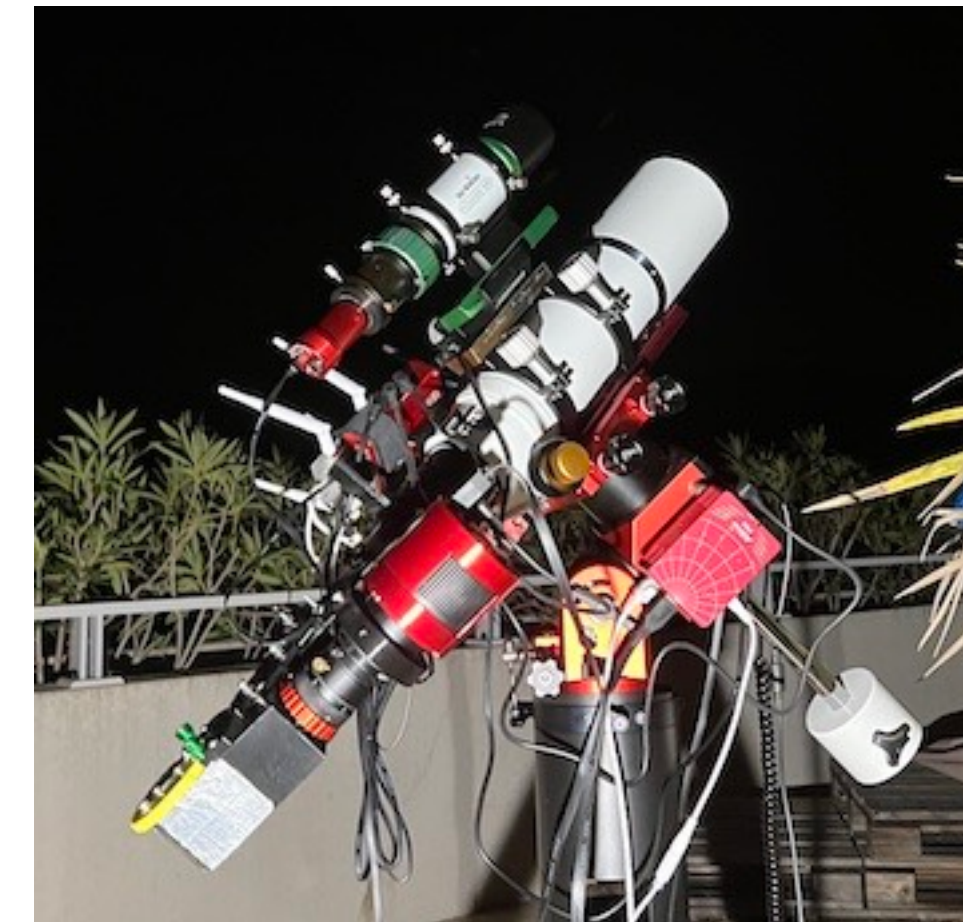


Christian Buil, mars 2023

Le but : rendre la spectrographie amateur plus attractive, simplifier son usage et baisser son coût

Les moyens :

- Privilégier l'emploi de télescopes compacts, accessibles financièrement, faciles d'emploi, maniables et nomades.
- Positionner les technologies d'aujourd'hui au service de la spectrographie : montures modernes (mise en station rapide, GoTo généralisé...), automatisation et guidage facilités (WiFi, reconnaissance de champ, guidage multi-étoiles, ...), suppression autant que possible du tracas d'installation des pilotes pour les applications et penser ergonomie (privilégier l'usage des tablettes et téléphones portables), uniformisation et standardisation des outils et procédures (astrophotographie et spectrographie, même combat !).
- Donner un visage plus humain et accessible aux spectrographes : offrir de l'acheter clés en main, mais aussi de le construire « soi-même » pour mieux le comprendre (impression 3D : expérience ludique, éducative, réduction des coûts et flexibilité - les exemples Star'Ex, UVEX4, LowSpec). Installation et mise route immédiate. Faire valoir la possibilité de très bonnes observations en ville (ne pas oublier que bien des amateurs sont des astronomes urbains).
- Simplification des procédures d'étalonnage (favorisée par la compacité des instruments et les algorithmes, bientôt l'IA), automatisation et convergence vers la spectro « temps réel » : l'exemple du live stacking ou de l'expérience Sol'Ex pour l'observation solaire, où la spectrographie s'efface au profit de l'image, de l'interactivité et du résultat.
- Ne pas sacrifier la performance : aujourd'hui, les nouvelles formules optiques des télescopes/lunettes (finesse, transparence), le faible bruit des caméras CMOS et les nouveaux algorithmes de traitement permettent d'aboutir à des résultats inimaginables il y a encore 5 ans avec une petite lunette de 80 mm (même tendance qu'en astrophotographie).
- Faciliter les échanges et la coordination des observateurs : expérience STAROS (banque interactive de spectres sur projet), travail collaboratif autour de thèmes éducatifs (apprendre l'astrophysique), inciter à la découverte (le ciel « spectro » est extraordinairement évolutif, dynamique et divers), perspectives d'un travail scientifique (en « spectro », les amateurs peuvent être à l'origine de découvertes plus que tout autre domaine de l'astronomie, collaborations pro-am). Et bien sur répondre à la question : qu'est-ce que je vois ?



Spectrographe Star'Ex sur une lunette de 80 mm et monture harmonique AM5 (ZWO) - c'est un exemple



Guidage sur tablette (ASIAir Plus - ZWO)



Etalonnage « low cost » (lampes torches sur pile)



Stage spectro, spectro-party, rencontres

La spectrographie 2.0 : effacer les frontières !



L'astrophotographie

La spectrographie



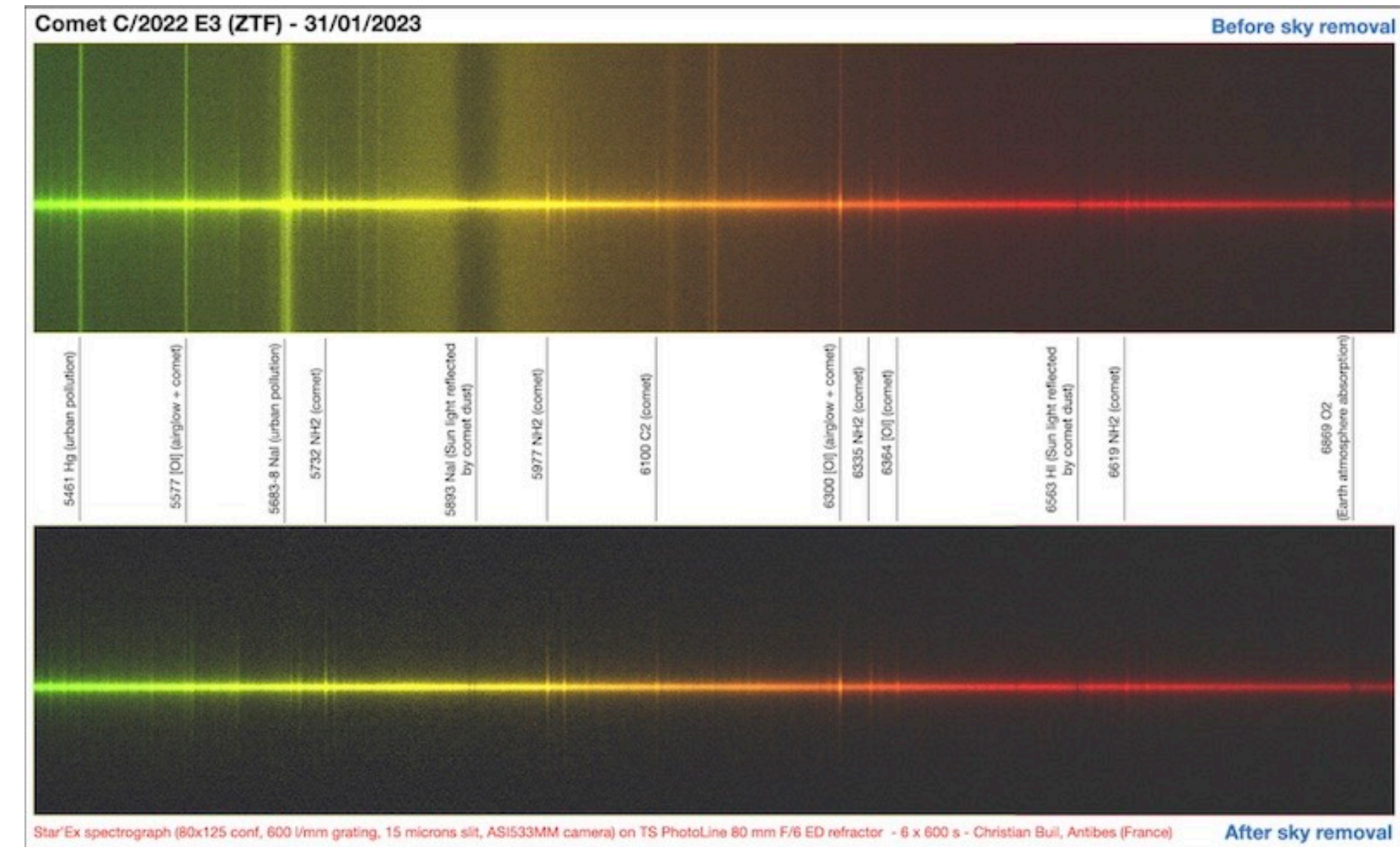
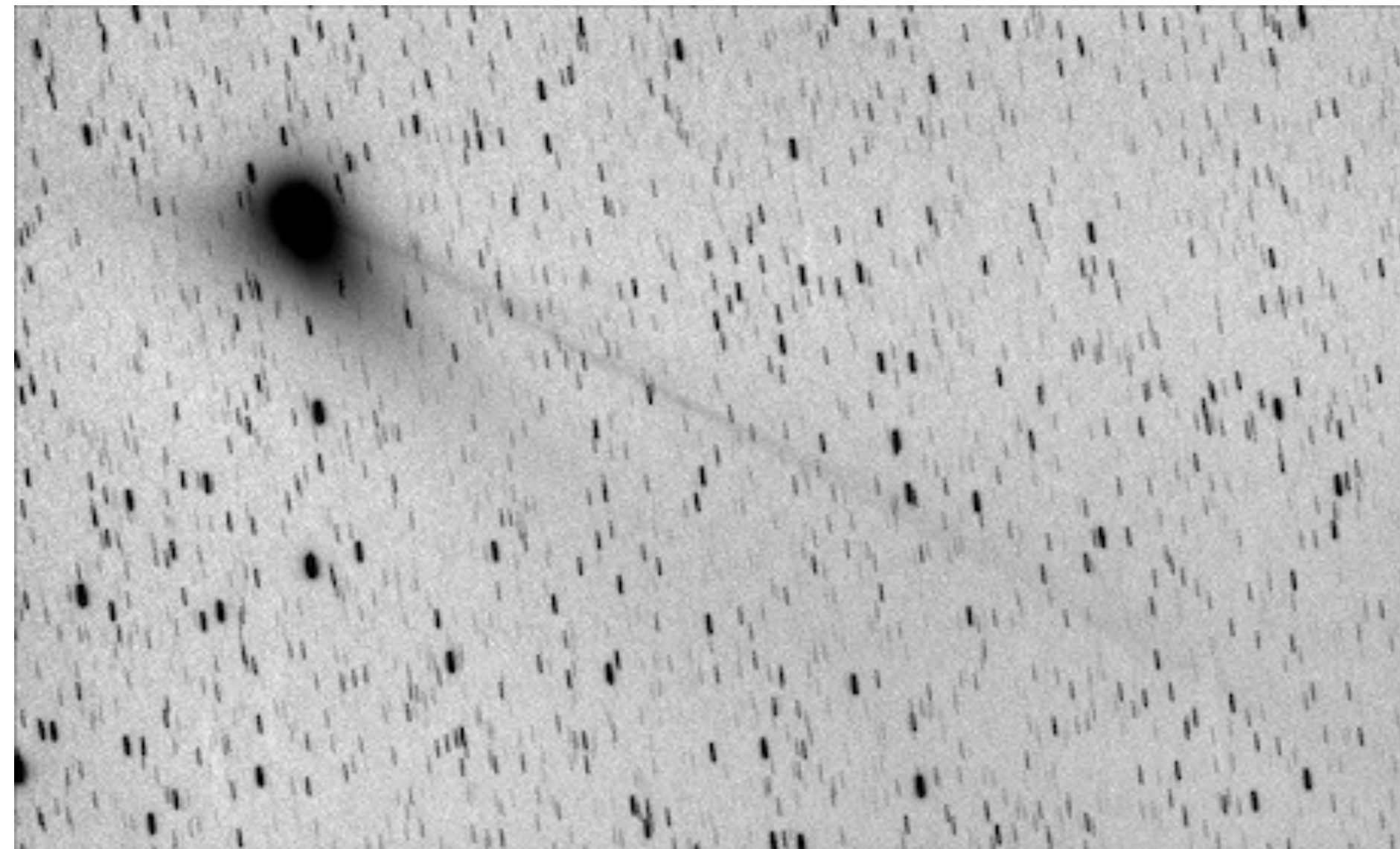
La même base !
(monture, lunette et logiciels)

Le comète C/2022 E3 (ZTF)
en photo et en spectro



La photographie grand-champ (ASKAR FR300, ASI6200MM)

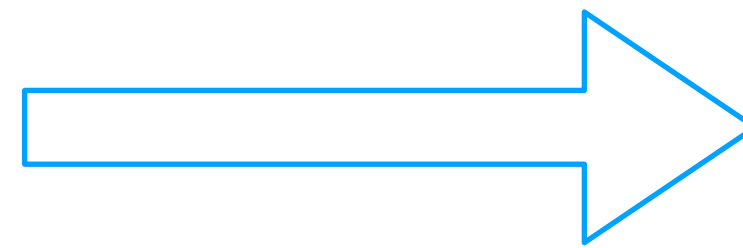
La spectrographie de champ (ASKAR FR300, Star'Ex, ASI533MM)





Etape 1 : ajouter à un astrographe bien connu (ASKAR FR300, d = 60mm) un spectrographe poids plume et pas cher (Star'Ex, par exemple)

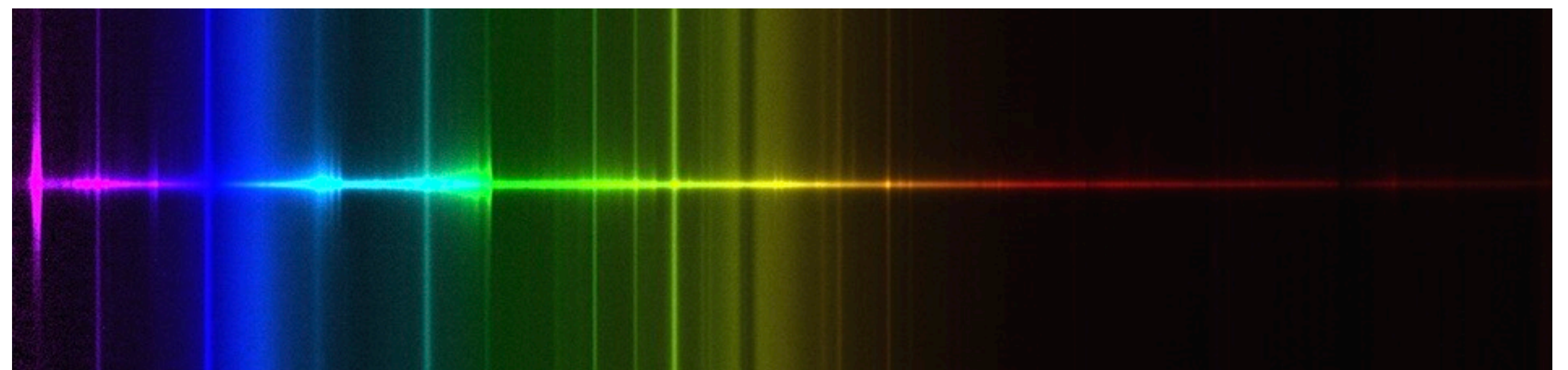
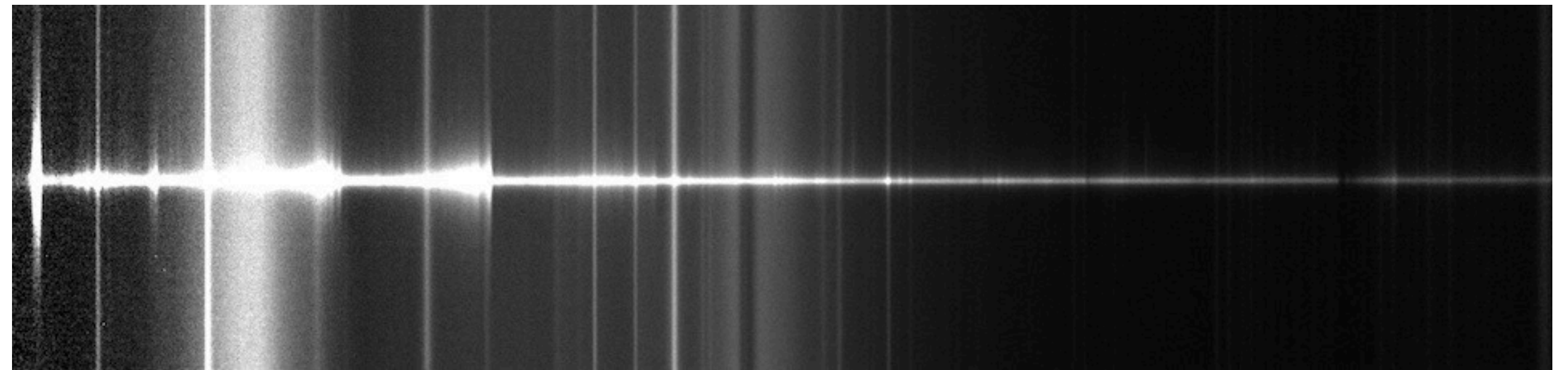
Etape 2 : positionner le cible sur la fente du spectrographe (ici, pilotage avec le système ASIAir plus).



Etape 3 : shooter, et c'est tout !



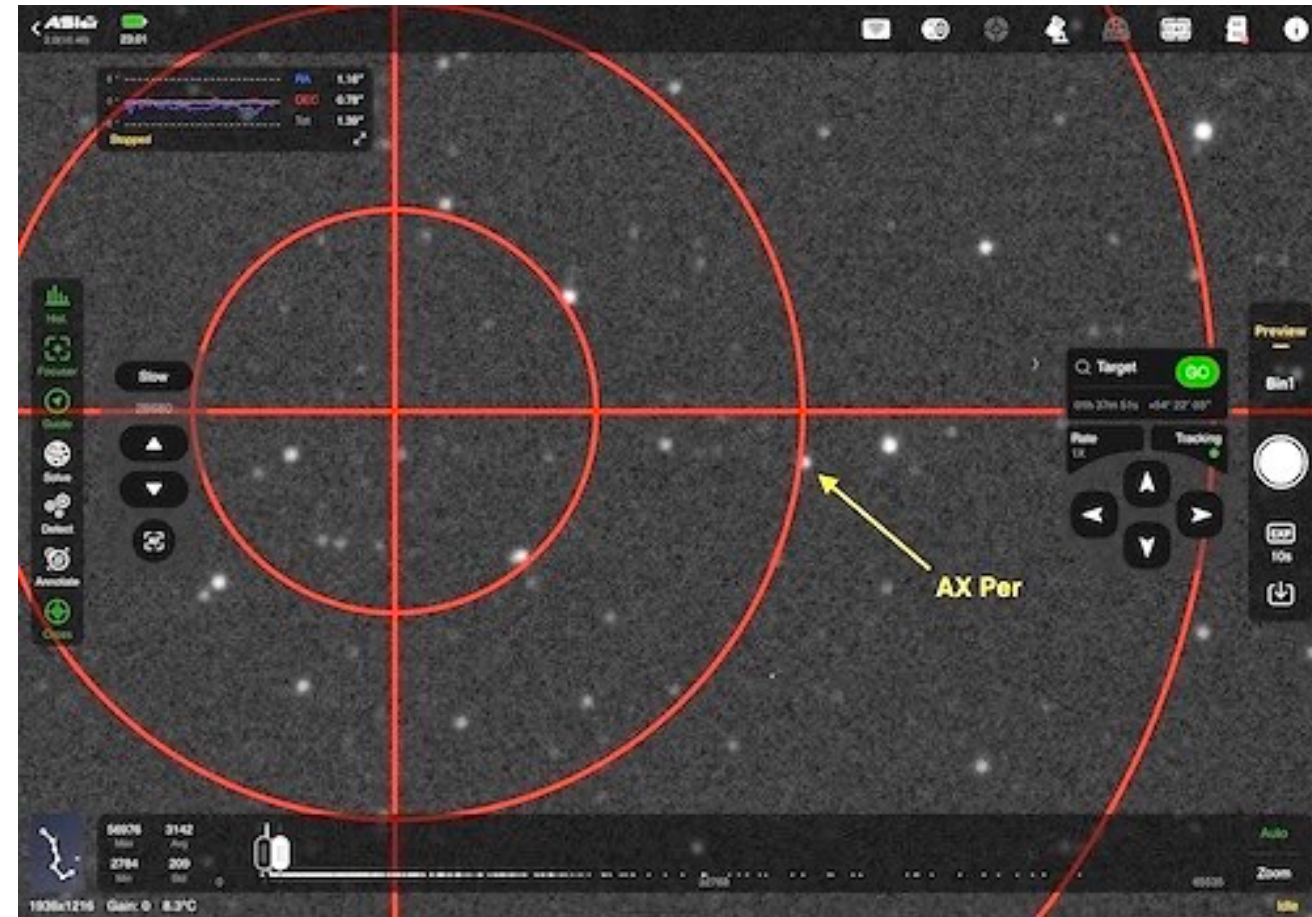
Possibilité d'acquérir avec un second ASlair ou via ASIStudio, Live Stacking envisageable pour une expérience interactive !



Comète C/2022E3 (ZTF) - pose d'une heure en ville
Star'Ex basse résolution (réseau 300 t/mm, fente 15 microns, ASI533MM Pro)
Tout à gauche, dans le violet, la bande du cyanogène (le cyanure en gros) - noter que l'on peut mesurer la couleur de la pollution lumineuse comme un sous-produit.

La spectrographie 2.0 : une méthodologie possible

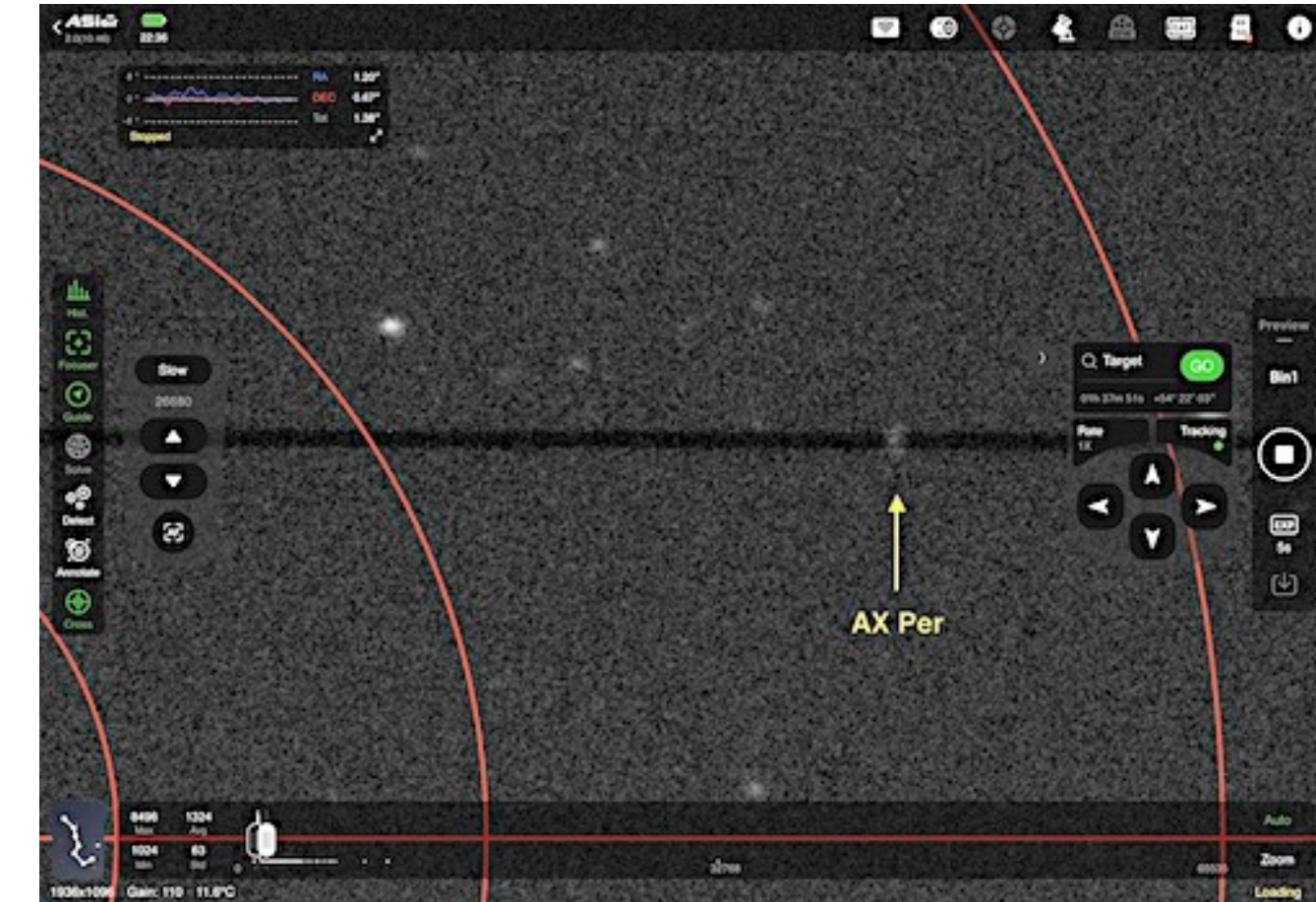
Cible : AX Per (V=10.6) - Monture : ZWO AM5 (harmonique) - Lunette : 80 mm / 480 mm (TS PhotoLine) - Spectrographe : Star'Ex conf 80x125, 600 t/mm, fente 15 microns, ASI533MM pro



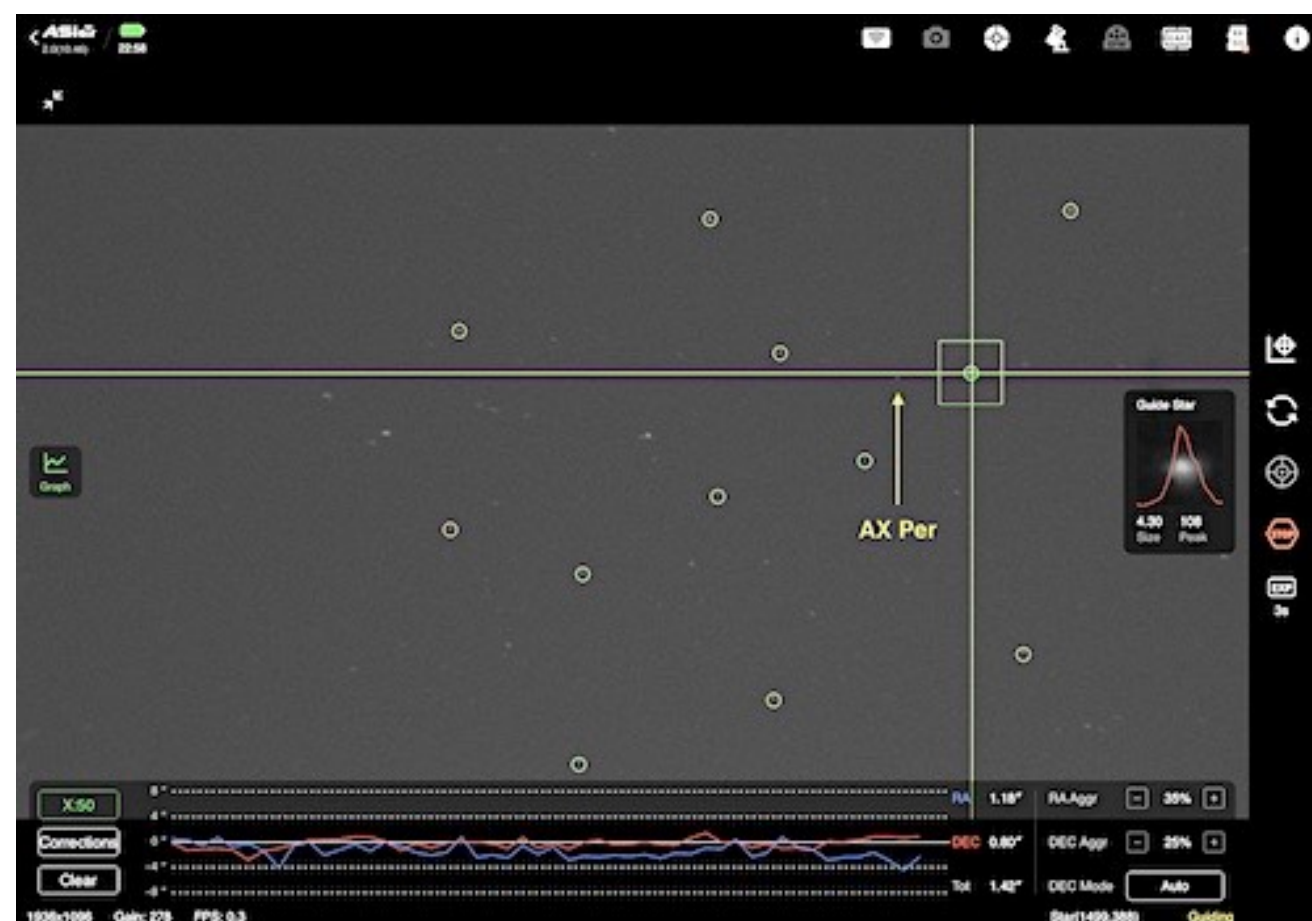
Pointage initial (chercheur Evoguide 50ED)



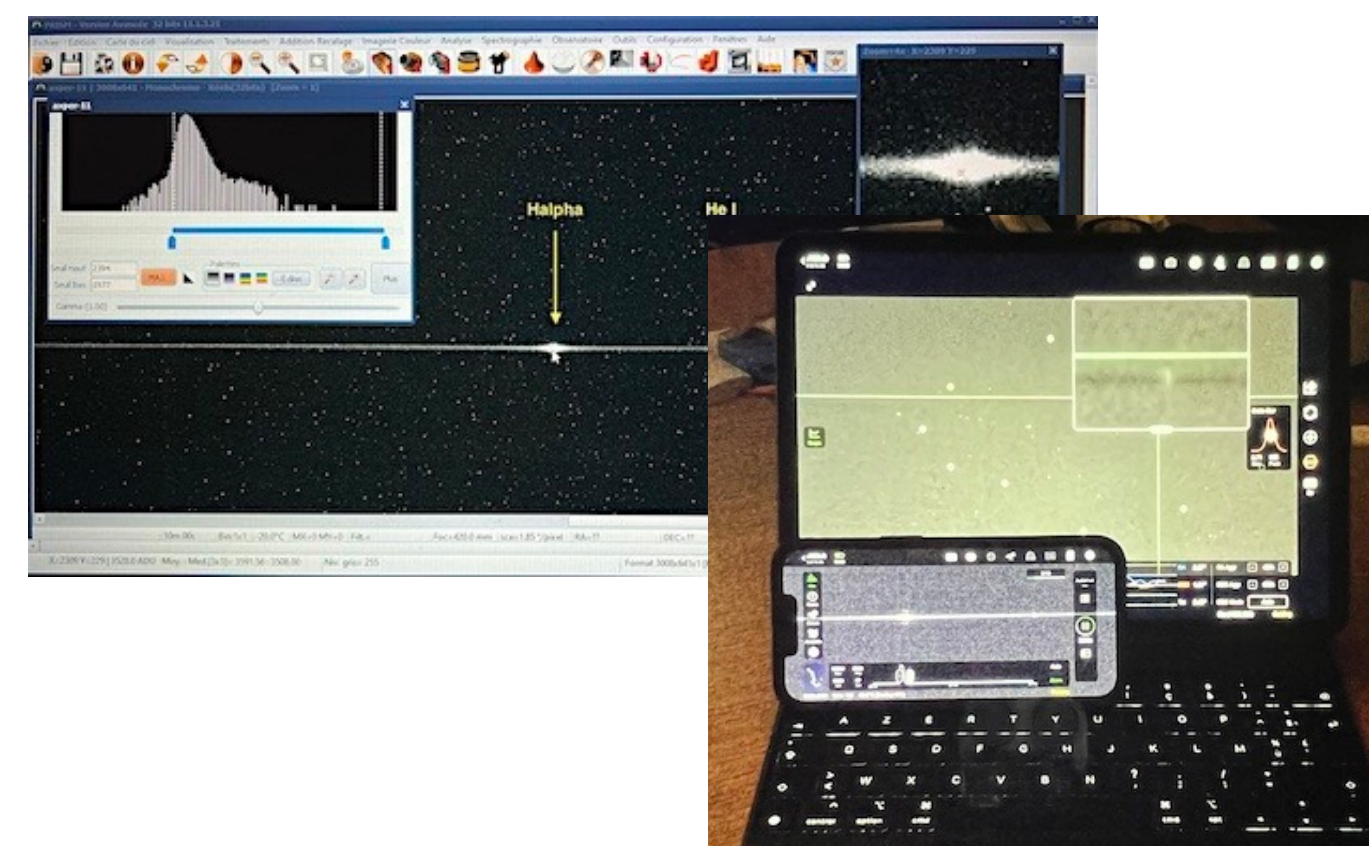
Reconnaissance de champ instantanée (« plate solving »)



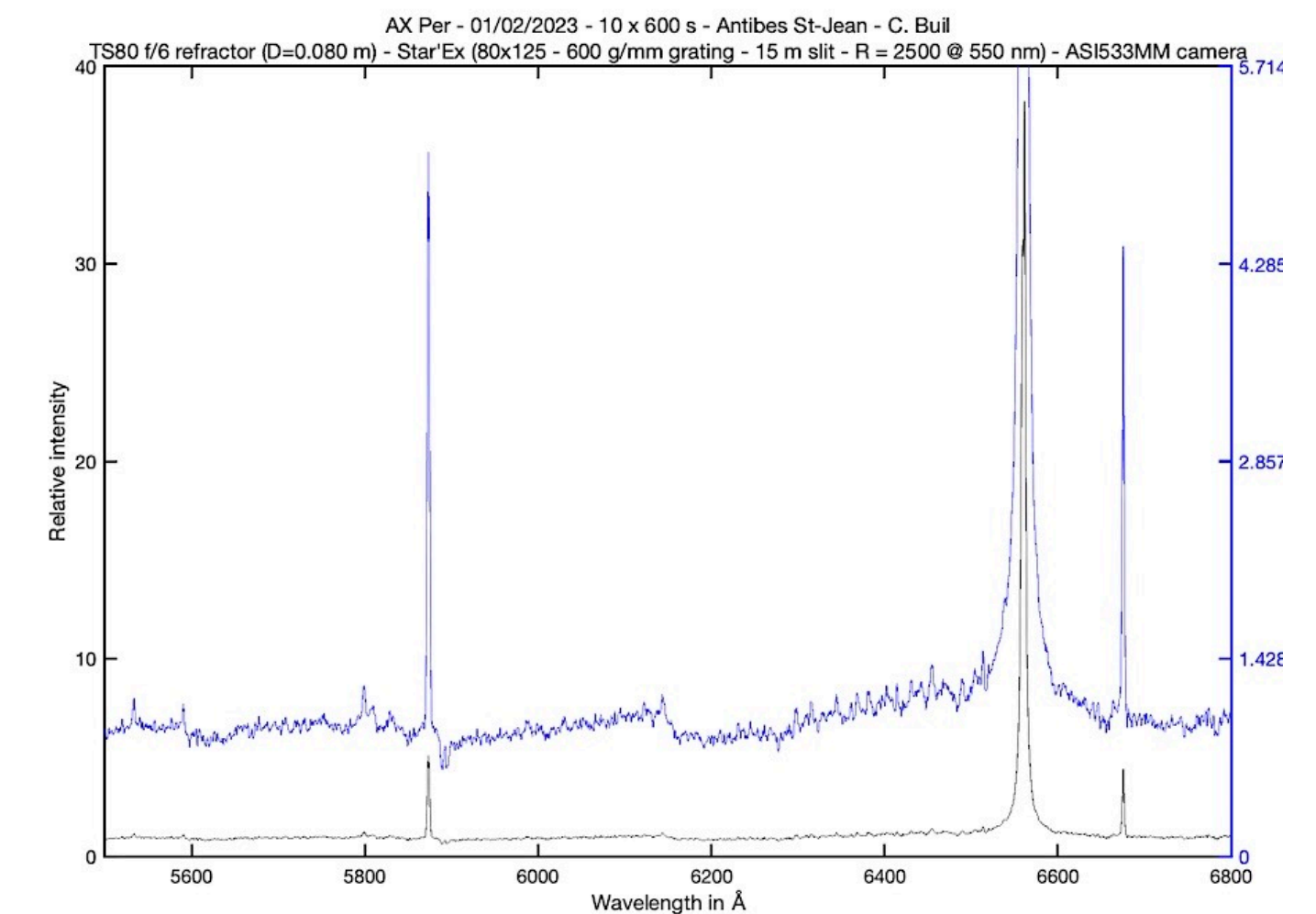
La cible sur la fente (guidage ASI290MM, axe AD horizontal)



Guidage multi-étoiles



Capture des spectres sur PC (logiciel gratuit ou payant)
Eventuellement avec second ASIair (observation « sans PC »)



Traitement automatique du profil spectral (specINTI)

La spectrographie 2.0 : configuration typique



Lunette compacte (TS80/480 mm)
Monture GoTo (ZWO AM5)
Observation en ville (Antibes)

Centrage sur fente : caméra ASI290MM + ASIAir



Contexte : observation du spectre de la galaxie NGC 4565 avec une lunette de 80 mm de diamètre et un spectrographe Star'Ex (le « Star Explorer »)

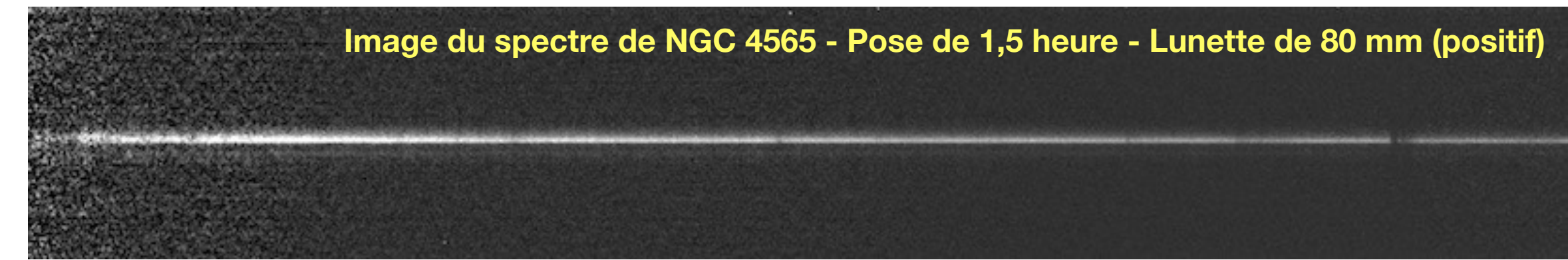


Image du spectre de NGC 4565 - Pose de 1,5 heure - Lunette de 80 mm (positif)

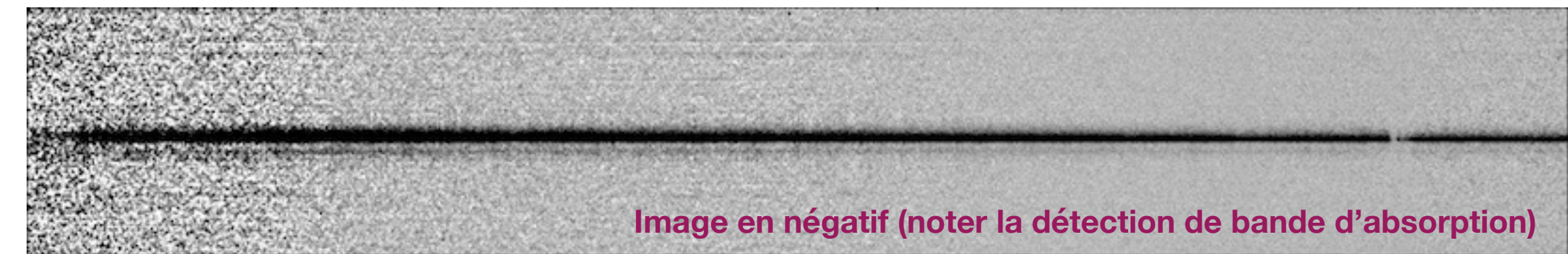
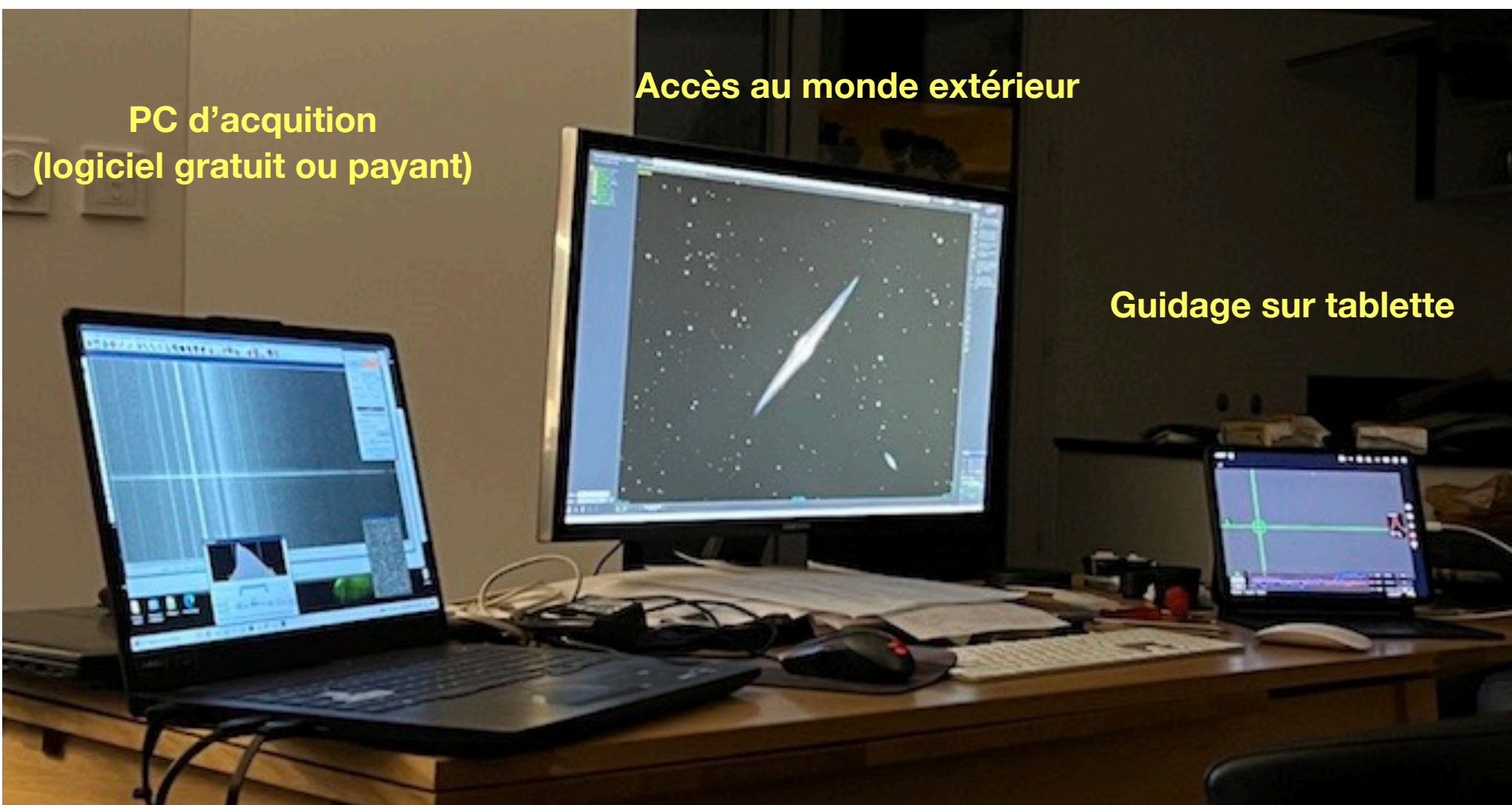
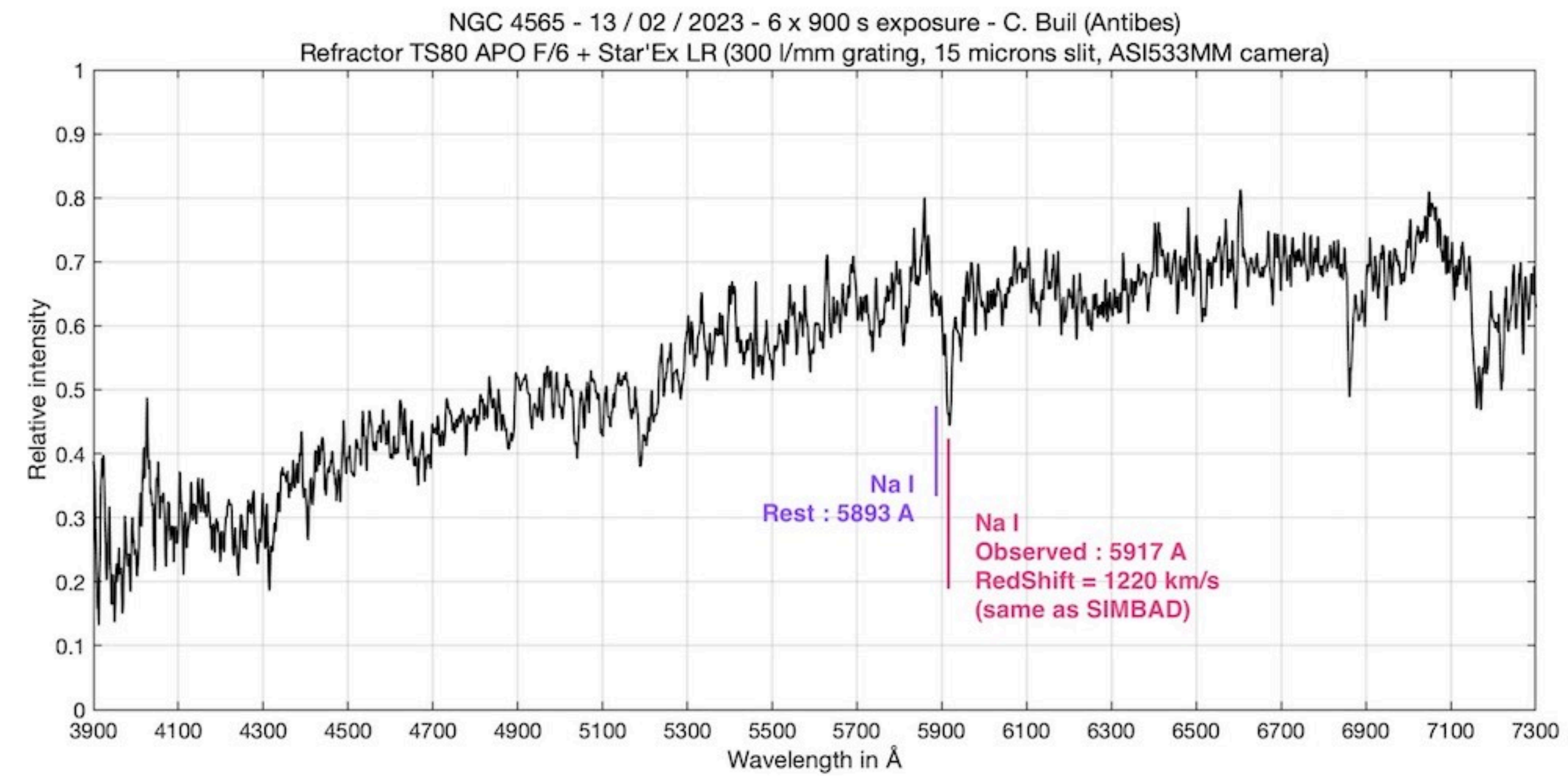


Image en négatif (noter la détection de bande d'absorption)



Oui, même au coeur des villes, il est aujourd'hui possible d'observer l'expansion de l'Univers avec une lunette de 80 mm !

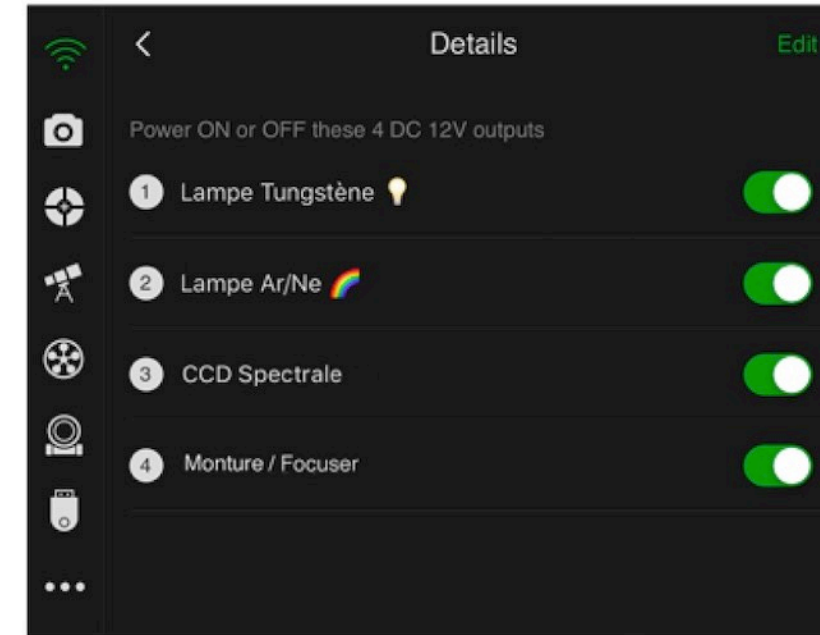
Deux grands choix s'offrent pour un système d'observation :

- **Le choix d'un système fermé.** Il équivaut à vivre dans un écosystème à la « Apple ». C'est la tendance industrielle actuelle, l'approche techniquement la plus cohérente par définition, la plus séduisante et intuitive pour un large public, celle n'obligeant pas la lecture d'une notice, et en fin de compte, la plus efficace et productive malgré ce que l'on entend parfois dire. Le système ASIAir illustre parfaitement cet esprit. L'atterrissage en douceur dans le monde de la spectrographie lorsqu'on arrive du monde de l'astrophotographie, sans prise de tête, s'accommode fort bien d'un système fermé, comme on le remarque dans cette note. C'est une piste cruciale pour montrer que la prise de l'image d'un spectre n'est pas plus complexe que celle d'un champ d'étoiles (et même parfois plus simple !).

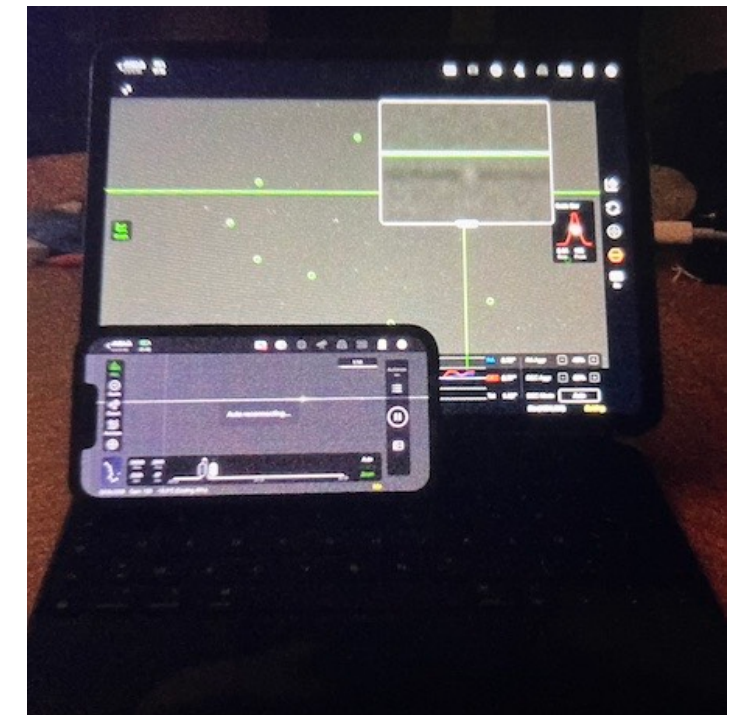
- **Le choix d'un système ouvert.** Il est alors question d'agir de manière plus ou moins profonde sur le système pour combler certaines lacunes d'un dispositif fermé, ce dernier ne pouvant répondre à tous les besoins par principe. En spectrographie, il est par exemple impossible avec un ASIAir de positionner de manière autonome une étoile sur la fente d'entrée du spectrographe dans un contexte d'automatisation intégrale de l'observation. Pourtant cette opération, assez spectaculaire, est relativement aisée à programmer avec des langages script (par exemple depuis le logiciel CCDciel avec des scripts en langage Python ou encore depuis le logiciel Prism avec un langage script propriétaire). L'usage d'un ordinateur type PC devient alors indispensable pour ces fonctionnalités avancées, mais au prix d'un certain effort pour la maîtrise du logiciel, l'installation des pilotes, la gestion du câblage... Tout ceci peut s'avérer rédhibitoire pour certains, alors qu'on s'interdit de laisser quiconque au bord du chemin dans cette démarche d'apprentissage de la spectrographie

Le choix de l'ouverture, séduisante sur le papier, pour la liberté qu'elle semble offrir, ne doit en aucune manière être un passage obligé dans la perspective « spectrographie 2.0 », au contraire même. Le danger est en effet de décourager les débutants, ce qui est rédhibitoire, ou d'empêcher les plus en pointe d'observer tellement ils sont accaparé par le perfectionnement technique. Tout est finalement une question d'équilibre, de raison et de goût.

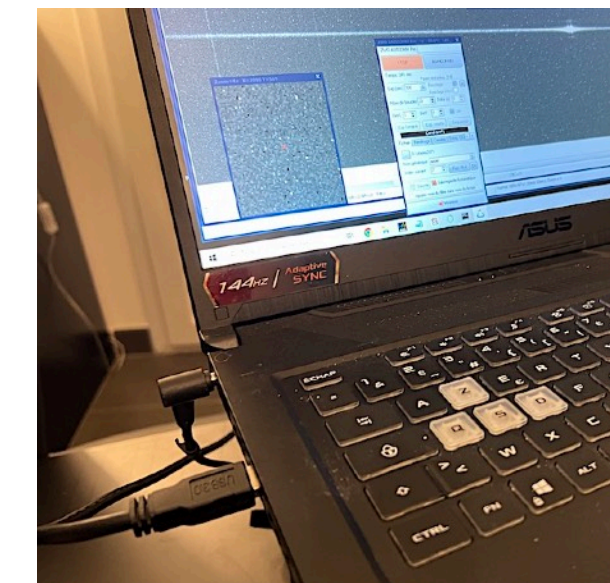
A ce stade, l'inspiration pour écrire ce document découle d'une approche mixte : pilotage monture - mise en station - pointage - guidage avec ASIAir d'un côté, et acquisition des données avec un PC d'un autre côté (une fonction basique, qui ne nécessite qu'une configuration minimale du système tiers - utilisation de ASI Studio sur PC, par exemple). Avec le temps, tout ceci va mûrir, toujours dans les mêmes directions, celles de la simplicité et de l'efficacité (des directions qui peuvent ne pas s'opposer si on y prend garde !).



Le système ASI Air offre des possibilités fort pratiques pour piloter à distance et simplement certains dispositifs utiles à la spectrographie.



L'acquisition d'un spectre, en plus des fonctions de centrage et de guidage, avec un seul système ASIAir est possible, mais ce révèle acrobatique (en raison du nombre limité de caméras pouvant fonctionner indépendamment dans le système). Il faut alors assumer l'usage de deux ASIAir de concert).



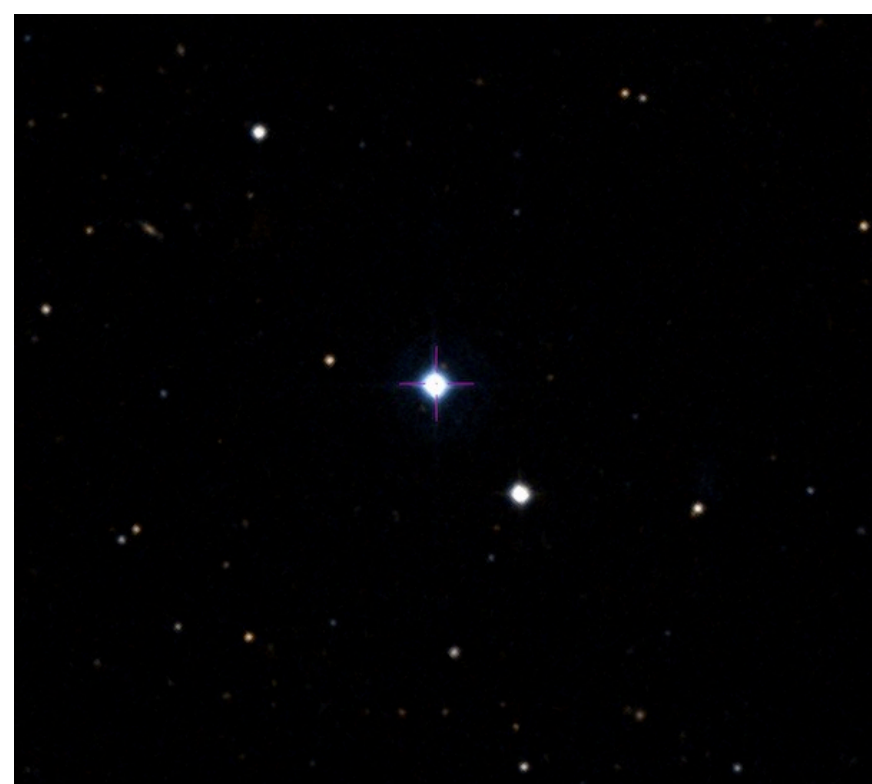
L'emploi d'une application secondaire sur PC pour épauler le système ASIAir est aujourd'hui une solution pour travailler avec souplesse (ici, un câble USB3 amplifié de 10 m et liaison filaire entre la caméra principale et un PC).

La spectrographie 2.0 : performance (1/2)

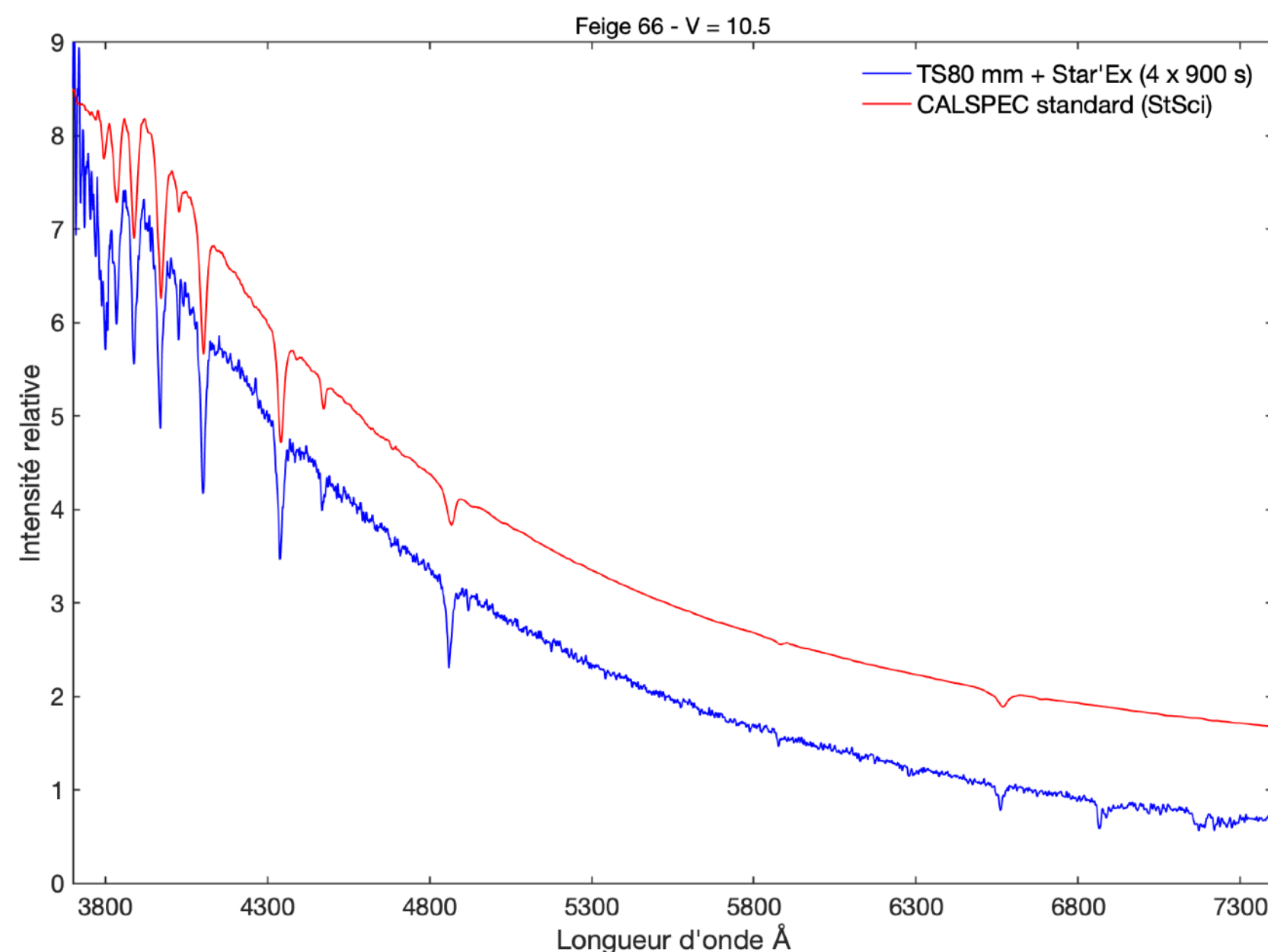
On cherche la magnitude limite d'une étoile pour un spectre avec un certain rapport signal sur bruit et en une heure d'exposition. La procédure est détaillée ici : <http://www.astrosurf.com/buil/detectivity/>

Configuration testée : lunette TS APO de 80 mm F/6 sur monture ZWO AM5 + spectrographe Star'Ex (association dite 80x80, « low resolution ») avec réseau 300 traits/mm, fente de 15 microns de large, caméra ASI533MM

La mesure est expérimentale, à partir de l'étoile étalon Feige 66 de magnitude $V=10,5$ (une quasi naine blanche, type sDO)



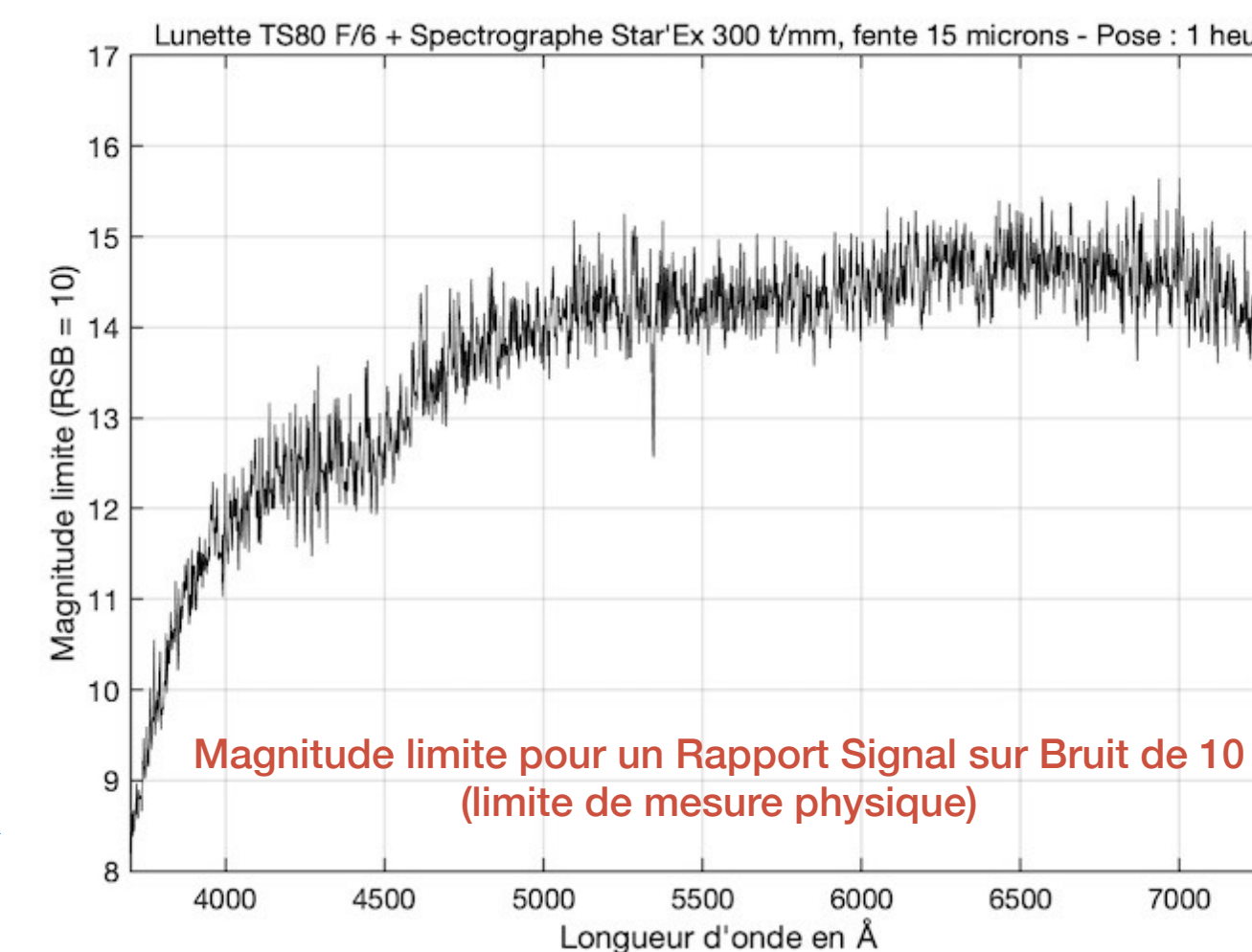
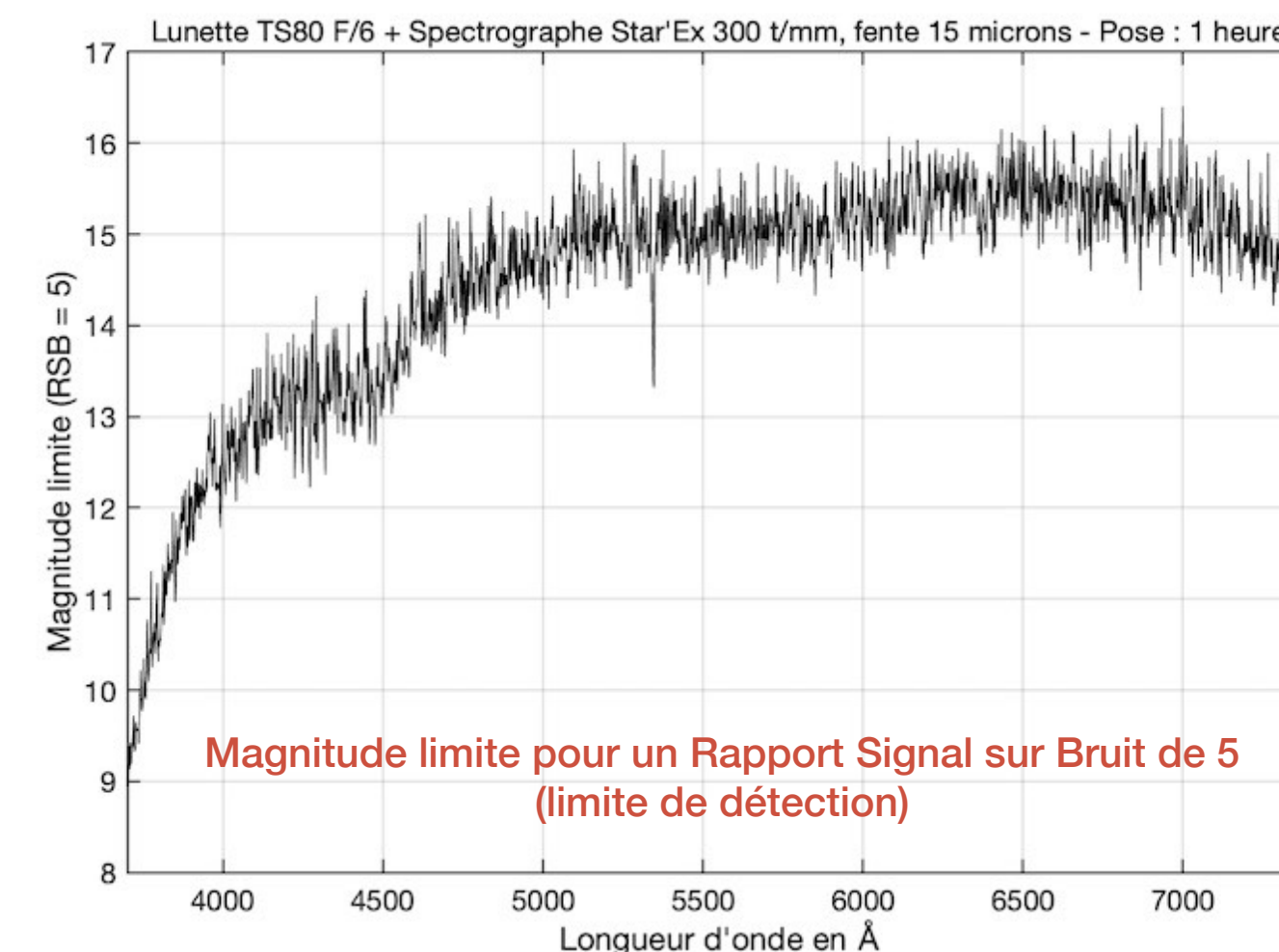
Le champ de Feige 66



Comparaison entre le spectre observée et la spectre de référence

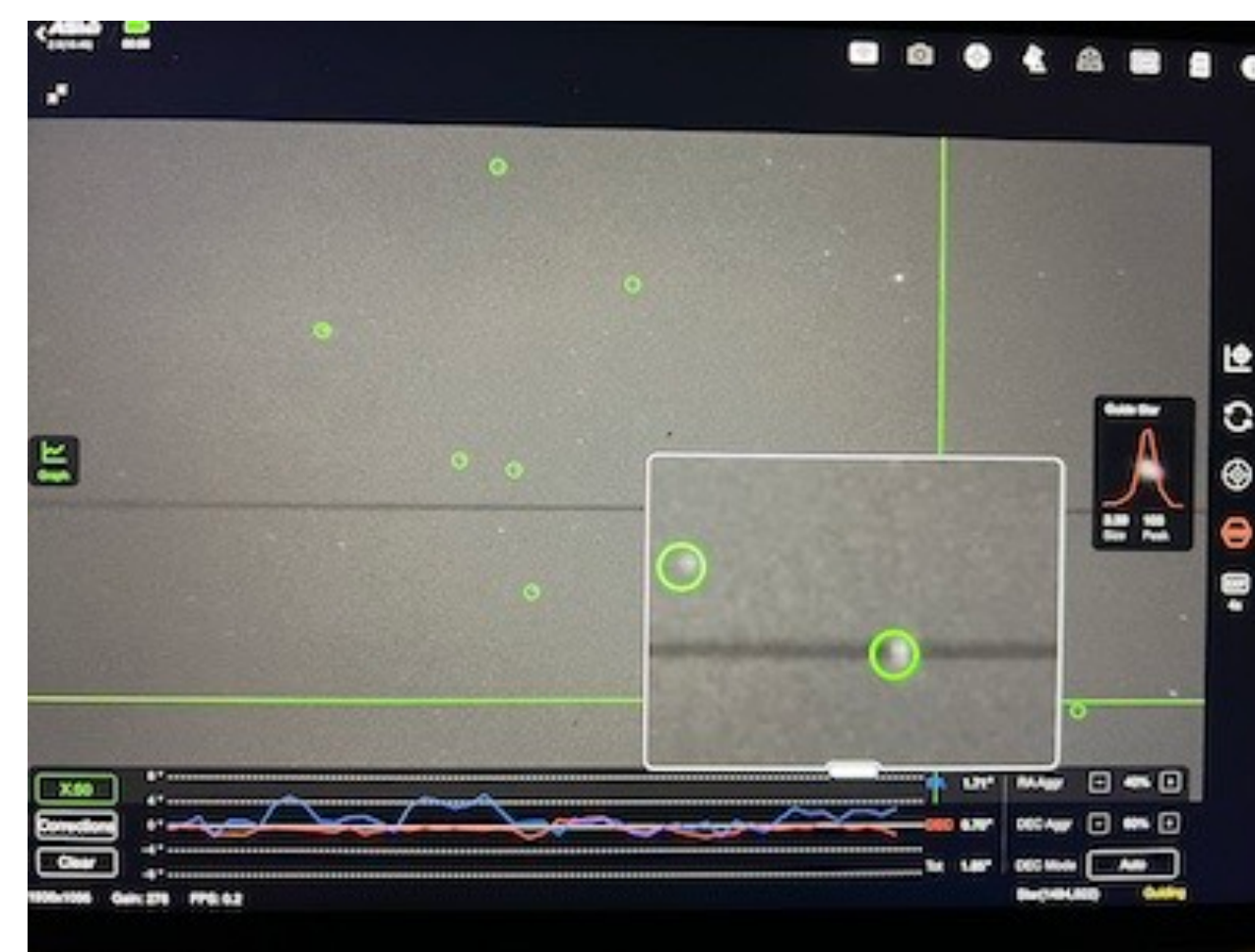
Comment lire cette courbe ?

La magnitude limite raisonnable à 550 nm est de 14 avec une lunette de 80 mm de diamètre pour un pouvoir de résolution de 800. Cela donne la possibilité d'observer beaucoup d'objets dans le ciel !

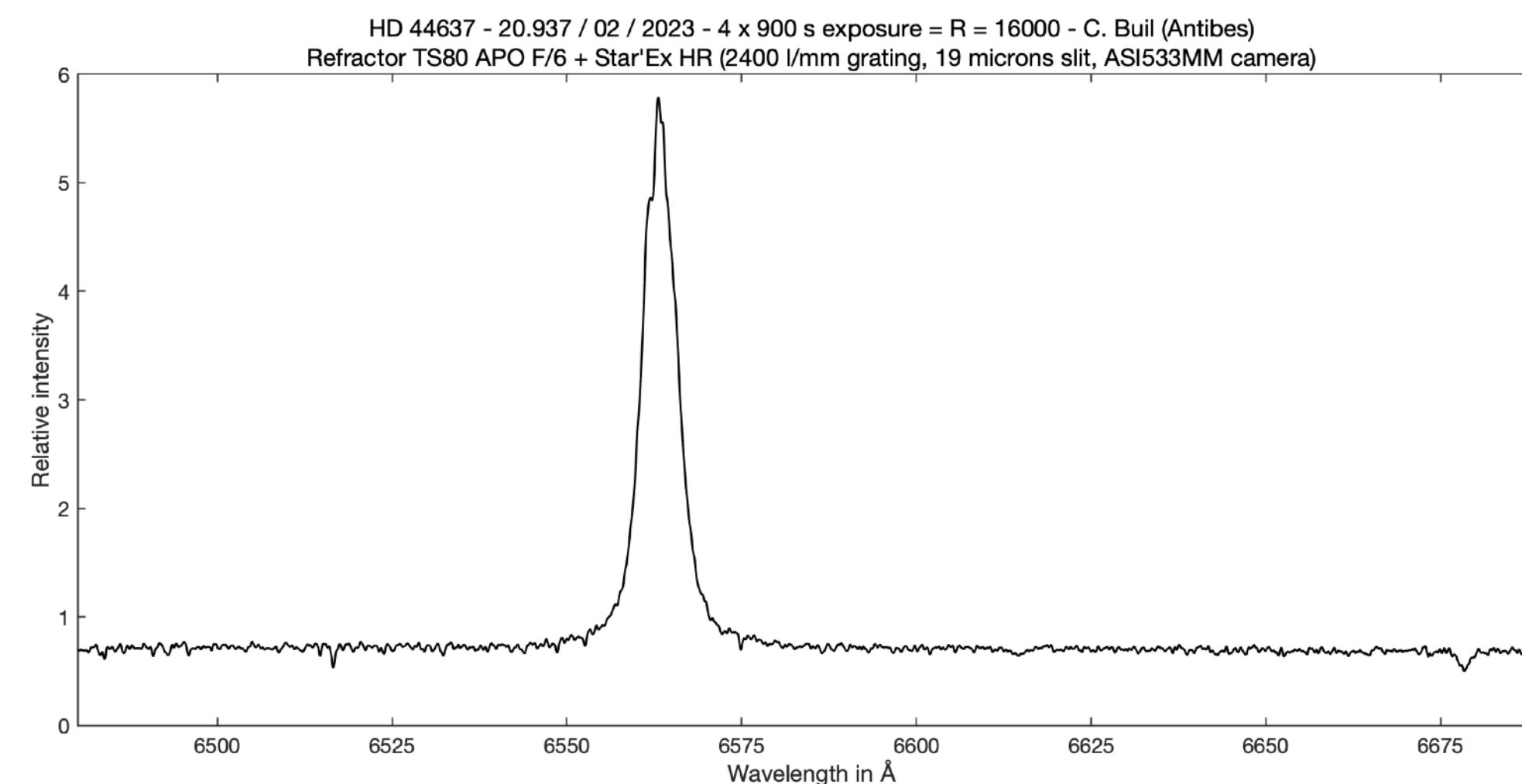


Spectrographie à très haute résolution spectrale avec un petit diamètre

Exemple de l'étoile de type Be HD 44637, de magnitude V=9.1, en milieu urbain



L'étoile HD 44637 dans le fente, guidage ASIair (noter l'usage de la loupe sur iPad)



Le spectre de HD 44637 sous forme d'une courbe (l'axe horizontal est celui des longueurs d'onde, l'axe vertical, celui des intensités)

La raie rouge H-alpha est en forte émission au centre
Exposition d'une heure, pouvoir de résolution atteint : R = 16000

Lunette D = 80 mm + Star'Ex HR

Configuration 80x125, réseau 2400 t/mm, fente 19 microns
(note : le spectrographe est au foyer direct f/6 de la lunette)

Grâce aux performances des moyens d'aujourd'hui, avec un diamètre de 80 mm, on estime que la magnitude limite de mesure est de 10 pour une résolution de R=16000 et de 11 pour R=12000 (rien n'empêche bien sur d'exploiter un diamètre plus grand !). C'est un grand bouleversement.

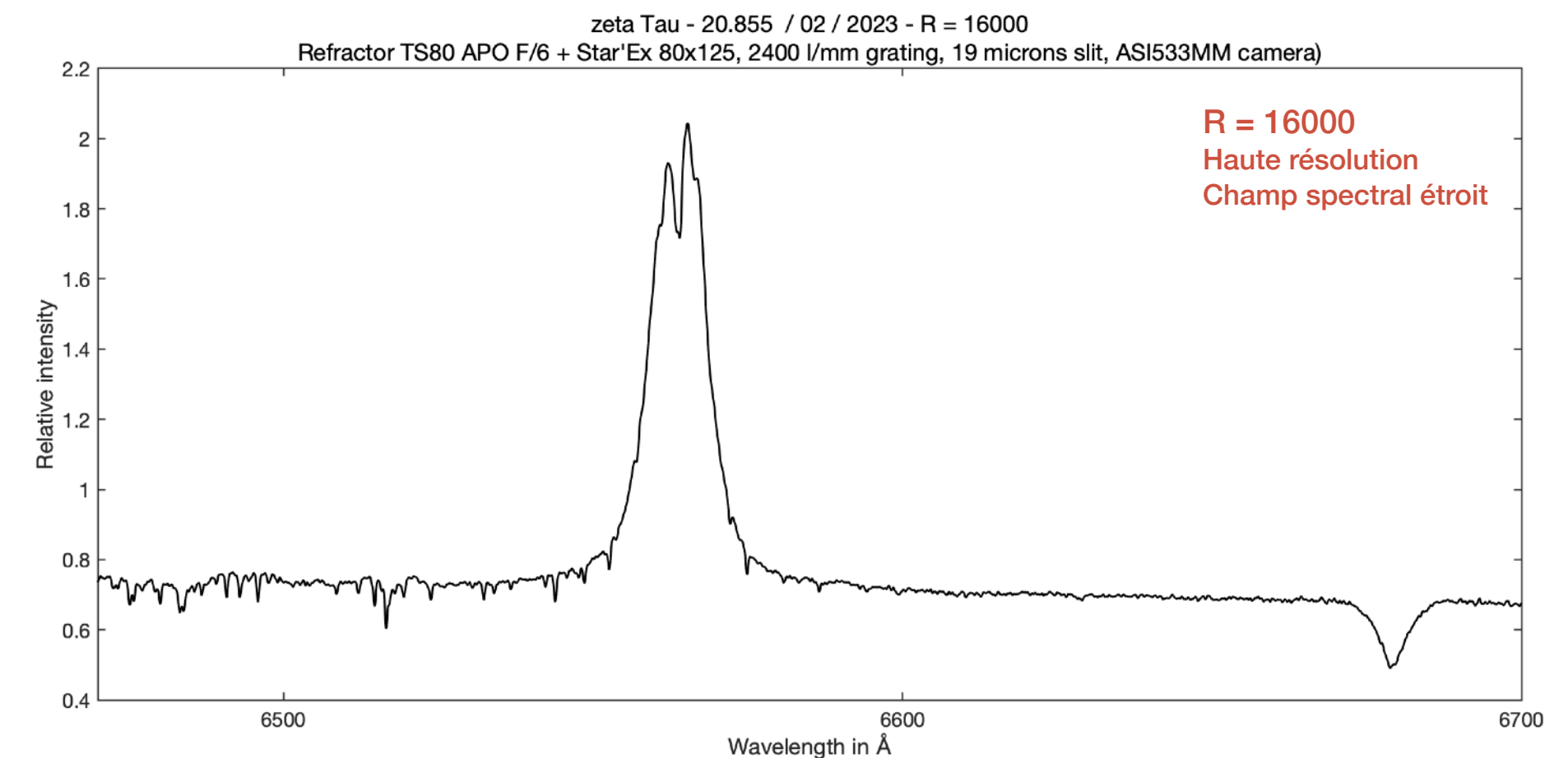
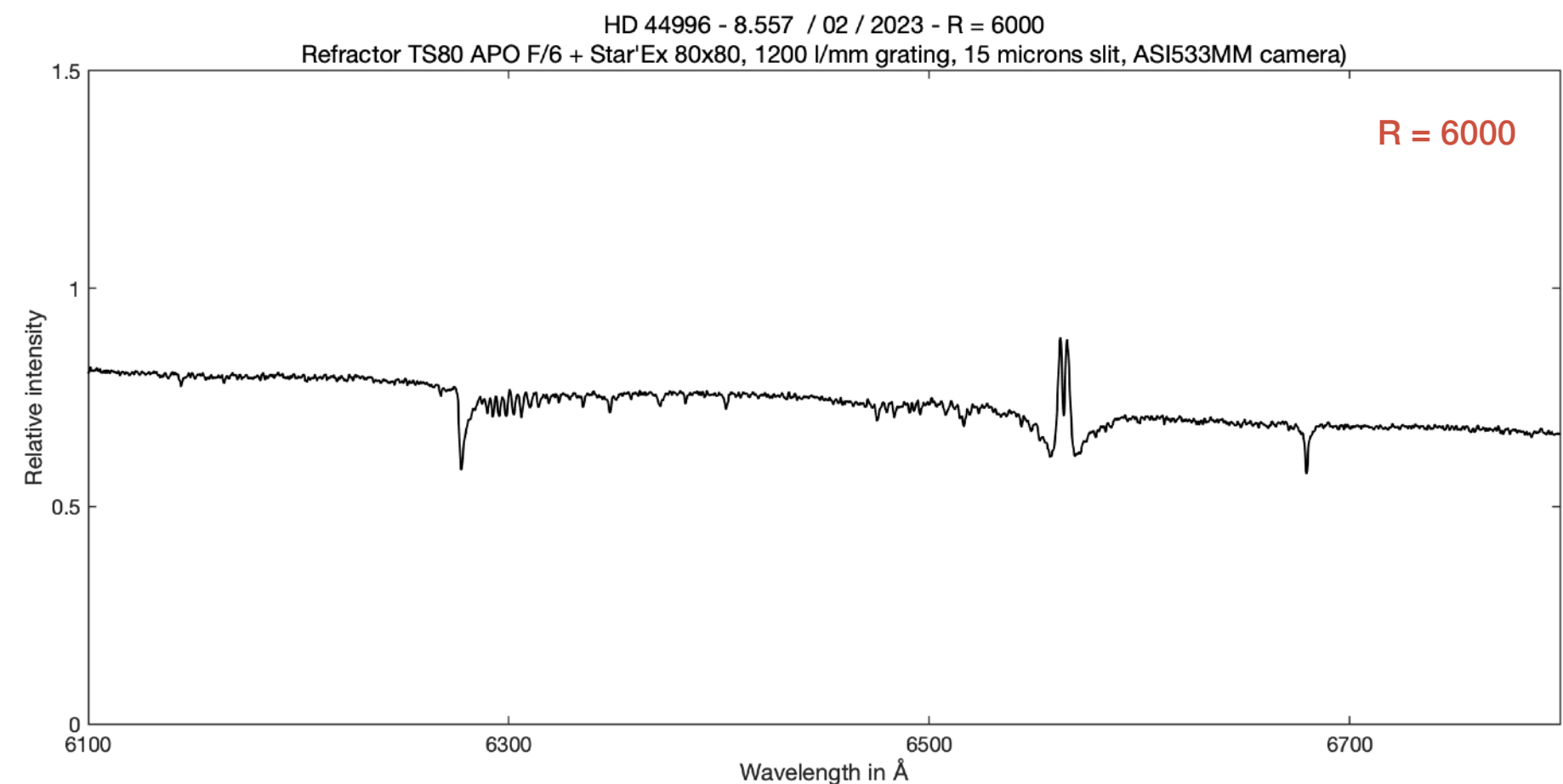
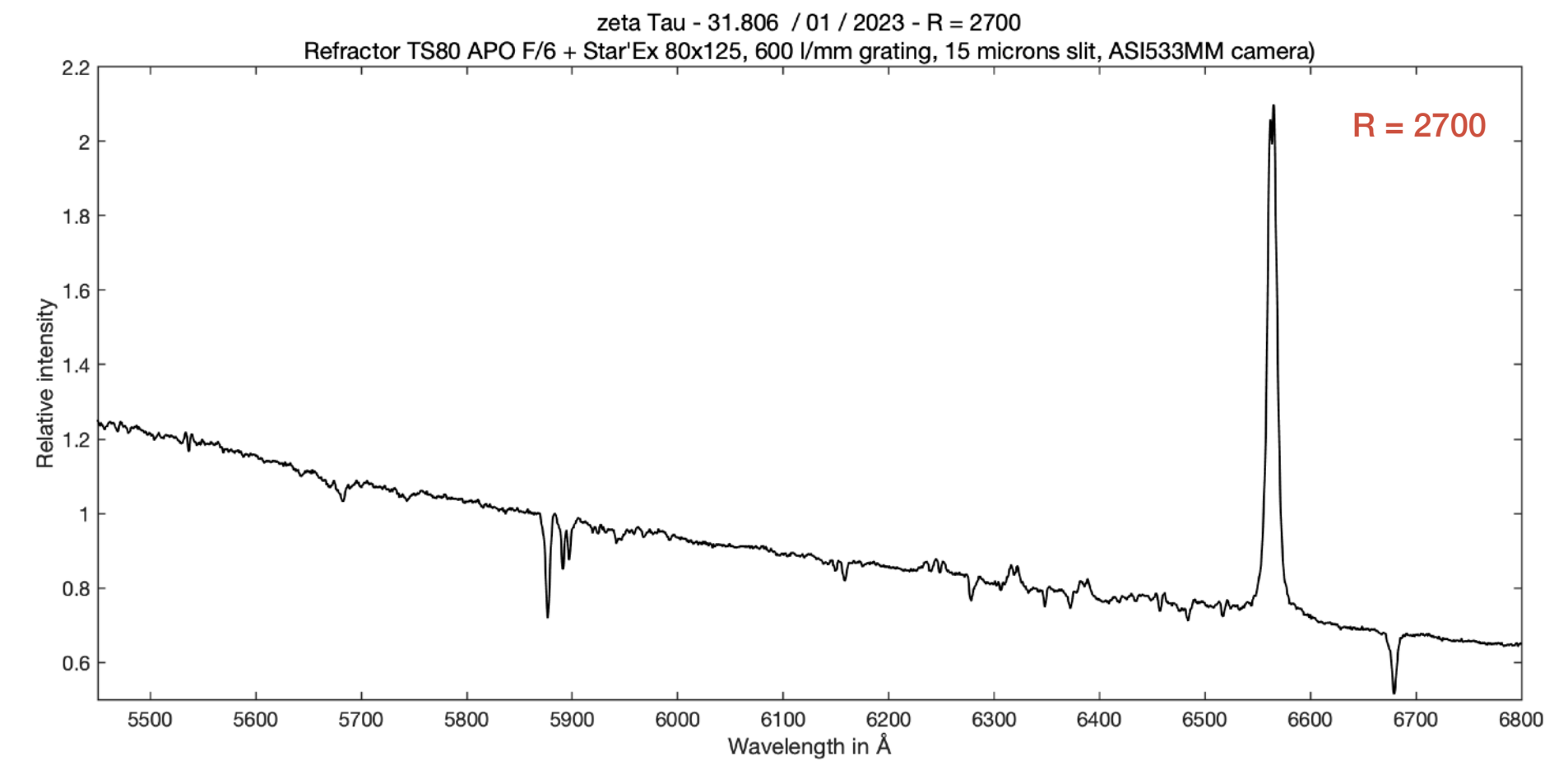
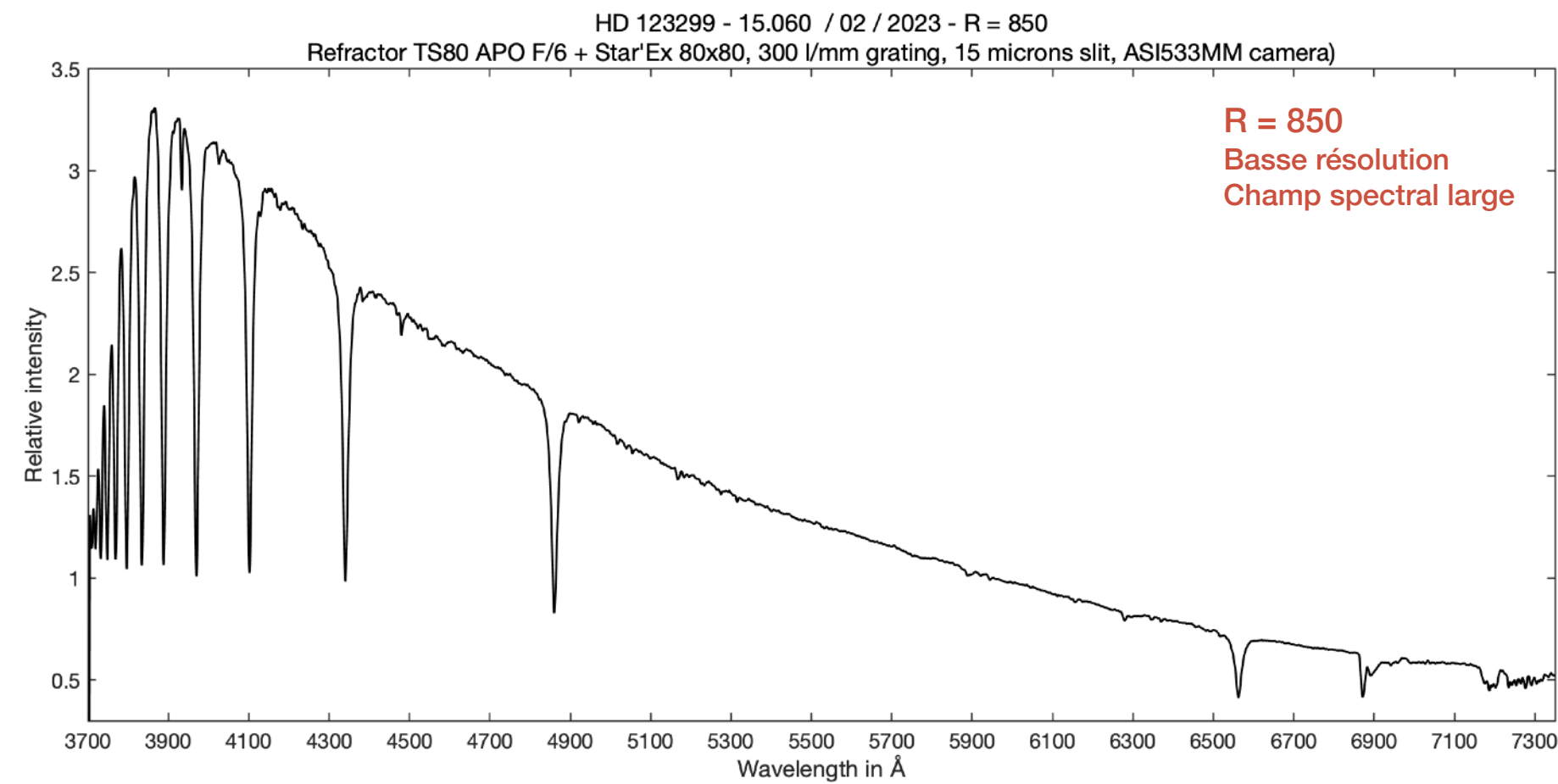
La spectrographie 2.0 : pour tous les goûts

A la manière de ce qui se fait en astrophotographie en ajoutant une Barlow pour moduler la résolution angulaire vs le champ couvert, en spectrographie, le changement de réseau à diffraction permet de moduler la résolution spectrale vs le domaine spectral

Note : le pouvoir de résolution spectral (R) est le rapport entre la longueur d'onde et la finesse du spectre à cette longueur d'onde

Exemple du spectrographe Star'Ex avec lequel il est facile de changer le réseau.

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

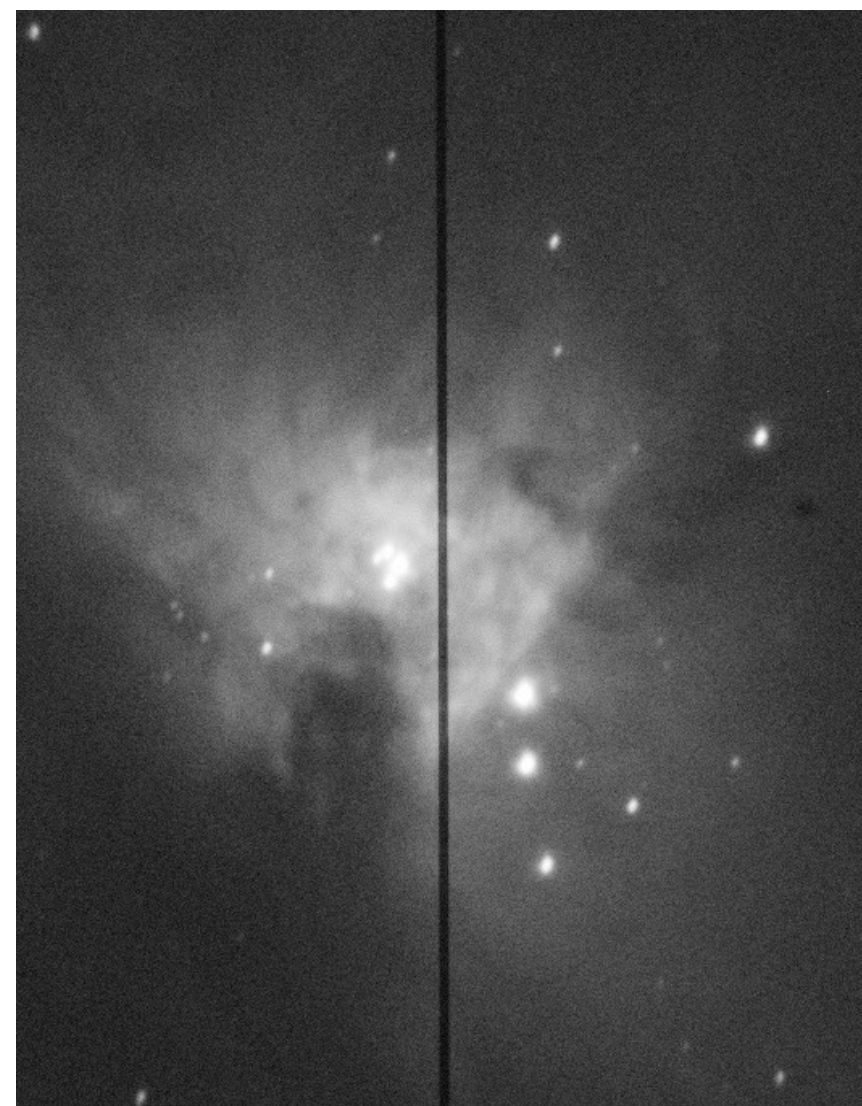


La spectrographie 2.0 : vous êtes admiratif de la couleur des objets du ciel,
avec un spectrographe vous allez comprendre l'origine de ces teintes !

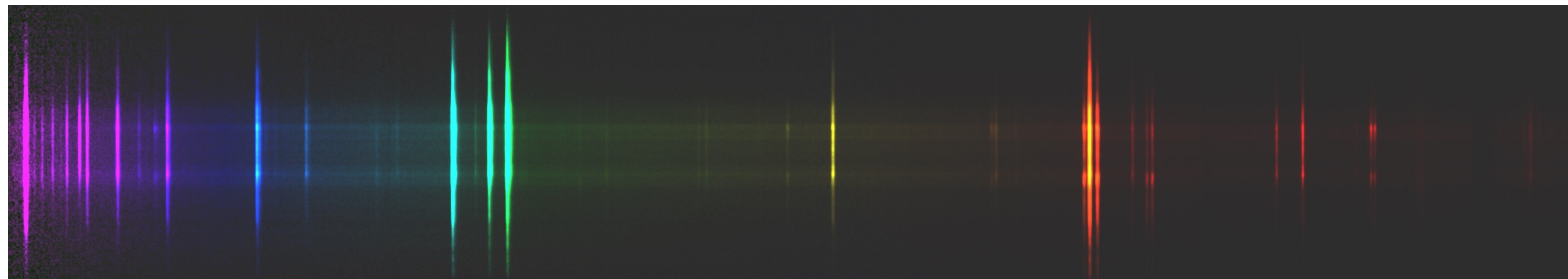
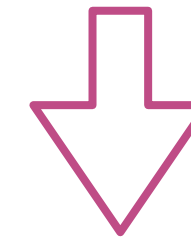
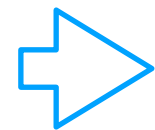
Ce qui provient d'un spectrographe est avant tout une image du ciel (pas une courbe !)

L'image spectrale d'une section de la nébuleuse d'Orion (M42)

Image de la caméra de guidage
ASI290MM Mini



Section dans l'image
de la nébuleuse (fente de 15 microns)



Oxygène
Néon

Hydrogène

Oxygène

Hélium

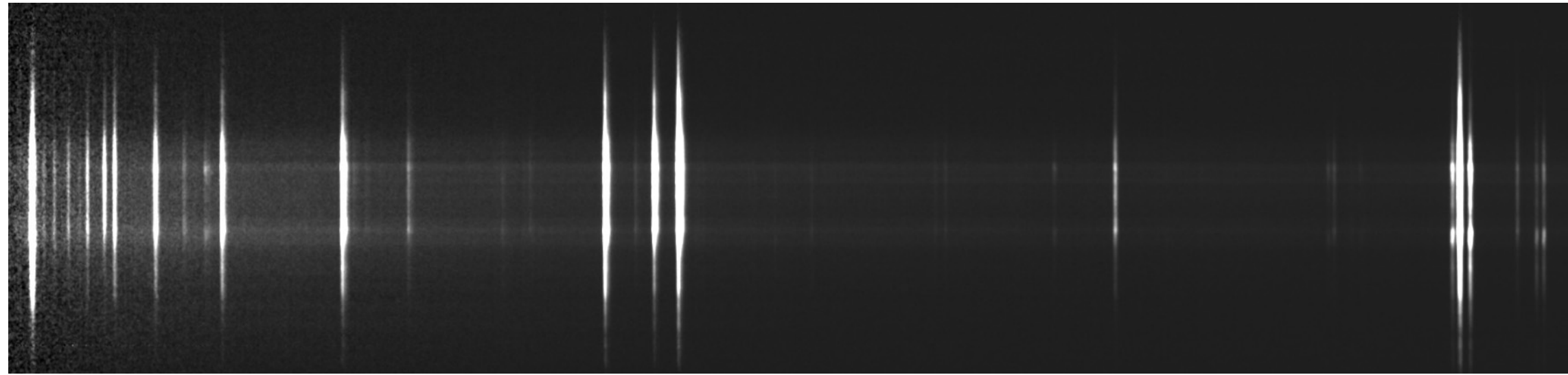
Hydrogène
et
azote

Soufre

Argon
Oxygène

Image du spectre de la nébuleuse Messier 42 obtenue avec
une lunette de 80 mm et Star'Ex « basse résolution » - pose de 6 x 3 mn

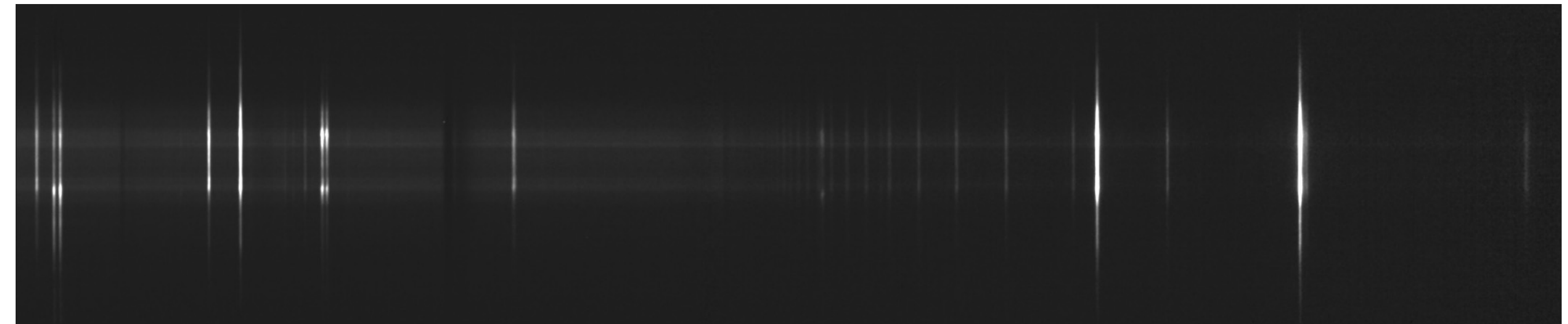
Exemple de spectre réalisé en deux parties, visible et infrarouge, avec le même « Star'Ex » par échange rapide du système de dispersion colorée de la lumière (réseau à diffraction)



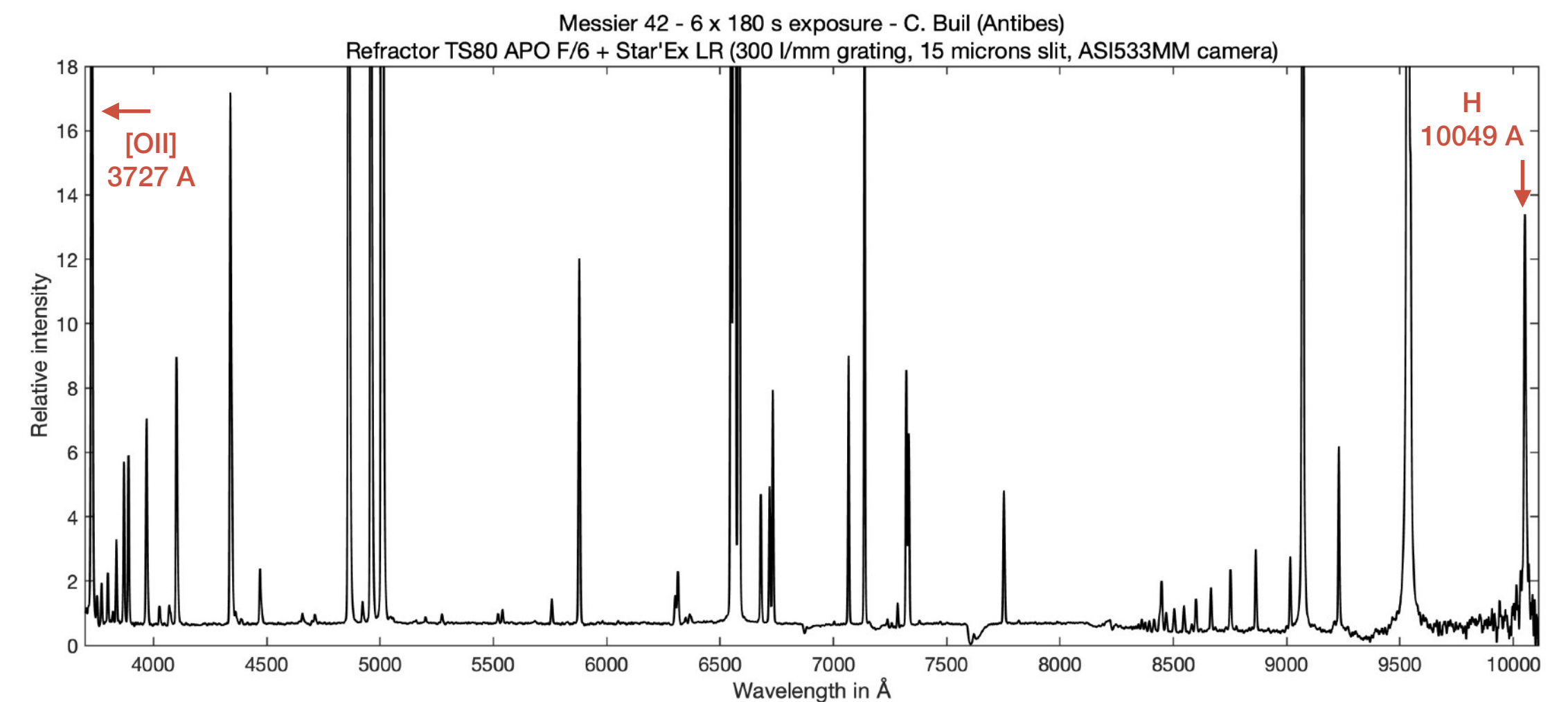
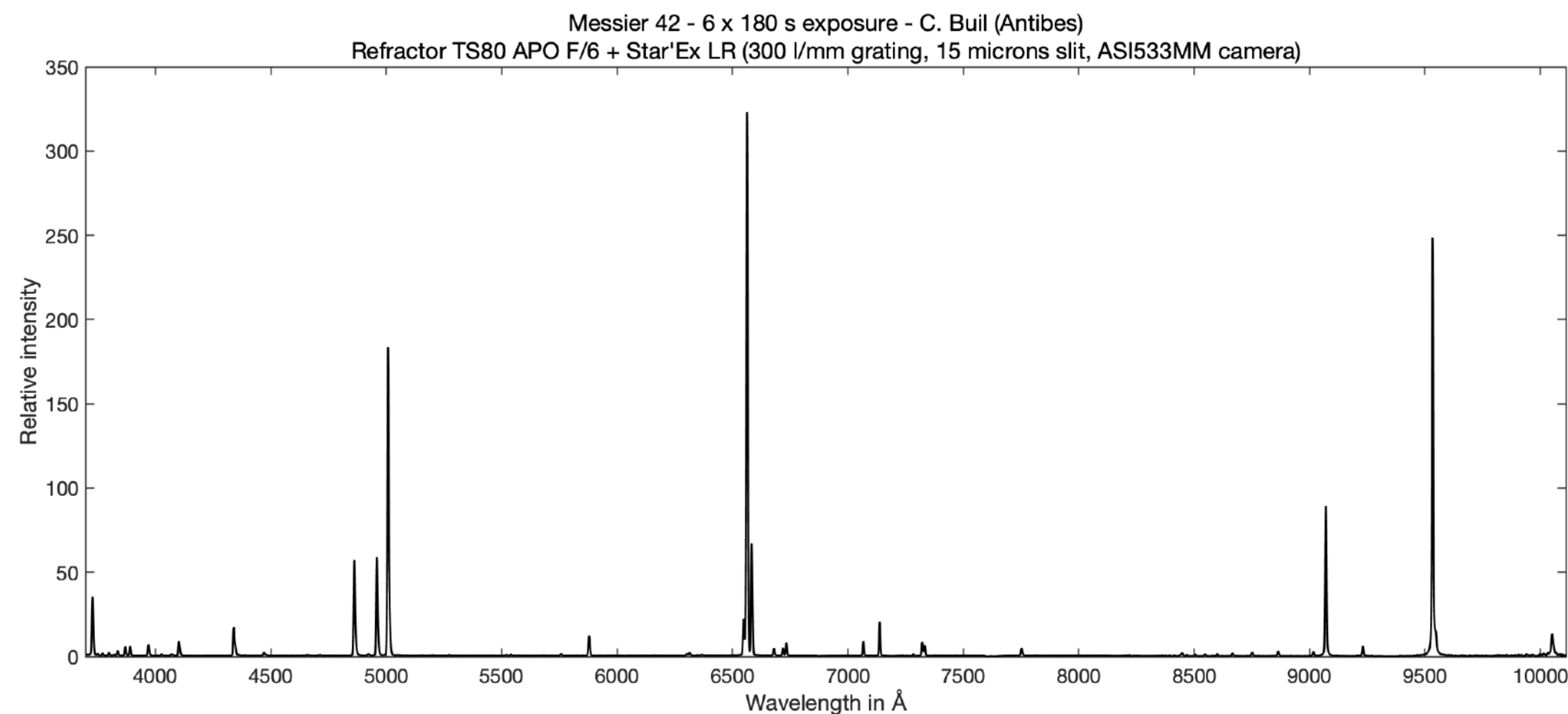
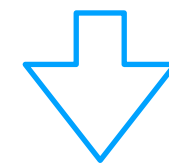
Partie « visible » du spectre

Spectre de la nébuleuse d'Orion avec fente

Partie « infrarouge » du spectre



Les courbes ne servent qu'à quantifier ce que l'on voit
(ici après fusion des partie visibles et infrarouge)



La « spectrographie 2.0 », la spectrographie la plus accessible à tous, la plus simple et économe possibles, implique une chaîne **cohérente** depuis l'observation jusqu'au traitement, et même l'exploitation. S'il se trouve un maillon faible dans cette chaîne, elle se brise, et l'observateur passe à côté de quelque chose d'important. Un maillon faible, c'est par exemple un équipement à ajouter trop coûteux, c'est une technique que l'on ne maîtrise pas ou qui effraie...

Un exemple : la fameuse fente étroite à l'entrée d'un spectrographe.
Elle sert à quoi au juste ?

- (1) Elle oblige à positionner l'objet dont on prend le spectre à un endroit précis de l'instrument afin d'associer une longueur d'onde précise aux pixels de l'image du spectre.
- (2) Elle rend indépendante la finesse du spectre (sa « résolution ») du seeing (turbulence atmosphérique) ou des erreurs de guidage (c'est la largeur mécanique de la fente qui compte alors, pas la qualité du suivi, ce qui au passage rend parfois la spectrographie plus simple que l'astrophotographie !).
- (3) Elle isole l'objet cible de ces voisins pour éviter un mélange accidentel de spectres.
- (4) Elle rend le signal parasite venant du fond de ciel négligeable par rapport à celui de l'étoile - un très bon filtre de la pollution lumineuse permettant au spectroscopiste de s'épanouir en milieu urbain !

Au premier contact avec la spectrographie, se sentir obliger de positionner une étoile au foyer d'une lunette ou d'un télescope dans un quasi-trou de serrure, ne faisant que quelques microns en taille, peut apparaître comme une grosse contrainte, lourde et finalement rédhibitoire. Même si c'est au prix d'un petit effort à consentir, il est compréhensible qu'il s'agisse d'un frein à la découverte de la spectrographie.

Or la spectro 2.0 est synonyme d'immédiateté, de contraintes minimales, de légèreté, de « plug and play », de conservation des codes familiers de l'astrophotographie. Il n'est pas question que le coût, la technologie et le soi-disant manque de compétence deviennent un repoussoir pour les débutants curieux. Cela tombe bien, car lorsqu'on débute en astronomie, le premier instrument est souvent de taille modeste, plus simple à utiliser et forcément moins coûteux. Les conditions du moment font par ailleurs que les amateurs ont de moins en moins de moyens financiers à investir dans leur loisir, alors que pourtant le ciel astronomique est toujours aussi passionnant à découvrir ! La facture d'électricité passe en premier. Il est malgré tout possible de ce faire plaisir en faisant les bons choix.

Et même, lorsqu'on devient expert et un vrai passionné, la tendance actuelle est de s'équiper avec des instruments relativement compacts, mais en contrepartie, à la pointe de la technologie (il y a fort à parier que, hors des télescopes visuels, type Dobson, plus de la moitié des instruments vendus aujourd'hui ont des optiques dont le diamètre ne dépasse pas 125 mm, une tendance liée à une forte efficacité, à la maniabilité, au temps de mise en route réduit, au voyage, etc).

Alors, vive les petits instruments (sans dénigrer les gros) !

Une des propositions forte de la « 2.0 » : exploiter un spectrographe sans fente !

Oui c'est possible et efficace, dès lors qu'on utilise une lunette ou un télescope de focale inférieure à 900 mm (environ) !!! Une telle focale ne rend pas en effet obligatoire l'usage d'une fente car faible impact de la turbulence, suivi peu exigeant, etc. Tout n'est cependant pas possible sans fente, mais beaucoup est possible.

On est ici dans le domaine des lunettes d'entrée de gamme de 60 mm, du télescope 115/900 (un très bon choix pour la spectro), des astrographes APO de 80 à 100 mm (très courants, l'apochromatisme est recommandé en spectro).

Au passage, s'il y a un conseil à donner : c'est toujours sur la monture qu'il faut faire porter l'effort en priorité, pas sur le diamètre.

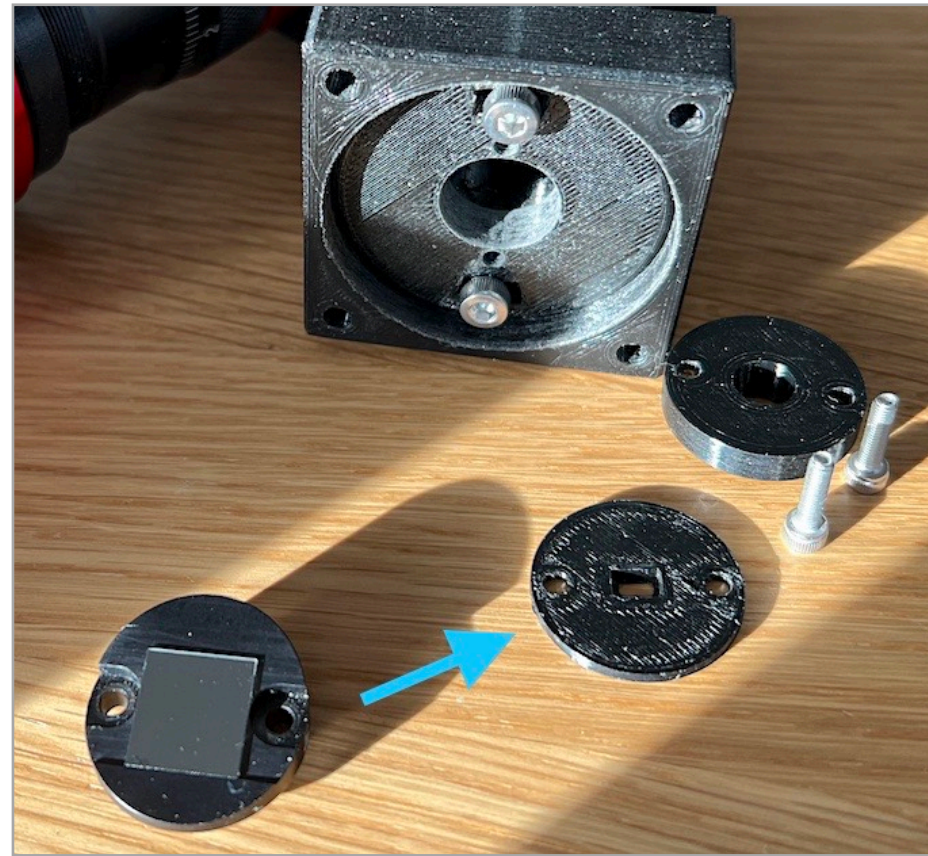


Star'Ex avec système de guidage sur fente.

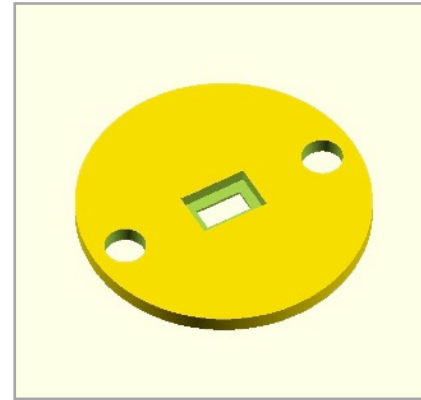


Star'Ex sans système de guidage et sans fente.

La spectrographie sans fente : le tour du propriétaire...



Le fente étroite sur verre est remplacée par une large ouverture de 2 mm x 3,5 mm (un exemple), simplement réalisée en impression 3D (cette ouverture permet un pointage facile sur la cible, tout en réduisant la luminosité du fond de ciel). Coût : quasi 0 centime !



Exemple d'instrument de prise de vue typique « sans fente » : lunette TS Photo Line ED 80/480. La monture ZWO AM5 offre du confort mais n'est pas indispensable.



Le guidage est assuré par un chercheur de focale relativement modeste (ici modèle EVOGUIDE 50ED + ASI290MM mini). La précision de guidage est de l'ordre de la seconde d'arc, plus qu'il n'en faut.



Un pur Sol'Ex transformé instantanément en un Star Explorer (Star'Ex HR) grâce au principe de la spectrographie sans fente. Poids = 565 grammes

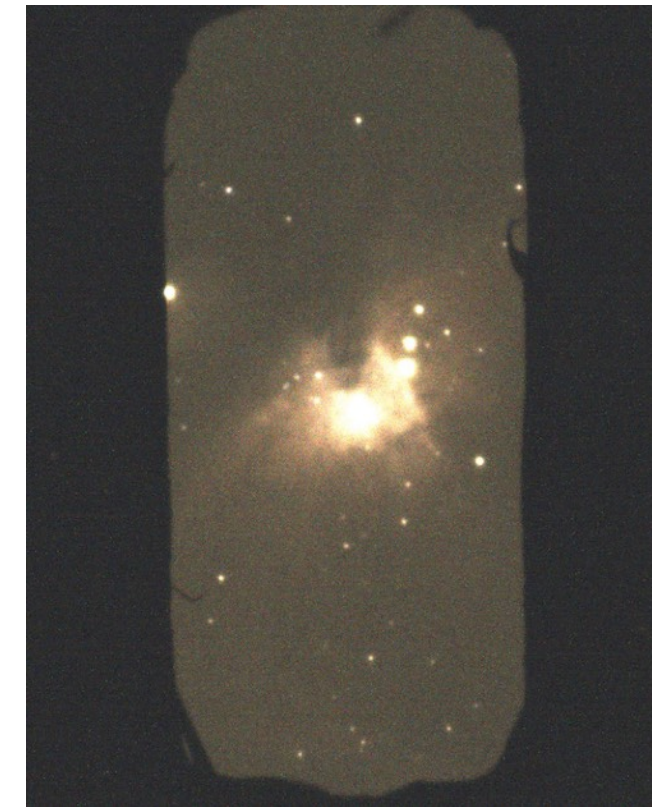
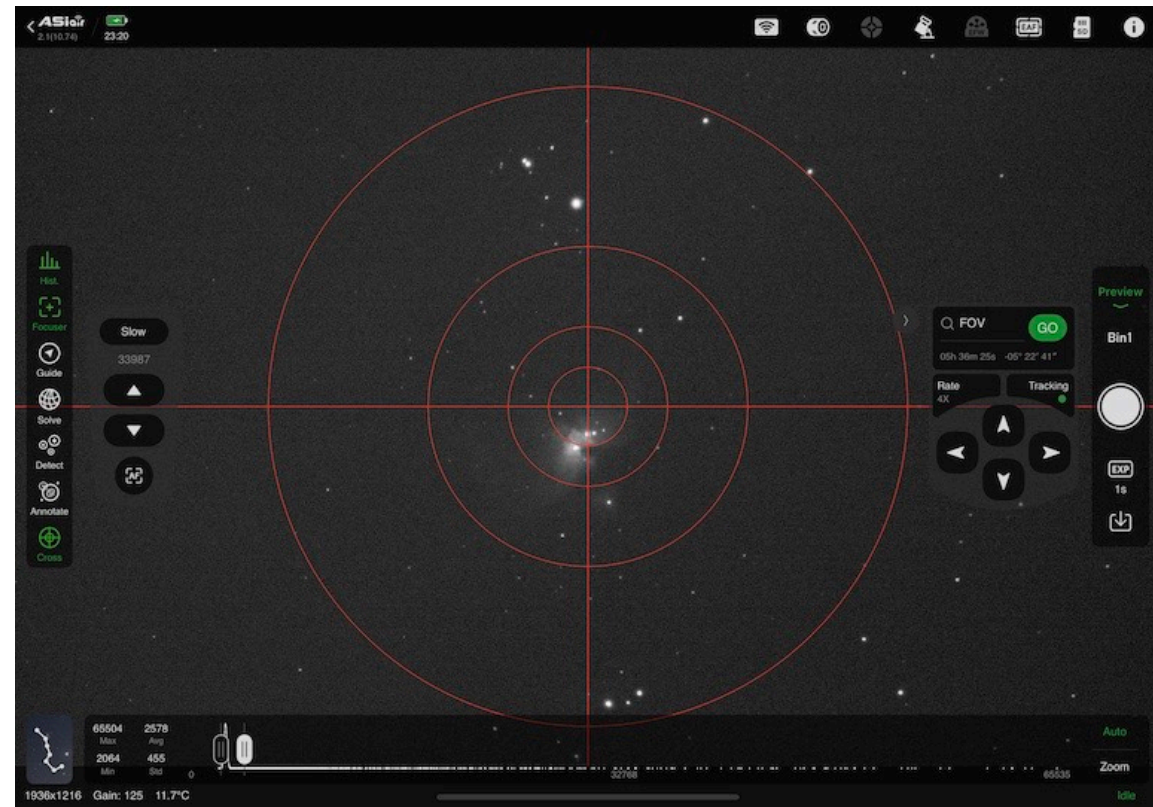


Configuration « basse résolution » (Star'Ex LR) avec réseau 300 t/mm. La caméra peut être non refroidie pour les cibles brillantes, couleur ou noir et blanc. Capacité de pratiquer le Live Stack en spectro.



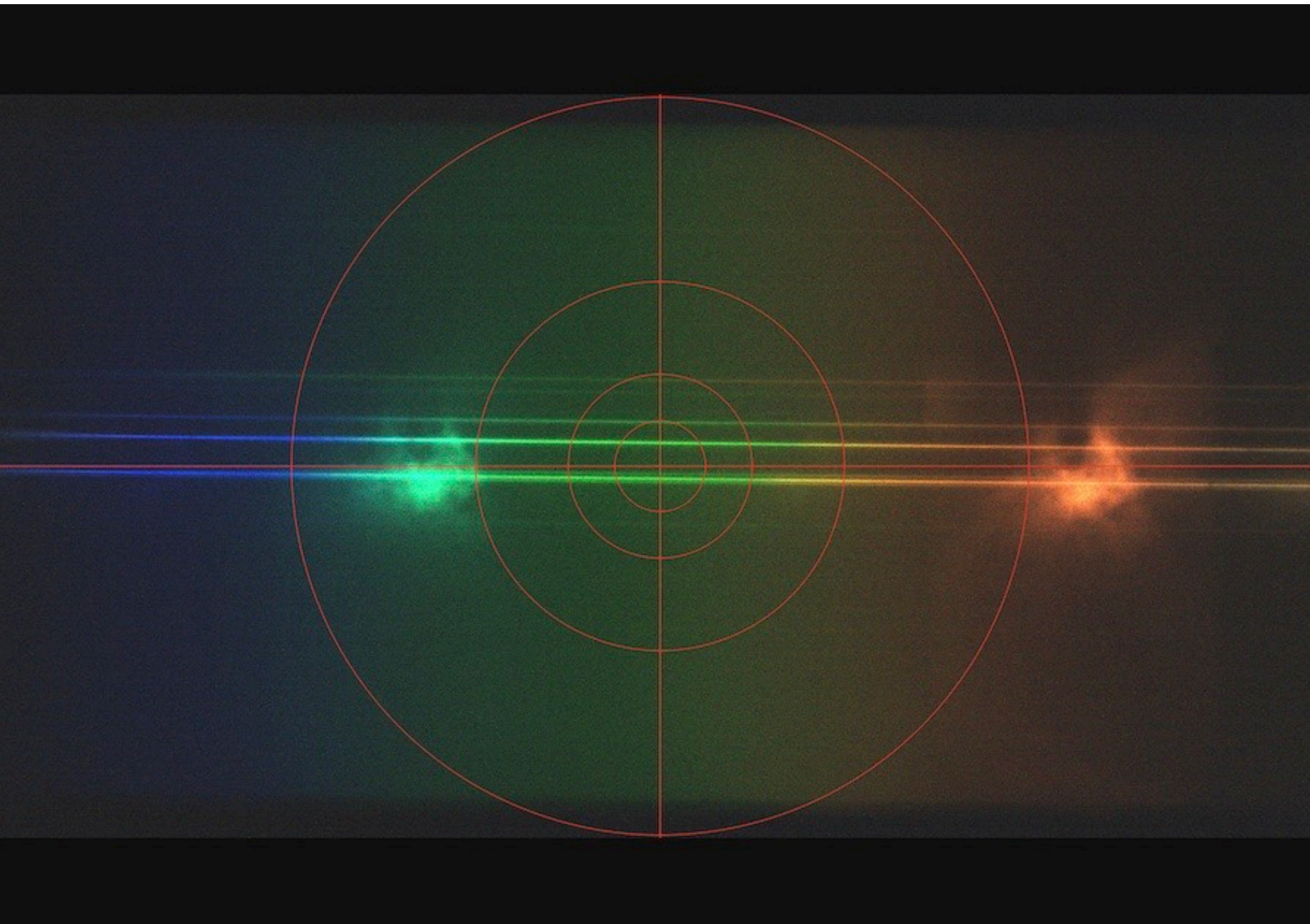
Spectrographie sans fente « haute résolution » avec un Sol'Ex équipée d'une caméra refroidie pour les cibles de faible éclat (ASI183MM pro, ASI533MM pro, ...). Poids = 970 grammes

La spectrographie sans fente : comment on s'y prend ?

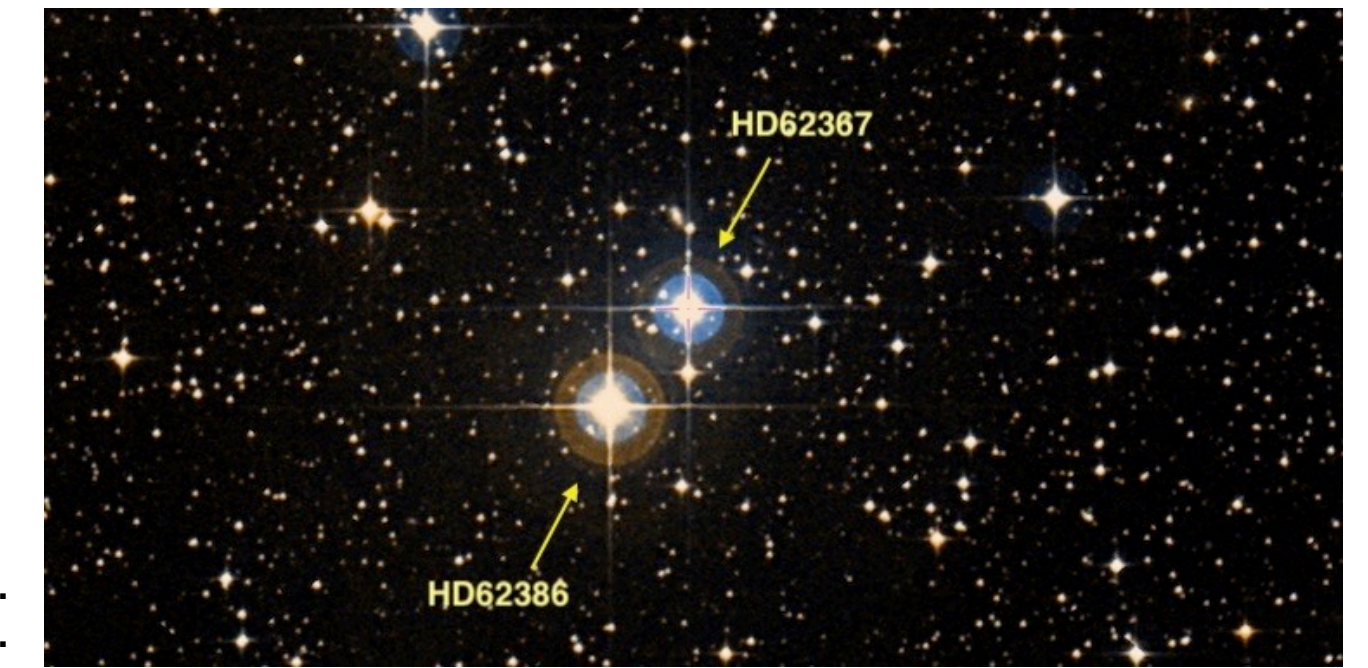


Pointage de M42 (EVOGUIDE 50ED)

L'image en couleur de M42 vue au travers de l'ouverture de 2 mm de large (ordre 0, caméra ASI678MC)



Le spectre de M42 en vraies couleurs (Star'Ex LR, ordre 1, 300 t/mm, caméra non refroidie ASI678MC). A gauche, l'image de la nébuleuses dans les raies Hbeta et OIII, à droite (en rouge), l'image de la nébuleuse dans la raie de l'hydrogène Halpha. L'affichage en direct est tel qu'il est montré ici.



Champ DSS2 de l'étoile Be HD 62367. Noter l'étoile HD 62386 à proximité.

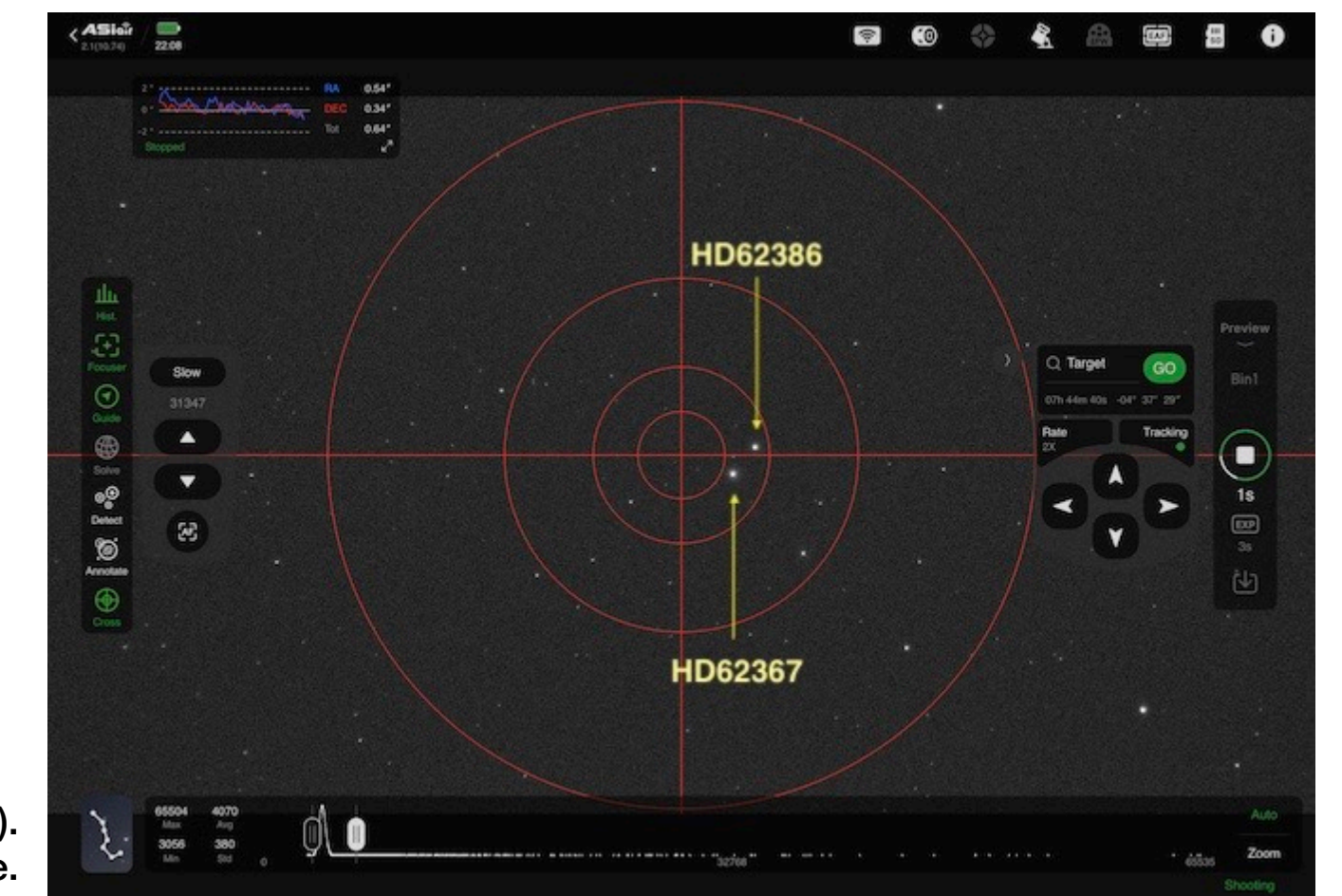
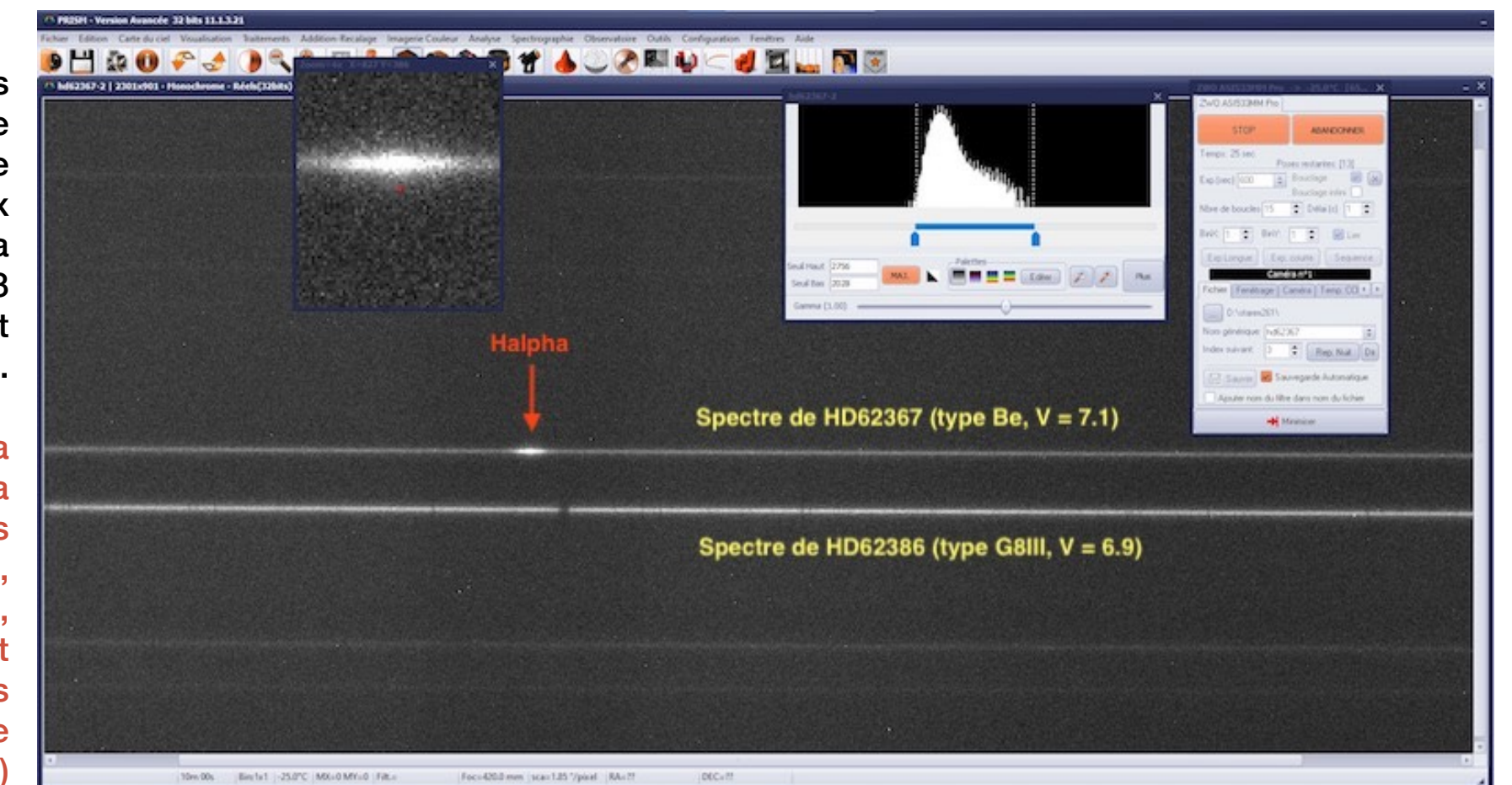


Image du chercheur (système ZWO ASIAir). C'est sur cette image qu'est réalisée l'autoguidage.

Spectre brut de HD 62367 après 600 secondes d'exposition avec une lunette de 80 mm au voisinage de la raie Halpha. L'étoile HD 62386, aussi présente dans l'ouverture, produit son propre spectre. Star'Ex « haute résolution », réseau 2400 traits/mm + caméra ASI533MM Pro (la finesse spectrale est ici de 0,043 nm, sachant que la largeur d'un filtre dit « étroit » est typiquement de 5 nm).

Effet positif induit du « sans fente », outre la simplification : très bonne spectrophotométrie pour la « science » (étoiles variables), effacement des difficultés pour trouver la réponse instrumentale, automatisation intégrale d'une observation facilitée, l'usage intégral d'un ASIAir pour l'acquisition devient crédible (plus de PC), démonstrations percutantes dans les clubs et manifestations publiques (usage de la couleur, Live Stacking spectral, ...)



Le développement de la spectrographie auprès des amoureux du ciel doit passer par un traitement des données aussi simple et transparent que possible.

Il faut combattre l'idée préconçue qu'on fait des maths ; pas plus en réalité que pour le traitement d'une image du ciel profond, souvent plus complexe. La spectro, ce sont des images pas des courbes - si on est techniquement à l'aise en astrophotographie on sera automatiquement à l'aise en spectrographie !

La tentative du logiciel specINTI pour rendre le traitement des spectres aussi indolore que possible et pour que la relative complexité s'efface. Le but est que la phase de traitement passe inaperçue (elle s'applique en tâche de fond à toute une nuit d'observation, par exemple).

Le parti pris de specINTI : pas d'interface foisonnante et à tiroir, pour un traitement, au final, en un simple click et en aveugle. Logiciel hautement paramétrable pour s'adapter à de nombreuses situations.

La difficulté est que le logiciel doit être éduqué à votre configuration, mais ensuite il devient un outil de production très puissant, permettant de vous consacrer uniquement sur les résultats. Tout repose sur le respect d'un protocole que l'on se donne, ce qui est la base pour bien se servir de tout outil (qu'il s'agisse d'un tournevis ou d'un logiciel).

specINTI découple fortement l'interface du moteur de calcul. L'application est fournie avec l'interface specINTI Editor, écrite en Python, qui en facilite l'usage, mais vous pouvez fort bien concevoir une autre interface, plus à votre goût. Quant au moteur de calcul, il peut s'intégrer dans une chaîne de traitement plus globale (« remote control » d'un télescope distant ou au traitement automatique en mode« batch », par exemple).

La qualité du traitement et la performance vont de pair. specINTI intègre de puissantes fonctions qui valorisent l'emploi des caméras modernes à capteurs CMOS (filtrages pour un bruit sub-électronique) et les étalonnages (recherche automatique des raies par exemple). C'est ce qui permet de faire des miracles avec une simple lunette de 80 mm (ou plus gros !).

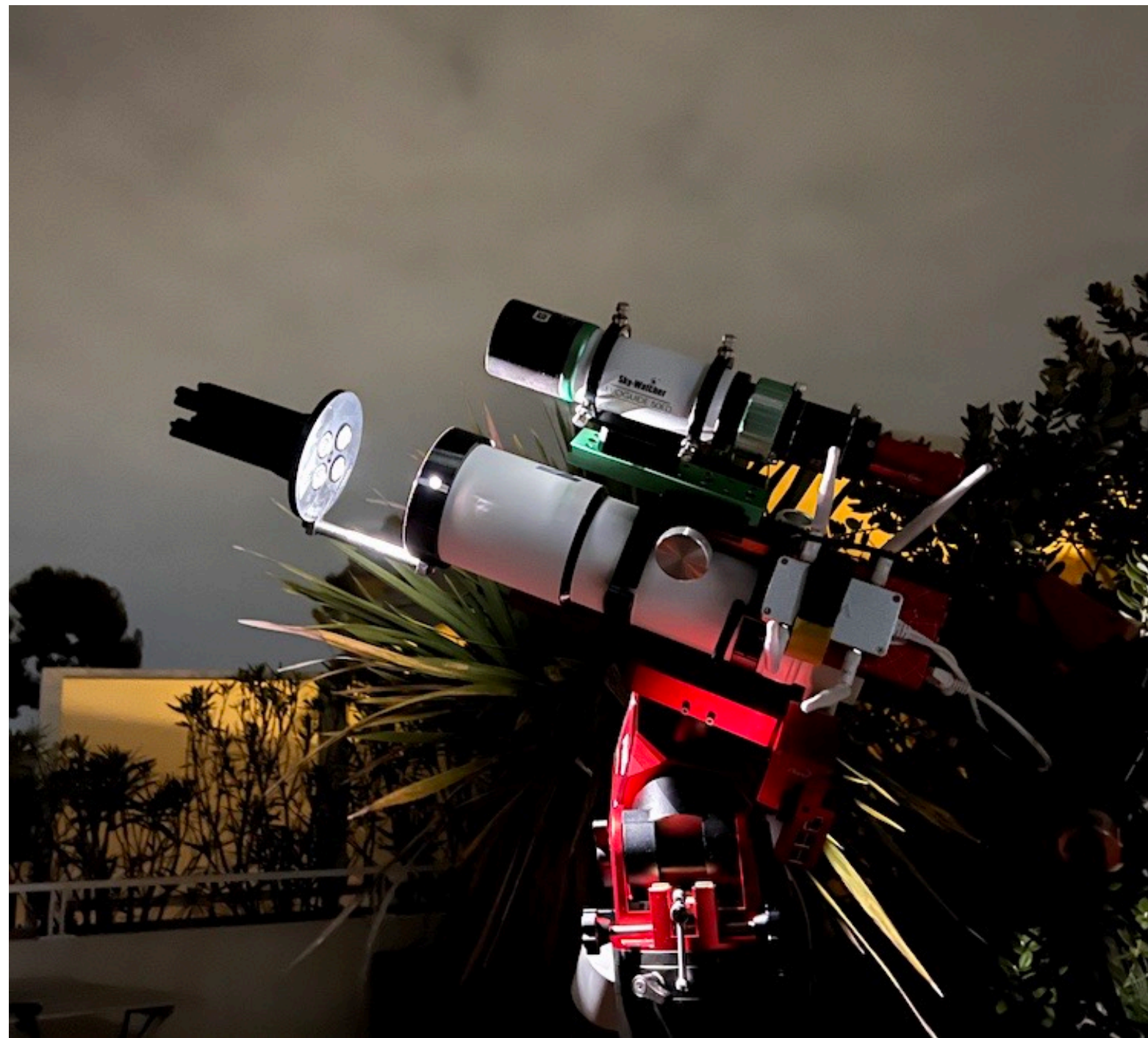


La spectrographie 2.0 : l'étalonnage, la bête noire !?

Quand la question de l'étalonnage (ou « calibration ») est évoquée, c'est souvent un vent de panique qui se met à souffler (y compris dans le monde de l'astrophotographie) !

Pas d'inquiétude : c'est plus simple qu'on ne pense et cela ne nécessite pas un équipement compliqué avec un peu d'astuces (c'est particulièrement vrai avec les petits diamètres, l'approche privilégiée ici).

L'idée : rendre l'étalonnage en spectrographie aussi simple et intuitif que réaliser le tarage d'une balance de cuisine avant de peser un ingrédient !



L'étalonnage en flux (ou réponse instrumentale) : 4 petites lampes torches type « Xenon MAGlite », une feuille de papier calque et un zeste d'impression 3D.

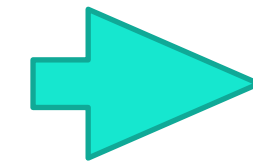


L'étalonnage en longueur d'onde (on ajoute d'une règle dans l'image de spectres) : une veilleuse néon tenue à la main.



L'étalonnage en bias et dark (signal thermique) : un simple bouchon devant l'ouverture.

Au moins pour débiter (et plus), le télescope n'a pas à être très cher et volumineux, au contraire même !



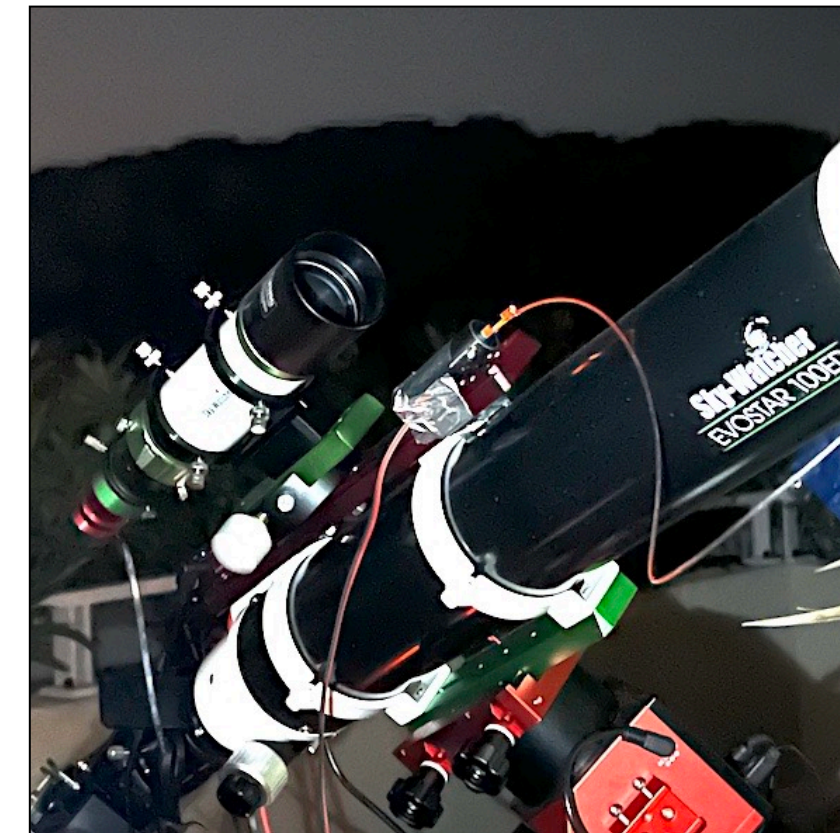
Certes un gros télescope collectera plus de flux lumineux en un temps donné, mais les petits modèles sont aussi très intéressants. Outre le coût plus bas, ils permettent des observations plus simples, plus agiles, plus faciles à automatiser et surtout, une finesse des détails dans le spectre bien supérieure (paradoxe : plus un spectrographe donné est monté sur un télescope de petite taille, plus son pouvoir résolvant augmente (ceci est mécaniquement lié aux largeurs de la fente et de disque de seeing, qui se réduisent aussi en proportion). Exemple, avec instrument de 100 mm de diamètre, il est possible d'observer le spectre d'étoiles jusqu'à la magnitude 9 avec une finesse spectrale exceptionnelle de 0,05 nanomètre. A ce niveau, il y a une foule d'observations passionnantes à réaliser !

Un exemple d'observation facile : la nébuleuse M57

Une façon moderne et puissante d'étalonner les spectres : le mode « latéral »



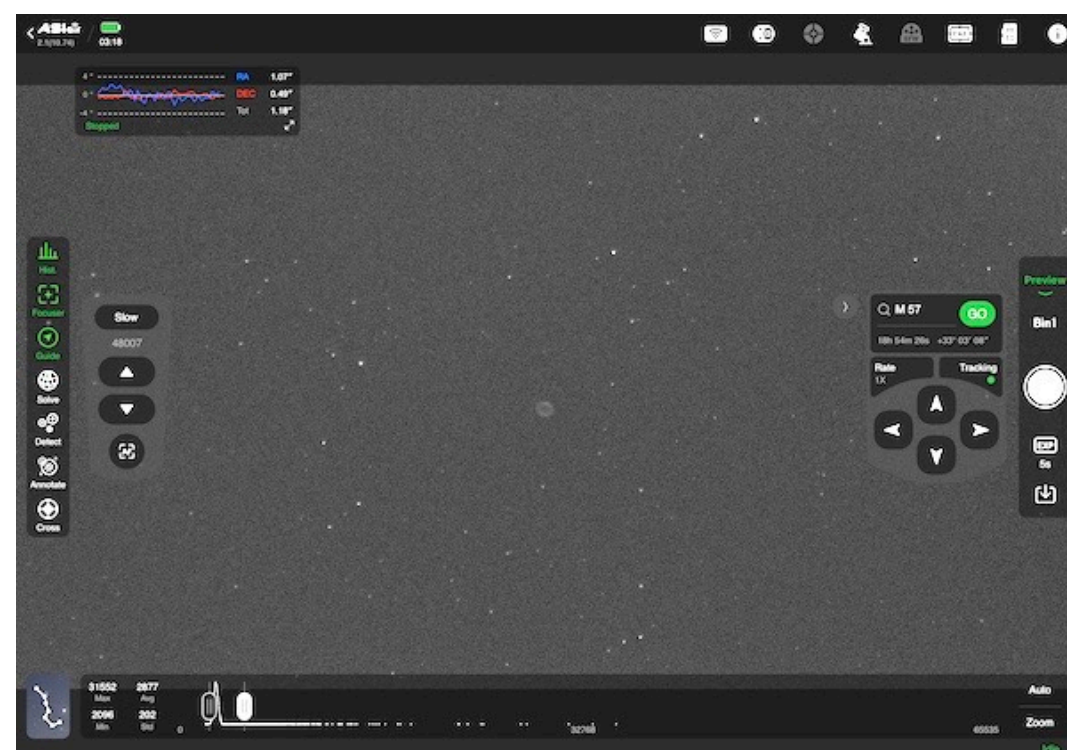
Lunette de 100 mm relativement économique (SW 100ED) équipée d'un spectrographe Star'Ex HR



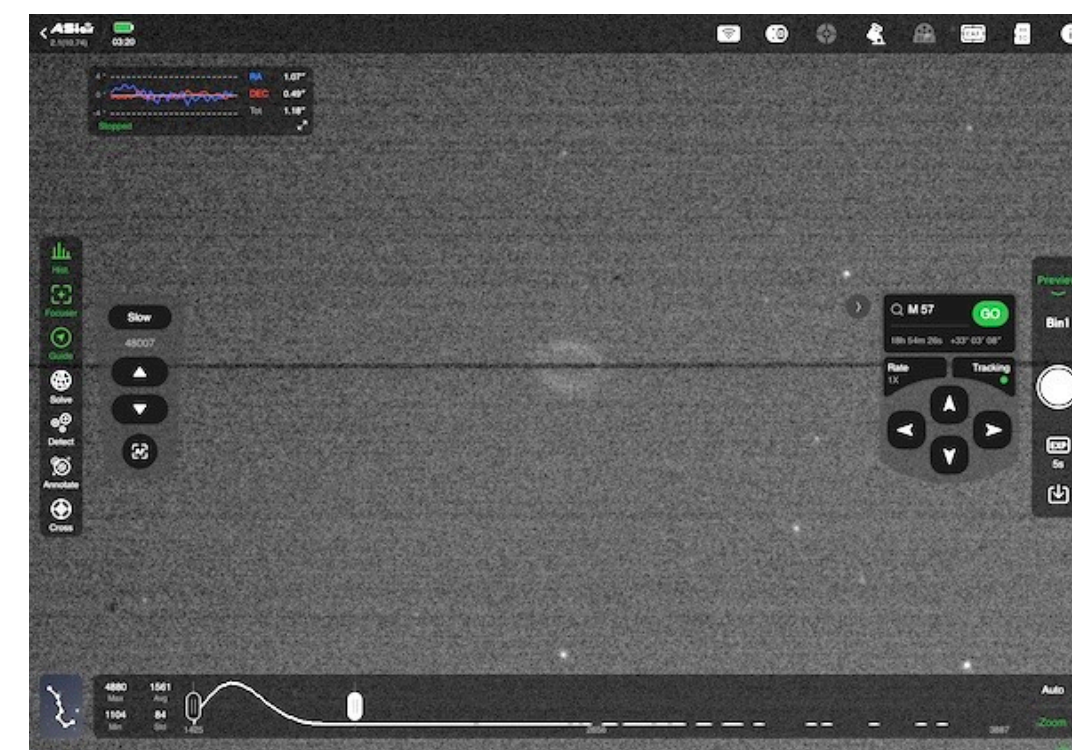
L'entrée du court fibre optique fibre « low cost » en plastique de 2 mm est éclairée par un veilleuse néon (la couleur rouge)



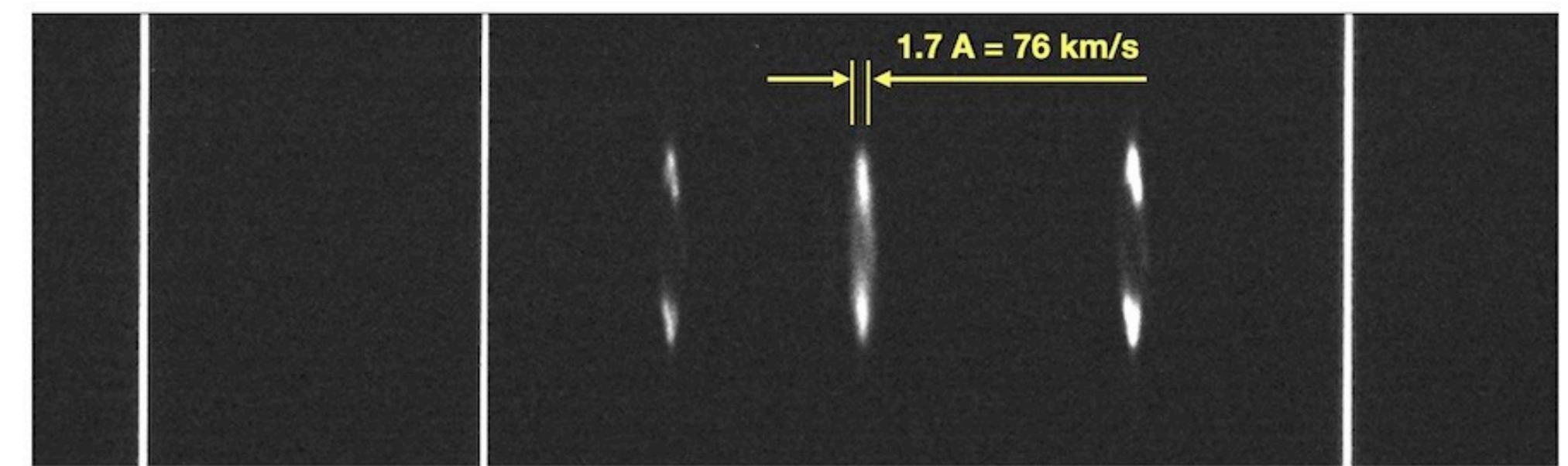
La sortie de la fibre éclaire l'objectif en permanence (pièces impression 3D)



Le champ de la nébuleuse annulaire Lyre dans le chercheur (EVOGUIDE 50 MM + ASI290MM Min)



La nébuleuse en position sur fente de 23 microns. On est prêt au guidage (caméra guide ASI174MM Mini, pose de 5 secondes)

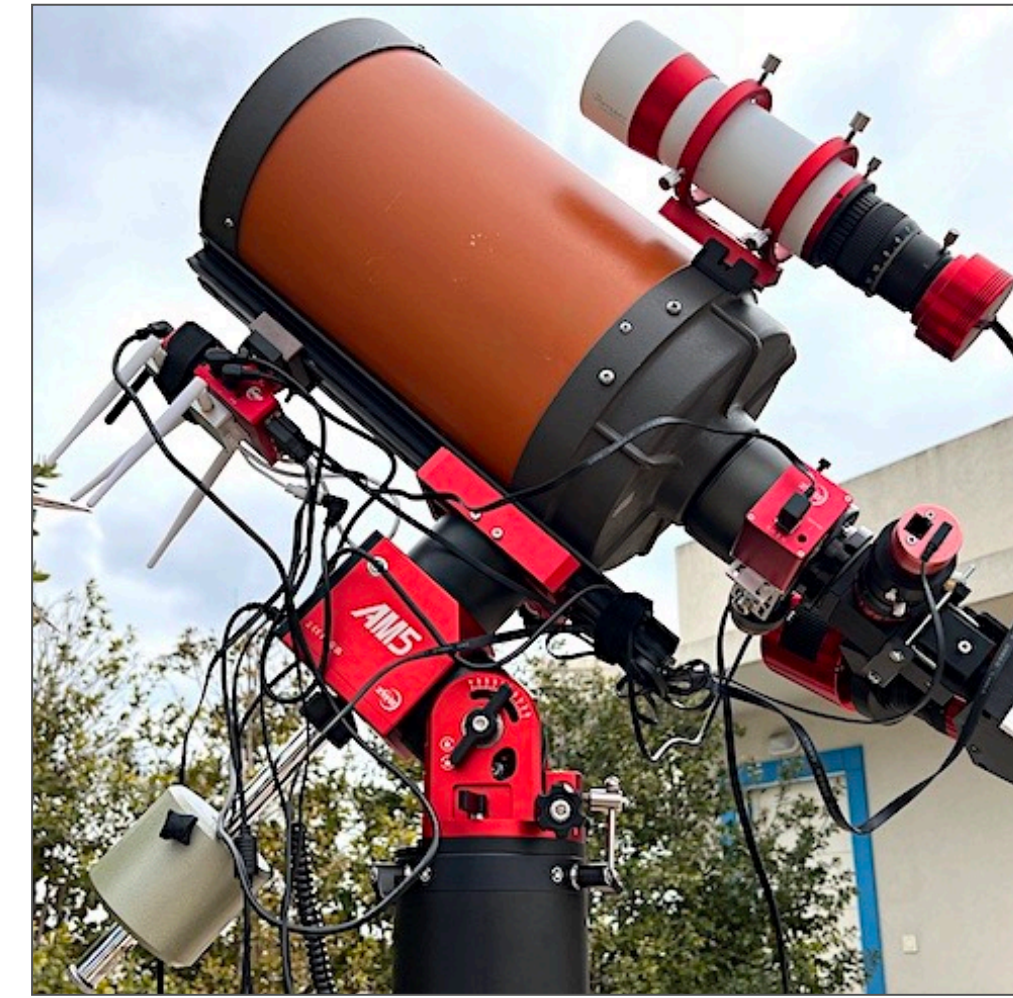


Ne 6506 A Ne 6533 A [NII] 6548 A Halpha 6563 A [NII] 6583 A Ne 6583 A

L'image obtenue contient à la fois le spectre de la nébuleuse et de la lampe néon (grande facilité d'étalonnage). La résolution spectrale est telle que l'on sépare très bien les raies de l'azote (N) et de l'hydrogène (H). On peut aussi mesurer la vitesse des gaz en expansion dans la nébuleuse grâce à l'élargissement Doppler, ici 76 km/s / 2 = 38 km/s dans l'axe de visée (c'est une image dynamique de l'objet !). Noter la différence d'aspect de la nébuleuse suivant l'espèce chimique considérée. Exposition : 4 x 600 sec.



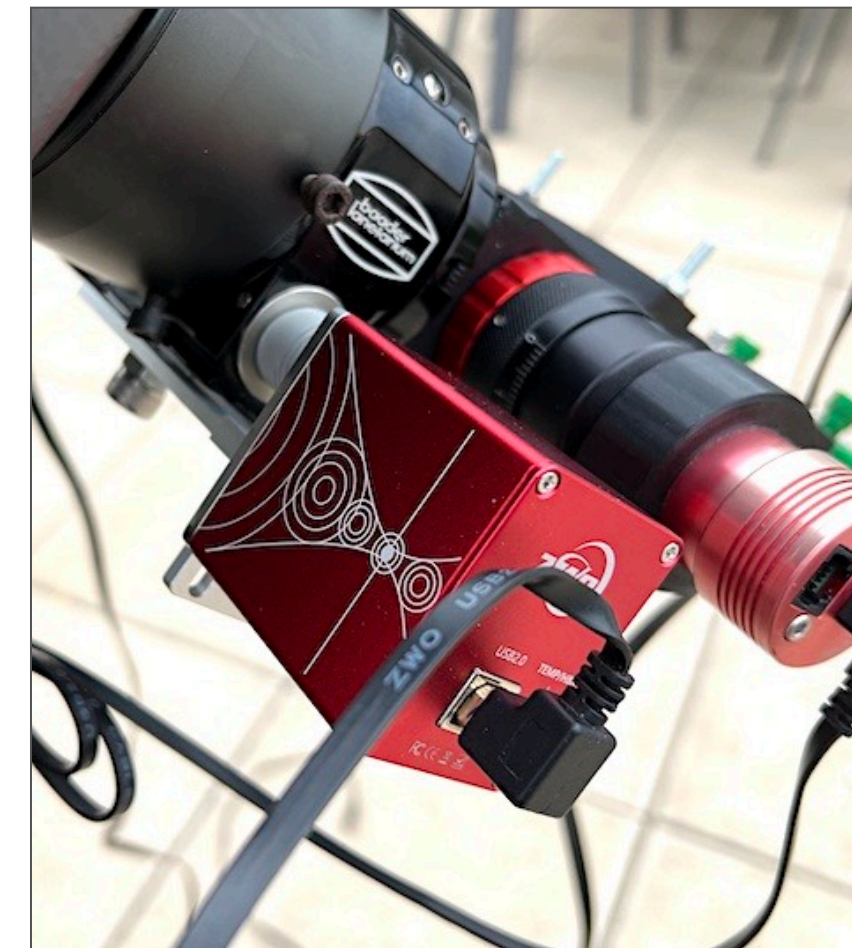
Un vénérable C8 « orange »



Monture GoTo moderne : par exemple AM5 (ZWO)



ASlair pro + répéteur WiFi (idéal : Opal GL-SFT1200)

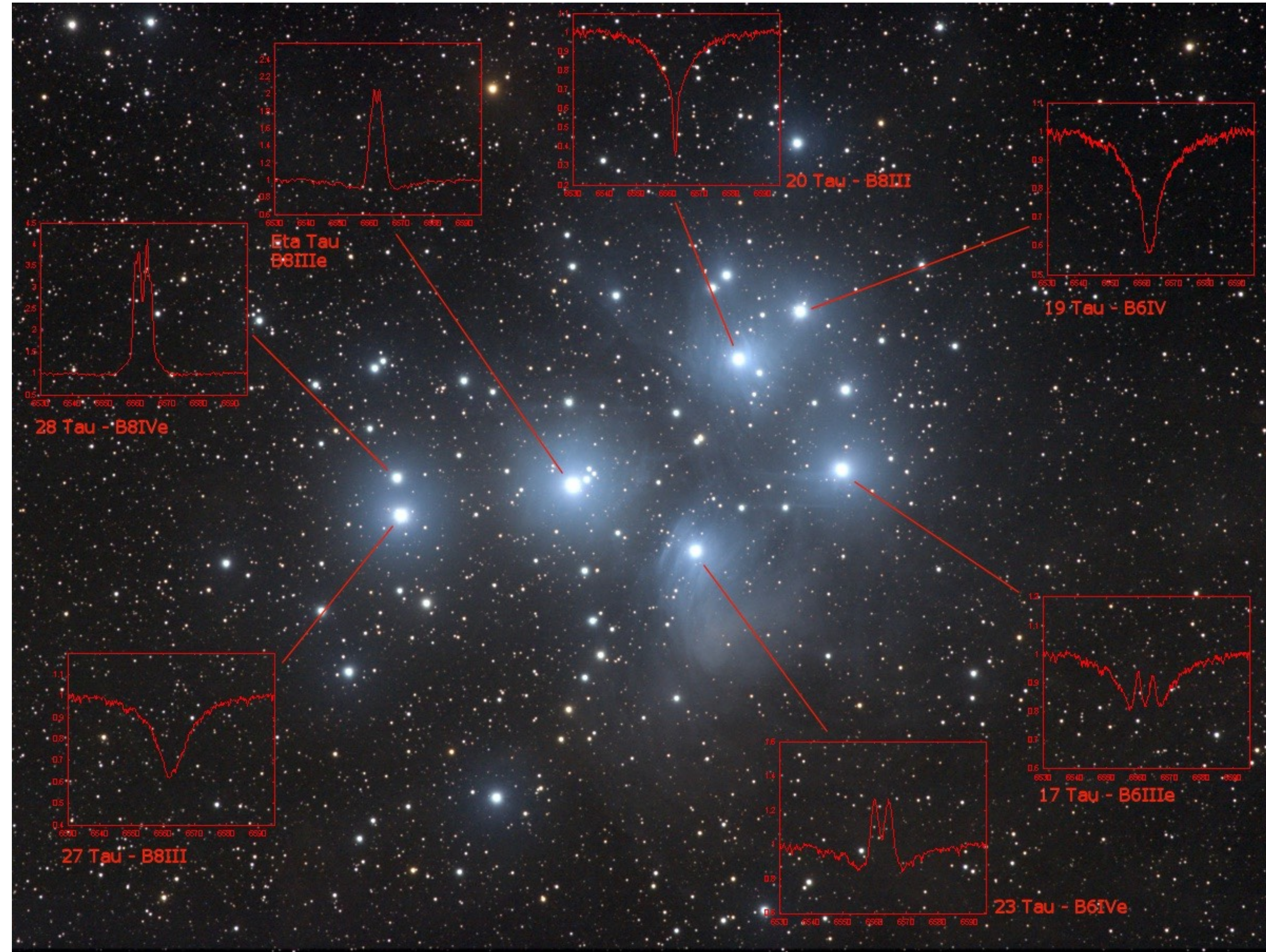


Système EAF (ZWO) pour une mise au point précise



Un spectro léger, pas cher et performant (Star'Ex)

Avec un spectrographe, les étoiles ne sont plus seulement des points et elles sont toutes différentes...



Aspect de la raie rouge de l'hydrogène (Halpha) de quelques étoiles des Pléiades. Il est l'indice qu'un anneau de gaz tourne autour de certaines !

L'approche « spectrographie 2.0 » n'invite pas à se procurer un matériel de A-Z et suivre un gros cursus pour aborder la spectrographie astronomique. Surement pas : trop cher, trop consommateur de temps et d'énergie, trop risqué.

Le but poursuivi est bien différent : s'informer du petit plus qu'il faut apporter à un équipement existant (servant par exemple à la prise d'images du ciel) afin que la spectrographie devienne une réalité si votre curiosité naturelle vous pousse vers cette voie.

Qu'il s'agisse du matériel et des connaissances dont il faut disposer, le pas à franchir se révèle minime, contrairement aux idées reçues. C'est une révolution.

Les équipements d'aujourd'hui, même modestes, disposent toutes les aptitudes pour aborder le sujet en douceur et sereinement, d'autant plus qu'une communauté est prête à vous aider au besoin.

On trouve maintenant des spectrographes à prix raisonnables et faciles d'emploi, et si vous pratiquez déjà l'astrophotographie, même de manière rudimentaire, pas d'inquiétude, vous maîtrisez largement toutes les procédures utiles en spectrographie, le traitement compris.

Certes, la spectrographie peut faire appel au mental, mais l'émotion devient tout aussi palpable qu'avec une image lorsqu'on prend conscience qu'il est possible de mesurer l'expansion de l'Univers depuis son balcon en ville, d'observer la rotation d'un couple d'étoiles en quelques heures autour d'un point commun, de révéler la présence de taches à la surface d'étoiles, de suivre de minute en minute l'explosion d'une astre, de détecter la présence de volcans sur le satellite Io et bien plus, vous vous en doutez. Point de mathématique dans tout ceci, seulement le plaisir de la belle observation et des yeux !

Des challenges à relever donc, avec une jouissance d'autant plus élevée que tout ceci est réalisable avec de petits moyens (j'ai pris l'exemple d'une lunette de 80 mm). Alors, vive la technologie qui rend cela possible et vive votre talent d'observateur au service de belles expériences dans des contrées encore vierges.

Une curiosité pour les plus sceptiques : découvrez, ou redécouvrez, la planche en page 11 de l'Etoile Mystérieuse de Hergé : Tintin est quelque peu dubitatif devant l'astronome qui lui présente un spectre, c'est assez succulent, mais comme résultat, une superbe aventure. Voilà où mène la trop méconnue spectrographie du ciel, source de l'essentiel du savoir en astronomie. On vous invite à vivre des aventures équivalentes avec votre télescope !

La spectrographie 2.0 : à vous de jouer et d'écrire l'Histoire !