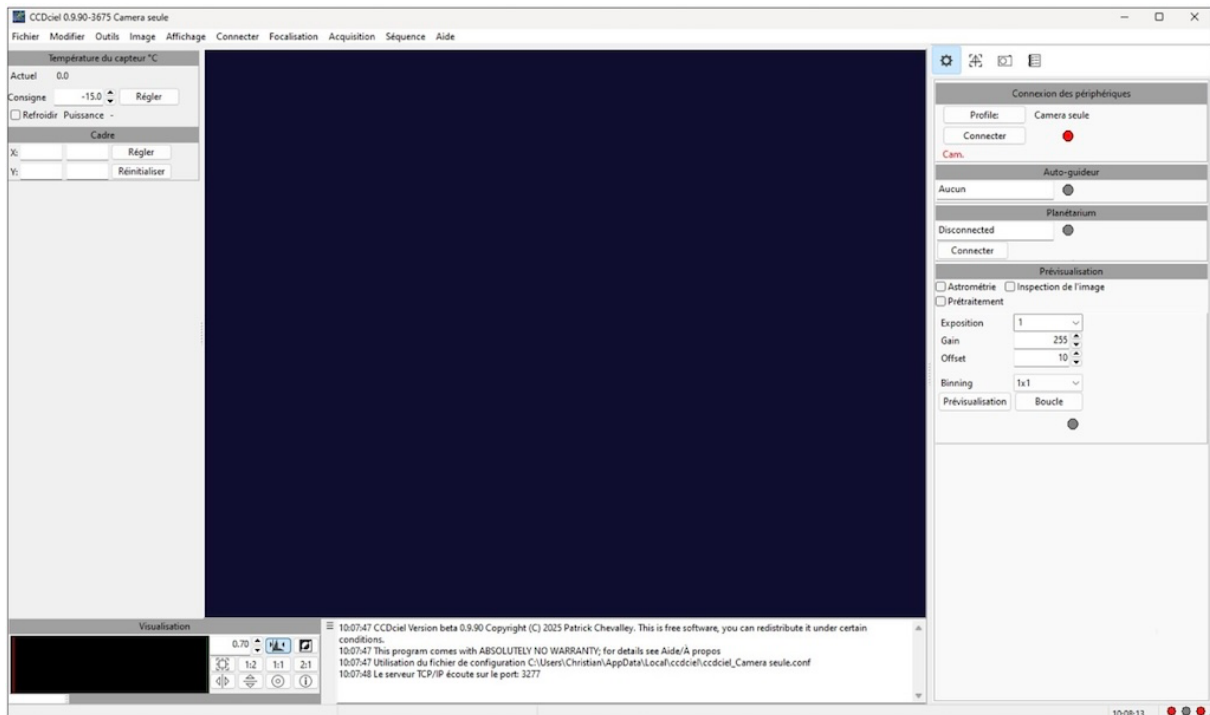
Installez à la fois la dernière version stable du logiciel ASTAP et la base de données D50, qui convient parfaitement :

Download installers:

Operating system	Program installer	Very large STAR database installer	Large STAR database installer	Smaller STAR database installer	Photometry & colour STAR database installer	Wide field STAR database installer
Windows 64 bit	Program (v2025.05.29) or development version					
Windows 32 bit	Program zipped	D80	D50	D20 or D05	V05 or V50	G05 or W08
Windows 11, 64 bit arm processor	See development version for command line version					

3. Réglage des préférences dans CCDCiel

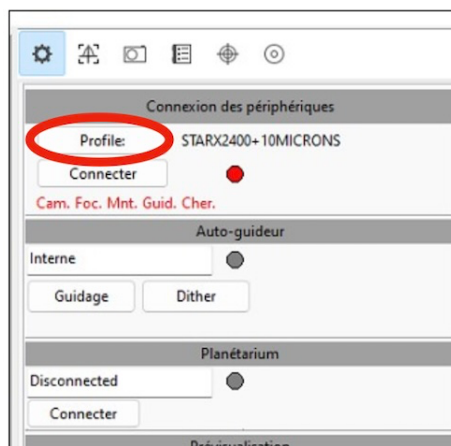
A la première ouverture, le logiciel se présente de la manière suivante :



Nous allons paramétrer CCDCiel par rapport à la manière dont on souhaite exploiter celui-ci.

Il s'agit de définir une configuration pour un environnement de travail donné, mais vous pouvez parfaitement définir plusieurs configurations qui s'adaptent à divers contextes. CCDCiel sauvegarde toujours le paramétrage courant à la fermeture du logiciel dans un fichier et tout est retrouvé à l'identique à la prochaine ouverture.

Il est conseillé de donner un nom à votre configuration du moment. Tout à droite de l'interface repérez l'onglet identifié par une roue. C'est l'onglet « Connecter ». Depuis celui-ci, cliquez sur le bouton « Profile » :



Une boîte de dialogue s'ouvre alors, concernant la « Configuration des périphériques » (vous pourriez passer aussi par l'option « Modifier » du menu supérieur pour accéder à cette boîte) :



Définissez le nom du profil de configuration de votre choix en cliquant sur le bouton « Nouveau ». Dans l'exemple, notre configuration s'appelle :

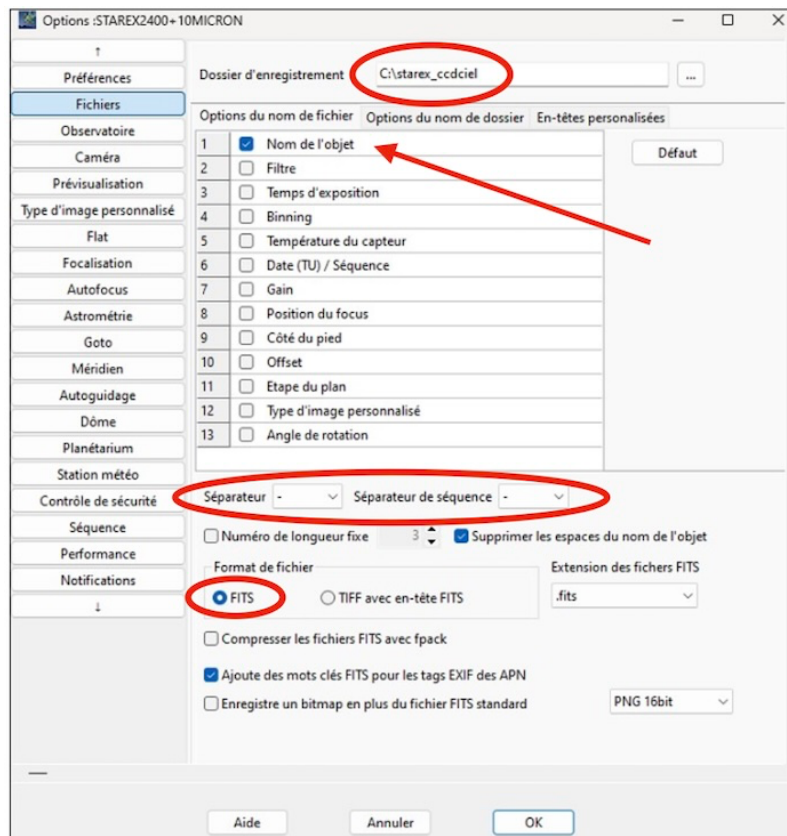
STAREX2400+10MICRON.

À présent, depuis le menu supérieur de l'application, choisissez l'option « Modifier ». Dans la liste qui se déroule alors, cliquez sur « Préférences... ».

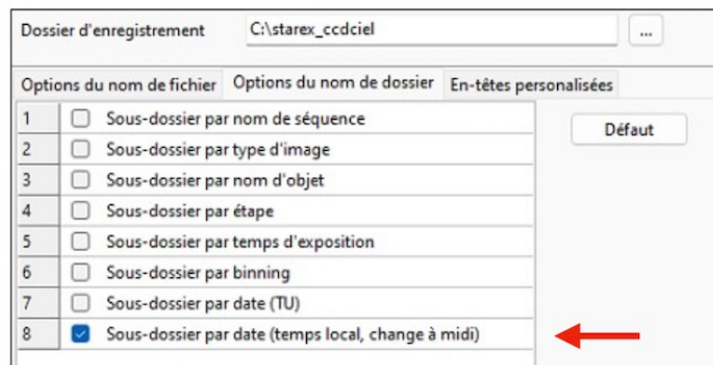
Dans la boîte de dialogue qui apparaît, sélectionnez l'item « Fichiers ».

Tout en haut, dans la rubrique « Dossier d'enregistrement », inscrivez le chemin du dossier dans lequel CCDCiel va sauvegarder les données acquises (dans des sous-dossiers indexés par la date, nous verrons cela plus loin). Par exemple ici, « c:\starex_ccdciel ».

Depuis l'onglet « Options du nom de fichier », vous pouvez définir comment le nom des fichiers d'images va être constitué. Il y a de nombreuses possibilités, mais pour une parfaite compatibilité avec le logiciel de traitement des spectres avec SpecINTI Editor, choisissez la structure la plus sobre possible, en ne conservant que le nom de l'objet pour constituer la racine. Bien sûr, les sauvegardes se font dans le format FITS. Enfin, il est recommandé d'utiliser le tiret simple « - » comme séparateur. Voici comment les choses se présentent :



Depuis l'onglet « Options du nom de dossier » dans la même boîte de dialogue, indiquez à CCDciel que le nom des sous-répertoire associées aux sessions d'observation ne doit être modifié qu'à midi (donc, pas la nuit, durant les observations) :



Ouvrir l'item « Observatoire » et remplir les champs de manière tout à fait traditionnelle et logique. Ne pas oublier de renseigner les coordonnées de votre lieu d'observation :

Options :STAREX2400+10MICRON

Liste de réglage: Antibes [Supprimer]

Informations

Nom de l'observateur: cbuil

Nom de l'observatoire: Antibes

Nom du télescope: 107PHQ

Nom de l'instrument: STAREX2400

Coordonnées

Latitude: 43 38 13.0 Nord

Longitude: 07 15 34.0 Est

Altitude: 50.0

Condition de lever/coucher

Profil de l'horizon: [Image]

Hauteur minimum d'observation: 0.0

Réfraction atmosphérique

Pression (millibar): 1013

Température (C): 10.0

Humidité %: 50

Gradient troposphérique (K/km): 6.5

☐ Obtenir les valeurs de la station météo [Défaut]

Origine des azimuts

☒ Nord ☐ Sud

[Aide] [Annuler] [OK]

Remplir l'item « Caméra » de la manière suivante (tout ceci ne concerne que la caméra principale, celle utilisée pour capturer les spectres, dite aussi « caméra scientifique ») :

Options :STAREX2400+10MICRON

Température du capteur

Changement maximum

☐ Limite le changement

Refroidissement automatique

☒ Refroidit la caméra lors de la connexion

-15.00 degré C

Propriétés du capteur

Taille des pixels: ☒ Du pilote de caméra 2.90

ADU maximum: ☒ Du pilote de caméra 65535

Champs prédéfinis

X: 0 Largeur: 0

Y: 0 Hauteur: 0

Ajouter Modifier Supprimer

Gain / Offset

☒ Gérer le gain et l'offset si ils sont disponible

Empilement de pose courte

☐ Affiche l'option d'empilement pour Prévisualisation/Acquisition/Séquence

☐ Registration stellaire ☐ Rotation

☐ Applique le Dark et BPM ☐ Applique le Flat ☐ Débayeriser

☐ Fichier point flottant ☐ Enregistre les images individuelles

☐ Addition des images ☒ Moyenne des images

Modes de lecture

☐ Utilise un mode de lecture spécifique pour différentes actions

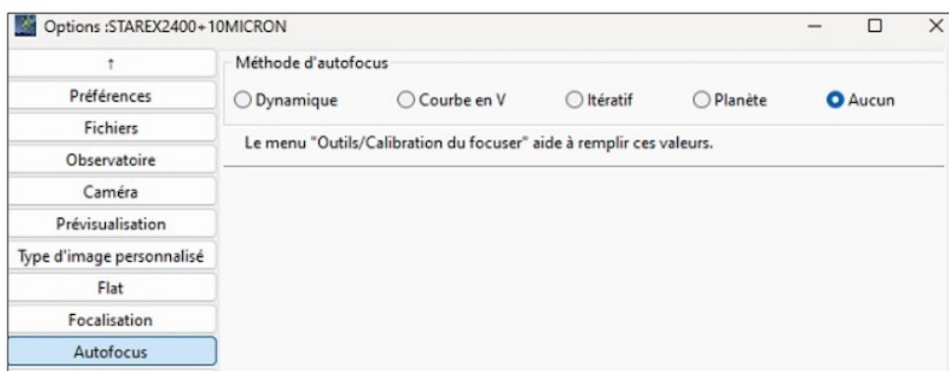
Acquisition: Mode0 Prévisualisation: Mode0

Focalisation: Mode0 Astrométrie: Mode0

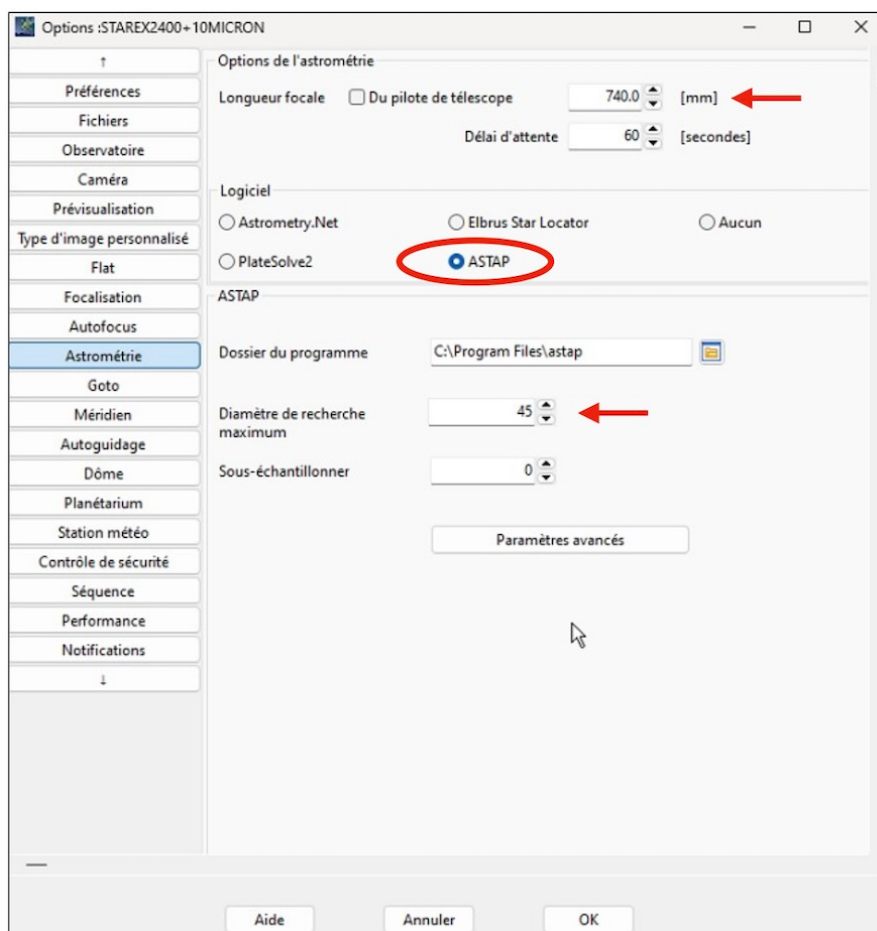
[Aide] [Annuler] [OK]

Nous choisissons de refroidir la caméra dès le démarrage (il est trop facile d'oublier, et cela peut être modifié ultérieurement). Les propriétés du capteur sont automatiquement remplies si le pilote a déjà été choisi, via la boîte de dialogue « Configuration des périphériques... » (accessible par le menu « Modifier »). Enfin, bien penser à sélectionner l'option « Gérer le gain et l'offset si ils sont disponible », ce qui va faciliter la gestion de ces paramètres par la suite.

Depuis l'item « Autofocus », choisissez : « Aucun », comme cela est montré dans la copie d'écran ci-après :



Comme indiqué en préambule, nous allons nous servir de ASTAP pour l'astrométrie. C'est depuis l'item « Astrométrie » qu'on le signale à CCDciel, de la manière suivante :

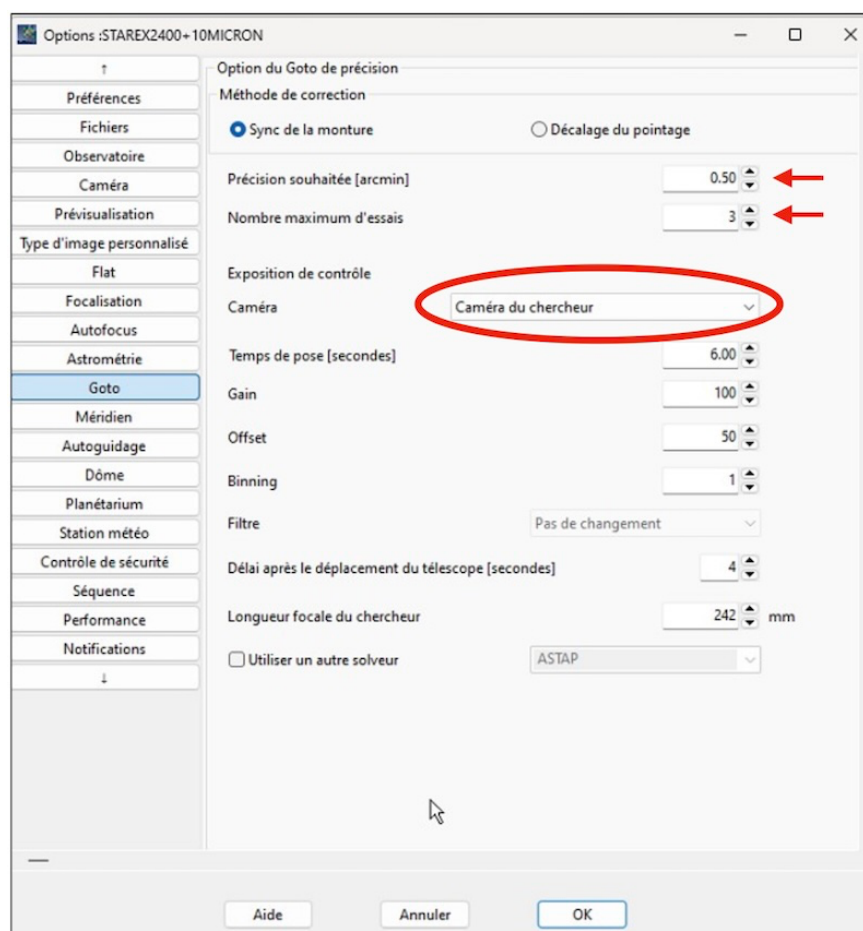


Nous devons indiquer le chemin d'accès de l'application ASTAP. Notez qu'il est important de fournir également la longueur focale de votre instrument principal (ici 740 mm). Le diamètre de recherche est choisi de 45°. Patrick Chevalley indique que l'on peut aller jusqu'à 90° tellement ASTAP est rapide.

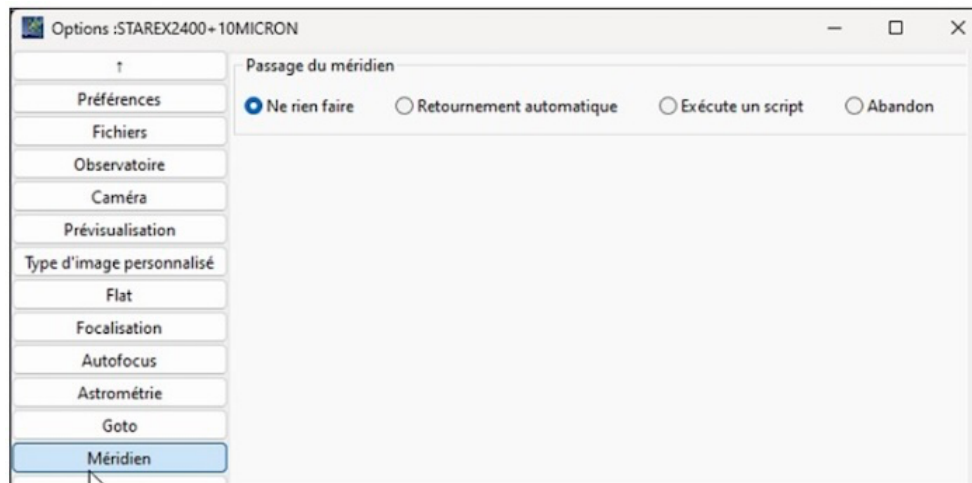
L'item « Goto » concerne les paramètres du pointage après l'astrométrie. On choisit une précision de pointage de 0,5 arcmin (30 secondes), ce qui est largement suffisant pour ensuite enclencher l'autoguidage. On choisit arbitrairement 3 essais au maximum.

Il est ici important de bien indiquer que l'astrométrie se fait avec la caméra du chercheur.

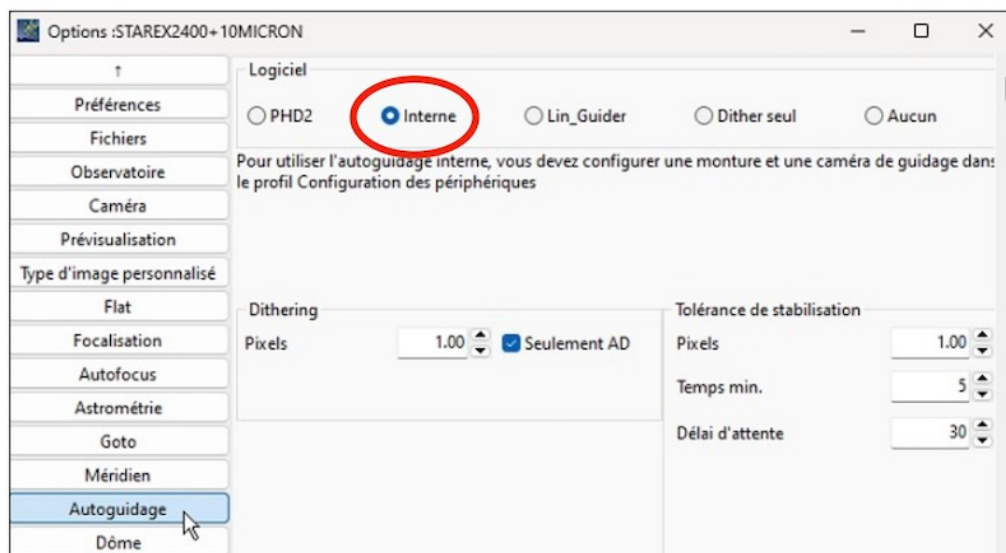
On décide d'un temps de pose de 6 secondes et des valeurs médianes des paramètres pour la caméra CMOS utilisée (une ASI174MM pour cette fonction de chercheur). On doit bien préciser la focale du chercheur, ici 242 mm :



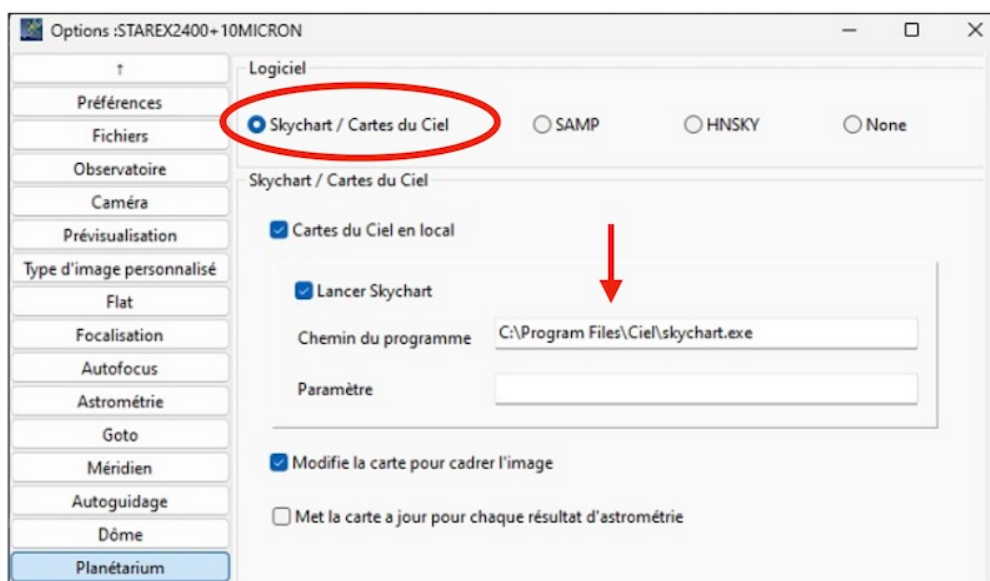
On se garde bien de faire quoique que ce soit au passage au méridien (item « Méridien ») :



Nous devons encore sélectionner le logiciel d'autoguidage à employer, cela depuis l'item « Autoguidage ». Plusieurs solutions sont proposées. Nous choisissons l'autoguidage propre à CCDCiel, très bien intégré par définition, et de très haute qualité. Inutile d'aller chercher autre chose, comme un logiciel tiers qui va alourdir l'usage et qui ne fera sans doute pas mieux. Ne vous occupez pas des autres paramètres de cet item.



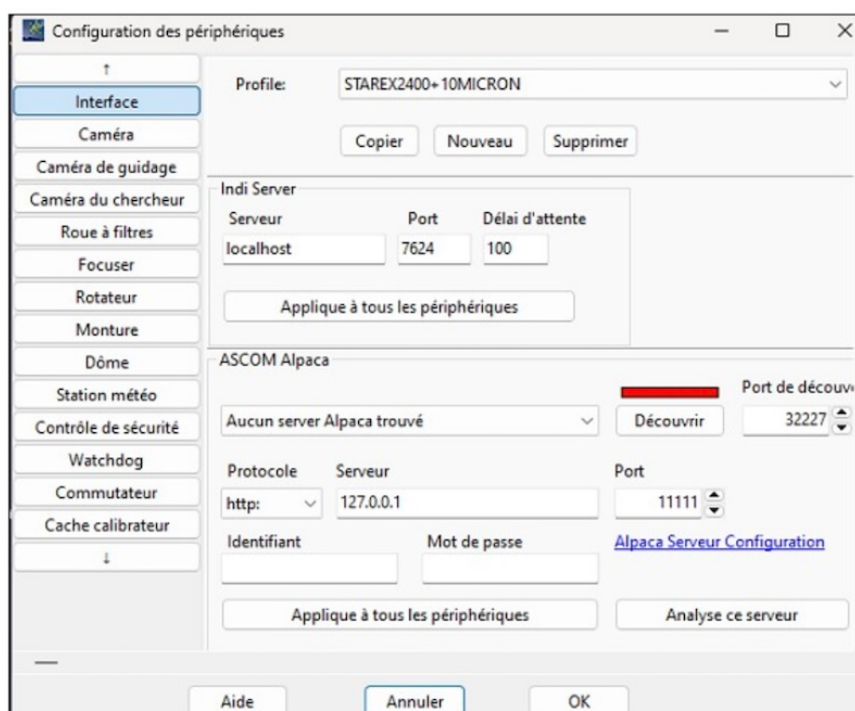
Enfin nous devons préciser le logiciel de cartographie à employer. Ici il s'agit bien sûr de l'excellent « Carte du Ciel ». Noter que l'on doit préciser le chemin du logiciel :



4. Configuration des périphériques

Depuis l'option « Modifier » dans la ligne du menu supérieur de l'interface, sélectionnez « Configuration des périphériques... ». Une nouvelle boîte de dialogue apparaît alors.

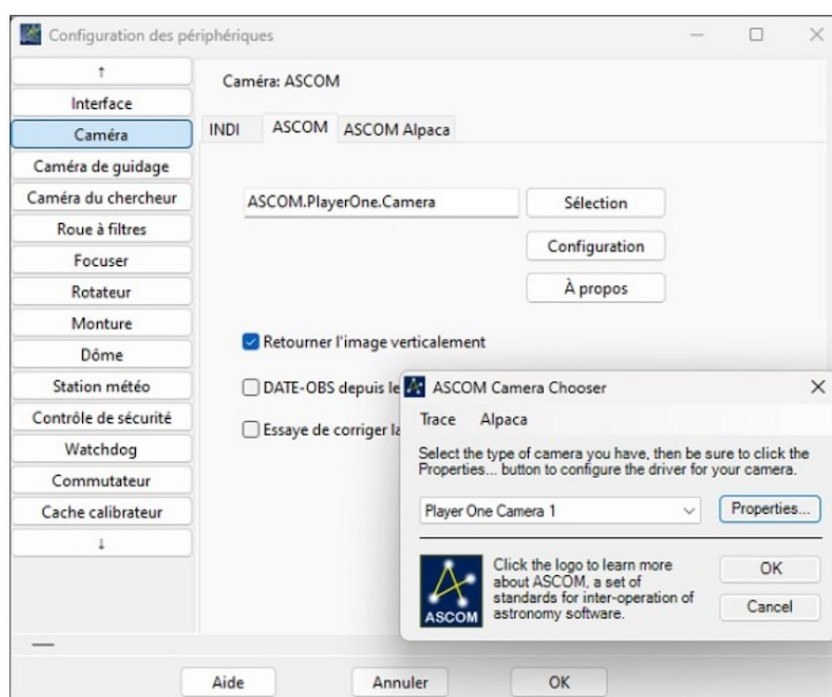
Le premier item (« Interface ») rappelle le profil de configuration, que nous avons déjà désigné. Il est à remarquer qu'il est possible de le dupliquer si vous n'êtes pas sûr de vos modifications, ce qui permet de revenir en arrière au besoin. Il n'y a rien d'autre à changer dans cette partie « Interface » :



Les items suivants de cette boîte de dialogue concernent les divers équipements que vous êtes amené à utiliser. Vous devez passer en revue la configuration de ceux-ci.

Tout ceci est familier pour qui a travaillé sous ASCOM. On choisit le périphérique, puis on ajuste éventuellement ses propriétés (modèle de caméra par exemple). Dans non cas, je sélectionne 3 caméras (principale, guidage, chercheur), la monture (10Micron) et le focuser EAF de ZWO. J'ignore le reste.

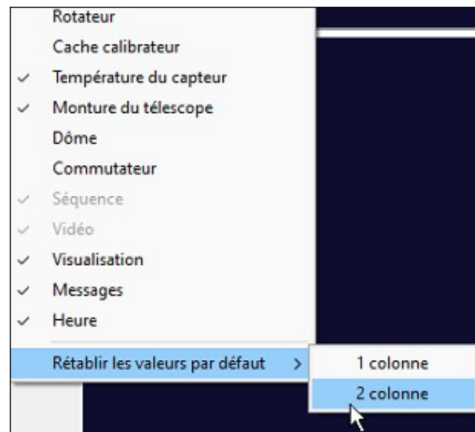
Notez que j'utilise deux caméras ZWO et non trois, car ce constructeur a négligé de permettre d'en piloter plus simultanément (une limitation dont vous devez sérieusement tenir compte lors du choix du fabricant...). C'est l'une des raisons pour lesquelles la caméra principale est un modèle Player One URANUS M Pro (CMOS IMX585), qui est au demeurant supérieur au modèle équivalent de ZWO (meilleur refroidissement notamment), donc tout va bien :



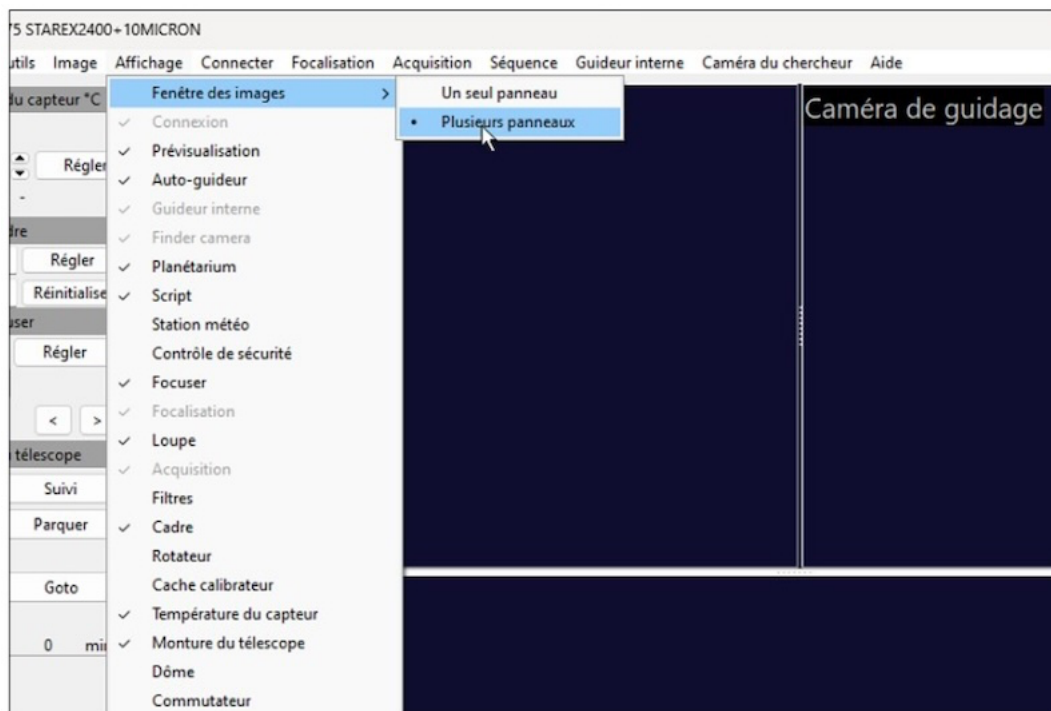
5. Précautions et suggestions

À ce stade, il est recommandé de pratiquer la sauvegarde de votre configuration, via « Fichier » dans le menu, puis « Enregistrer la configuration ».

Il peut arriver qu'il y ait un problème d'affichage des paramètres de la caméra de guidage, ce qui est possiblement un bug dans CCDCiel (l'onglet d'autoguidage apparaît alors vierge). La chose est très facile à corriger : aller dans « Affichage » dans menu, puis « Rétablir les valeurs par défaut » et sélectionnez « 2 colonnes ». Tout va rentrer dans l'ordre :

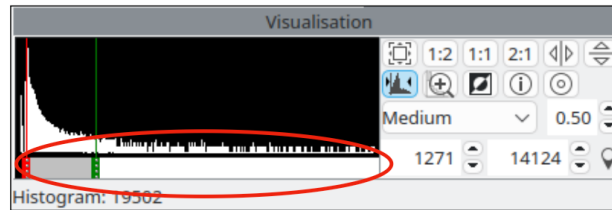


CCDCiel est une application mono-fenêtre, ce qui n'est pas nécessairement un défaut, et même une caractéristique fort appréciée par l'auteur de ces lignes. Cependant, il est nécessaire de jongler avec trois caméras et donc trois affichages distincts en principe. Il est possible de montrer les images qui en proviennent successivement et à la demande, mais CCDCiel propose une solution très pratique : l'affichage simultané des caméras dans trois panneaux, un pour le chercheur, un pour la caméra de guidage, un pour la caméra d'acquisition principale. Pour ce faire, depuis le menu, allez dans « Affichage », puis « Fenêtre des images » et enfin « Plusieurs panneaux » :



Il est possible de zoomer dans chacune des images avec la roulette de la souris ou encore se déplacer en glissant avec la souris. C'est puissant et propre.

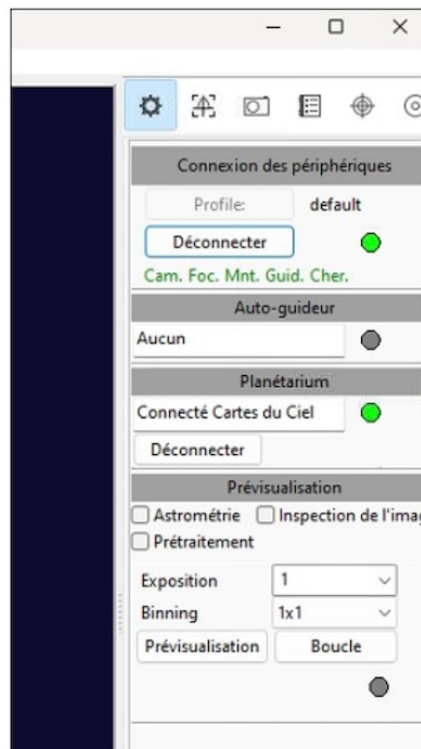
Le contraste de l'image se règle en agissant sur l'ensemble d'outils disponibles dans la partie inférieure gauche de l'interface :



Les deux boutons rouge/vert permettent d'ajuster les limites de l'histogramme affiché (la plage est indiquée en gris). Le bouton de zoom (signe +) permet de redessiner l'histogramme zoomé sur la plage actuelle, très utile pour les réglages fins près du fond du ciel. Il existe aussi une liste déroulante de niveaux de troncature prédéfinis, parmi bien d'autres fonctions.

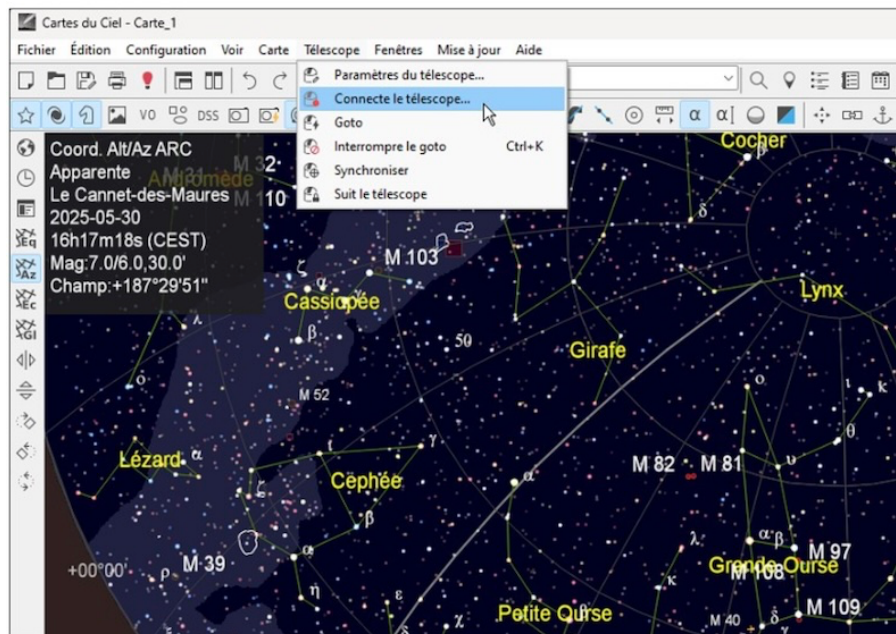
6. Démarrage

Mettez sous tension tout votre équipement, puis depuis le bandeau situé à droite de l'interface, appuyez sur le bouton « Connecter ». Si tout va bien, l'intitulé des périphériques passe du rouge au vert (ici Cam, Foc, Mnt, Guid, Cher) :

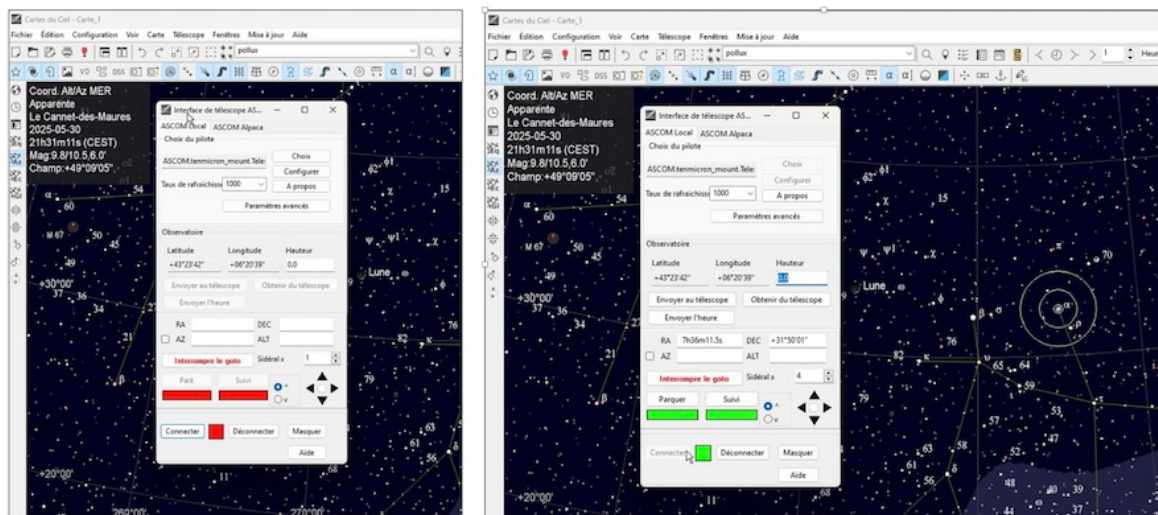


Le logiciel Carte du Ciel est aussi lancé automatiquement. Depuis celui-ci, il est important pour l'interactivité (voir où le télescope pointe à tout moment, par exemple) de faire en sorte que ce logiciel de cartographie dialogue directement avec la monture.

Pour cela, aller dans le menu « Télescope », puis « Connecte le télescope » :



Le bouton « Connecter » est en bas de la boîte de dialogue qui s'ouvre. Tout devient vert lorsque le logiciel dialogue avec la monture :



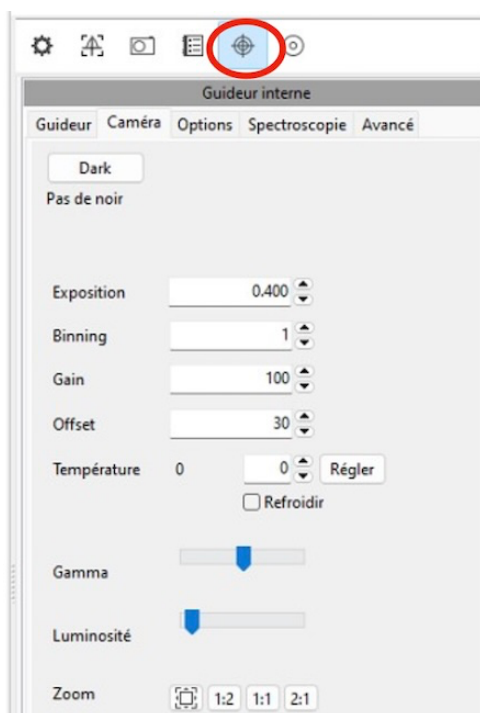
7. Localisation de la fente

L'opération suivante à réaliser consiste à repérer la position de la fente dans la caméra de guidage, ainsi que l'endroit le long de la fente où l'on souhaite positionner l'étoile dont on souhaite obtenir le spectre.

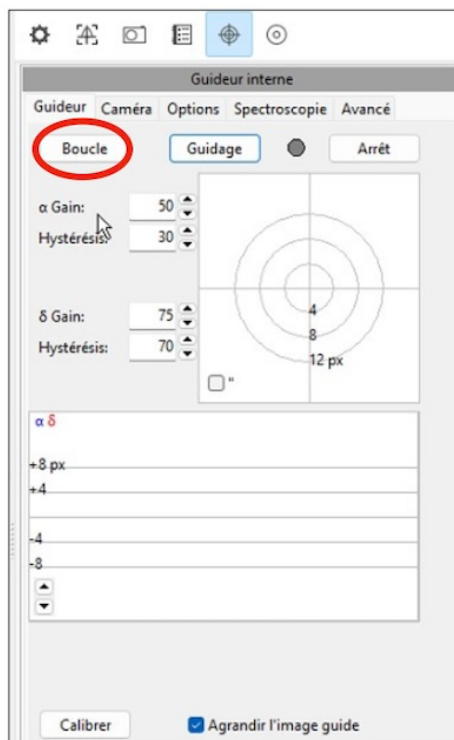
Pour bien visualiser la fente, réalisez des images avec la caméra de guidage lors du crépuscule. Une observation de nuit est aussi possible en allongeant le temps de pose de plusieurs secondes si le ciel apparaît blanchi par la pollution lumineuse ou par la présence de la Lune (vous pouvez aussi viser directement la Lune, qui est une bonne source de lumière) :



Ouvrez le panneau de pilotage de la caméra de guidage (le symbole en forme de croix dans l'interface à gauche), puis depuis l'onglet « Caméra, choisissez le temps d'exposition. Dans l'exemple ci-après, 0,4 seconde :



Pour lancer une pose, ou plutôt une séquence continue de poses, avec ces paramètres (temps de pose, gain, etc.), il faut quitter l'onglet « Caméra » et se rendre dans l'onglet « Guideur », situé juste à gauche, puis cliquer sur le bouton « Boucle » :

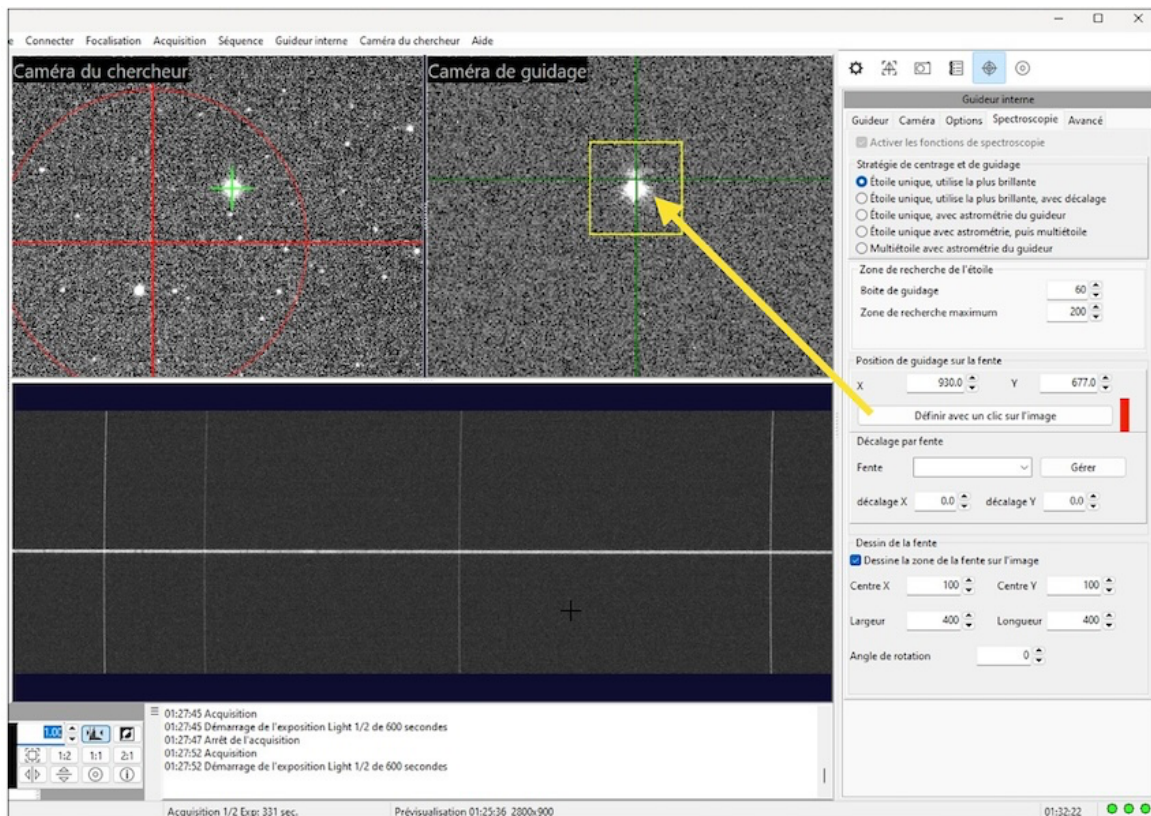


Pour arrêter l'acquisition en continu, cliquez sur le bouton « Arrêt ».

Dans l'image de la caméra de guidage qui s'affiche, repérez l'endroit où vous allez positionner l'étoile lors des prises de spectres, c'est-à-dire à la position de la fente d'entrée du spectrographe.

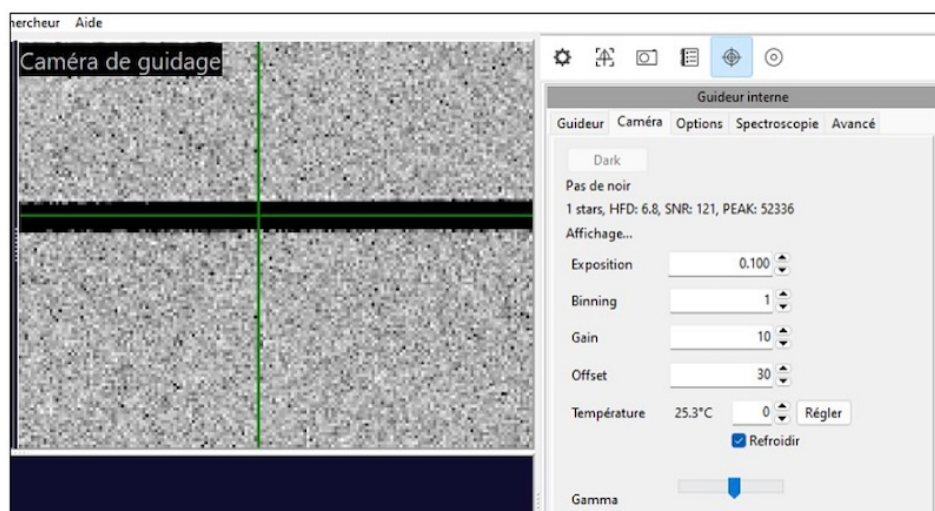
Depuis l'onglet « Spectroscopie », commencez par choisir l'option « Étoile unique, utilise la plus brillante », une bonne initiative pour ce qui va suivre, lorsque nous évoquerons la question de l'autoguidage.

Ensuite, dans le même onglet, cliquez sur le bouton « Définir avec un clic sur l'image » et cliquez sur l'endroit voulu dans l'image, un point le long de l'image de la fente s'en doute. Une croix s'affiche, indiquant où CCDciel va amener l'étoile automatiquement avant le guidage proprement dit. C'est une position dite de « consigne » :



C'est simple et précis, d'autant plus qu'il est possible de zoomer dans l'image. Mieux encore, les coordonnées (x, y) peuvent être ajustées au pixel près depuis l'interface « Spectroscopie », y compris en cours de guidage, ce qui est fort pratique en cas de flexions mécaniques.

N'oubliez pas qu'il est possible d'agrandir les images pour un centrage optimal du réticule vert de consigne (notez que dans mon cas, l'image de la fente est horizontale, ce qui signifie que l'instrument guide ici en déclinaison) :



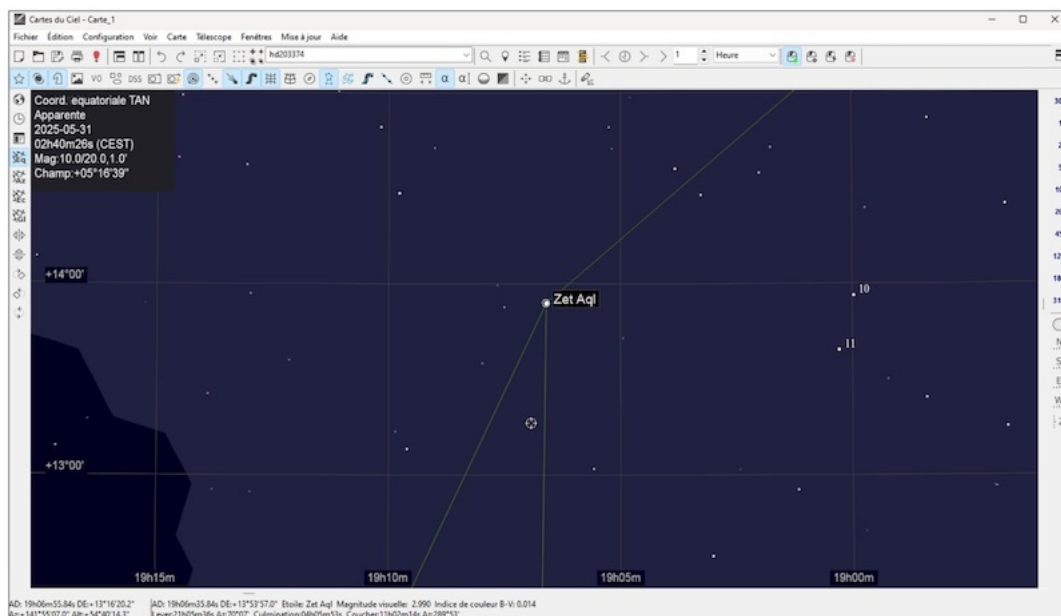
La position de la fente ainsi trouvée est mémorisée.

8. Localisation de l'étoile dans le chercheur

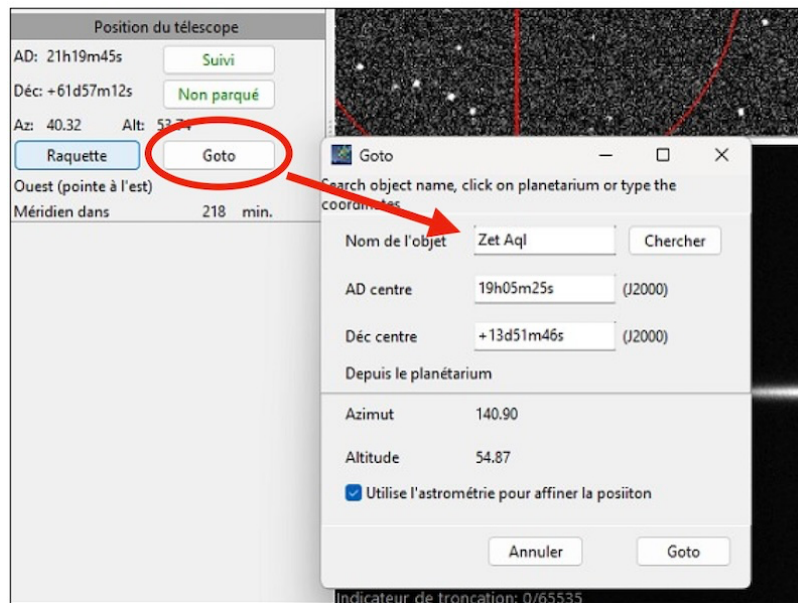
Nous faisons l'hypothèse que le chercheur et la lunette sont correctement alignés : si l'étoile est au voisinage du centre du chercheur, son image est également visible dans la caméra de guidage. Nous considérons aussi que la monture possède les caractéristiques adéquates pour réaliser un bon Goto.

Le but poursuivi est de repérer les coordonnées (x, y) en pixels d'une cible lorsque celle-ci est à la position choisie sur la fente d'entrée (voir section précédente).

Choisissez comme cible une étoile de magnitude 3 à 4 située non loin de l'équateur céleste. Dans le logiciel Carte du Ciel, il suffit d'un clic de souris sur cet objet pour que ses coordonnées équatoriales soient mémorisées et transmises automatiquement à CCDCiel, afin qu'elle soit identifiée. Elle est alors entourée d'un petit cercle. Dans l'exemple ci-après, il s'agit de l'étoile zeta Aql :



Rendez-vous ensuite dans CCDCiel et repérez le bouton « Goto » dans le bandeau de commande à gauche, dans la section « Position du télescope ». Cliquez sur ce bouton. Une boîte de dialogue s'ouvre et indique les coordonnées équatoriales de notre étoile, qui ont bien été communiquées à CCDCiel :



Notez que depuis cette même boîte de dialogue, il est possible d'entrer manuellement les coordonnées équatoriales (ici en J2000) d'une cible dont le nom n'est pas connu par CCDciel (celles d'une supernova par exemple). C'est donc un point d'entrée important pour toutes les observations. Il ne reste plus qu'à cliquer sur le bouton "Goto" situé en bas à droite de la boîte de dialogue pour que la lunette (ou télescope) se dirige vers zeta Aql.

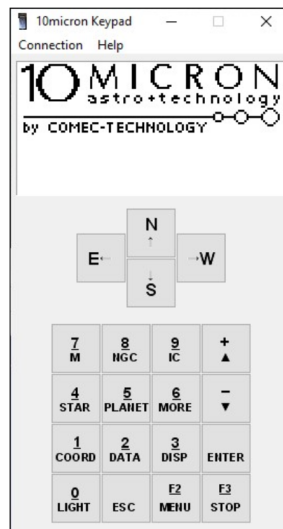
Il est très important de se rendre compte que CCDciel ne se contente pas d'envoyer des coordonnées équatoriales à la monture : il va en plus réaliser une analyse astrométrique du champ observé par le chercheur pour centrer notre cible au milieu du capteur. Cette analyse est réalisée en tâche de fond, automatiquement, sans que l'on ait besoin d'intervenir. La réduction est ici effectuée avec la base de données ASTAP, puisque c'est celle que nous avons choisie dans la configuration à l'item « Goto ». Par exemple, nous avons choisi un temps de pose de 6 secondes, c'est donc celui-ci qui est utilisé pour produire l'image qui va servir à la reconnaissance de champ.

Compte tenu de l'efficacité de l'astrométrie réalisée, l'étoile doit se situer au centre du capteur, même si la monture n'est pas correctement mise en station. L'enchaînement de cet automatisme dans le pointage des objets est l'une des grandes forces de CCDciel.

L'opération que nous allons décrire maintenant n'est normalement à réaliser qu'une seule fois si votre setup n'est pas modifié et si le chercheur est fermement fixé sur le tube de l'instrument principal :

Première phase : visualisez en continu les images provenant de la caméra de guidage. Normalement, l'étoile est visible. Avec la raquette du télescope, amenez l'étoile sur la position de la fente choisie à l'étape précédente (au centre du réticule).

Note : vous pouvez utiliser la raquette virtuelle ASCOM de votre équipement. Une version est reproduite dans la section « Position du télescope » de l'interface de CCDciel, mais elle est peu pratique. Dans l'exemple d'une monture 10Micron, nous disposons d'une superbe raquette virtuelle, bien plus agréable :



Seconde phase : affichez à présent l'image retournée par le chercheur. L'étoile n'est sûrement plus au centre à cause de l'écart d'alignement angulaire des axes de visée du chercheur et du tube principal (quasi inévitable).

Troisième phase : dans l'interface de la caméra du chercheur, remarquez la possibilité de définir des coordonnées (x, y) en pixels. Ce sont celles d'un réticule de couleur verte que vous pouvez déplacer dans l'image. Ces coordonnées doivent être celles de notre étoile actuelle (vous pouvez les mesurer en déplaçant la souris, alors que la position courante dans l'image est indiquée en bas de l'interface de CCDciel).

Dans l'exemple ci-après, on trouve $x = 1079$ et $y = 527$. La croix verte apparaît alors sur l'étoile (vous pouvez aisément ajuster en temps réel cette position au pixel près, alors que les images s'affichent en boucle) :



Les coordonnées dans le champ du chercheur que nous venons de trouver sont mémorisées par CCDciel et retrouvées à chaque session. C'est la raison pour laquelle il n'est pas nécessaire de reprendre la procédure que nous venons de réaliser. Les coordonnées dans les caméras de guidage et de pointage sont à présent rattachées et repérées par des réticules fixes.

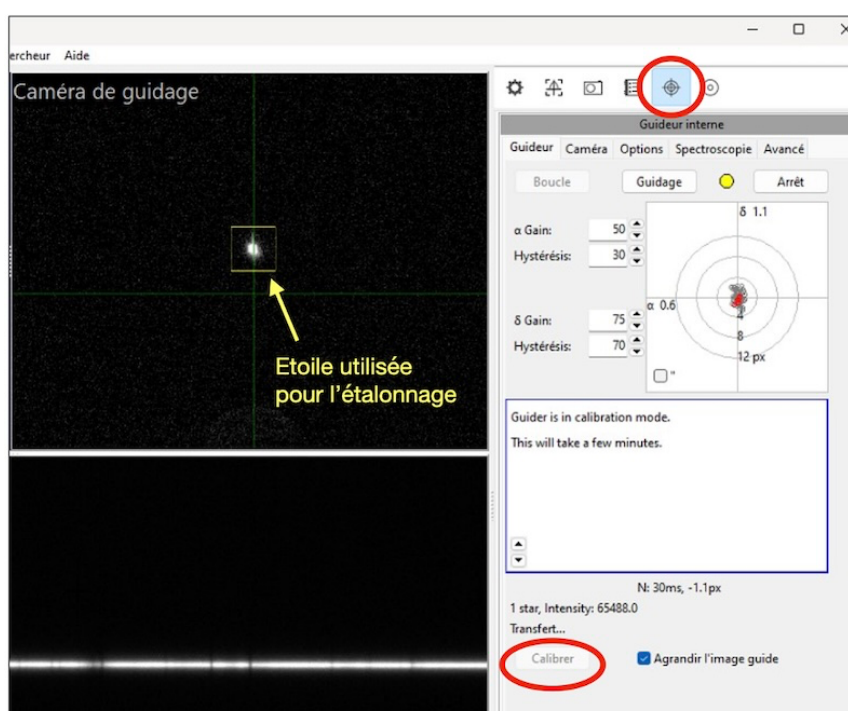
Remarquez dans le document ci-dessus que l'étoile est bien positionnée sur la fente. Son image, renvoyée vers la caméra de guidage, est comme coupée en deux par l'étroite ouverture physique de celle-ci (dans l'exemple, l'axe de la fente est horizontal, comme nous l'avons mentionné précédemment).

9. Réglage de l'autoguidage

Pour que l'ensemble de l'équipement puisse être utilisé en autoguidage sur une position de consigne, il est important que le logiciel comprenne la signification des mouvements de la raquette de déplacement du télescope et les amplitudes en jeu.

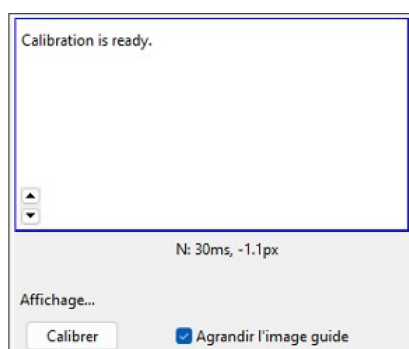
Visez une étoile pas trop brillante (magnitude 3 à 5) et faites des acquisitions en continu sur la caméra de guidage. Depuis le panneau de réglage des paramètres d'acquisition de cette caméra, ajustez le temps de pose pour ne pas saturer l'image stellaire.

Cliquez sur le bouton « Calibrer » accessible depuis l'onglet « Guideur » :



Le logiciel réalise alors de lui-même les mouvements nécessaires à son apprentissage pour le guidage. Dans l'exemple, c'est l'étoile la plus brillante du champ qui est utilisée, car c'est ce que nous avons demandé lorsque nous avons localisé la position de la fente dans l'image (à la section 7).

L'opération prend peu de temps (moins d'un ou deux minutes au maximum). Le logiciel vous informe lorsque tout est terminé :

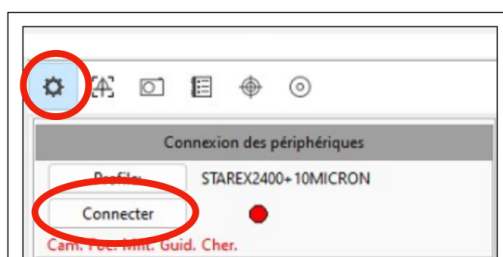


Des informations sont également retournées dans la console située dans la partie inférieure de l'interface. Vous pouvez aussi consulter les paramètres d'étalonnage courants dans l'onglet « Avancé ».

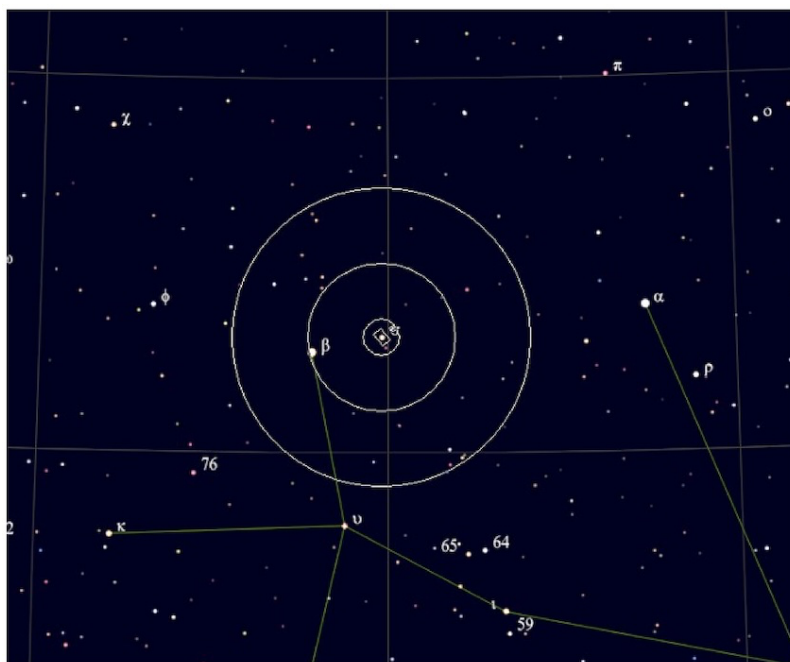
Le paramétrage du logiciel CCDCiel est à présent terminé, vous pouvez désormais vous consacrer à vos observations.

10. Utilisation en routine de CCDCiel

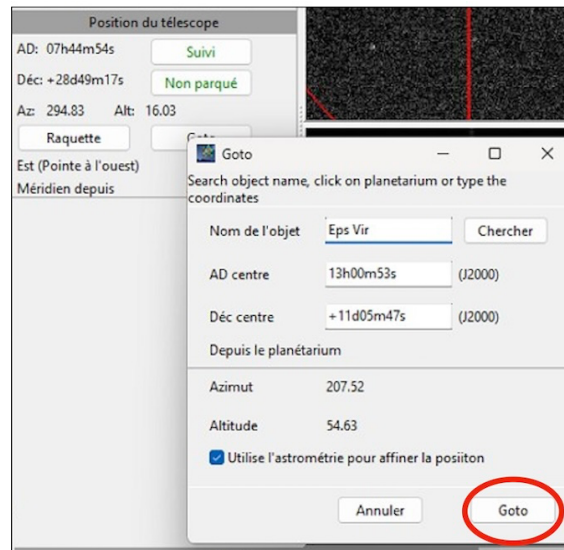
Le démarrage de CCDCiel est très rapide : un seul bouton à presser dans l'interface pour connecter tous les équipements. Vous êtes dès lors opérationnel :



Pour pointer un objet, sélectionnez-le en cliquant sur son symbole dans Carte du Ciel (dans l'exemple, l'étoile sigma Gem) :

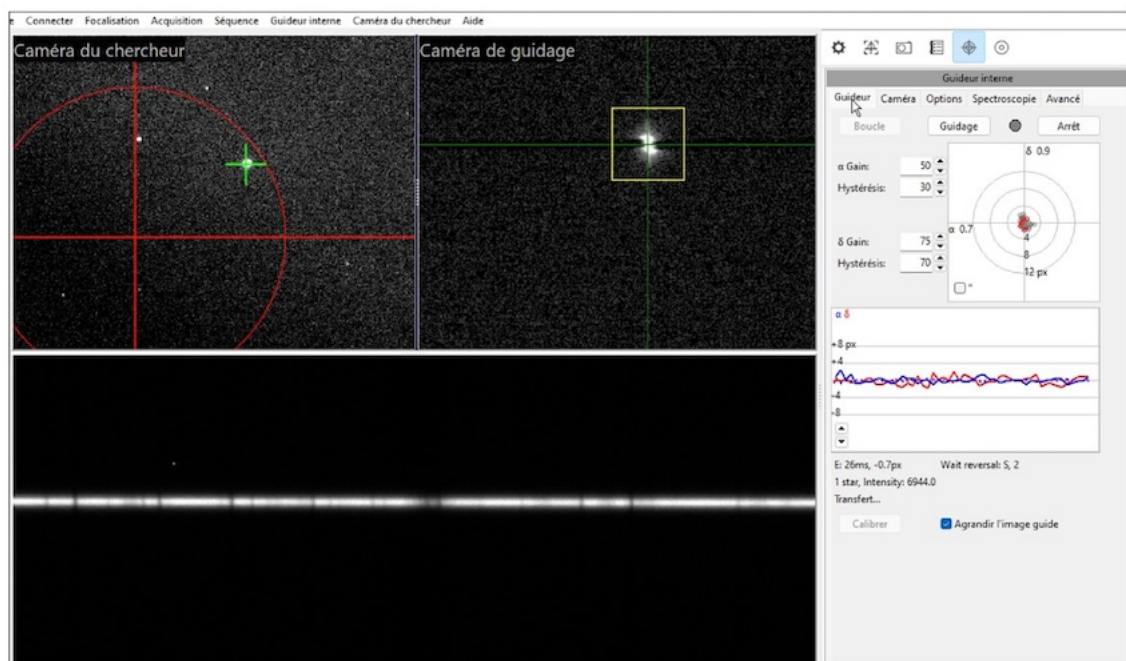


Puis vous cliquez sur le bouton « Goto » de l'interface de CCDCiel. Modifiez éventuellement les coordonnées équatoriales dans la boîte de dialogue. Enfin appuyez sur le bouton « Goto » de cette même boîte pour envoyer le télescope vers la cible :

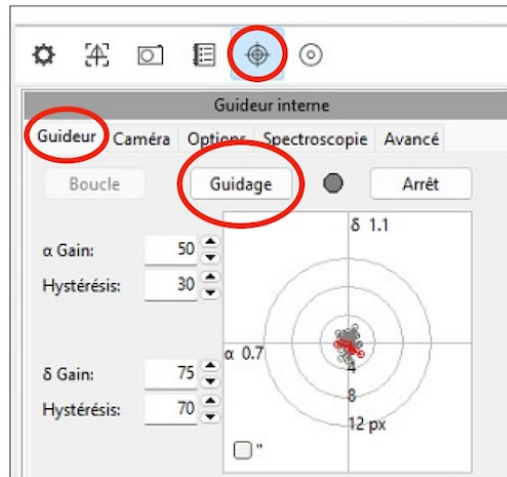


Le télescope se dirige alors vers la cible, réalise une série d'images dans le chercheur, effectue des reconnaissances de champ et positionne pour vous l'étoile sur la consigne que vous avez définie au préalable (la croix verte). L'automatisme et la sûreté de ces opérations (quel que soit l'endroit du ciel où pointe l'instrument) est d'un grand confort.

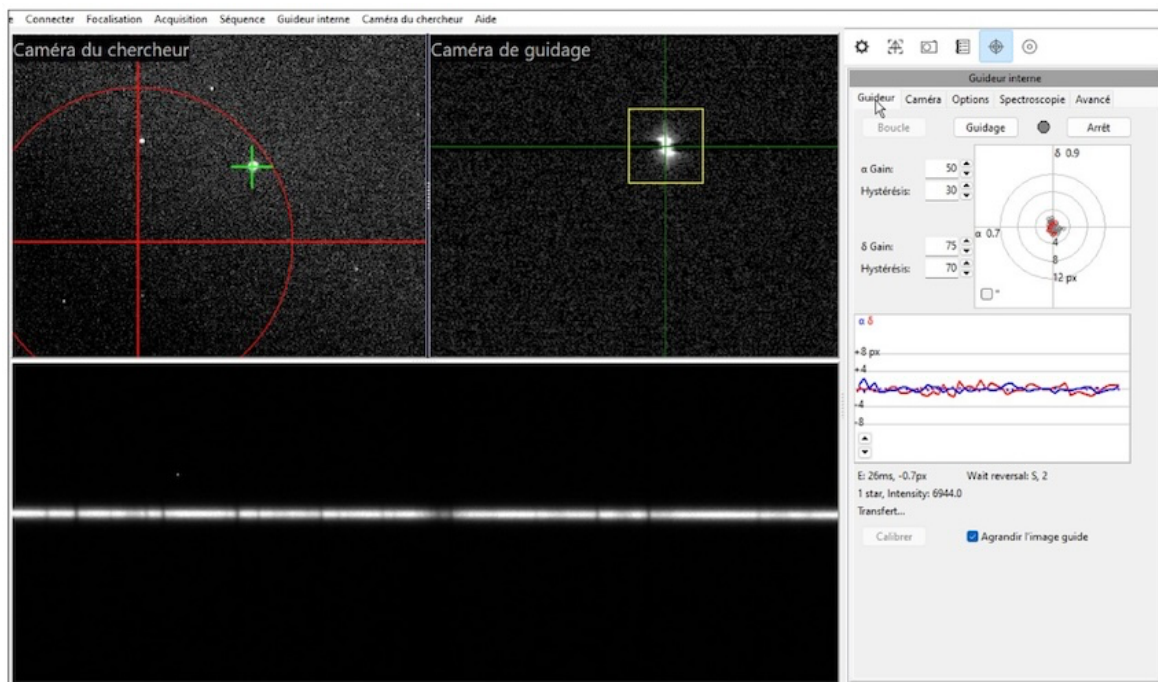
L'opération suivante consiste à lancer l'autoguidage. Rien de plus simple. Commencez par ajuster, si besoin, le temps de pose de la caméra de guidage pour éviter de saturer l'image de l'étoile. Astuce : il n'est jamais bon de choisir un temps d'exposition très court, par exemple 0,1 seconde pour réaliser l'autoguidage. Préférez diminuer le gain pour atteindre un temps d'exposition de 1 seconde typiquement afin d'intégrer un minimum la turbulence atmosphérique (l'agitation aléatoire de l'image de l'étoile) :



Il ne vous reste plus qu'à cliquer sur le bouton « Guidage » de l'onglet « Guideur » :

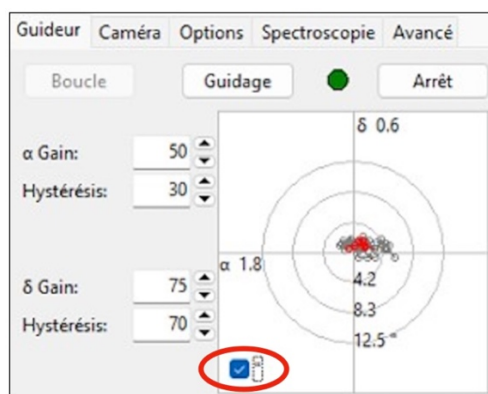


L'étoile est amenée automatiquement sur la position de consigne (la fente) et l'autoguidage débute. Vous pouvez surveiller en temps réel la qualité de cet autoguidage grâce aux outils graphiques que propose CCDciel (onglet « Guideur ») :



Dans cette copie d'écran, nous voyons à la fois l'étoile sigma Gem dans le chercheur, dans la caméra de guidage (sur la fente) et, dans la partie inférieure, le spectre (partiel) qui vient d'être acquis autour de la raie Halpha. Les trois caméras peuvent fonctionner simultanément, ce qui confère un aspect vivant à l'observation tout en offrant un excellent moyen de surveillance synthétique (voir arriver des nuages par exemple).

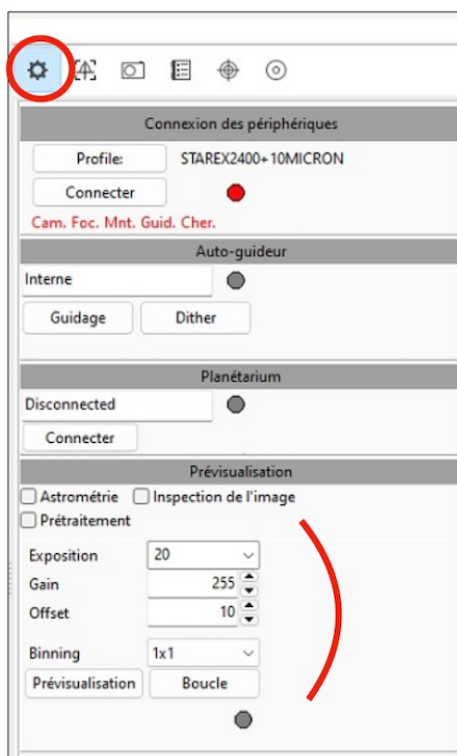
Astuce : il est possible d'affichage de l'erreur de guidage en seconde d'arc si l'information sur la focale du télescope est bien renseignée :



CCDCiel guide préférentiellement sur l'étoile la plus brillante du champ, mais il est possible de forcer le guidage sur une étoile plus faible en double cliquant sur son image. Je montre plus loin (section 14) qu'il est aussi possible de guider hors fente, ce qui est fort commode en spectrographie.

11. La focalisation

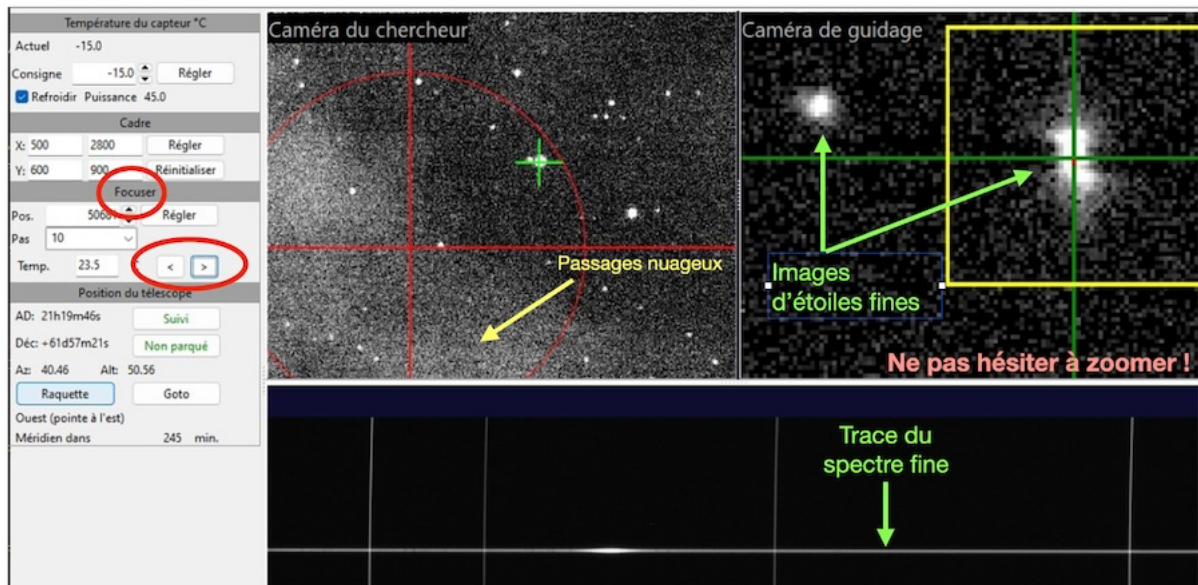
Avant de discuter du sujet important de la focalisation de l'image de l'étoile sur la fente, notez qu'il est possible d'afficher les images en boucle provenant de la caméra principale (la caméra scientifique), sans avoir à sauvegarder celles-ci. Pour cela, passez par le panneau de contrôle et dans sa partie inférieure, réglez les paramètres d'acquisition, comme le temps de pose, puis appuyez sur « Prévisualisation » (affiche OneShot) ou sur « Boucle » :



La bonne focalisation de l'image de l'étoile sur la fente est essentielle pour maximiser le flux lumineux passant par son étroite ouverture et pour obtenir une image fine du spectre suivant

l'axe spatial (vertical dans les images). En effet, si le spectrographe est bien réglé, une image nette de l'étoile en même temps que celle de la fente vue dans la caméra de guidage doit être synonyme d'une trace étroite du spectre dans le plan du détecteur.

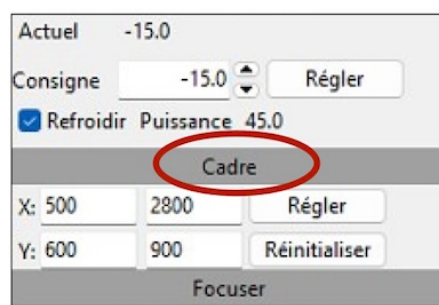
CCDCiel offre bien sûr la possibilité de réaliser cette focalisation du télescope sur la fente depuis l'interface. Surveillez en premier la finesse de l'étoile dans la caméra de guidage, puis la finesse du spectre enregistré par la caméra principale :



12. Le fenêtrage

Les caméras CMOS d'aujourd'hui disposent de surfaces sensibles très larges. Nos spectres sont de fines traces et nous n'avons pas besoin d'une telle taille suivant l'axe vertical. Il est très vivement recommandé de fenêtrer les images (cropping) dès l'acquisition pour réduire les volumes de données et rendre le traitement plus fluide.

Ce cadrage peut être ajusté depuis l'interface principale de CCDCiel. Dans l'exemple ci-après, le coin inférieur gauche du cadre est aux coordonnées (500, 600) et il fait 2800 pixels de long pour seulement 900 pixels de large :

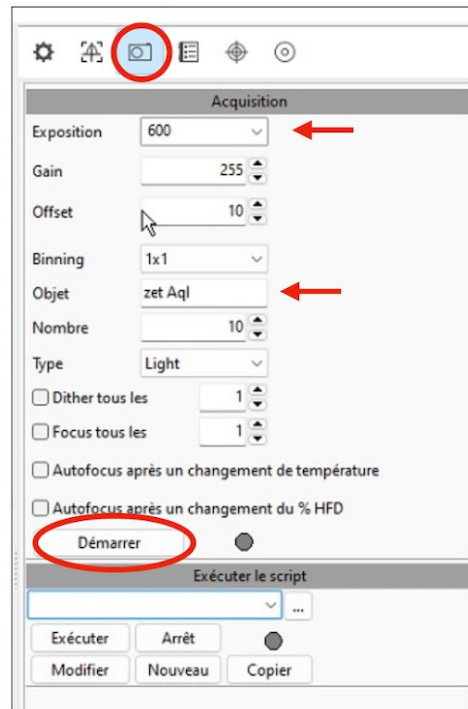


On notera au passage qu'il est possible de contrôler la température du capteur de la caméra « science » depuis l'interface principale, ce qui est fort pratique.

13. L'acquisition de séquences de spectres

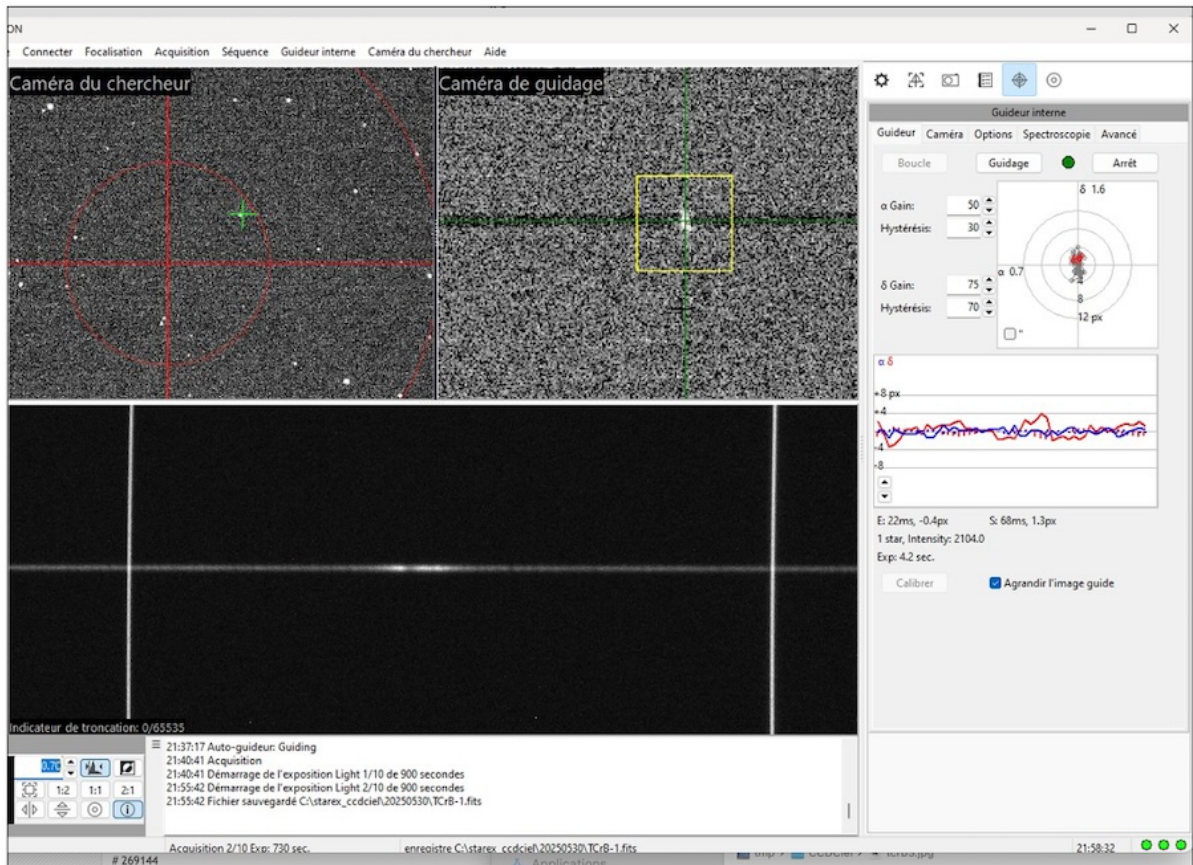
On ne doit pas oublier pour finir que nous désirons acquérir des images de spectres des objets célestes. Voyons comment y parvenir.

Une fois le centrage et l'autoguidage mis en place, ouvrez l'onglet « Acquisition » et modifiez les champs comme vous l'entendez :



Dans l'exemple, nous décidons d'acquérir 10 spectres, chacun exposé 600 secondes, de l'étoile zeta Aql (les noms des fichiers dans le dossier de la nuit seront zetaql-1, zetaql-2, ..., zetaql-10). Bien sûr, vous pouvez interrompre la séquence quand bon vous semble.

Dans le document suivant nous voyons le résultat d'une acquisition de l'étoile T CrB, avec son émission caractéristique de la raie Halpha.



L'étoile est de faible éclat (environ magnitude 10), aussi ne faut-il pas hésiter à augmenter le temps de pose. Il est ici de 900 secondes sur la caméra scientifique, et il est nécessaire d'accumuler de nombreux clichés. On guide par ailleurs sur cette même faible étoile, ce qui oblige à augmenter le temps de pose également du côté de la caméra de guidage, en l'occurrence 7,5 secondes, pour disposer d'un signal suffisant alors que l'étoile disparaît presque lorsqu'elle est dans la fente. Le guideur interne de CCDciel se débrouille très bien dans cette situation.

L'observation est réalisée en ville, aussi devine-t-on la trace de la fente en filigrane dans l'image de la caméra de guidage. Sur l'image du spectre, on note par ailleurs la présence de deux raies spectrales en émission, provenant d'une lampe néon dont la lumière est envoyée au centre de l'objectif de la lunette par une fibre économique en plastique de 3 mm de diamètre. Cet éclairage ponctuel de la pupille d'entrée de l'instrument est permanent, même durant l'exposition du spectre de l'étoile, comme le montrent les photographies suivantes :

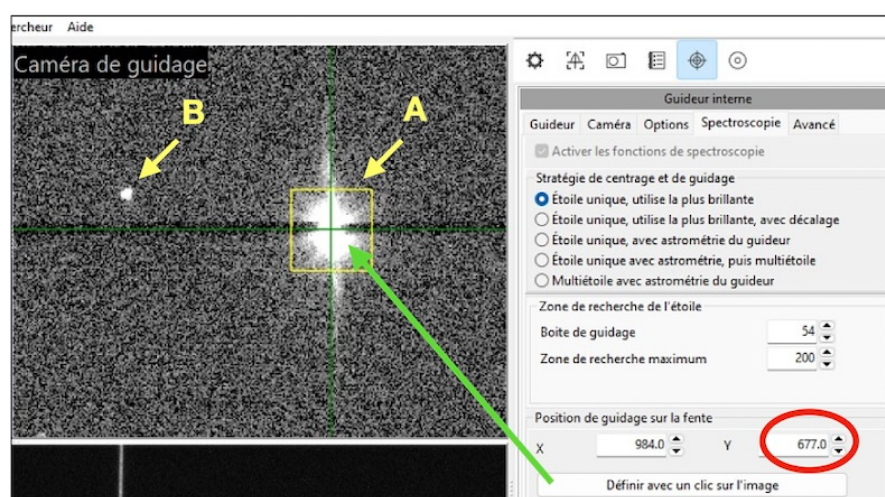


De cette manière, on imprime dans la même image électronique le spectre de l'étoile et celui de la lampe d'étalonnage en longueur d'onde. Cette technique, appelée « mode latéral », permet de corriger une grande partie des problèmes (notamment la perte de résolution spectrale) causés par les dérives mécaniques pouvant survenir lors de poses longues.

14. Le guidage hors fente

Il existe des situations où l'intensité de la cible dont on souhaite prendre le spectre est si faible qu'il est impossible de guider sur son image. Il n'y a alors pas d'autre choix que de sélectionner un objet du champ, plus brillant, pour réaliser cette opération.

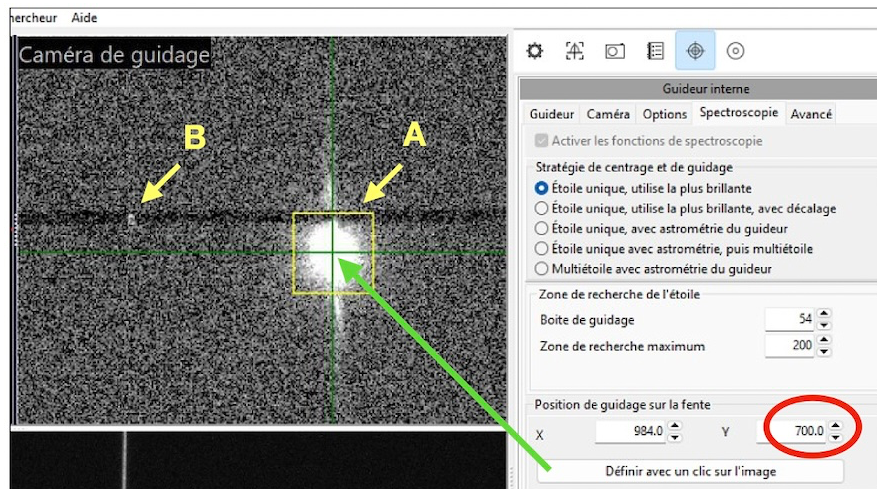
Voyons comment procéder en analysant d'abord la situation suivante :



L'objet noté (A) est une étoile brillante, actuellement positionnée sur la fente. Nous choisissons de guider sur une consigne située aux coordonnées en pixels (984, 677). Cependant, notre cible n'est pas l'objet (A), mais l'objet (B), considérablement plus faible.

La solution consiste à déplacer légèrement le télescope (ici uniquement suivant l'axe vertical de l'image pour simplifier) de telle manière à amener la cible sur la fente, ce qui a pour effet de diminuer encore plus son intensité apparente dans la caméra de guidage, la majorité du flux passant à travers de la fente. Il peut même arriver, dans des cas extrêmes, que l'objet soit invisible, ce qui nécessite un positionnement au jugé.

Le résultat est présenté dans le document ci-après :



Nous allons continuer à guider sur l'étoile (A). Cela signifie qu'il faut changer la consigne. Pour cela, cliquez sur le bouton « Définir avec un clic sur l'image », puis pointez le centre de l'étoile avec la souris. Les positions de guidage sont automatiquement modifiées, ici la valeur Y passe de 677 à 700.

Vous pouvez commencer le guidage, mais une bonne idée est de vérifier, après quelques rattrapages réalisés par le système, que la cible est toujours bien au centre de la fente. Si ce n'est pas précisément le cas, sans rien arrêter, ajustez les valeurs (x, y) de consigne au pixel près pour améliorer la situation (dans le cas présent, l'ajustement concernera sûrement l'axe Y, qui est la direction de la petite largeur de la fente).

15. L'acquisition des DOF

Pour pouvoir être traité, le jeu de données acquises doit, comme à l'accoutumée, être complété par les DOF : Dark, Offset, Flat.

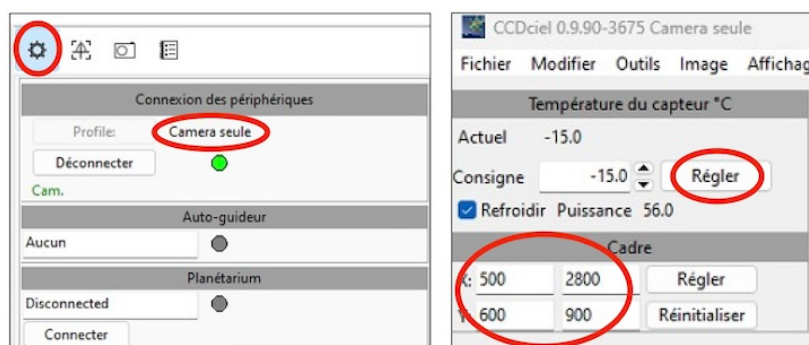
Pour la prise des DOF, il n'est pas utile d'utiliser une configuration logicielle complète, et même ce n'est pas souhaitable car certains éléments du setup peuvent ne pas être connectés lors de cette opération.

Une bonne manière de procéder est donc de définir une configuration instrumentale réduite au strict minimum, qui ne concerne que l'équipement concerné par les DOF, à savoir la caméra principale (ou caméra scientifique), chargée de l'enregistrement proprement dit des spectres.

Depuis la boîte de dialogue « Configuration des périphériques » (via le menu « Modifier »), créez un nouveau profil depuis l'item « Interface ». Vous pouvez l'appeler par exemple : CAMERA SEULE. Voir aussi la section 4 de ce document.

Vous n'avez à définir que les paramètres de la caméra principale. Faites bien attention à ce qu'ils soient identiques à ceux choisis dans votre profil d'acquisition standard.

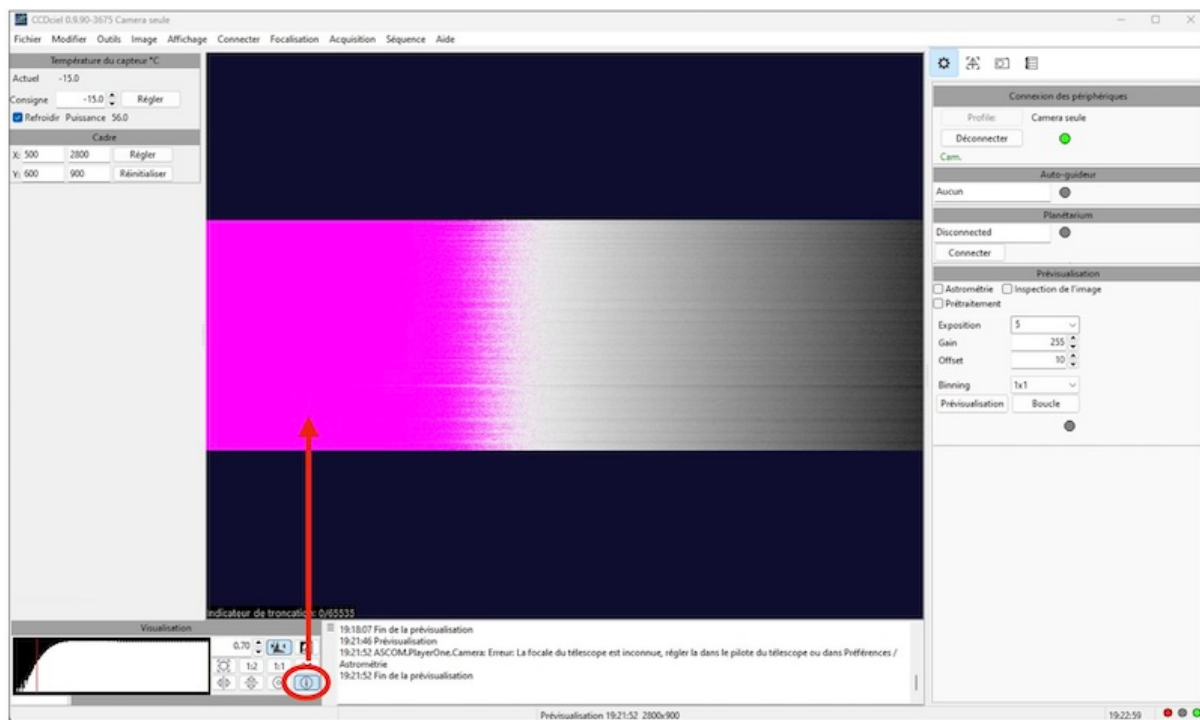
Vous vous connectez avec les éléments du nouveau profil. L'interface de CCDciel est un peu simplifiée. Bien entendu, il faut veiller à la cohérence des paramètres avec ceux utilisés lors de la prise des spectres (température, cadrage, gain, etc) :



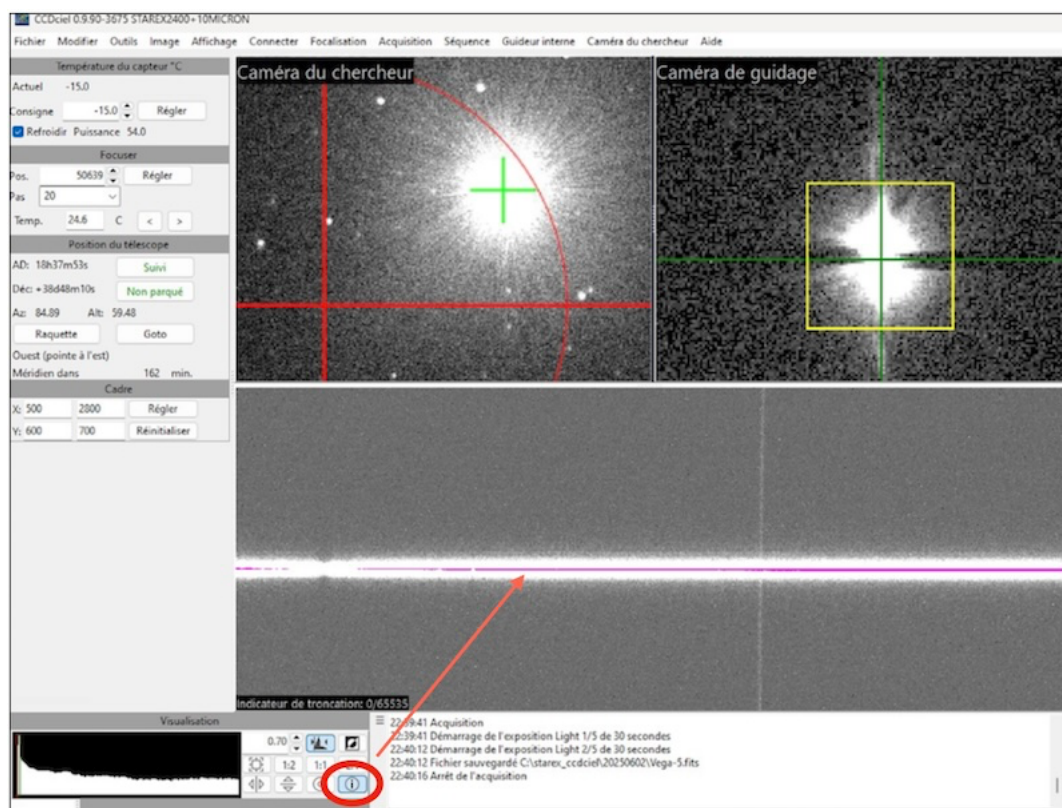
Dans le cas présent, où je travaille sur une petite zone du spectre autour de la raie H-alpha, la réalisation des flat-fields avec un banal panneau d'éclairage domestique à LED acheté dans un magasin de bricolage fonctionne très bien. Il est monté de façon simple à l'avant de la lunette et occasionnellement (les flat-fields ne sont pas à refaire systématiquement si la configuration instrumentale n'est pas modifiée, disons une fois toutes les 10 nuits pour fixer les idées) :



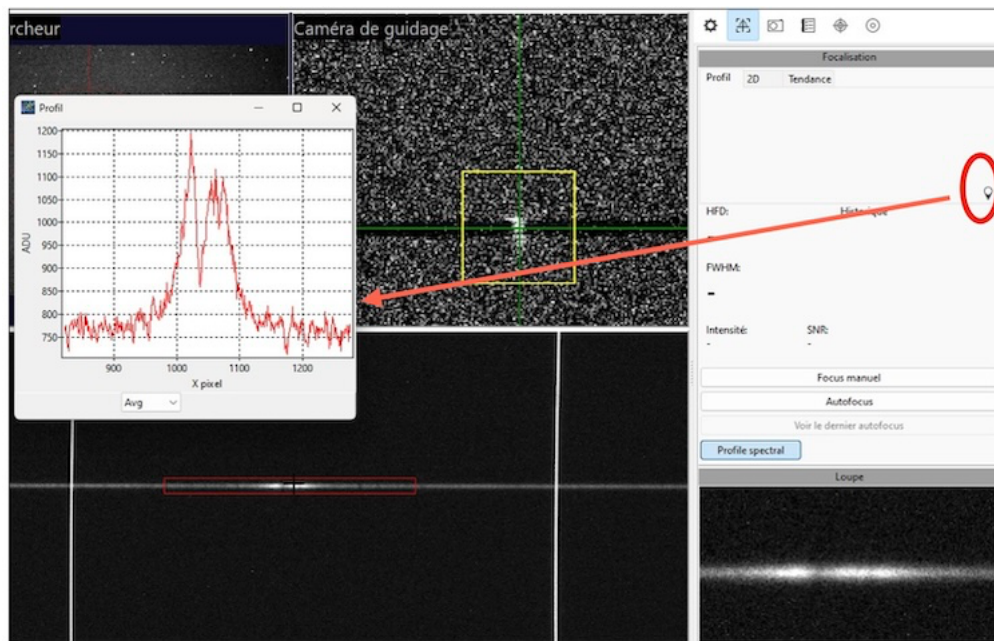
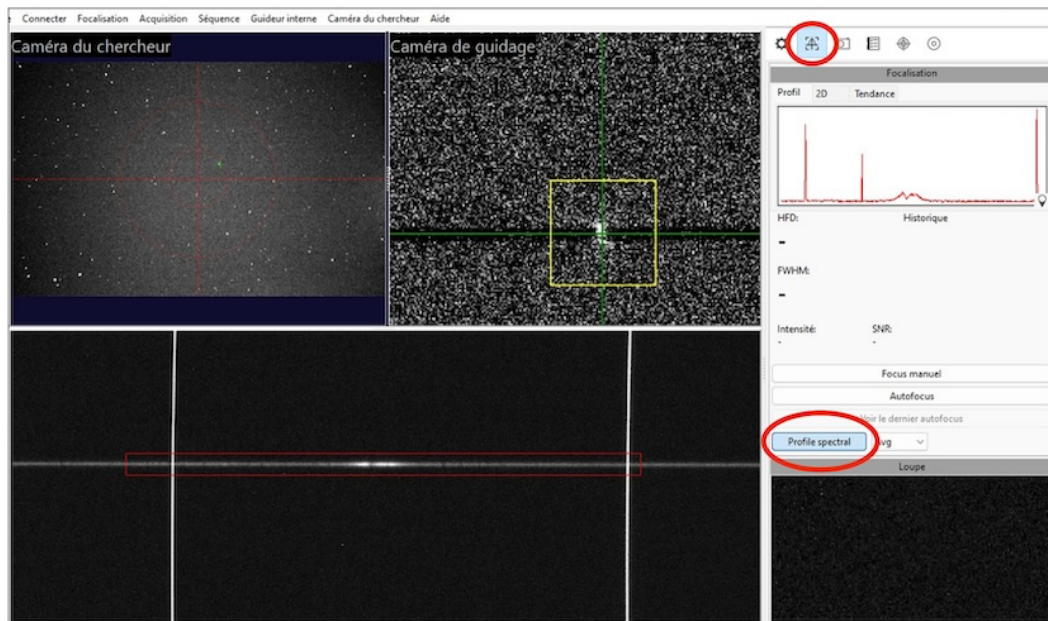
Attention, lors de l'acquisition du flat-field, à bien régler le temps de pose pour que l'intensité maximale dans l'image soit comprise entre 50 000 et 60 000 ADU. En revanche, évitez absolument de saturer le détecteur (au-dessus de 65 535 ADU). CCDciel possède un petit outil qui vous informe si des parties de l'image sont saturées, en les coloriant :



Au passage, Il est recommandé de toujours activer cette fonction d'alerte, y compris lors de la prise des spectres stellaires :



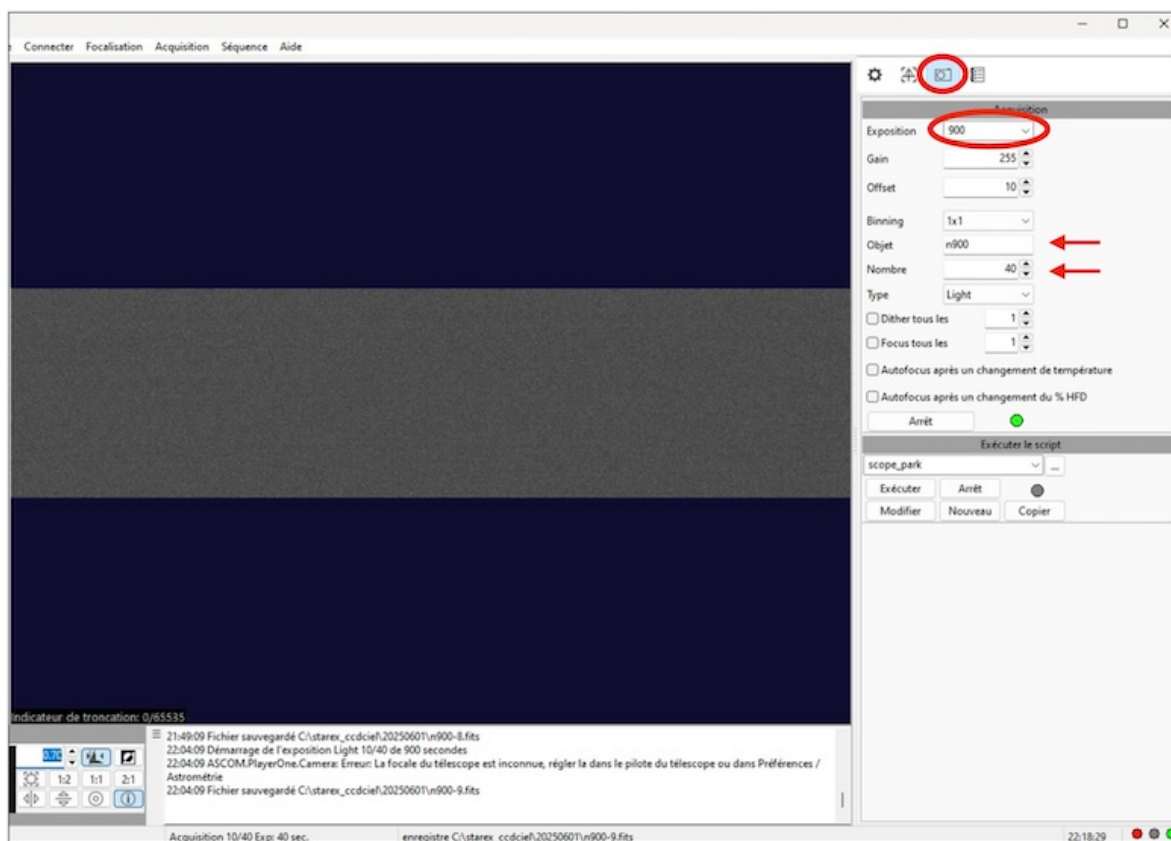
Dans la même veine, pour contrôler l'état du spectre, il est possible de tracer le profil à partir de l'onglet d'analyse (cliquer sur le bouton « Profile spectral », puis shift + glisser avec la souris), ou encore d'obtenir un zoom dans l'image :



Pour ce qui concerne les offsets et les darks, ils peuvent être réalisés la nuit avec le spectrographe attaché à l'instrument de prise de vue lors de périodes de mauvais temps, en ayant soin de boucher l'entrée du télescope ou de la lunette, ou durant la journée dans un réfrigérateur pour simuler les conditions de température nocturnes :



Dans l'exemple ci-après, je génère une séquence d'images « dark » exposée 900 secondes (la durée maximale d'exposition que je pratique généralement). Le nombre d'images DOF peut dépasser la dizaine (typiquement 30 images flat-field, 10 à 20 images dark, une ou deux images d'offset seulement car le logiciel de post-traitement, SpecInti, sait à partir de là produire une carte d'offset synthétique plus efficace car sans bruit) :



Ici s'achève cet aide-mémoire, qui concerne la mise en route et les fonctions de base utiles pour réaliser de la spectroscopie et qui peut compléter la documentation de ce très bon et très utile logiciel qu'est CCDCiel. Bonne utilisation !