

Notice de réglage de Sol'Ex

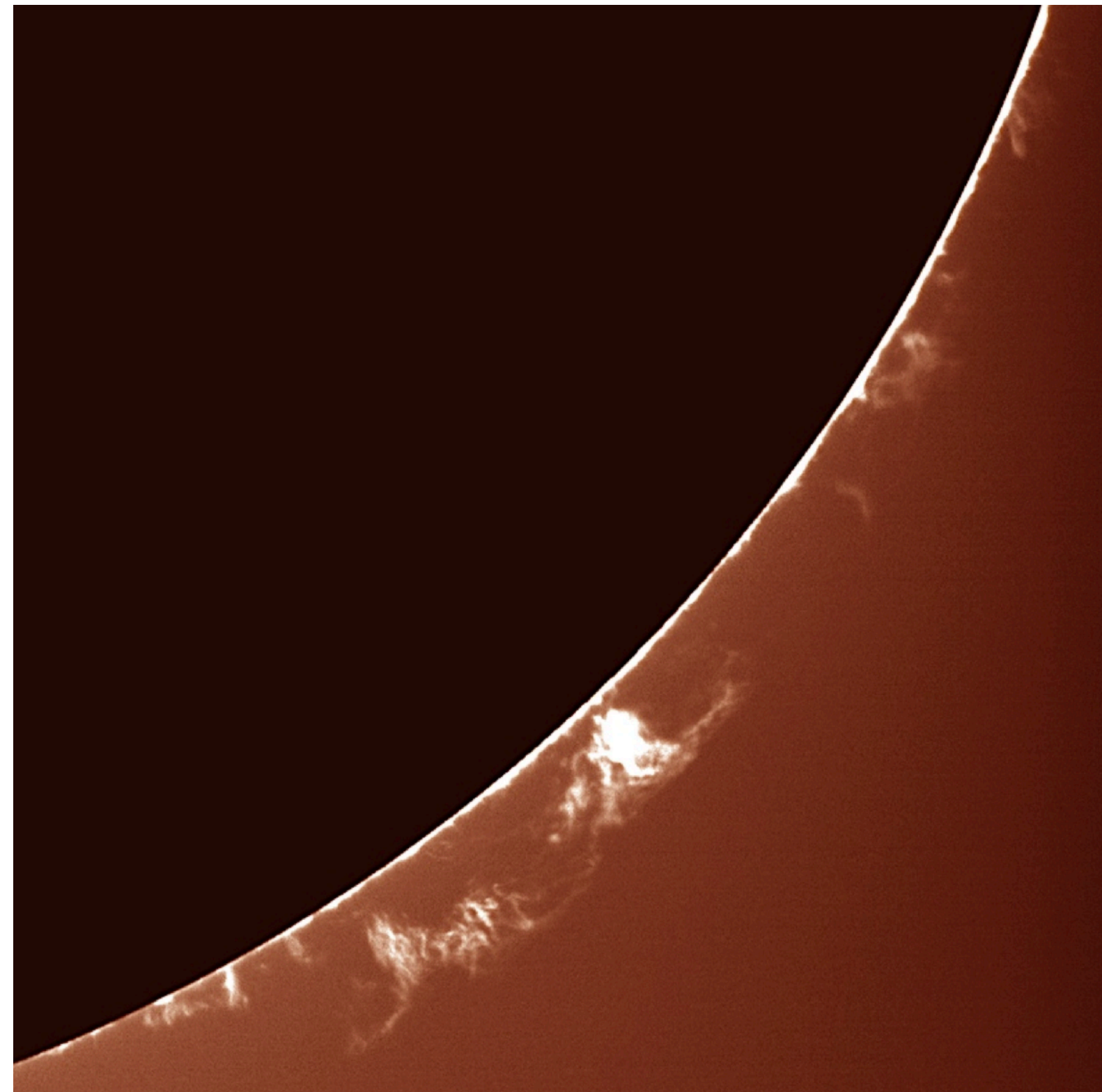
Le Solar Explorer

Ce document s'appuie sur le kit mécanique V2 de Azur3DPrint

<https://www.azur3dprint.fr/>

Les éléments optiques proviennent de Shelyak (compatibles avec les versions mécaniques 1 et 2)

<https://www.shelyak.com>

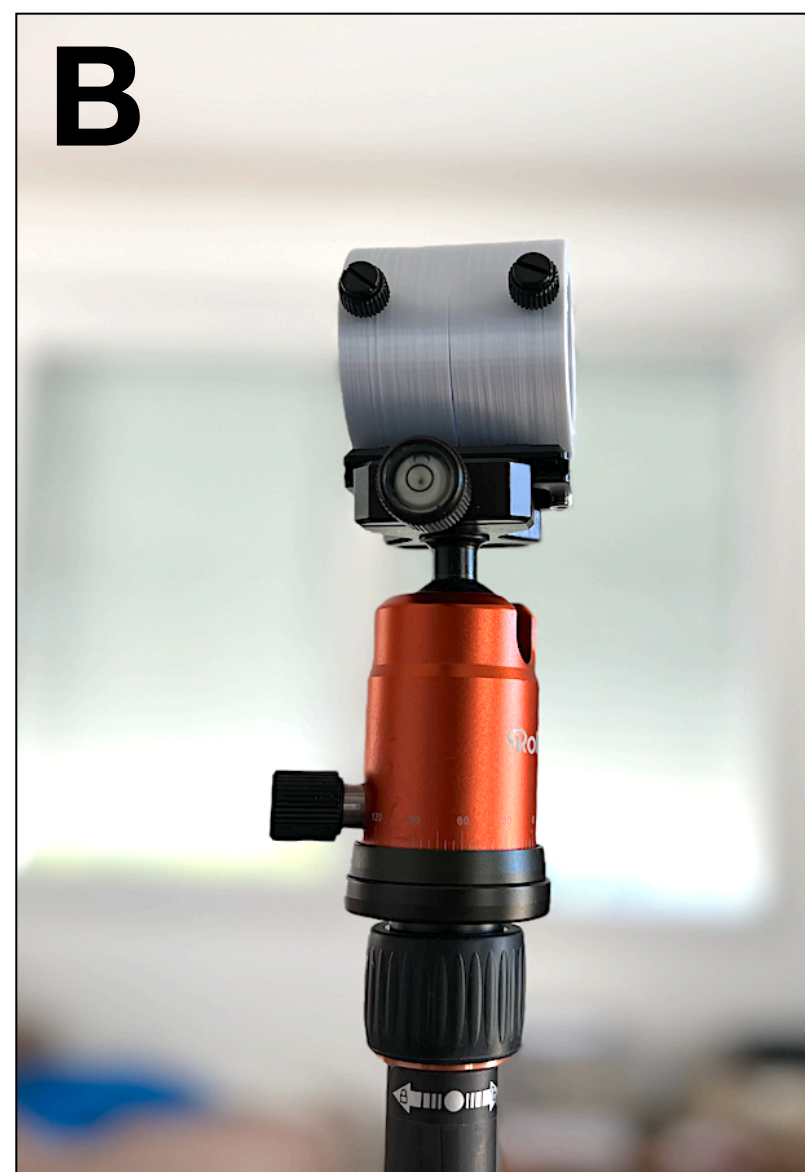


SOL'Ex

<http://www.astrosurf.com/solex/>

Révision 1.2 - 14 novembre 2023

Copyright (c) 2020-2023 Christian Buil



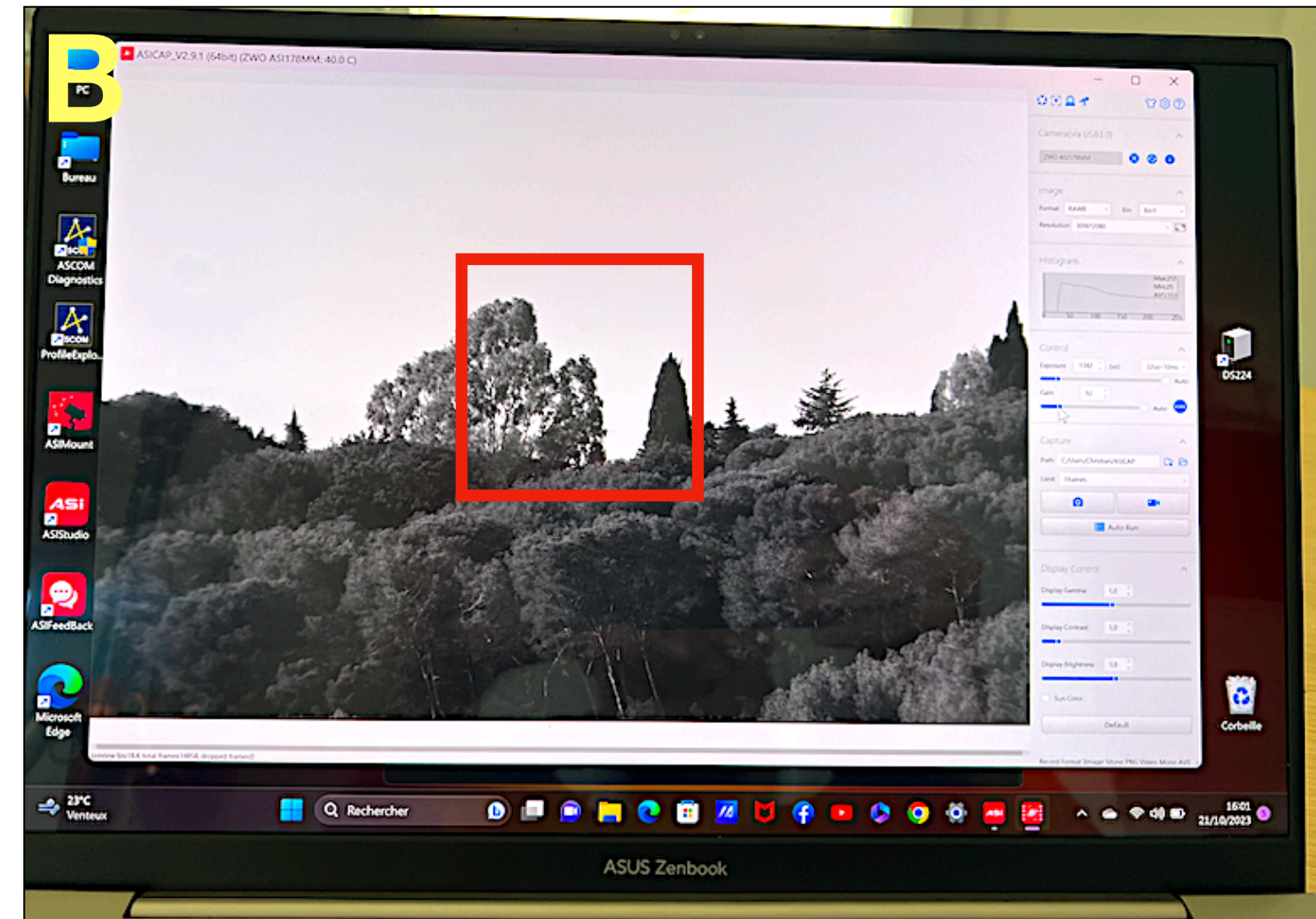
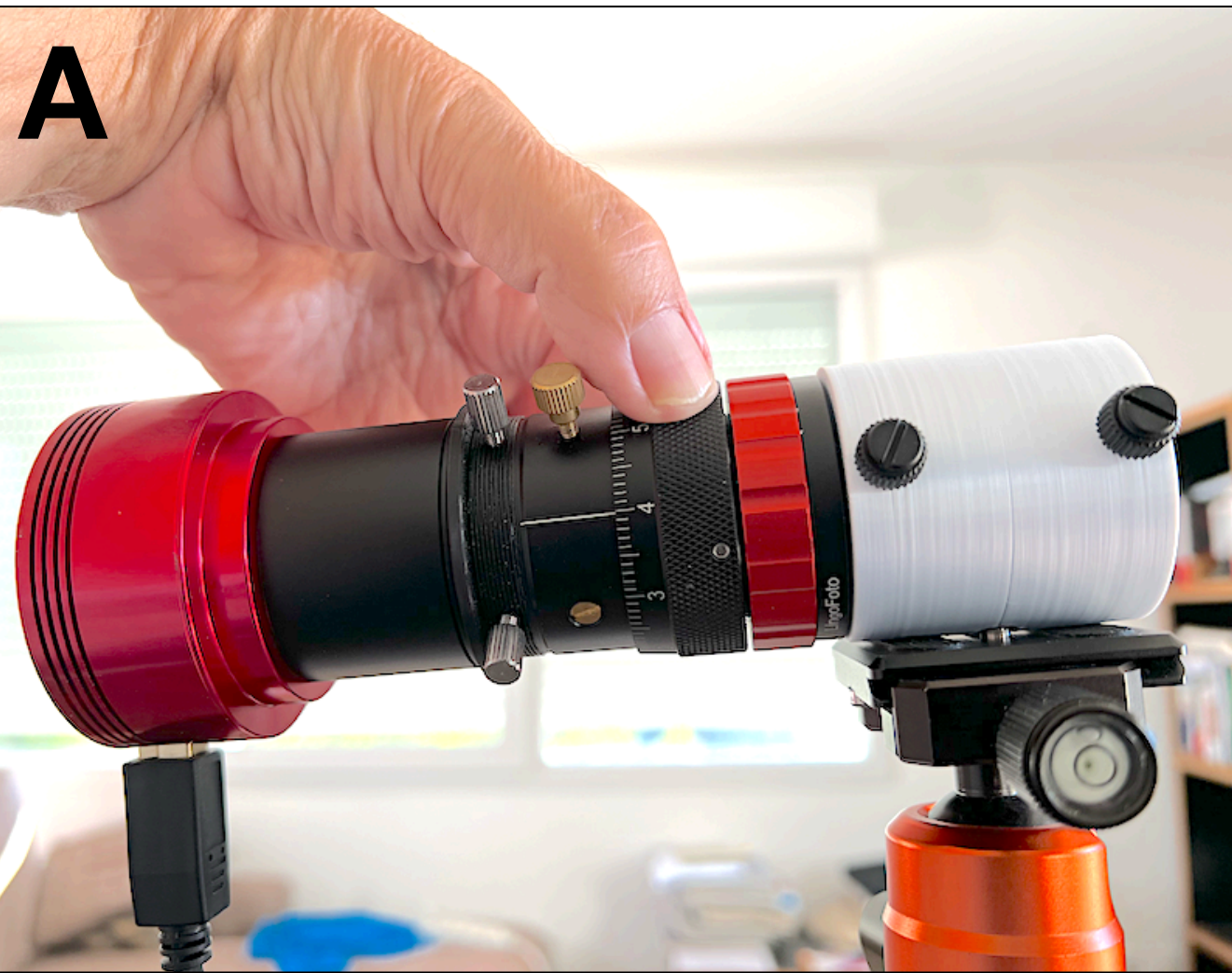
ETAPE 1

A - Nous utilisons le tube objectif de caméra de Sol'Ex à la manière d'une petite lunette astronomique de 25 mm de diamètre et de 125 mm de focale, en outre déjà équipée d'une caméra. L'ensemble forme un outillage qui aide à régler Sol'Ex.

B - Il nous faut un support afin de pointer une scène de manière stable. Un pied photo et la bague prévue à cet effet dans le kit mécanique réalisent cette fonction. La bague dispose d'un trou fileté au pas Kodak.

C - Le tube objectif monté sur son support. Tous les éléments constitutifs doivent être en appui, sans jeu.

D - Un objet lointain doit pouvoir être visé, distant d'un kilomètre ou plus. L'image électronique s'affiche sur un écran d'ordinateur. Il y a le choix du côté du logiciel de lecture de la caméra, par exemple ASICap (comme ici), SharpCap, FireCapture...



ETAPE 2

A - Agir sur la bague de mise au point du système de focalisation hélicoïdal pour obtenir une image nette.

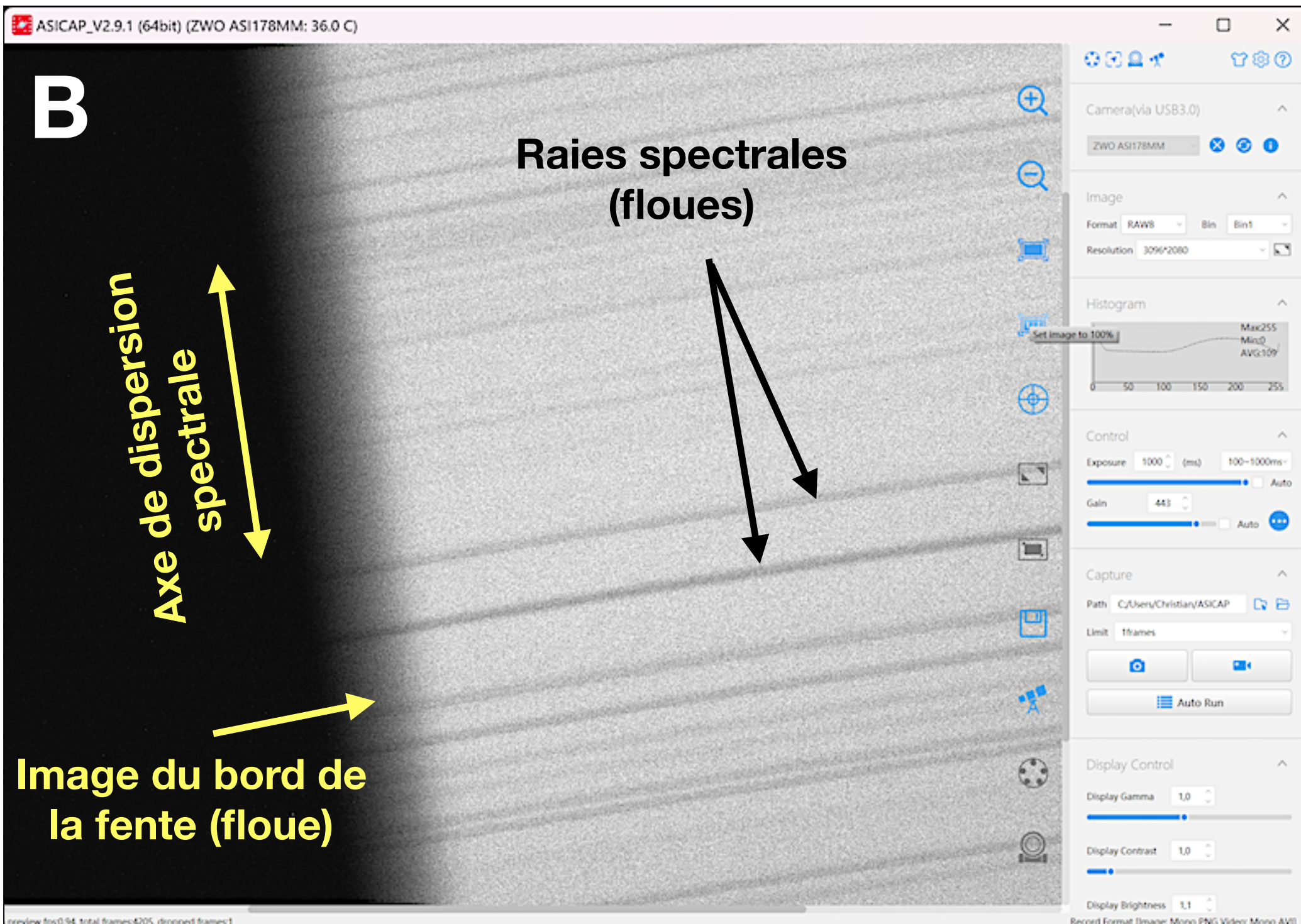
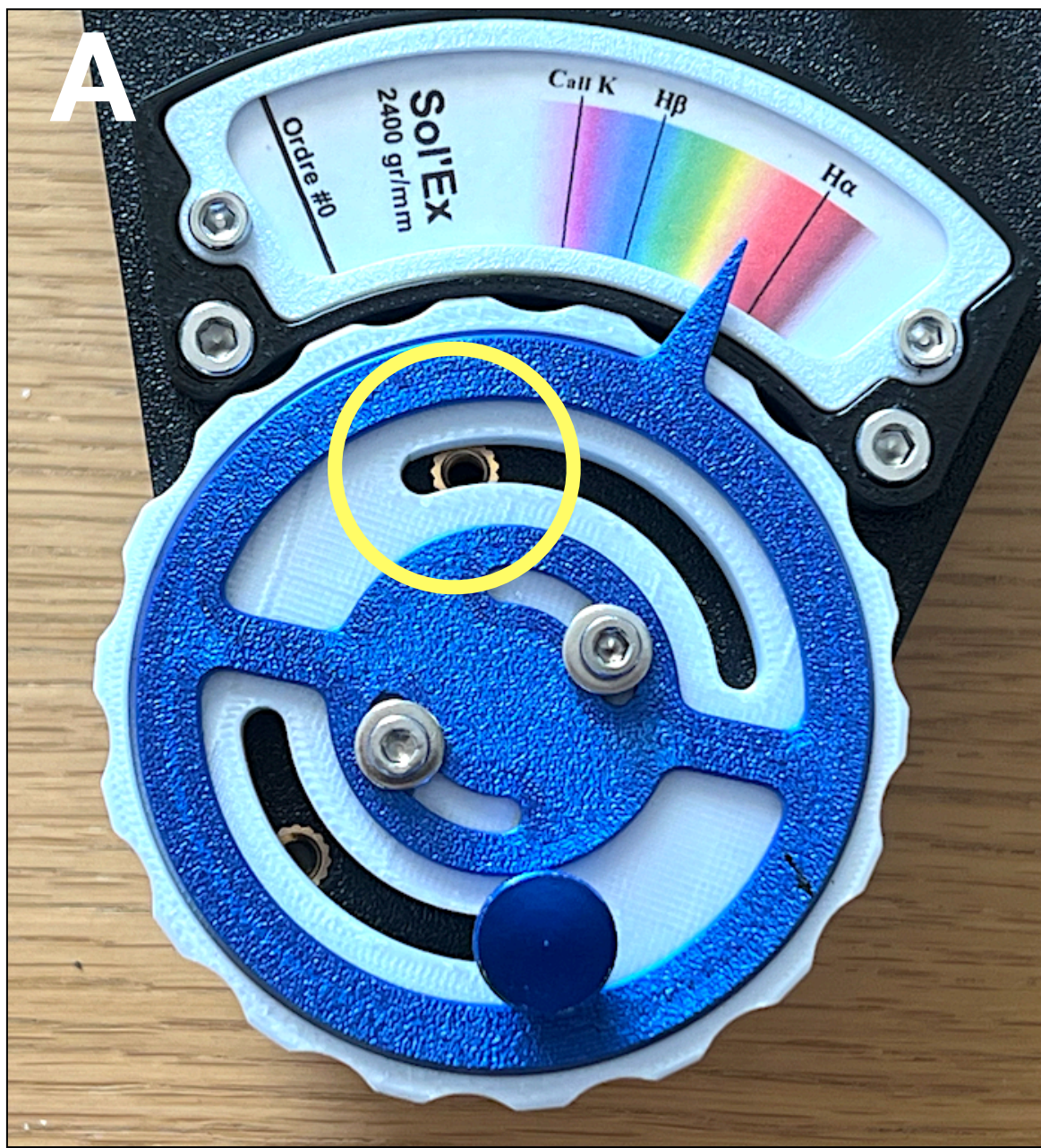
B - Dans cette image, se concentrer sur la netteté du centre (le carré rouge). Les bords peuvent être flous, il ne faut pas s'en préoccuper (aberrations de champ).

La sensibilité de focalisation est le 1/10 de millimètre environ (une graduation sur le système hélicoïdal ZWO). Lorsque l'image est jugée nette, serrer la vis de blocage du système hélicoïdal.

C - La précision s'améliore en observant au travers d'un filtre bloquant le rayonnement infrarouge auquel est sensible la caméra. Un filtre au coulant 31,75 mm convient.

D - Ce filtre est logé dans le tube outillage et il y est maintenu en place par une vis latérale. Ne pas trop s'inquiéter si on ne dispose pas d'un tel filtre, car notre outillage ne sert qu'à un pré réglage, on le verra par la suite.





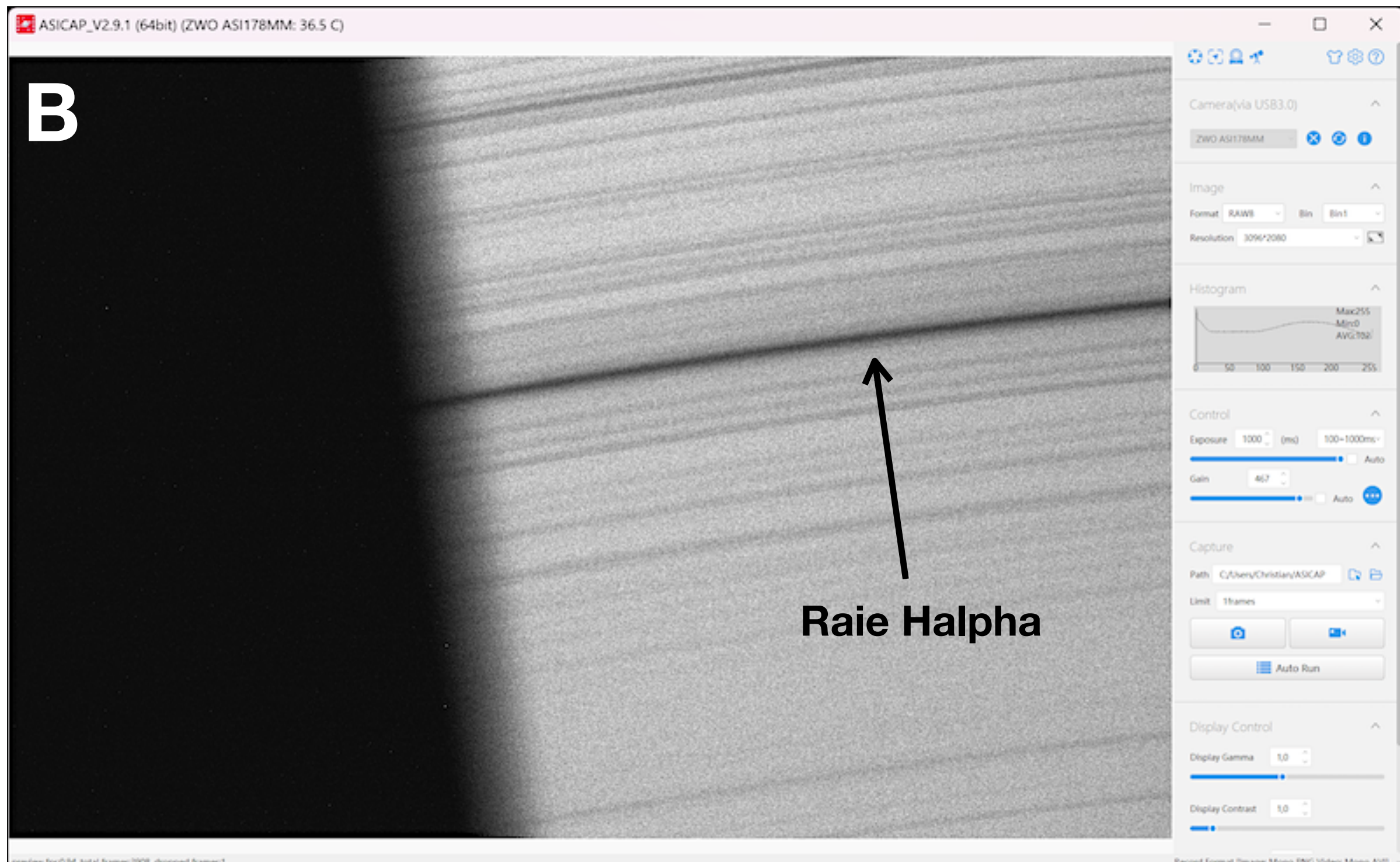
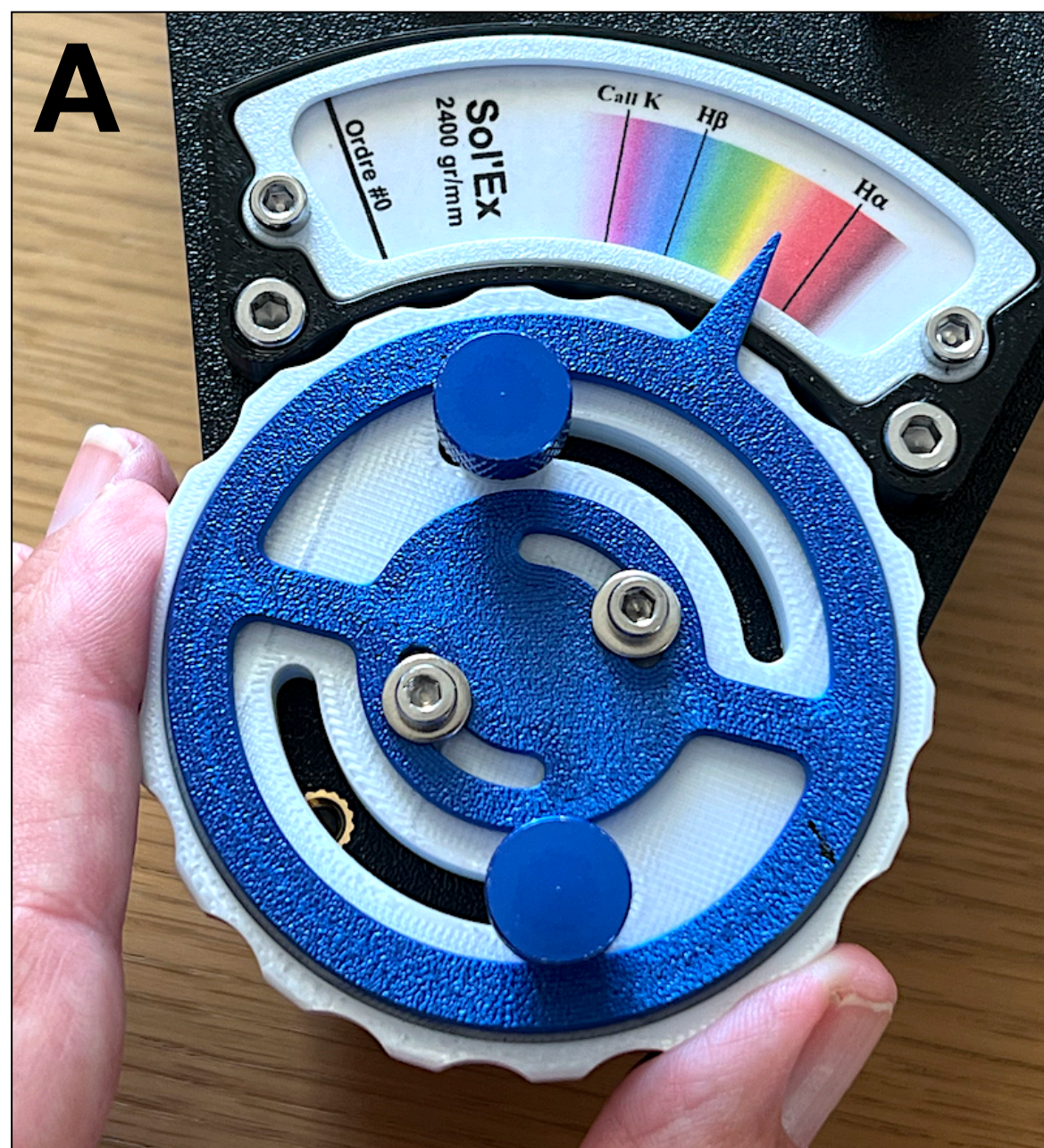
ETAPE 3

A - Remonter le tube objectif tel que réglé à l'étape précédente. La suite se déroule en observant le spectre solaire de la lumière du jour, plus particulièrement la région rouge, autour de la raie Halpha (hydrogène).

On recherche cette raie dans un spectre très résolu, qui ne montre qu'un petit intervalle spectral. Ce n'est pas simple sans méthode. Voici une astuce : retirer une des vis de fixation de la manette Sol'Ex (voir le cercle jaune), laisser en légère pression la vis restante, puis pivoter la manette circulaire du réseau pour reproduire la position illustrée dans la figure, le mieux possible. La raie Halpha ne devrait pas être loin du champ spectral capté par votre détecteur. Remettre la vis sans serrer. Ne faites pas attention à l'index de longueur d'onde (ici de couleur bleue), il n'est pas réglé à ce stade

B - De jour, pointez l'entrée de Sol'Ex vers le fond de ciel bleu ou nuageux, peu importe, au travers d'une fenêtre, alors que vous êtes confortablement installé dans une pièce (le confort est ici important). Faites des images en boucle avec un temps de pose typique de 1 à 2 secondes avec un gain caméra de 300 à 400.

Vous allez sûrement obtenir quelque chose qui ressemble à l'image présentée en exemple : spectre flou, tout est de travers, pas de raie Halpha reconnaissable... il y a du travail !

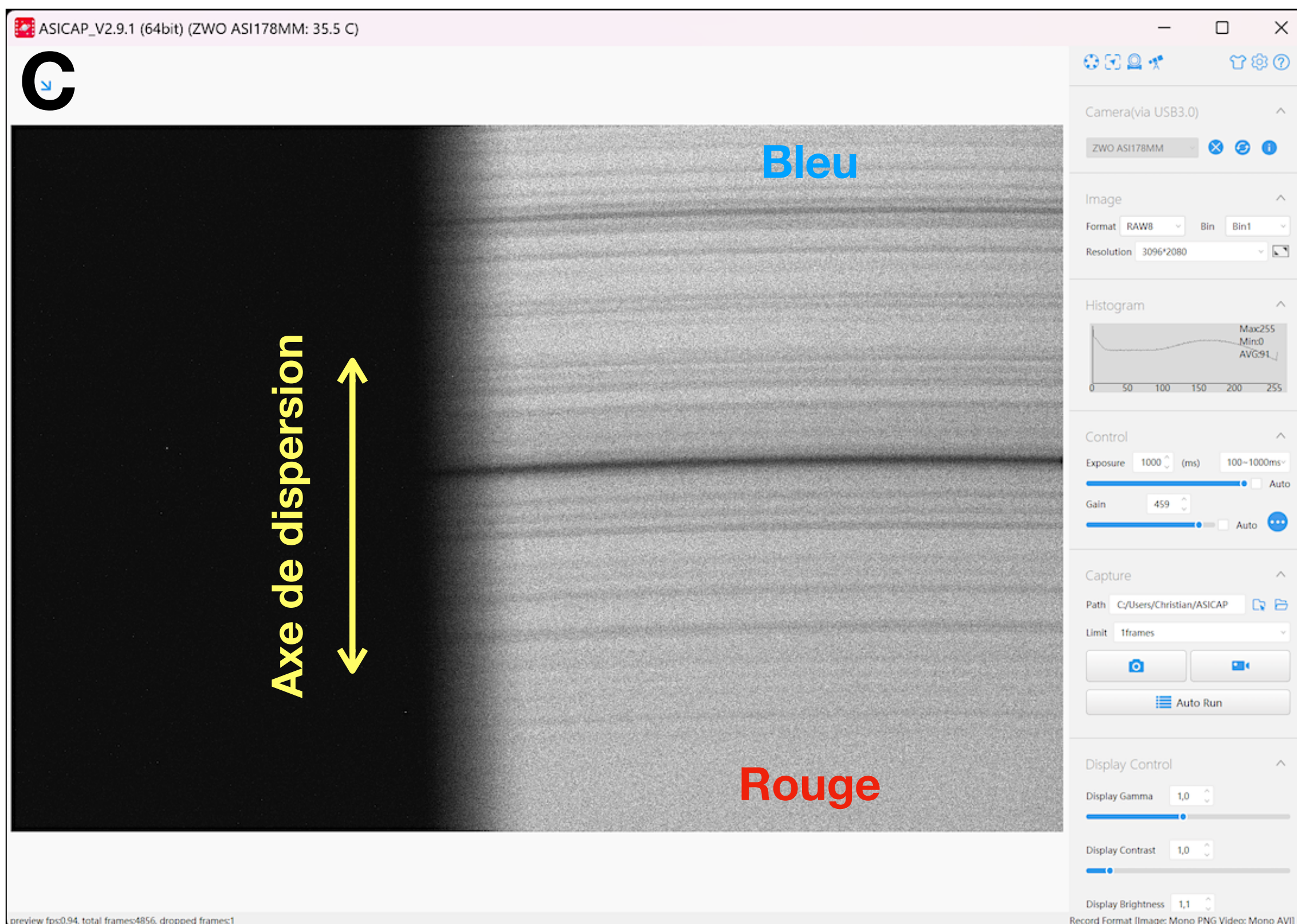


ETAPE 4

A - À partir de la position précédemment ajustée à l'œil de la manette réseau, et de part et d'autre de celle-ci, tourner la roue en faisant une acquisition en continu. Il faut procéder par très petits pas, de $0,2^\circ$ environ (un peu de doigté est nécessaire, mais le coup est vite pris).

B - La raie recherchée finit par apparaître : elle est la seule à être bien sombre dans cette partie du spectre, et isolée.

Il est recommandé de visualiser toute la surface d'image saisie par le capteur lors de cette recherche de la raie Halpha. Éventuellement, travailler en binning 2x2.



ETAPE 5

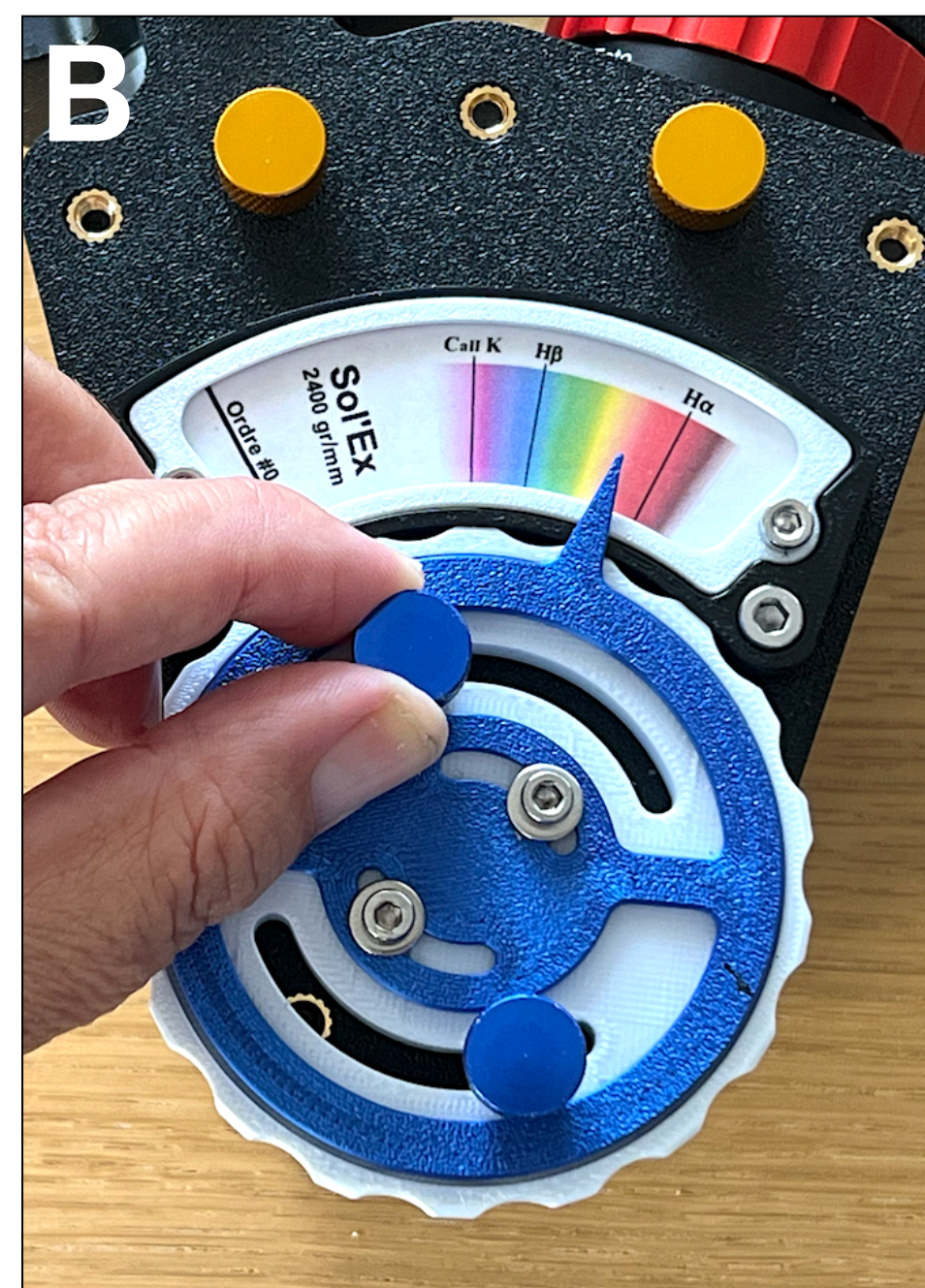
A - Nous devons rendre l'axe spectral de dispersion vertical. Il faut pour cela agir sur l'orientation de la caméra d'acquisition autour de son axe. Dévisser légèrement les deux vis du système de focalisation hélicoïdal.

Note : le choix d'une direction verticale de la dispersion n'est pas naturel en spectrographie (il est plutôt choisi horizontal en général). Cette initiative aboutit à une ROI (« Region Of Interest ») plus large que haute pour isoler une raie spectrale, ce qui accélère la vitesse de lecture des capteurs CMOS (une particularité de leur architecture interne).

B - Tournez la caméra par glissement au niveau du coulant 31,75 et regardez en même temps ce qui se passe sur l'écran de l'ordinateur (travailler en mode continu).

C - Lorsque l'axe de dispersion apparaît vertical (ne pas chercher une très haute précision à ce stade), serrez les deux vis de blocage sur l'hélicoïdal.

Note : le même résultat peut être obtenu en tournant la caméra de 180° (un demi-tour). Il est recommandé de choisir la configuration reproduite dans l'image. Les raies sont courbes (distorsion interne du spectrographe, classique pour ce type d'appareil) et la concavité de celles-ci est tournée vers le bas. De cette manière, la partie bleue du spectre est en haut de l'image (petites longueurs d'onde) et donc, la partie rouge en bas (grandes longueurs d'onde).



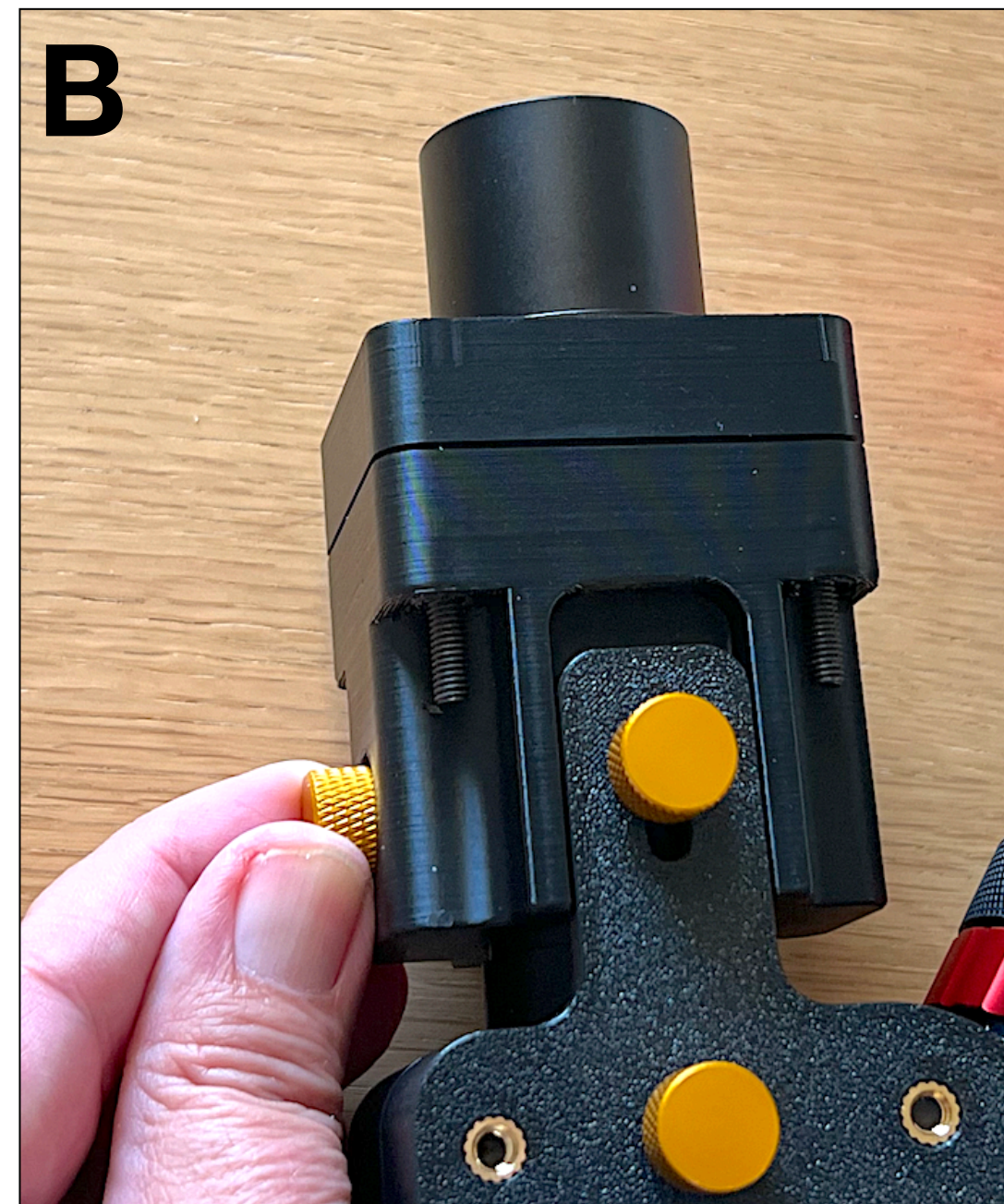
ETAPE 6

A - La raie Halpha étant approximativement au centre de notre image, profitons en pour ajuster le système d'index attaché à la roue de Sol'Ex. A ce stade l'index n'indique pas la position de la raie Halpha, c'est normal, il n'est pas réglé.

B - Serrez assez fermement les deux vis de blocage de la manette du réseau (vis moletée).

C - Dévissez légèrement les deux vis M3 qui maintiennent l'anneau de l'index (en bleu dans l'exemplaire utilisé de Sol'Ex).

D - Positionnez l'index devant le repère Halpha, puis resserrer les deux vis M3. L'opération est achevée.



ETAPE 7

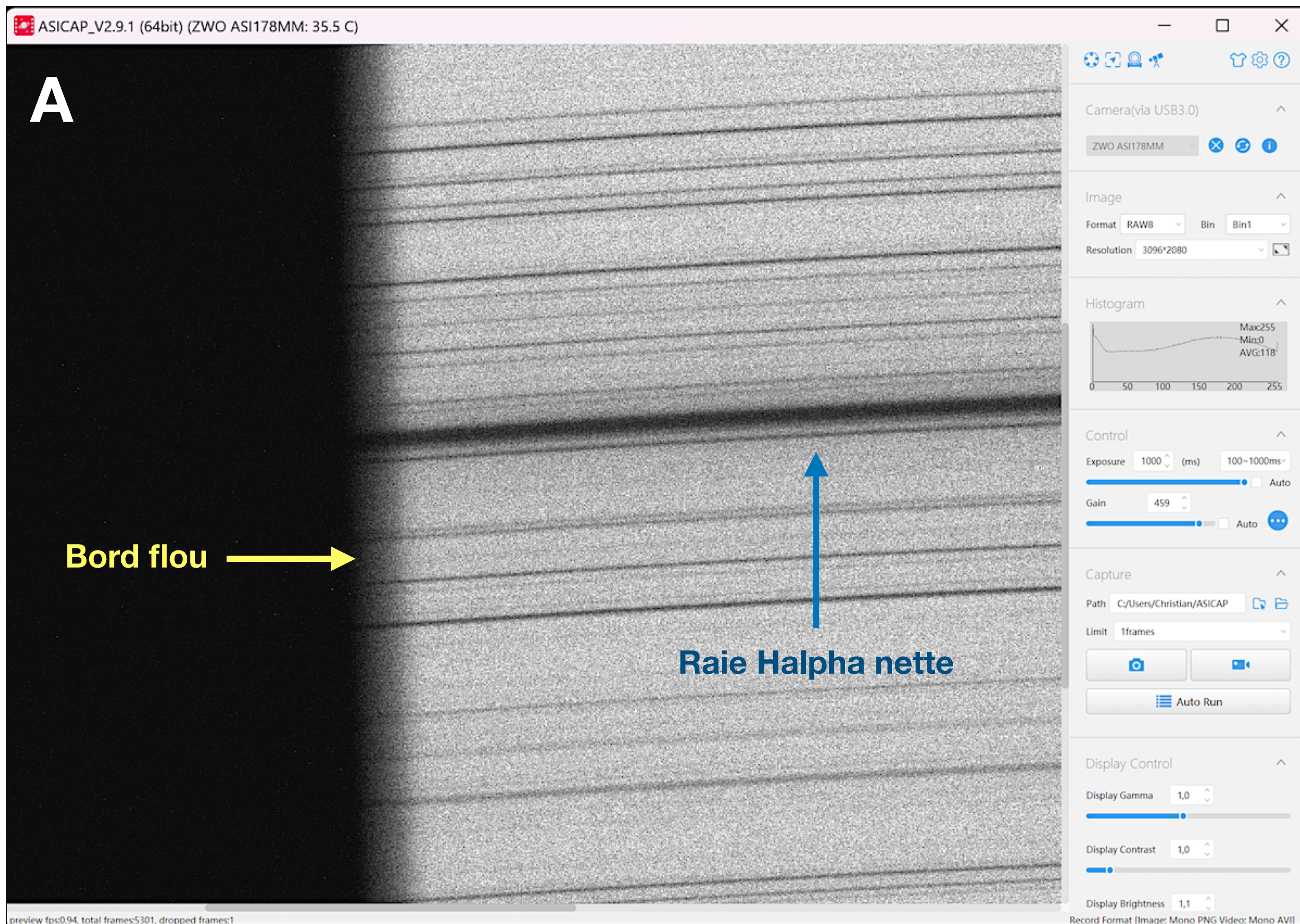
A - Desserrez légèrement les trois vis à molette qui empêchent le bloc collimateur de glisser sur son rail de guidage.

B - N'oubliez pas la vise latérale.

C : À présent vous pouvez avancer et reculer librement le bloc collimateur.

Note : lors de ce mouvement, l'objectif collimateur ne bouge pas, car il est fixé au boîtier principal. En revanche, la fente se déplace en avant et en arrière.

En déplaçant la fente, on ajuste donc la distance entre la fente et l'objectif collimateur.



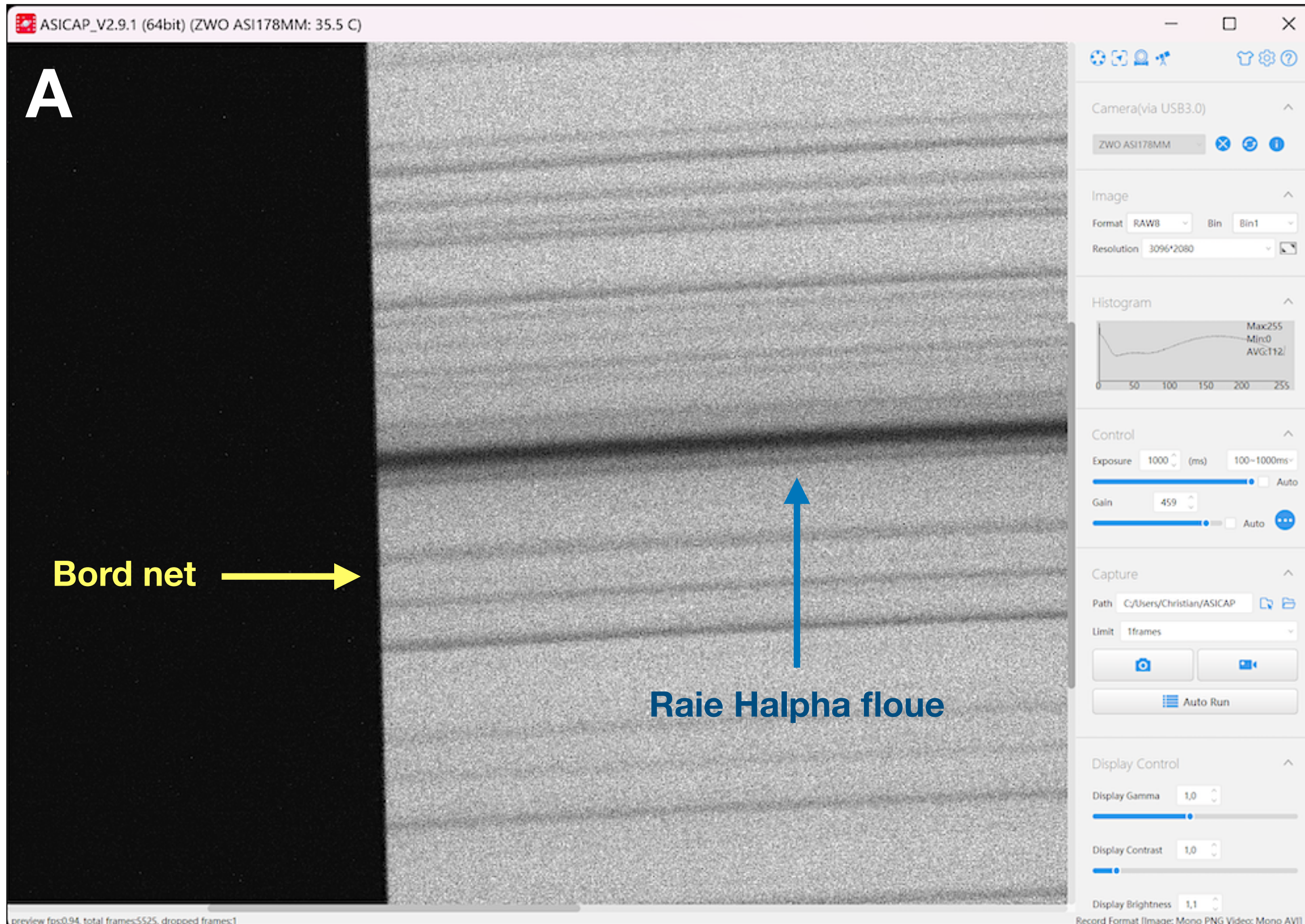
ETAPE 8

A - En déplaçant le cube collimateur, la netteté du spectre est modifiée. Pour le moment, le tube objectif garde le réglage de l'étape 2. Affiner la mise au point uniquement en agissant sur le bloc collimateur.

Apprenez à maîtriser le déplacement du cube collimateur en jouant sur la force de serrage des vis de maintien. La précision est meilleure que l'on ne pense généralement, un ou deux dixièmes de millimètre avec un peu d'habitude malgré la rusticité du dispositif. Ne pas hésiter à zoomer dans l'image pour mieux juger le résultat d'une action.

Dans l'exemple, la netteté a été réalisée. La raie Halpha est par nature large, mais on note l'étroitesse de raies de faible intensité, ce qui est le bon critère de succès pour la focalisation.

Cependant le spectre vertical du bord de la fente est toujours flou...



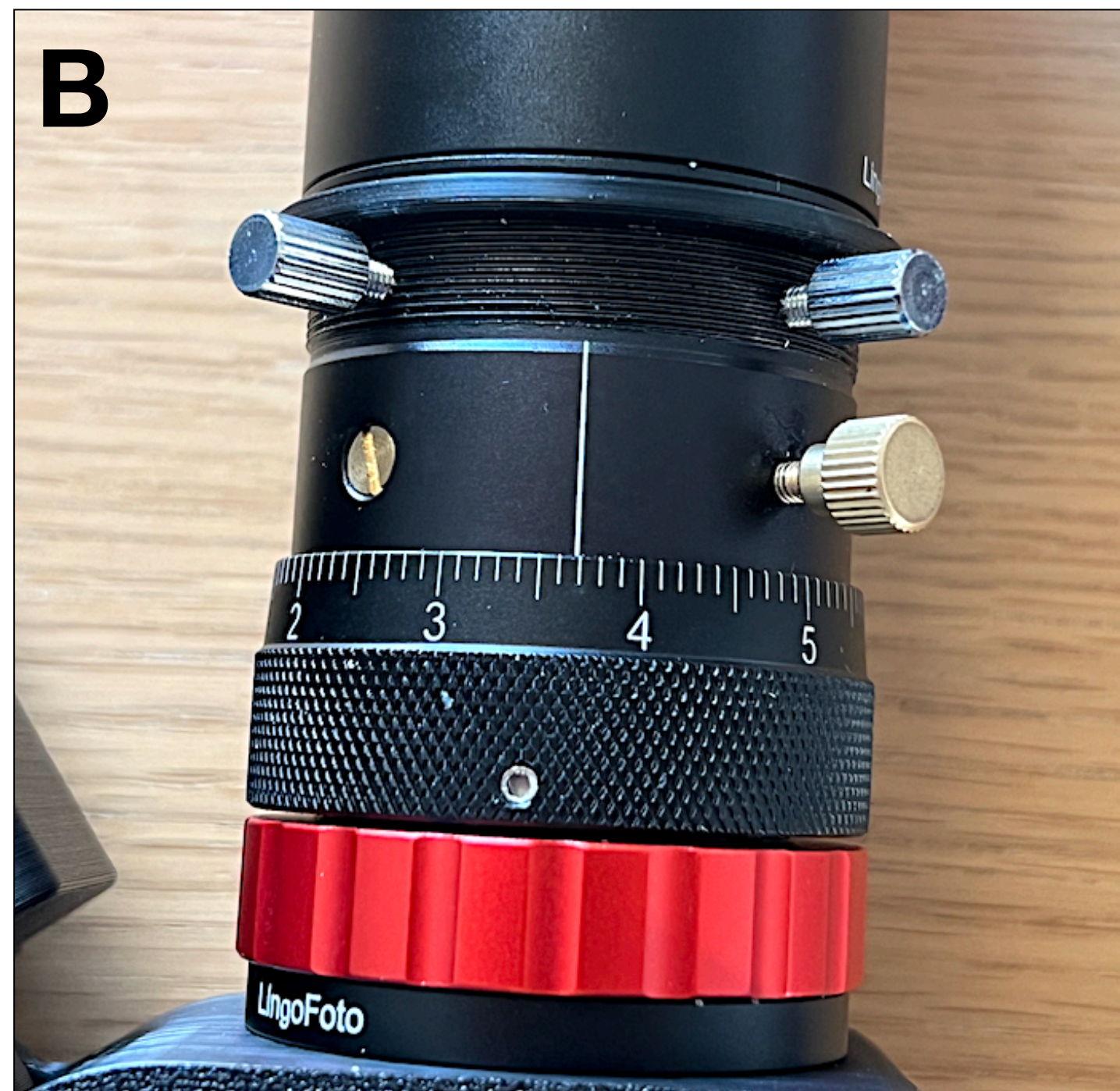
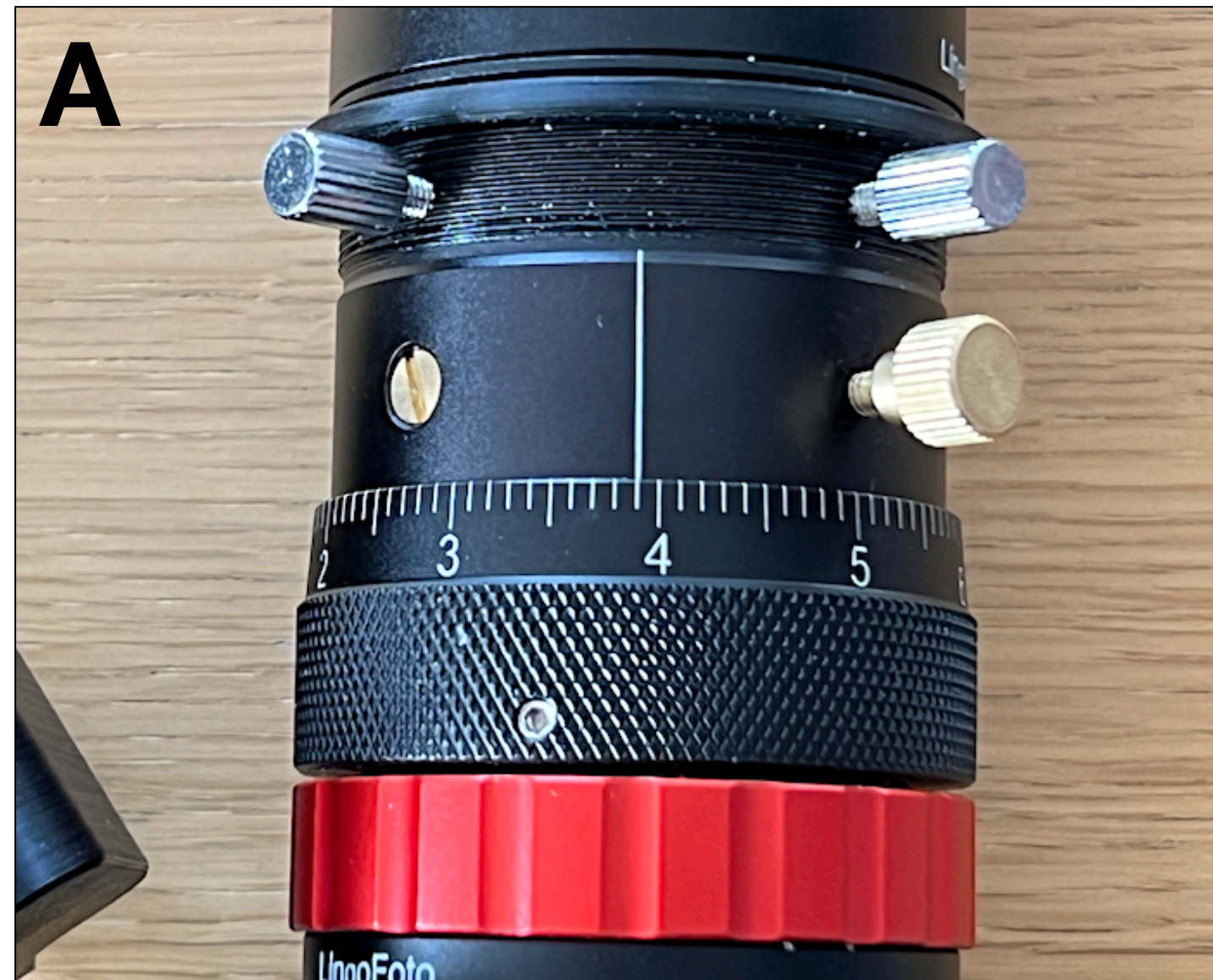
ETAPE 9

A - Constatez que pour une certaine position du bloc collimateur (et donc une certaine distance entre la fente et l'objectif collimateur), la situation inverse se produit : l'image spectrale du bord de fente est tranchée, alors que les raies spectrales sont floues.

A ce stade il est donc impossible d'obtenir une netteté simultanée des raies spectrales (horizontales) et du bord de fente (vertical).

En optique, c'est le symptôme d'un défaut appelé « astigmatisme ». On ne voit pas avec la même netteté les détails horizontaux et verticaux en présence de cette aberration optique.

L'absence ou la présence de ce défaut fait une différence dans la qualité des images réalisées avec Sol'Ex. Il faut chercher à le supprimer.



ETAPE 10

A - Pour un usage normal (imagerie classique d'une scène), le réglage effectué à l'étape 2 sur le tube objectif est correct. C'est même un bon point de départ pour nous, c'est pour cela que nous l'avons réalisé.

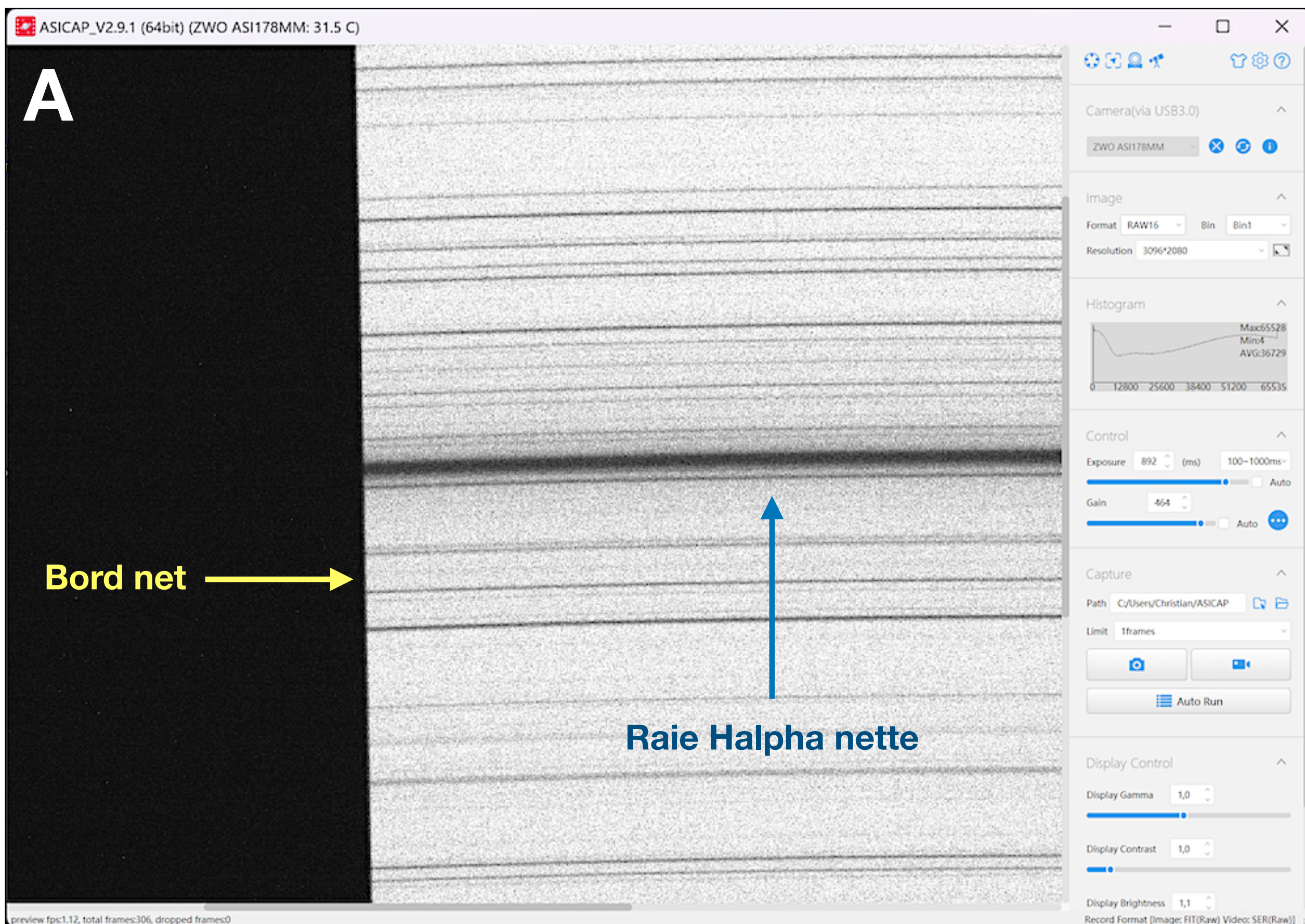
Malheureusement, outre que parfois cette vision nette des objets à l'infini est réalisée imparfaitement, un mécanisme interne dans l'instrument (lié à l'usage du réseau) fait que le meilleur réglage de l'objectif de caméra n'est pas celui que nous avons effectué à l'étape 2. Ce réglage doit être retouché afin d'obtenir une image du spectre très nette en revenant sur le déplacement du bloc collimateur.

Actuellement le système de focalisation indique une position de 3,90 mm dans l'exemple.

B - Mais de combien faut-il modifier cette focalisation initiale et dans quel sens ?

Il n'y a pas de règle précise, il faut parfois procéder par essais successifs. Mais à titre indicatif, la nouvelle position de focalisation optimale trouvée ici est 3,68 mm environ. Soit un déplacement de la caméra de $3,68 - 3,90 = -0,22$ mm. Retenez la valeur de -0,2 mm pour votre propre réglage.

Nous allons voir le résultat de cette retouche...



ETAPE 11

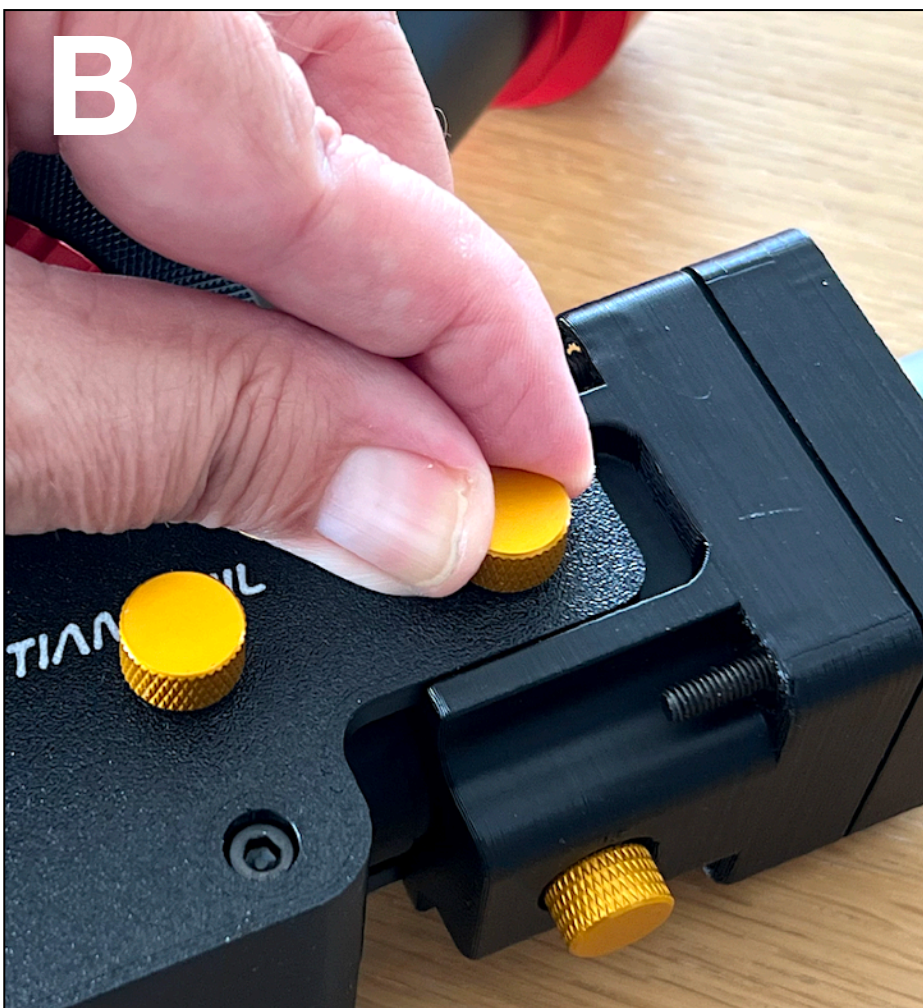
A - Déplacez à nouveau le bloc collimateur en avant et en arrière. À présent, lorsque les raies spectrales sont nettes, le bord de fente vertical l'est aussi. Nos 0,2 mm d'ajustement du tube objectif (qui sert d'outillage ici) font leur effet.

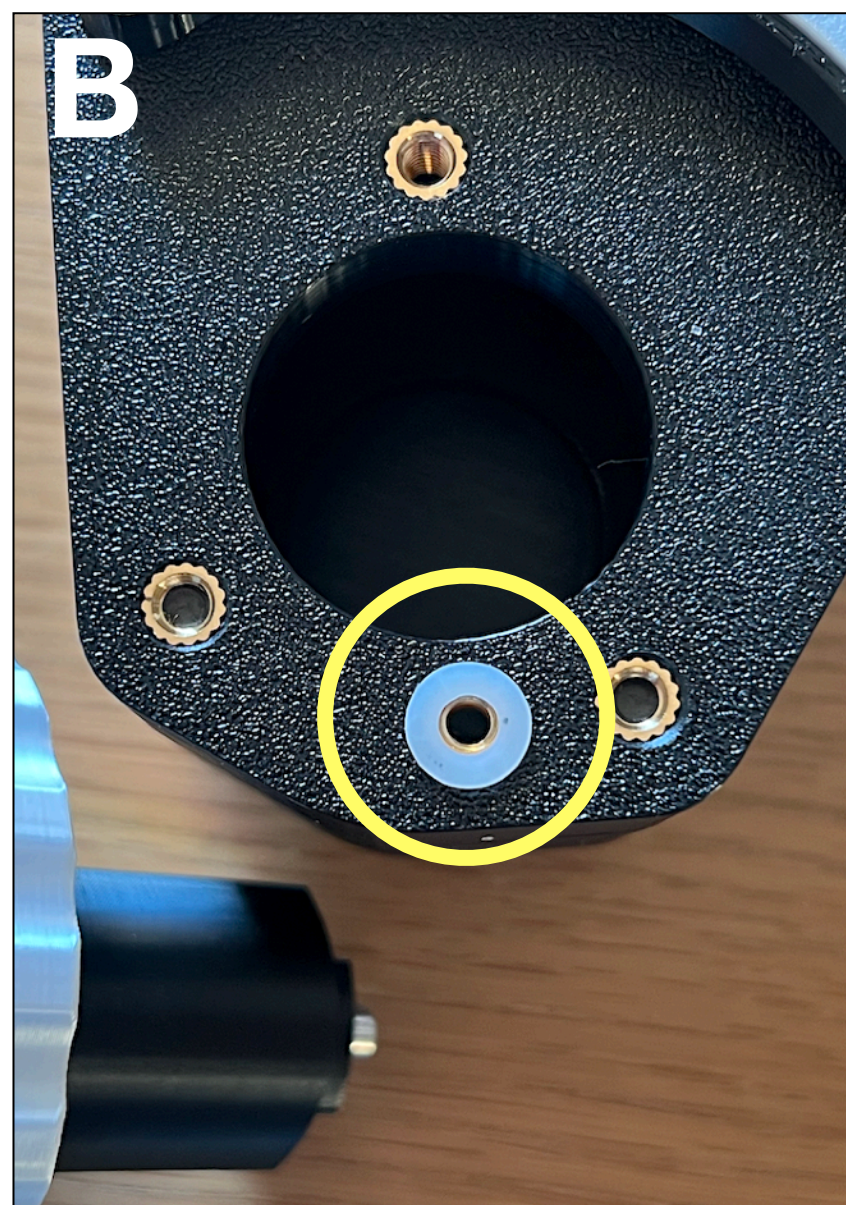
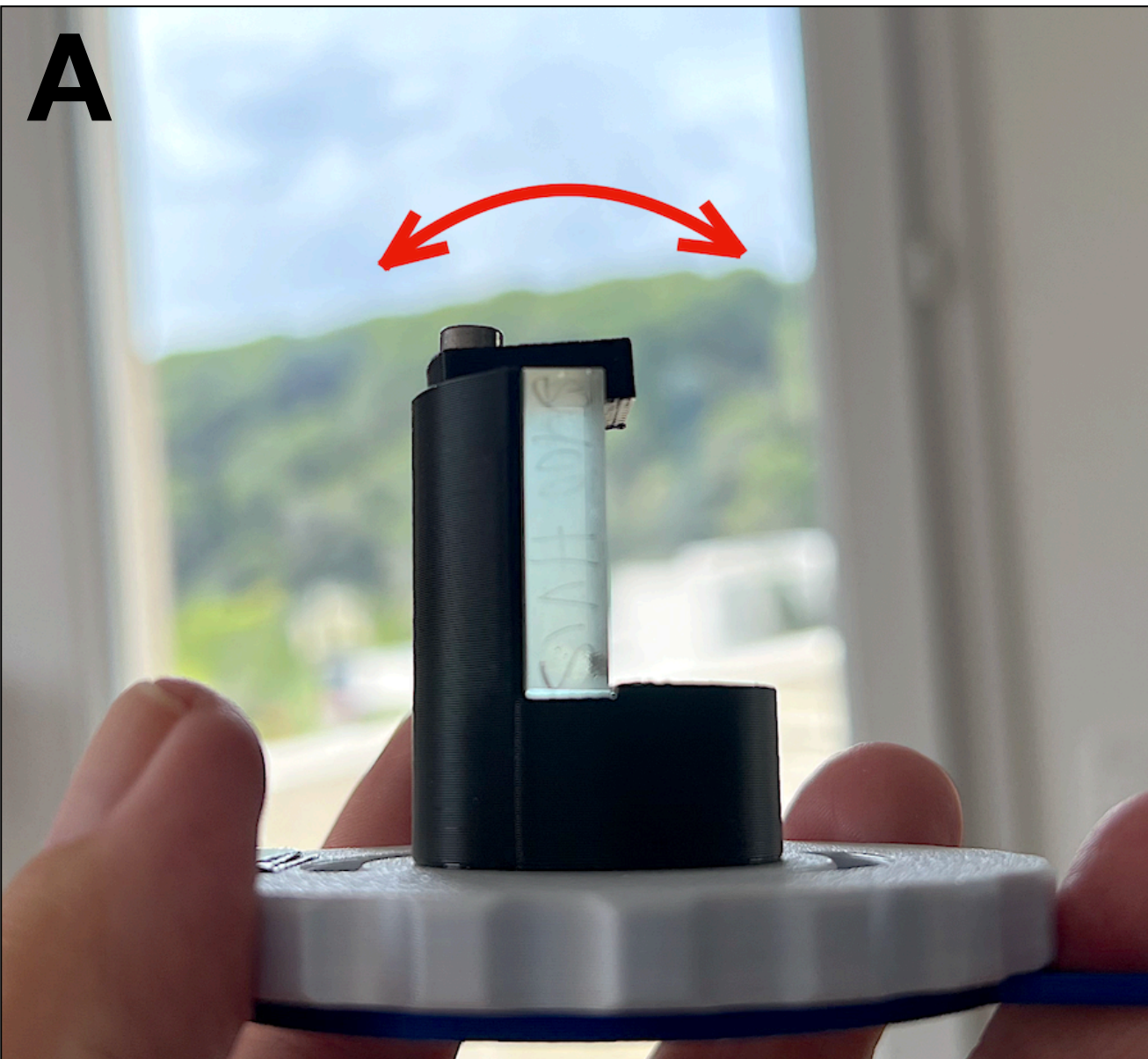
Sol'Ex est cette fois très bien réglé et dans cette situation, il va produire des images superbes de la surface solaire.

N'hésitez pas à tester plusieurs défocalisation de l'objectif de caméra (autour de la valeur initiale) pour aboutir au bon résultat. Soyez patient, cela vaut la peine.

B - Lorsque vous avez trouvé une bonne image en déplaçant à tâtons le cube collimateur, il faut penser à figer ce dernier dans la bonne position. Serrez très progressivement et en opposition les vis moletées des rails de guidage du bloc collimateur, de part et d'autre du rail, en contrôlant que le résultat est toujours bon à l'écran.

C - Finissez en serrant la vis latérale, sans trop forcer, en faisant une simple marque sur le tube collimateur. Il s'agit d'une sécurité.





ETAPE 12

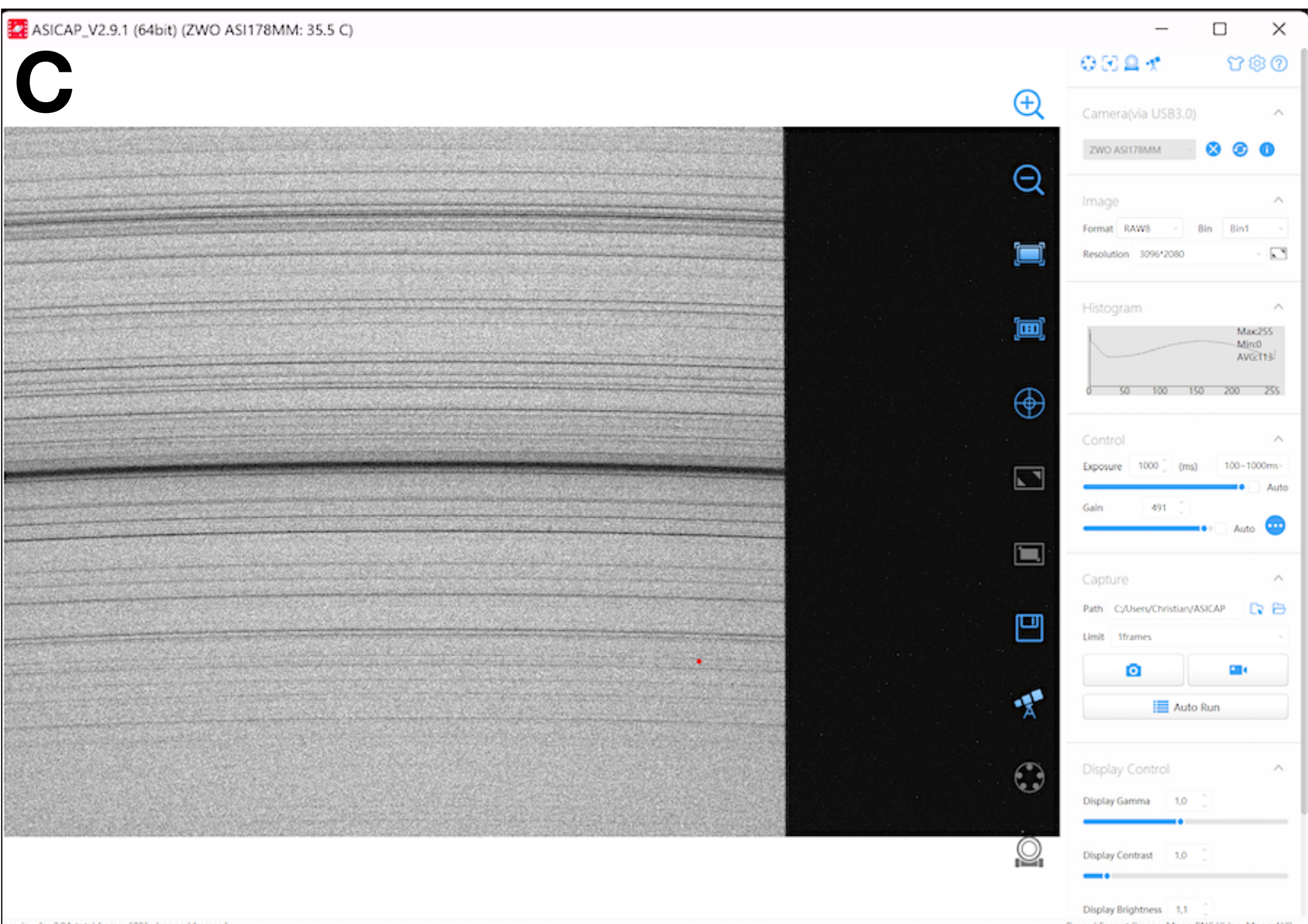
A - La procédure précédemment décrite (qui minimise l'astigmatisme) nécessite de disposer d'un spectre de raies (la lumière naturelle solaire), mais aussi d'une image spectrale de l'un des deux bords de la fente.

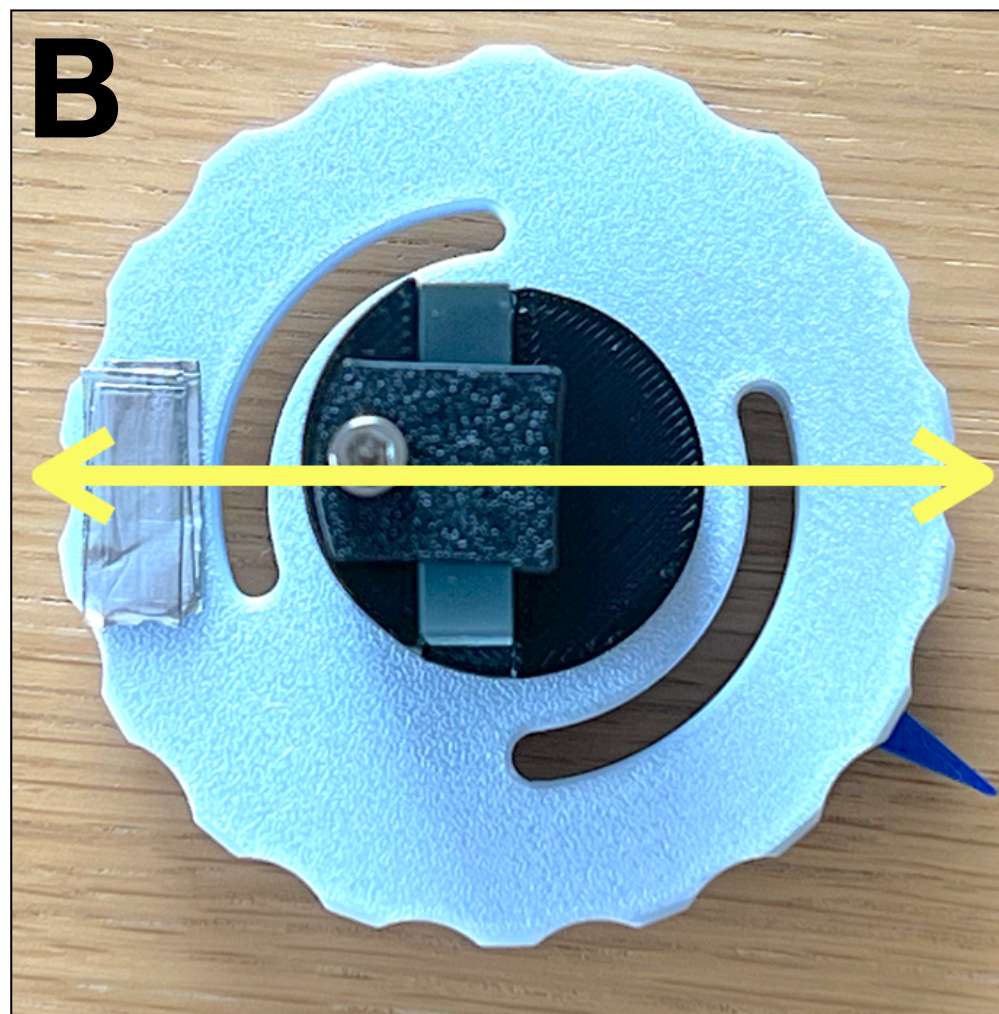
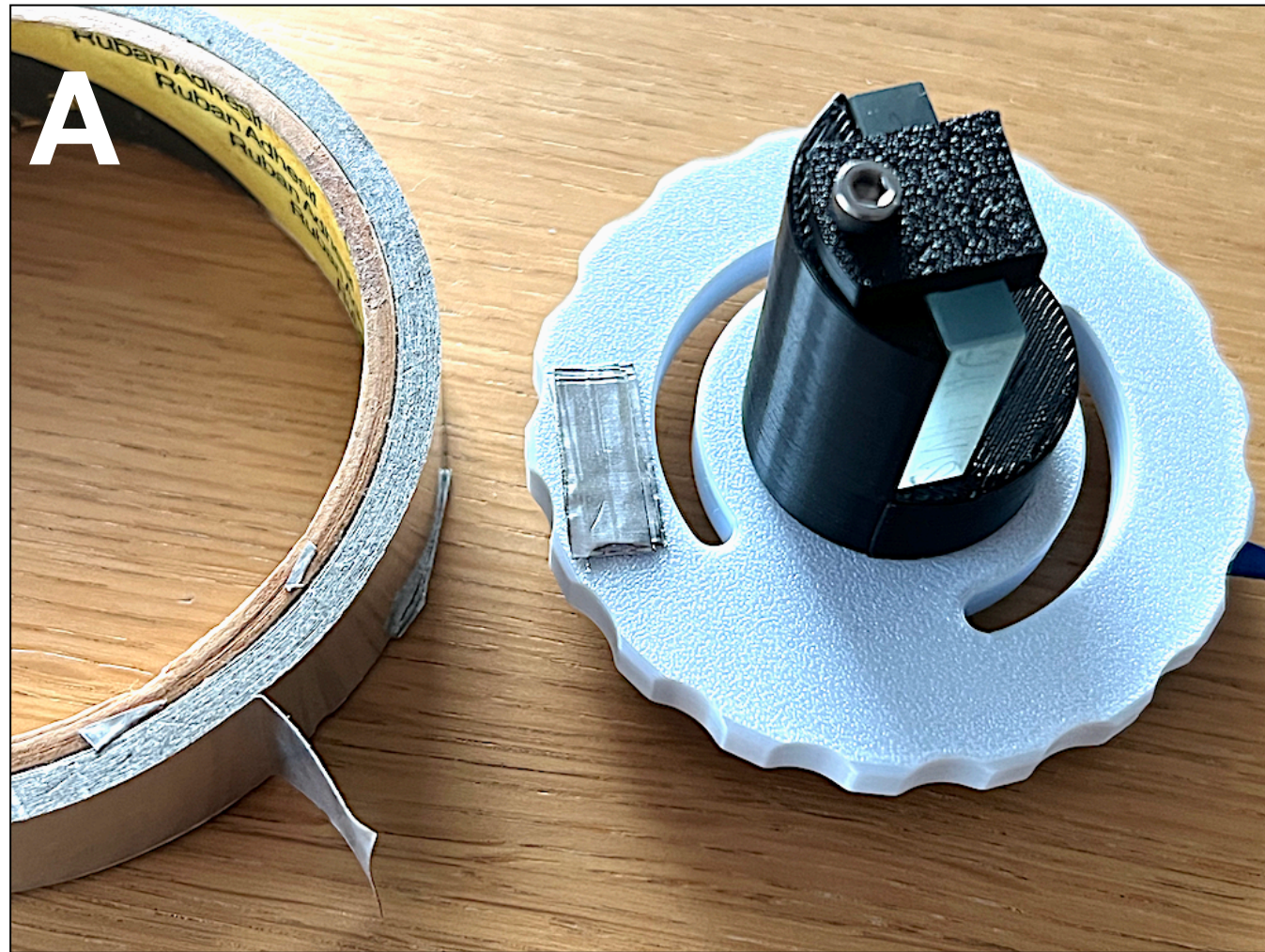
En utilisation normale de Sol'Ex, ces bords ne sont pas visibles ou seulement marginalement, suivant le détecteur utilisé. Il n'est donc pas exclu qu'un bord de fente ne soit pas accessible au moment du réglage, d'autant plus qu'idéalement pour cette phase il est bon de préciser que ce bord de fente doit se situer vers le centre de l'image pour un diagnostic optimal.

Tout ce passe au niveau du basculement du réseau sur son support. La valeur de l'angle en question explique les différentes situations rencontrées (voir la flèche dans la figure).

B - Voici une astuce pour forcer l'apparition d'un bord ou l'autre de la fente vers le centre du capteur. Insérer provisoirement une rondelle en Téflon (il y en a dans le kit mécanique) ou même, une rondelle en métal, entre le boîtier et la manette réseau, comme l'indique la photographie. Montez la manette en faisant passer la vis concernée au travers de la rondelle (suivant la vis choisie, on bascule dans un sens ou un autre, et donc, le spectre défile de droite à gauche ou vice versa dans l'image).

C - Dans cet exemple, après la mise en place de la rondelle, nous voyons le bord opposé de la fente par rapport à la situation précédente. Jouer sur la force de serrage des vis moletées pour affiner le centrage. A l'examen de cette image, il apparaît que le réglage est correct pour les deux bords de fente (raies et bord bien nets). C'est optimal.



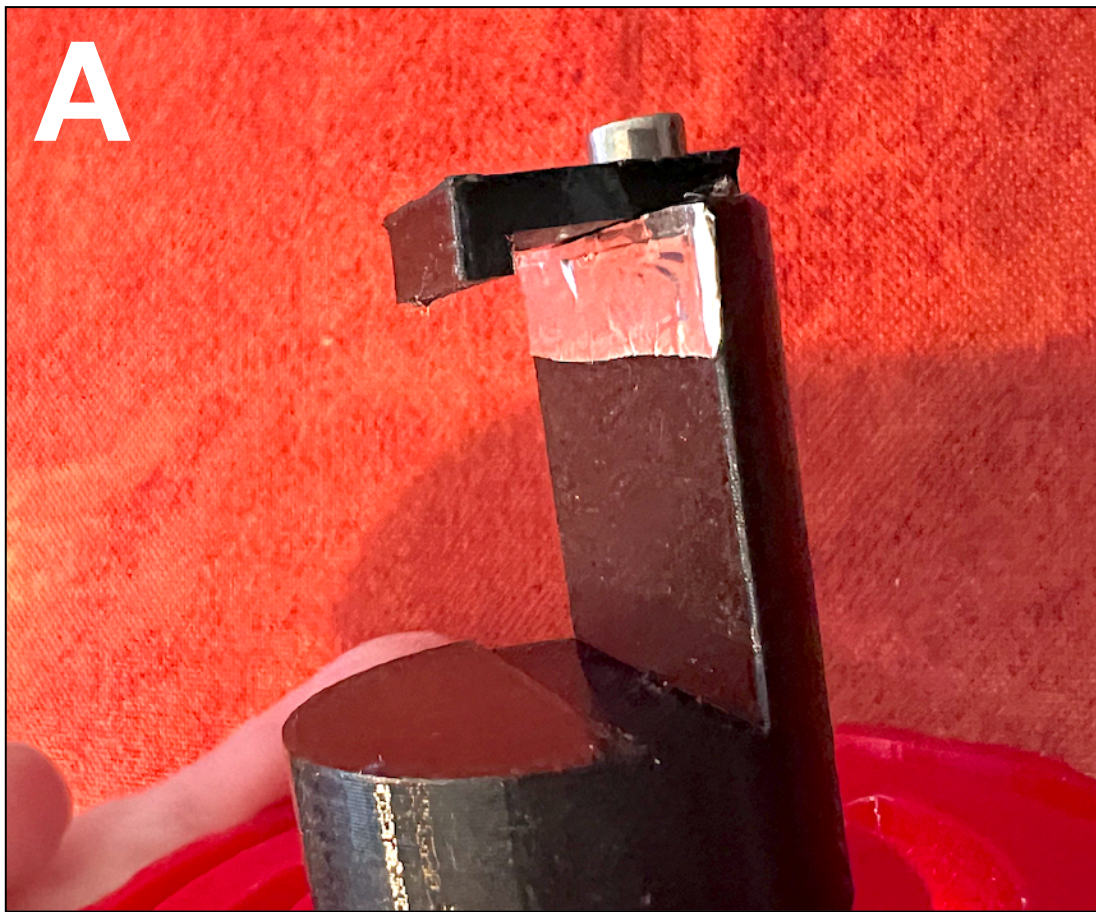


ETAPE 13 (première façon)

A - Il se peut que même sans mettre de cale du tout, le spectre ne soit pas horizontalement centré sur le détecteur. C'est même probable malgré la qualité d'impression de Sol'Ex, en raison d'une chaîne de côte complexe dans l'instrument. Un simple effet de gravité peut même modifier légèrement le centrage horizontal du spectre, sans réelles conséquences sur la qualité des images.

Pour réaliser ce réglage, munissez-vous un rouleau de ruban adhésif aluminium. Une manière de procéder consiste à déposer le nombre de couches de ruban adhésif nécessaire sur la face interne de la rondelle porte-réseau pour basculer le réseau angulairement de la valeur désirée. On vérifie en premier dans quel sens il faut pencher, puis on procède par itération.

B - Il est important de positionner les épaisseurs de ruban adhésif, qui font office de cales d'épaisseurs, dans le prolongement de la normale au réseau. En procédant ainsi, le centrage du spectre demeure inchangé du rouge du spectre jusqu'à l'infrarouge lorsqu'on tourne la manette.

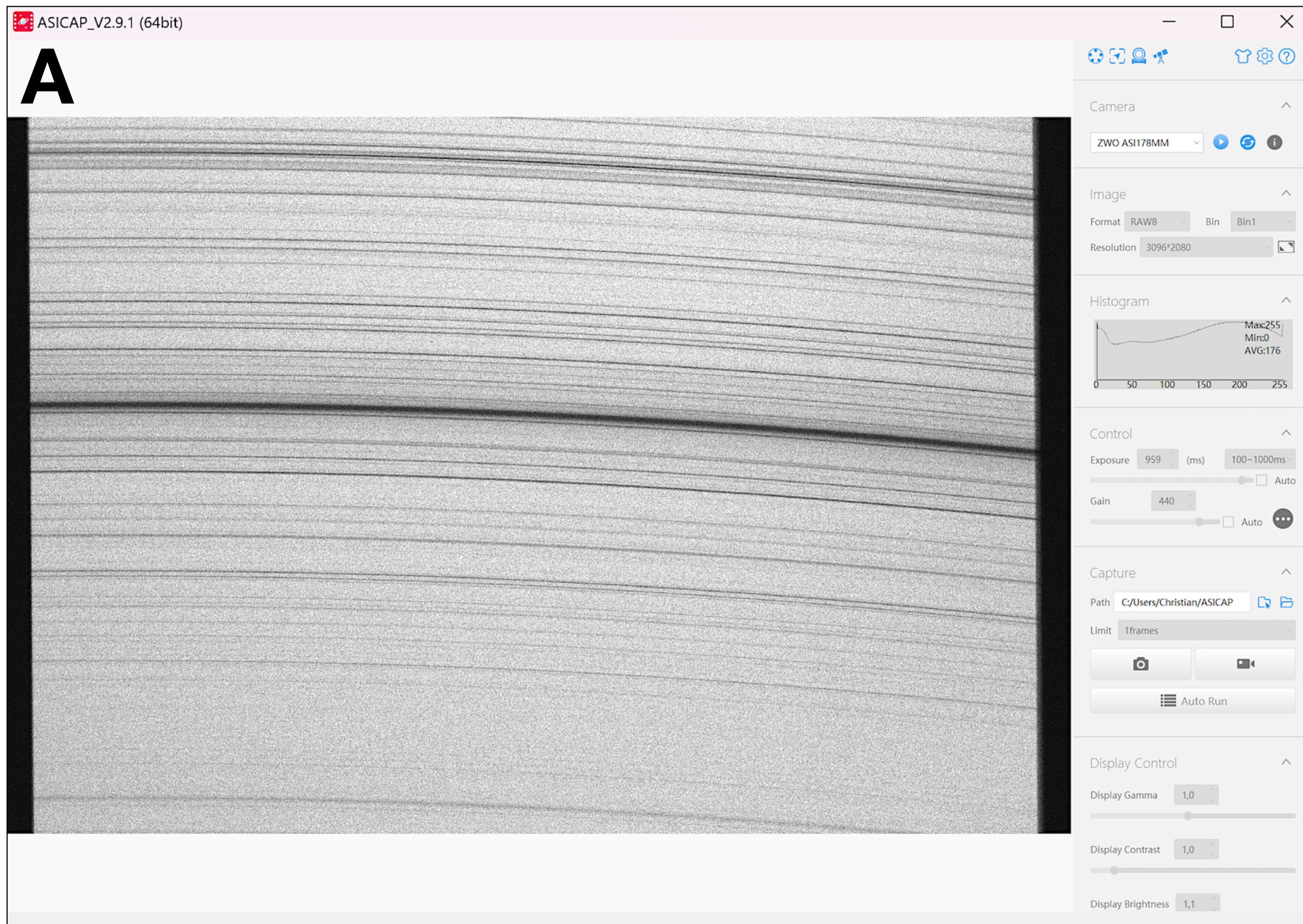


ETAPE 13 (seconde façon)

A - Une autre façon de faire revient à déposer des couches de ruban adhésif aluminium sur le porte-réseau lui-même. L'inconvénient de cette technique est qu'il faut retirer le réseau, ce qui demande d'être précautionneux. En revanche, les risques d'entrée de lumière parasites liés à la première méthode (plutôt rares) sont annulés.



B - Le centrage horizontal du spectre est maintenant correct. La caméra ASI178MM utilisée ici est juste assez large pour enregistrer les deux bords de la fente simultanément. Noter qu'il y a une tolérance sur le centrage horizontal du spectre, il ne faut pas trop s'inquiéter de la précision, la qualité des images du Soleil ne sera en général pas du tout affectée. Il faudra en revanche être plus attentif à la verticalité de la dispersion, facile à obtenir par la rotation d'une caméra aisément accessible.



ETAPE 14

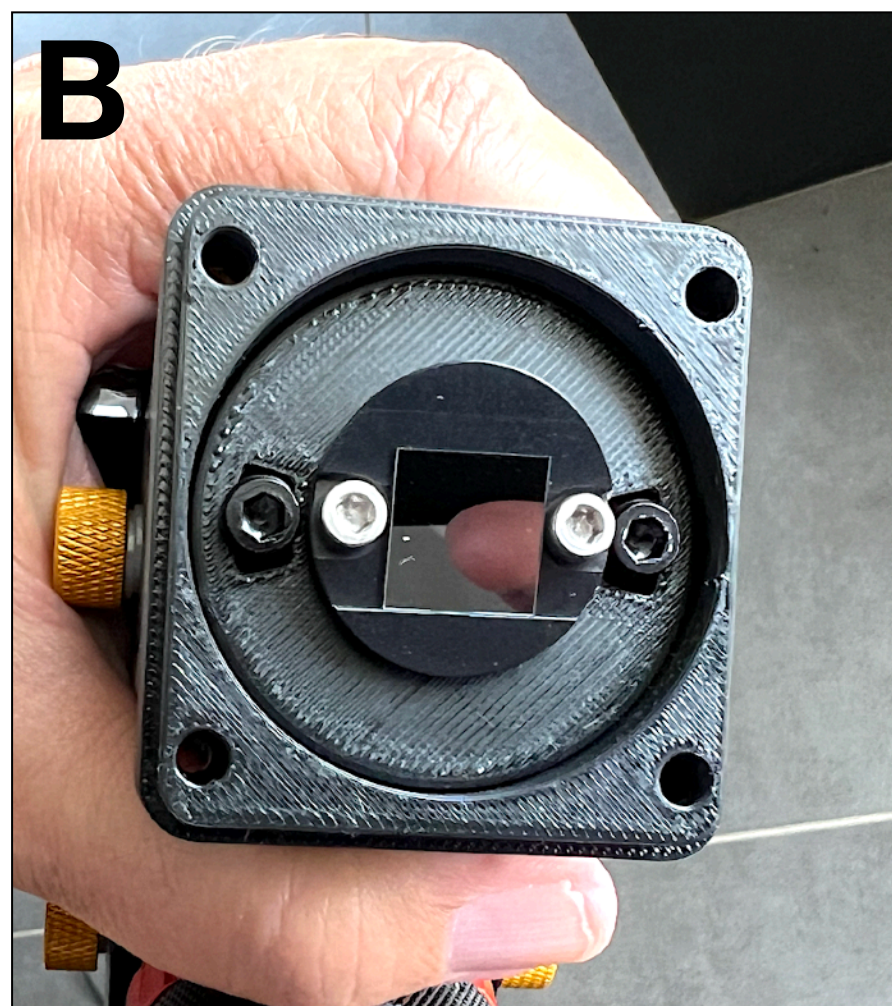
A - Cette étape est en général facultative. Certes, les raies spectrales sont courbes, mais l'axe général doit être horizontal dans l'image, ceci facilitant l'usage en routine de Sol'Ex (la zone de ROI est plus restreinte). Dans l'exemple, l'erreur d'horizontalité est forcée pour illustrer le phénomène.

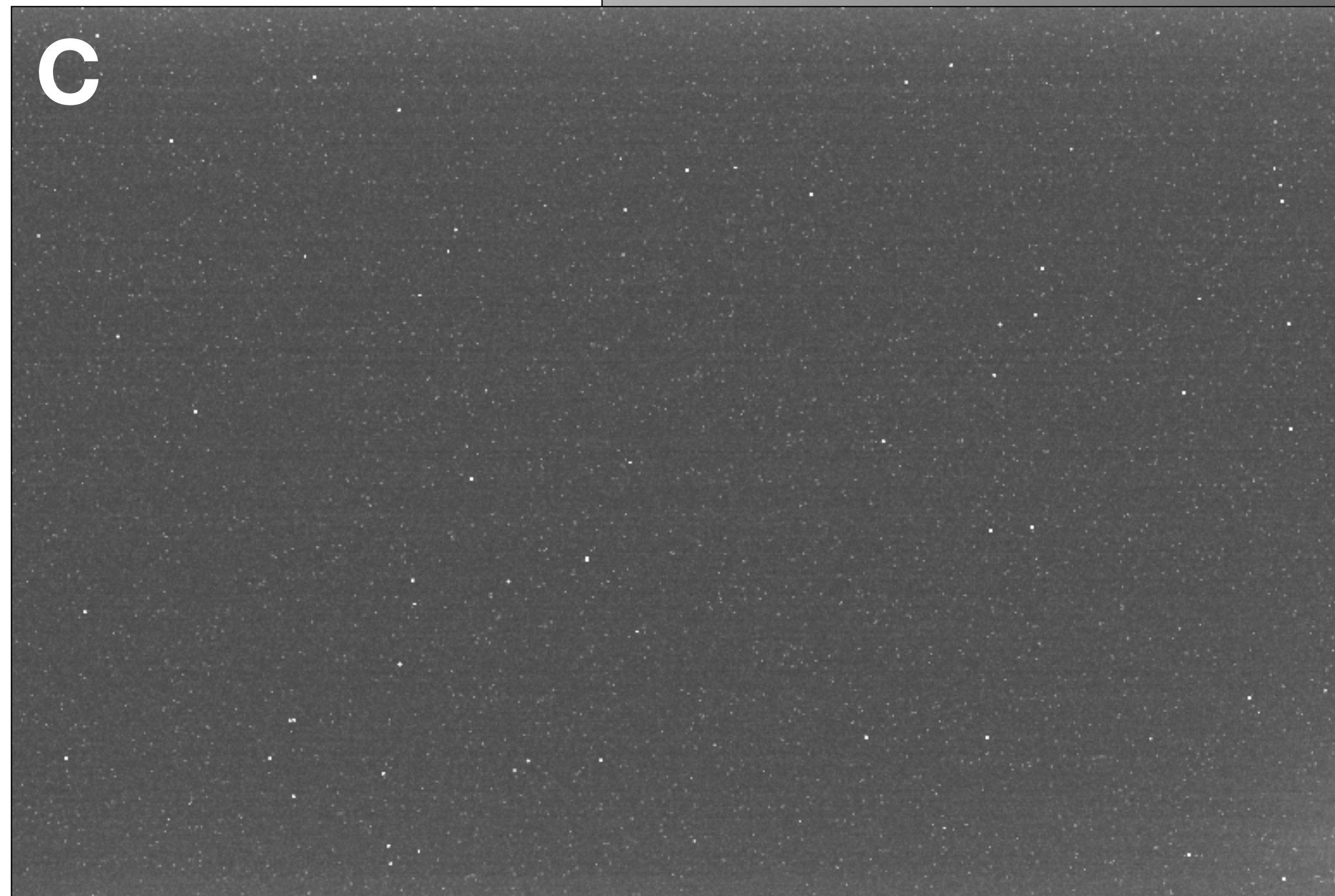
Il y a un découplage total entre la verticalité de la dispersion, associée à la rotation de la caméra, et l'inclinaison des raies, elle associée à la rotation de la fente autour de l'axe optique. Il importe de juger la valeur d'inclinaison des raies alors que l'axe de dispersion est bien vertical.

B - Pour orienter la fente, il faut retirer l'interface télescope pour avoir accès aux deux vis les plus externes (M4) qui maintiennent la rondelle porte-fente. On desserre légèrement ces vis.

C - La rotation est obtenue en saisissant la partie métallique de la fente. On juge le résultat sur l'écran de l'ordinateur en se servant du spectre de la lumière du jour. Vous pouvez utiliser les réticules dans SharpCap et FireCapture comme repères d'horizontalité.

Note : la verticalité du spectre est plus importante que la pseudo horizontalité des raies. Passer plus de temps sur le premier point (étape 5) que sur le second.



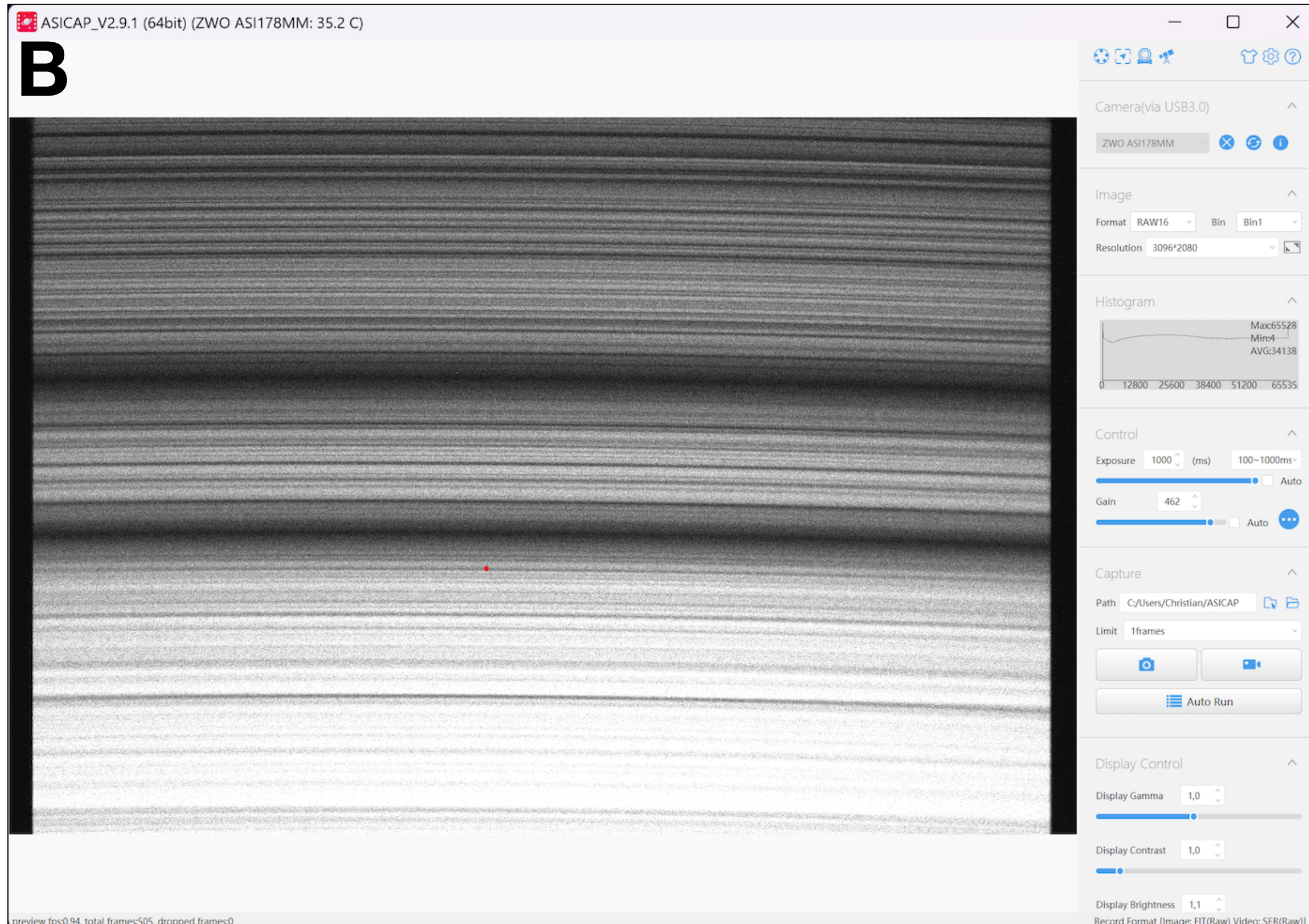


ETAPE 15

A - Fermer l'entrée de Sol'Ex avec un bouchon opaque à la lumière et disposer l'instrument en plein soleil, à l'extérieur.

B - Faire une exposition test de 30 secondes dans cette situation. Normalement aucune lumière ne doit parvenir au détecteur dans cette situation. Si un gradient de lumière sensible apparaît dans l'image, cela indique une entrée de lumière parasite que l'on doit colmater. Il faut la rechercher avec méthode et la boucher (non pas avec du ruban d'électricien plastifié noir, qui est totalement transparent au rayonnement infrarouge, mais avec du ruban adhésif aluminium).

C - Après le traitement du problème, l'une image exposée 30 secondes doit être uniformément grise, avec le niveau d'intensité d'une exposition brève (seuls des points chauds sont visibles, liés au signal thermique). Ce résultat garanti des images solaires bien contrastées.



ETAPE 16

A - Sol'Ex est à présent réglé. Félicitation ! Vous pouvez commencer l'observation du Soleil sur une bonne base.

En particulier, vous n'avez plus à revenir sur le réglage du bloc collimateur, fait « à vie ». Seule la focalisation de la caméra peut être ajustée en fonction des situations afin de disposer du spectre le plus net possible.

Ainsi, tant que vous en êtes à des manipulations sur table, familiarisez-vous à l'usage, par exemple en tournant la manette porte-réseau pour observer les longueurs d'onde extrêmes dans l'ultraviolet, la région des fameuses raies H et K du calcium. Utilisez l'index des longueurs d'onde pour aider à s'y retrouver.

B - L'aberration chromatique de Sol'Ex devient subitement très forte à ces longueurs d'onde. La nouvelle valeur à afficher au niveau du système hélicoïdal est 4,75 mm, alors que l'on est partie de 3,68 mm pour la raie Halpha (dans notre exemple). Donc pour obtenir un spectre net au niveau des raies H et K, il faut tourner la bague de focalisation de 1,07 mm. Cette valeur est une constante, et lorsqu'elle est prise en compte, le passage d'une image Halpha à une image calcium, et retour, ce fait en un tour de main.

On note que l'astigmatisme est quasi nul, y compris dans l'ultraviolet. La raison est que les étapes décrites précédemment pour ajuster le bloc collimateur, puis le figer en position, sont très payantes. L'emploi de Sol'Ex devient simple et précis.