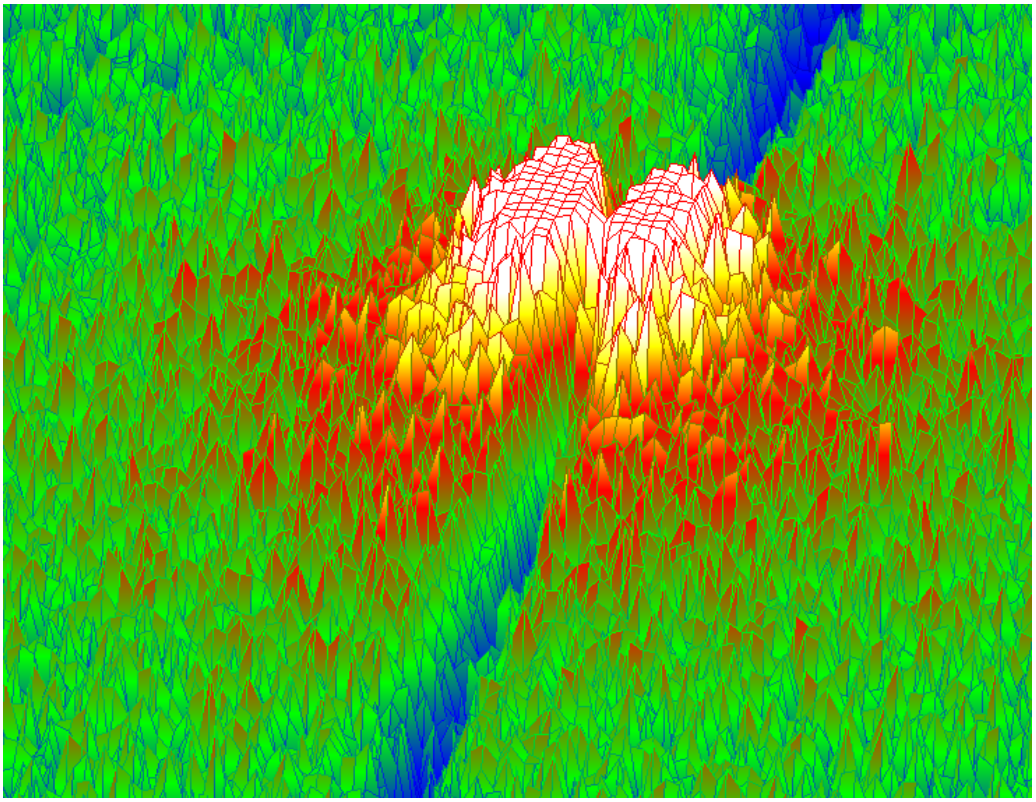
Rapport de Mission au T60

Semaine du 04 au 11 avril 2016 (S14)



Jean-Paul GODARD (Chef de mission)

? = +

Michel VERLINDEN (en formation T60, Rédacteur du rapport)

OLYMPUS MONS
Cercle d'astronomie de l'Université de Mons

Contenu

1 Objectifs de la mission..... Page 3

2 Déroulement de la mission ..... Page 4

3 Méthodologie pour les réalisations de spectres ..... Page 6

3.1 Matériel d'acquisition de données ..... Page 6

3.2 Choix des cibles ..... Page 9

3.2 Protocoles de réduction des données ..... Page 10

4 Résultats ..... Page 11

4.1 Spectre de Hl- Lib (127 208) [réf HD 146624] ..... Page 11

4.2 Spectre de M57 [réf HD 176437] ..... Page 12

4.3 Spectre de HD 89884 [réf HD 111786] ..... Page 17

4.4 Spectre de 252 P LINEAR ..... Page 18

5 Outils ..... Page 20

5.1 Quelques cibles en spectroscopie amateur..... Page 20

5.2 Collaborations Pro-Am..... Page 20

5.3 Références ..... Page 21

6 Bilan de la mission ..... Page 22

1 Objectifs de la mission

La mission avait trois buts principaux :

- Former Michel Verlinden à l'utilisation du T60 pour des missions scientifiques;
- Mettre en pratique les techniques d'acquisitions de spectres découvertes à la star party de l'OHP 2015;
- Initier un protocole d'utilisation du spectrographe Alpy 600 (de la société Shelyak), destiné aux novices, dans le cadre d'un couplage au T60, en tenant compte de contraintes spécifiques à ce télescope.

2 Déroulement de la mission

La mission s'est déroulée en semaine 14 (du 04 avril au 11 avril 2016), semaine de nouvelle Lune.
Les conditions météorologiques ont permis d'observer pendant deux nuits dont une complète.

4 avril 2016	Installation de PRISM V10 Mise à jour pour le MCMT du T60 avec l'aide de Cyril Cavadore. Le mode "suivi" est instable mais n'est pas indispensable avec le T60.	
5 avril 2016	Montée au Pic de Michel Verlinden en matinée Débâchage. Présentation du matériel et de son fonctionnement. Pointage en déclinaison, en AD, entraînement par secteur lisse, repositionnement du secteur. Gestion des incidents; gestion du cahier de coupole. Démontage et réglages complets du spectrographe Alpy 600. Montage du spectroscope et de ses modules de guidage et de calibration. Installation des caméras (Atik 414EX en imageur et Atik Titan en guidage sur fente). Connexions à l'ordinateur. Réalisation de darks et d'offsets. Nous constatons une pollution par des raies pour un temps de pose de 300s. Nous éliminons les sources parasites (lampes de veille et de multiprises) par fermeture des pétales du T60 et scotch sur les lampes. Démarrage d'une session d'observation vers 22H TU avec Prism V10. Pointage manuel sur Jupiter (pour vérifier la collimation). Réglage du Telrad. Focalisation impossible avec l'Alpy 600 dans sa configuration complète. Essai avec une barlow interposée, sans succès. Démontage du module de calibration. Focalisation réussie sur Jupiter puis sur Spica. Suivi d'une étoile Be: Hl-Lib et d'une étoile de référence pour cette cible: HD146624. Suite à une erreur DLL provoquant la fermeture des codeurs, Prism V10 est redémarré. Pointage sur M57 sans être gêné par l'incident précédent. Capture de spectres de M57 et de HD176437 [référence pour M57].	**Durée d'observation: 6 heures**

6 avril 2016	Suivi d'étoiles du programme BeSS et d'une comète. Au cours de la session, nous avons constaté à plusieurs reprises la fermeture des codeurs par une DLL comme le 5 avril. A chaque fois, nous avons redémarré Prism V10, effectué un repérage de la position du télescope avec Astrometry.net et resynchronisé les codeurs sur la carte du ciel. Acquisition de spectres de HD 71072 et de HD 081009A. Pointage sur HD 111 786 puis spectres de HD 111 786 (réf HD 89884) . Captures de spectres avec la lampe au néon-argon de l'Alpy placée dans le télescope, pétales fermés. La nuit se termine par la capture de 61 spectres (x 60s) de la comète 252 P et 311 images de guidage à la raquette.	**Durée d'observation: 7 heures**
7 et 8 avril 2016	Conditions météorologiques défavorables. Pas d'observation la nuit. Réalisation de flats avec une puissante lampe à incandescence au tungstène placée dans le T60. Traitements de données acquises avec différentes procédures d'étalonnage spectral. Dépouillement des données de la comète 252P. Jean Paul Godard travaille sur un projet de commande numérique de la rotation de la coupole du T60 et un projet de commande sans fil d'un APN à placer en parallèle sur le T60 pour le grand champ. Une tempête est annoncée pour le 10 avril, nous redescendons le 9 avril.	

3 Méthodologie pour les réalisations de spectres

3.1 Matériel d'acquisition de données

3.1.1 Spectrographe

Nous utilisons un spectroscope Alpy 600 construit par la société Shelyak. C'est un instrument de mesure scientifique permettant d'étudier des objets à basse résolution (résolution d'environ 1 nm) dans le visible, le proche infrarouge et même le proche UV sous réserve de soigner la procédure de réalisation des flats et d'utiliser un capteur assez sensible dans ce domaine.

Il est prévu pour une utilisation optimale avec un rapport d'ouverture F/D égal à 5 et se couple parfaitement aux télescopes à miroir, de type Newton.

Avec son diamètre de 60 cm, le télescope T60 collecte 9 fois plus de lumière qu'un Newton de 20 cm de diamètre. Nous espérons donc capturer des spectres avec un rapport signal à bruit bien plus important qu'avec un petit diamètre.

Toutefois, le rapport d'ouverture du T60 est de seulement 3.5, inférieur à celui du spectrographe. Nous perdrons une partie du faisceau de lumière issu du télescope.

Nous utilisons l'Alpy 600 avec son module de guidage et la fente de 23 µ livrée en standard avec ce dernier. Nous espérons pourvoir le compléter avec son module de calibration (prévu pour l'étalonnage spectral et la réalisation des flats).

Le spectrographe Alpy 600

Version de base

Version avec modules de guidage et de calibration

3.1.2 Cameras

Nous avons apporté une camera Atik Titan (guidage) et Atik 414 EX pour la capture des spectres.

Caméra	Atik Titan	Atik 414 EX
Capteur	Sony ICX 424AL	Sony ICX 825
Taille capteur	Carré, diagonale 6 mm	60mm x 121 mm
Taille pixel	7.4 µm	6.45µm
Nombre de pixels	659 x 494	1092 x 1040
Refroidissement	25 °C sous l'ambiant	30°C sous l'ambiant

L'Atik 414 EX a été maintenue à une température de -15°C lors des deux nuits d'observations.

3.1.3 Analyse de la configuration Alpy 600 / Imageur

<u>Fente du spectrographe</u>

Le diamètre d'une étoile au foyer du télescope est donné par

$$\boldsymbol{D}\ (\mu\boldsymbol{m}) = \mathbf{4.85} \times \boldsymbol{Focale\ télescope}\ (\boldsymbol{m}) \times \boldsymbol{seeing}\ (\boldsymbol{secondes\ d'arc})$$

Pour le T60 , avec un seeing de 3'', cela donne un diamètre de 29,1 µm. Avec un seeing de 2,5", le diamètre est 24,3 µm. Ces deux tailles sont comparables à la largeur de la fente utilisée (23 µm), fournie par Shelyak avec le module de guidage en standard. On perd cependant un peu de flux dans le premier cas puisque l'étoile n'entre pas totalement dans la fente (une fente plus large aurait mieux convenu mais ce serait au détriments de la résolution). Un temps de pose allongé de 30 % compense la perte de lumière.

<u>Echantillonnage</u>

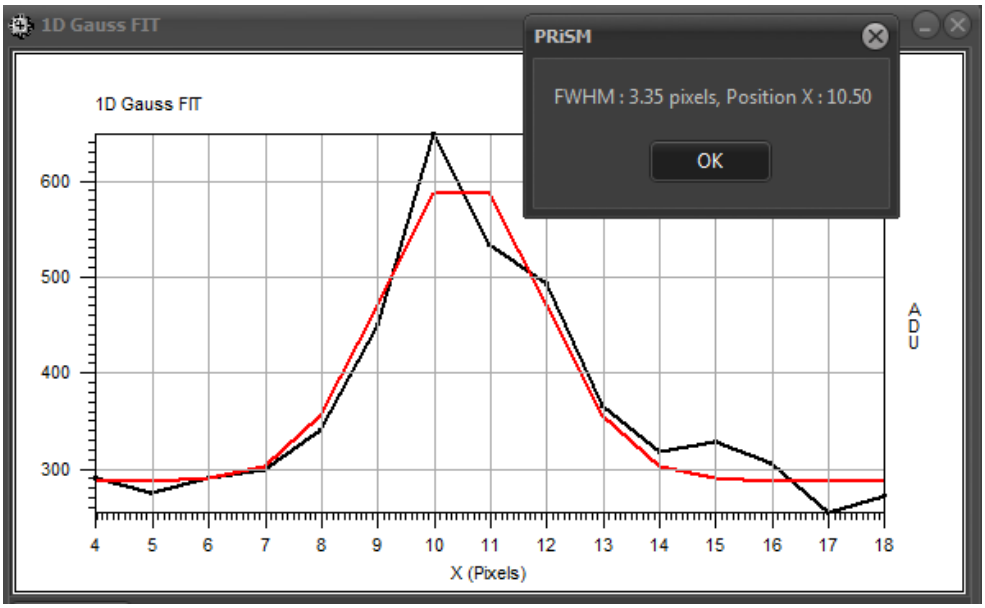
Nous estimons l'échantillonnage E en utilisant la largeur de la fente : $\mathbf{E} \approx \dfrac{\boldsymbol{Largeur\ fente}}{\boldsymbol{taille\ pixel}}$

Avec l'Atik 414 EX, cela donne $E \approx \frac{23}{6.45} \approx 3.5$ pixels, valeur non comprise entre 2 et 3 pixels.

On a donc un léger suréchantillonnage [1]. On peut optimiser l'échantillonnage en utilisant un capteur à pixels plus petits comme l'Atik 260 EX, et le binning) ou un capteur à pixels plus grands.

On peut aussi dans le même but utiliser une fente un peu plus petite (19µm par exemple) mais au prix d'un allongement du temps du temps de pose sans gain significatif en résolution.

[1] *Par référence à la loi de Nyquist -Shannon*



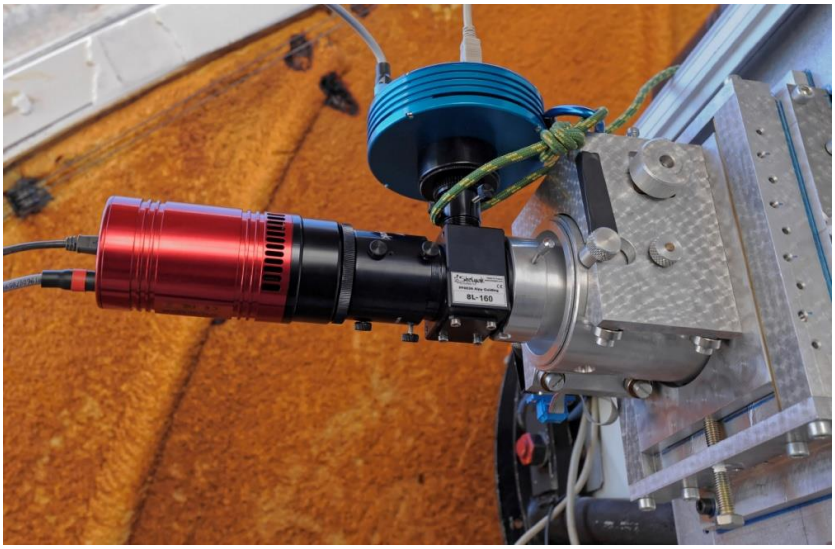
Modélisation d'une raie simple de la lampe d'étalonnage de l'Alpy 600 par une gaussienne (outils/ traitement/centroïde du logiciel Prism). La largeur à mi-hauteur de la raie (FWHM) donne aussi une estimation de l'échantillonnage (elle permet aussi de calculer la résolution du spectrographe pour une longueur d'onde de raie donnée [2]).

3.1.4 Montage dans le T60

La difficulté majeure rencontrée dans cette mission est le tirage trop court du télescope qui nous a contraints à démonter le module de calibration. Nous avons tenté d'utiliser la seule barlow dont nous disposions, en vain. Dans un échange avec J.P. Nougayrede, après nos deux nuits d'observation, nous avons appris qu'il était possible de configurer le porte-oculaire du T60 afin de rapprocher la fente de l'Alpy du foyer et ainsi pouvoir installer la configuration complète de l'Alpy 600. Le module de calibration n'est pas indispensable pour réaliser des spectres exploitables, mais son usage nous aurait permis de gagner du temps lors du traitement des données et d'obtenir une meilleure calibration en longueur d'onde.

Montage de l'Alpy 600

sur le T60



[2] Voir à ce sujet le guide pratique pour (bien) débuter en spectroscopie astronomique, de François Cochard.

3.2 Choix des cibles

En spectroscopie, tous les objets cosmiques émettant de la lumière sont des cibles potentielles: une vie d'astronome ne suffirait pas pour tous les caractériser. En basse résolution[3] , comme avec l'Alpy 600 , on peut mesurer sur une cible une grande quantité d'informations dans l'ensemble du domaine visible, et même dans le proche UV, jusqu'à 3650 Angströms, selon le capteur de camera utilisé, la qualité de la procédure de capture et de réduction, la magnitude de la cible et bien sûr la qualité optique du ciel.

Nous avons amené l'Alpy 600 à l'OMP d'abord pour vérifier si cet outil était adapté au T60. Il fallait donc l'éprouver sur des objets peu brillants, comme les nébuleuses planétaires, uniquement adaptés à la spectroscopie en basse résolution. Nous avons choisi M57.

Dans le même esprit, nous avons choisi d'observer la comète du moment, 252P/linear, dont la baisse d'activité, liée à son éloignement du Soleil, et l'aspect diffus, devaient donner un faible rapport signal à bruit dans nos spectres. Coup de chance puisque la comète n'était observable que depuis fin Mars et avec une luminosité plus grande que prévu.

Surtout, comme à l'Observatoire de Haute Provence, nous voulions tenter certaines étoiles exotiques, des étoiles Be. Ce sont des étoiles de type B non supergéantes qui ont présenté au cours de leur vie au moins une raie de Balmer en émission. L'explication la plus communément admise est qu'une étoile Be est accompagnée d'un disque d'accrétion de matière éjectée par l'étoile elle-même, la lumière émise provenant du disque. La forme détaillée des spectres obtenus à basse et haute résolutions présente une variabilité sur des échelles de temps courtes (de quelques heures seulement à quelques années) qui apporte de précieuses informations aux astrophysiciens pour comprendre l'origine du disque, les spécificités et la dynamique de ces étoiles.

Les étoiles Be ne sont pas répertoriées en standard dans les cartes du ciel. Cependant, des solutions existent. Dans C2A, elles font partie d'un catalogue en add'in. Pour Prism, nous avons récupéré sur le forum ARAS (Astronomy Ring Access for Spectroscopy) un fichier de cibles Be et d'étoiles de références préparées et partagées par François Teyssier, nous l'avons intégré comme liste d'objets à observer dans le logiciel de Cyril Cavadore. Cette fonction est épatante: les noms des cibles Be sont affectées d'un code de priorité et apparaissent dans une couleur qui tranche avec les étiquettes des autres astres. Les étoiles de référence apparaissent avec la même couleur mais n'ont pas de préfixe de priorité, il est donc très simple de les identifier.

Nous n'avons sélectionné que des étoiles classées en priorité 1 (peu observées) et visibles dans le secteur Sud: cela correspond à l'orientation du télescope T60. Les 6 et 7 avril 2016, nos cibles potentielles se trouvaient dans les constellation du Lion et de l'hydre. Il est important de choisir une étoile de référence la plus proche possible angulairement de la cible, et la moins possible affectée par le rougissement interstellaire et les effets d'atténuation atmosphérique, sans quoi ils perdraient une grande partie de leur valeur scientifique.

[3] *Le spectrographe LHiRES III de Shelyak est utilisable aussi en basse résolution avec les réseaux de 150 tr/mm et 300 traits/mm. Le LISA (même constructeur) permet de couvrir le domaine visible et même le proche infrarouge.*

3.3 Protocoles de réduction des données

Nous avons réalisé les darks (180s) et les offsets au début de la première session. Le spectrographe est resté dans le porte-oculaire pendant toute la mission. L'étalonnage en longueur d'onde a été réalisé avant démontage, en mettant le module de calibration dans le tube, à l'entrée du télescope. Mais nous avons eu des difficultés à étalonner correctement. Les flats ont été réalisés par la même procédure, mais avec la lumière intense d'une lampe à tungstène apportée à notre demande par les techniciens de l'OMP, des personnes charmantes qui se plient en quatre pour aider le personnel scientifique.

La réduction des données a été réalisée sous ISIS, logiciel conçu et développé par Christian Buil.

Notre difficulté principale a été l'étalonnage en longueur d'onde. Christian Buil donne plusieurs méthodes avec un regard critique dans un article incontournable ici:

http://www.astrosurf.com/buil/isis/guide_alpy/resume_etalonnage.htm

Nous avons d'abord essayé de trouver la loi de dispersion spectrale avec les raies de la lampe de l'alpy 600, sans succès. Ensuite nous avons cherché la loi de dispersion à partir des raies de la lampe et un polynôme de degré 3 dont nous avons cherché des coefficients adéquats. L'étalonnage s'est amélioré mais la RMS était encore trop grande (15 Angströms).

Enfin nous avons déterminé la loi de dispersion en combinant des raies de la lampe ArNe et des raies de Balmer de l'étoile utilisée comme référence. Théoriquement la méthode peut conduire à de très bons résultats sur l'ensemble du spectre visible et le proche UV, mais nous n'avons pas descendre la RMS qu'à 7 angströms. La modification du facteur d'échelle n'a rien donné.

C'est clairement insuffisant, mais à y regarder de près, faire mieux était difficile dans la mesure où les spectres des cibles étaient obtenus sans autoguidage: leur position et leur forme ne se ressemblaient pas. En spectroscopie, il est important de pouvoir autoguider pour la reproductibilité des mesures.

Par ailleurs, cette méthode de recherche de la loi de dispersion s'accompagne d'une détection automatique de la raie à 5852.49 Angströms de la lampe ArNe, la plus intense de toutes. D'une cible à l'autre, sa position variait, jusqu'à 2 pixels. Cela signifie que notre camera de guidage n'était pas bien fixée dans son porte oculaire, et cela conduisait à un déplacement de la fente. Le mieux eut été de réaliser des spectres de calibration avant chaque déplacement du télescope.

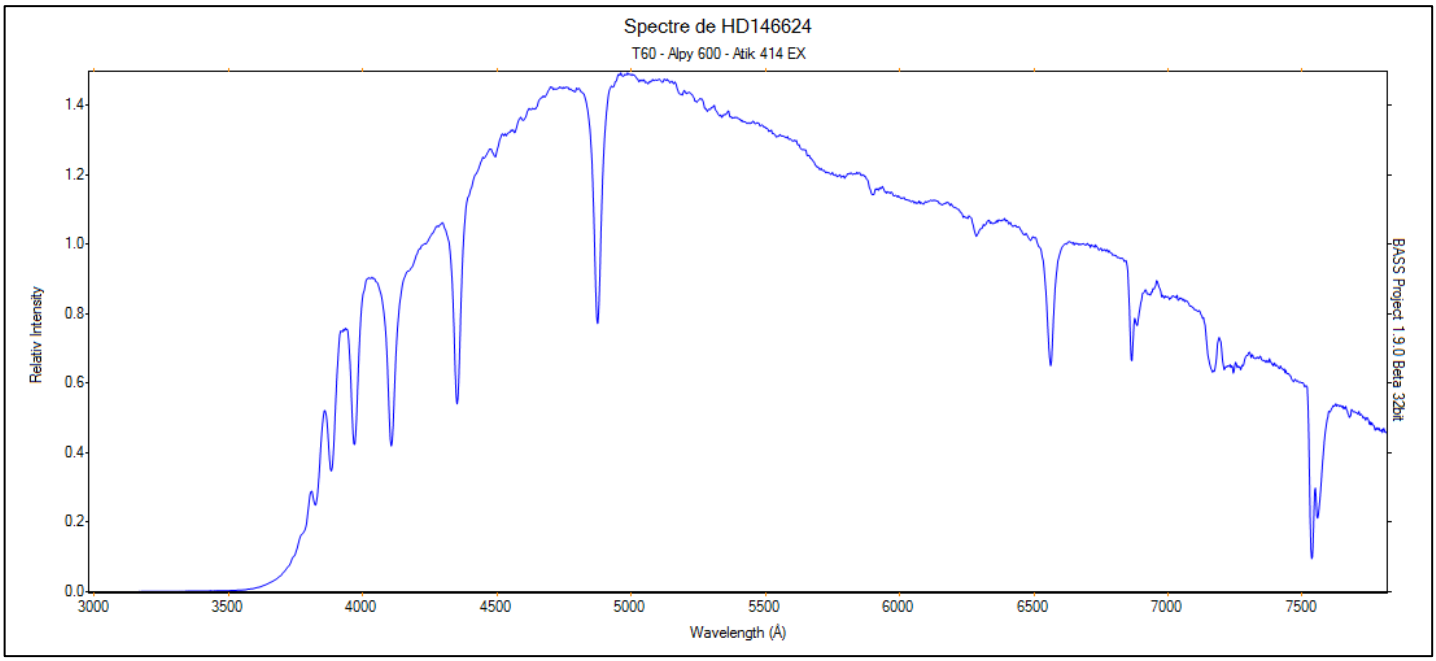
Les flats ont été utilisés sauf dans la réduction des données relatives à la comète 252P/Linear. Dans ce dernier cas, le rapport signal à bruit était trop faible. La prise en compte des 9 flats dans la réduction affectait considérablement l'intensité des raies dans le proche UV. Nous ne connaissons pas la raison exacte de ce problème.

4 Résultats

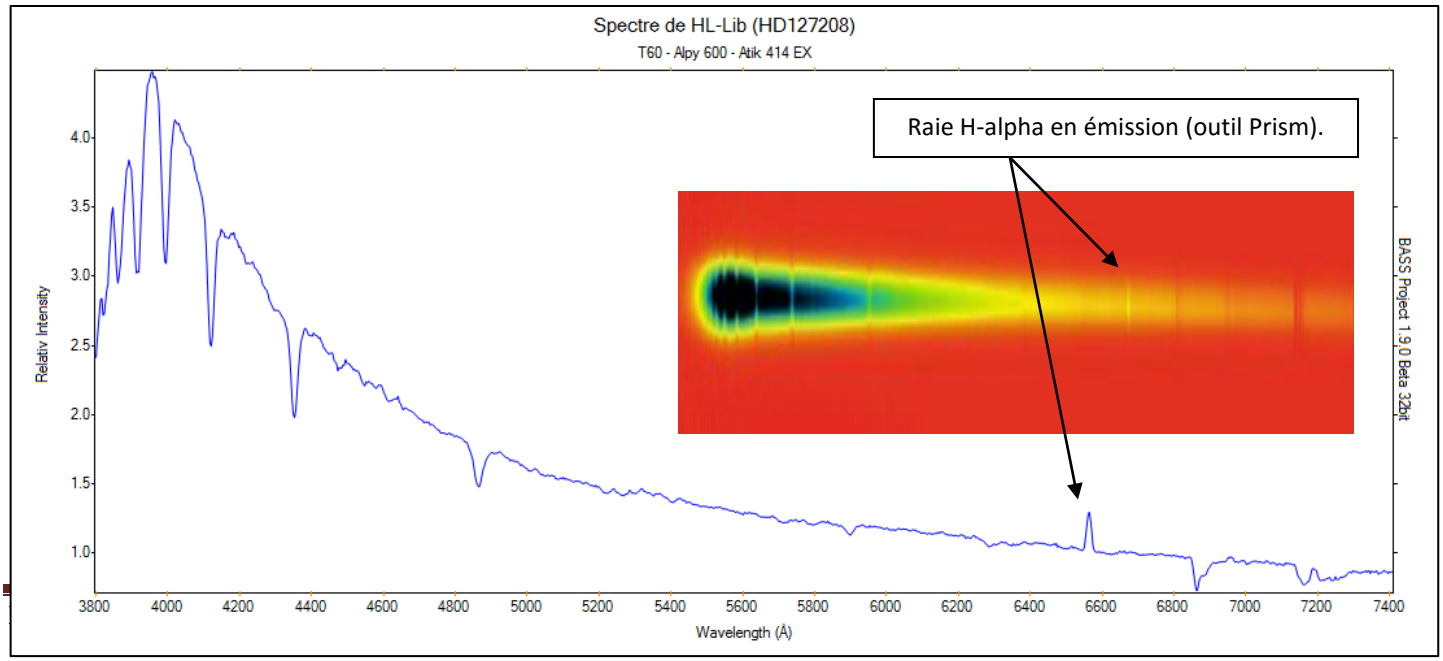
4.1 1 Première étoile Be : HL- Lib (HD127 208)

HL-Lib (type B8, Mv = 6.9) est en priorité P1 dans la liste des cibles du **projet de collaboration Pro-Am BeSS**. La courbe de réponse spectrale instrumentale a été obtenue en prenant comme référence HD146624, étoile de type A0V. HL-Lib est une étoile chaude qui présente une raie Hα en émission. D'autres Be en présentent plusieurs, et il arrive que des raies d'autres éléments chimiques (hélium par exemple, ou d'élément plus lourd) soient également en émission, en fonction notamment de la densité du disque d'accrétion qui en est à l'origine.

Spectre brut de HD 146624



Spectre de HD 127 708 (corrigé de la réponse instrumentale)



4.2 Spectre de M57 [réf HD 176437]

L'étude spectroscopique des nébuleuses planétaires est un autre thème en plein essor dans les collaborations Pro-Am. Ces fascinants objets sont rares, à courte durée de vie, et la composition chimique de leur enveloppe de gaz est de plus difficile à déterminer du fait de leur faible magnitude de surface, d'où le recours à un site d'exception tel que l'OMP pour collecter beaucoup de lumière et sans pollution lumineuse.

M57 est très proche de 2 étoiles intéressantes de la même constellation, Beta Lyr (SHELIAK), étoile Be brillante (M = 3.5) et fascinante par sa complexité spectaculaire en spectroscopique, et HD176437 (M = 3.4), une étoile de type B9III que nous avons utilisé comme référence pour M57.

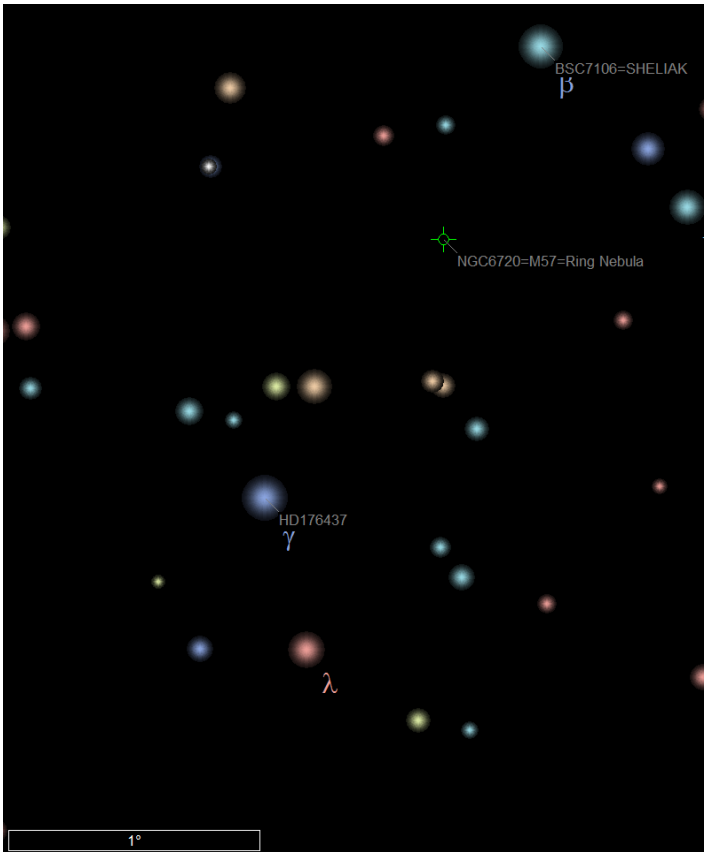
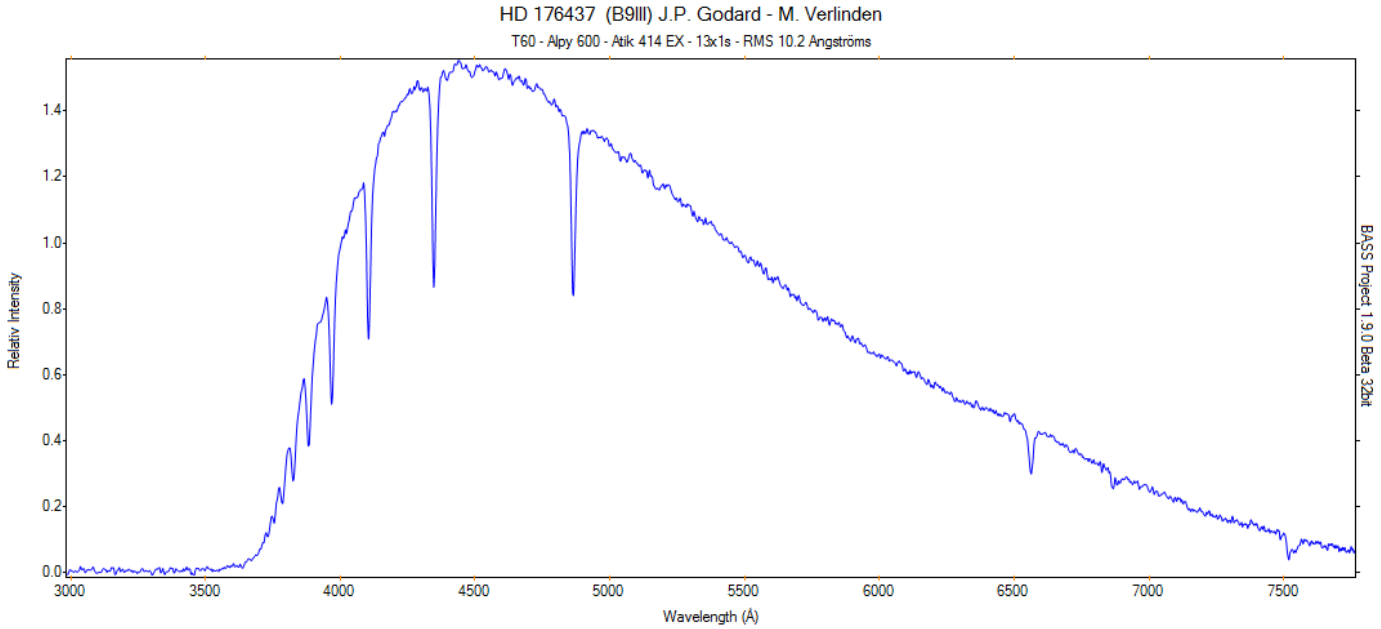


Image de la carte du ciel de Prism.

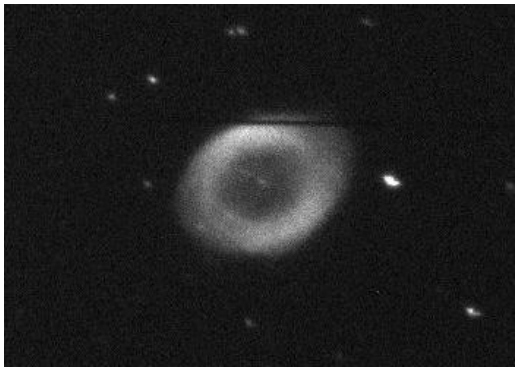
Spectre de HD 176437



Le spectre de HD 176437 obtenu est bruité sur tout le domaine visible: le temps d'intégration a été court (13x1s). Un plus grand nombre de spectres aurait permis d'améliorer le rapport S/B. Mais cela n'est pas très utile ici puisque nous retirons ces artéfacts lors de l'évaluation de la courbe de réponse spectrale instrumentale. Dans un premier temps nous avons utilisé un flat avec une lampe tungstène.

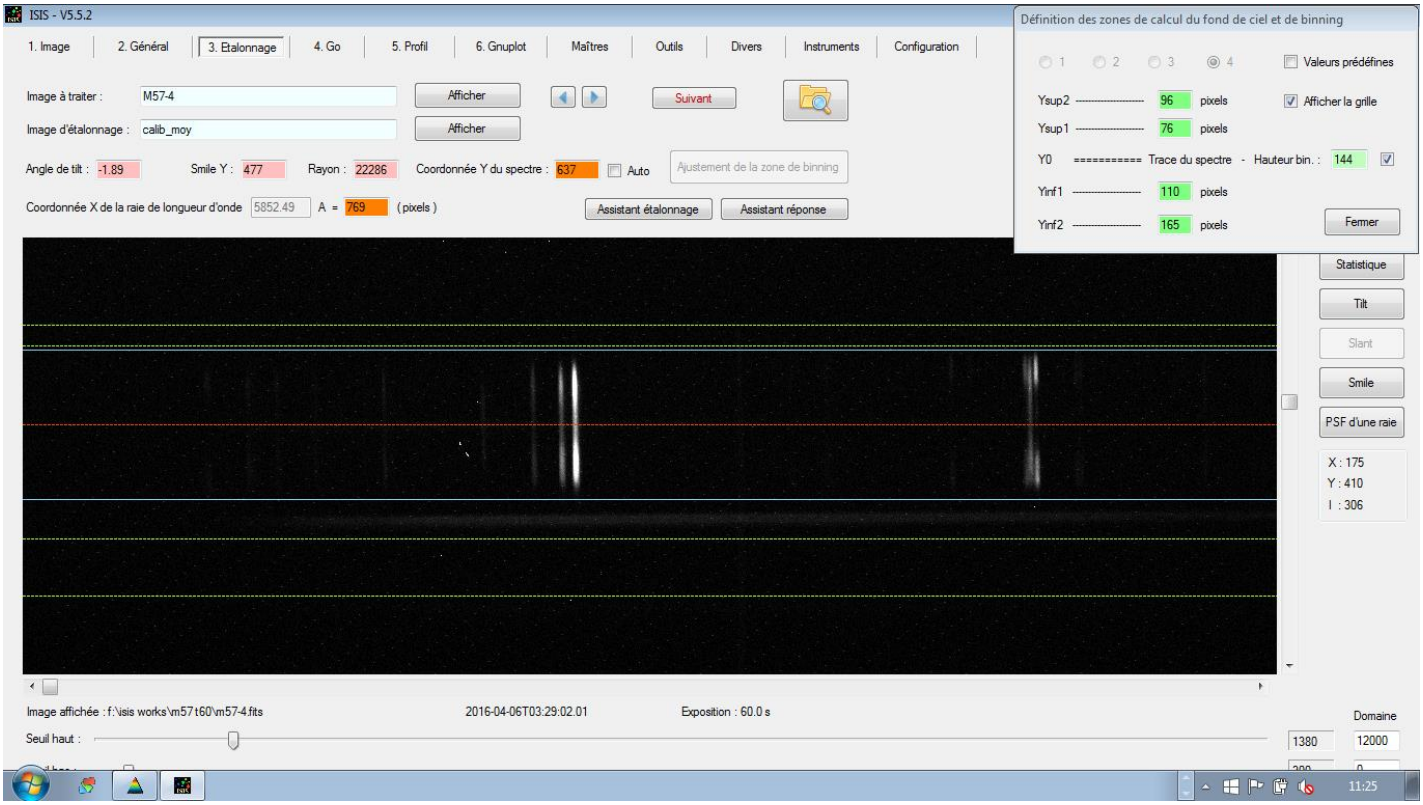
Cependant, les flats nous ont donné du fil à retordre lors du traitement des spectres de M57.
En effet, en dessous de 3700 Angströms, la lumière transmise par l'Alpy est devenue très faible (le facteur limitant n'est pas l'Atik 414 EX mais l'optique du spectrographe), et le signal de flat, faible pour la même raison, semble apporter du bruit supplémentaire. Pour examiner précisément cette hypothèse dans le proche UV, nous comparons ci-dessous deux traitements de M57 : avec et sans flat.

Spectre de M57



La magnitude de surface de M57 est 9.
Nous avons guidé manuellement sur l'anneau, en tentant de maintenir pendant 22 minutes la naine blanche centrale sous la fente. La lumière de cette étoile est apparue extrêmement faible dans le dépouillement des données.

Image de guidage T60, Atik Titan, et la fente de 23 µm.



Un spectre brut (60s) tel qu'il apparait sous ISIS. Les spectres étaient décalés verticalement. Pour la réduction, la zone de binning choisie contient toute la lumière collectée. On y voit uniquement quelques raies en émission, pas très intenses sauf une, marqueur de l'oxygène. L'analyse montre qu'il s'agit d'une raie interdite de [OIII], à 5006.85 Angströms. Pour révéler les raies les plus faibles avec un meilleur rapport signal à bruit, il est nécessaire de poser beaucoup plus longtemps. Enfin le retrait des rayons cosmiques fonctionne mais en mettant un coefficient élevé, (nous avons pris 9000), dans le menu configuration. Il a été possible de retirer une partie du fond du ciel malgré la présence du spectre d'une étoile indésirable à proximité de la zone de binning.

Les images 2D issues de la réduction des spectres bruts de M57 (ci-dessous, en fausses couleurs thermiques, obtenue avec Prism) contiennent une trace très faible de l'étoile centrale. Celle-ci émet peu de lumière dans le visible. L'émission de lumière est concentrée dans quelques raies avec deux groupes de raies proches; et des raies intenses apparaissent aussi dans le proche UV (à gauche). Enfin, une deuxième étoile s'est invitée sous la fente, la trace de son continuum est présente.

Le spectre de la NP traité avec flats (image 1) a un petit rapport signal à bruit dans les zones les plus brillantes (quelques unités). Il est fortement bruité dans le proche UV. Le niveau de flat est pourtant correct, 35000 pour une saturation à 65536. Nous ne disposons pas d'une lampe de PLU suffisamment intense dans le proche UV, mais un temps d'intégration bien plus long permettrait tout de même d'améliorer le rapport S/B dans cette région. C'est crucial dans le cas des NP car leurs raies sont faiblement intenses.

Image 1 : spectre de M57 avec flats, fausses couleurs thermiques

Sans flat, l'image de M57 obtenue au pic du midi (image 2) semble plus propre (le flat n'apporte pas de bruit) mais le rapport signal à bruit est affecté sous la raie [HI] à 4861 angströms.

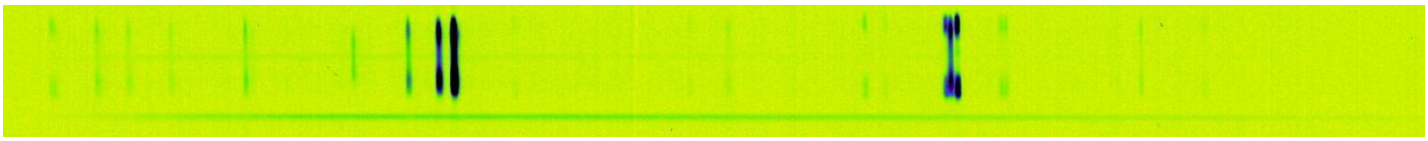


Image 2 : spectre de M57 traité sans flats.

Essai de calibration en longueur d'onde: sur la base de données Simbad (http://simbad.u-strasbg.fr/simbad), on peut relever que l'enveloppe de gaz connait une expansion à la vitesse de 19 km/s, et que la correction de vélocité radiale est de l'ordre de 20 km/s, ce qui devrait provoquer un décalage dans les positions des raies de seulement 0,4 angströms; décalage mineur à comparer à la RMS de 10,2 Angströms du fichier log d'ISIS. Notre procédure d'étalonnage avec lampe ArNe de l'Alpy 600 placée dans le tube du T60 n'a donc pas bien fonctionné.

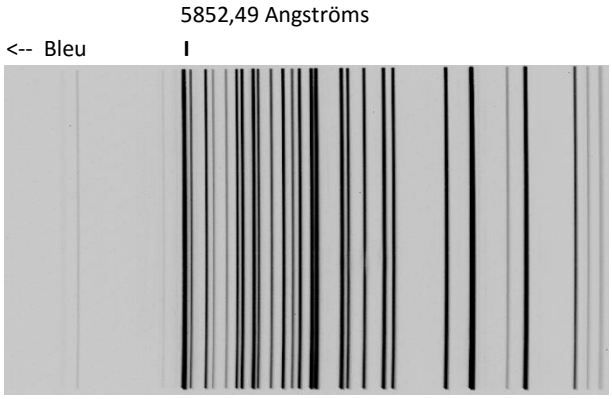


Figure 4:
Empilement de 4 images de calibration. Seulement 2 raies très faibles (vers 5400 Angströms) étaient visibles sous la raie intense à 5852,49 Angströms, en poussant les seuils.
Une calibration avec des raies qui ne couvrent pas l'ensemble du spectre visible rend difficile une évaluation assez précise de la loi de dispersion spectrale.

Figure 5 : **Profil spectral de M57 - Sans flat**

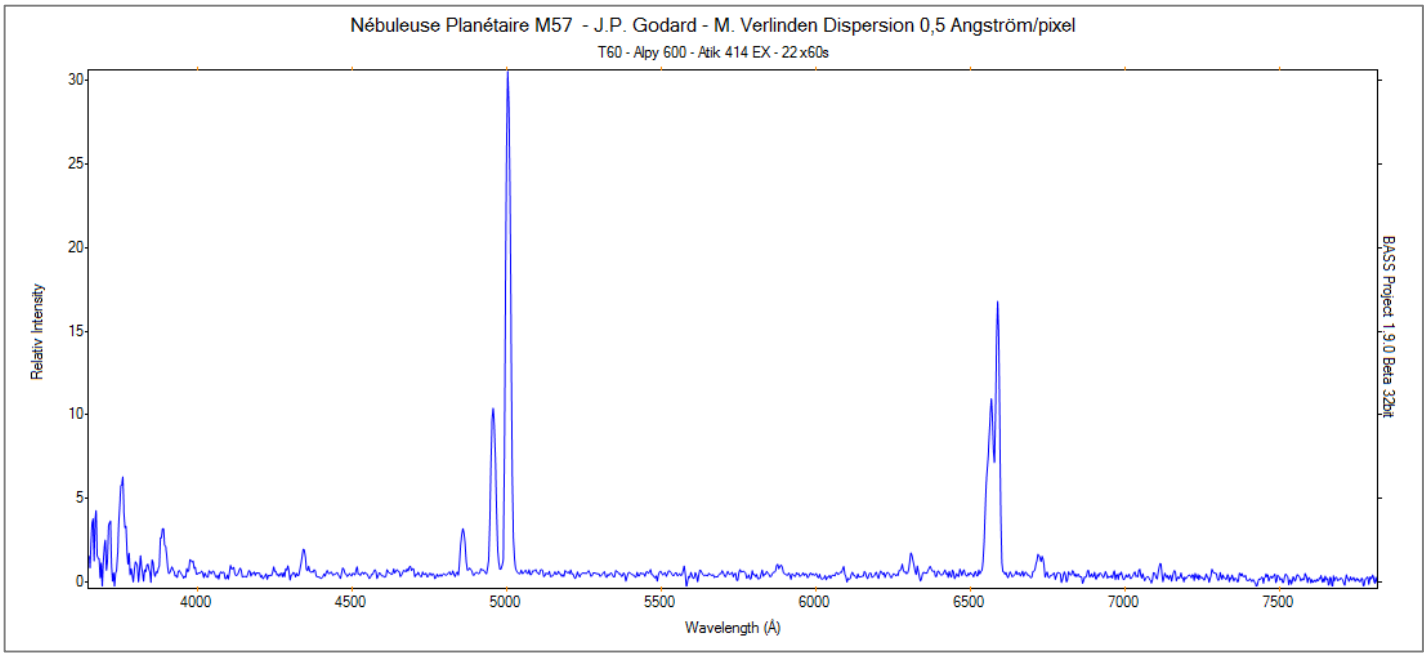
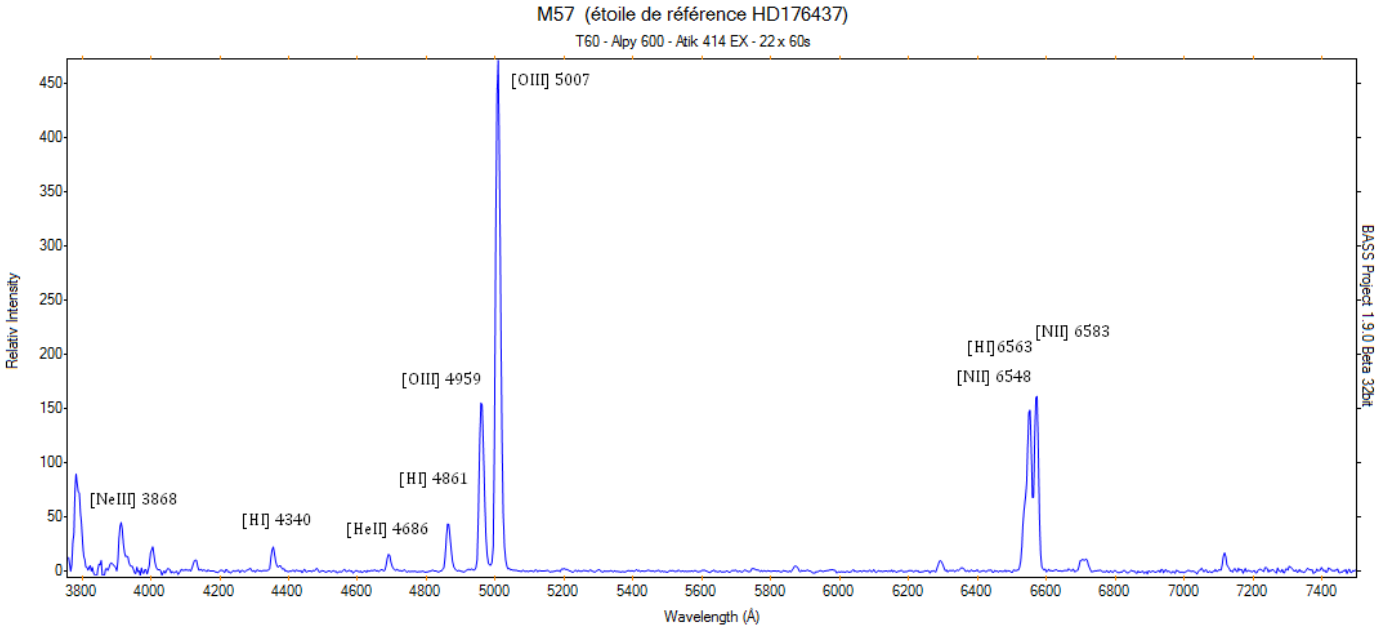


Figure 6 : **Profil spectral de M57 - Avec flats**

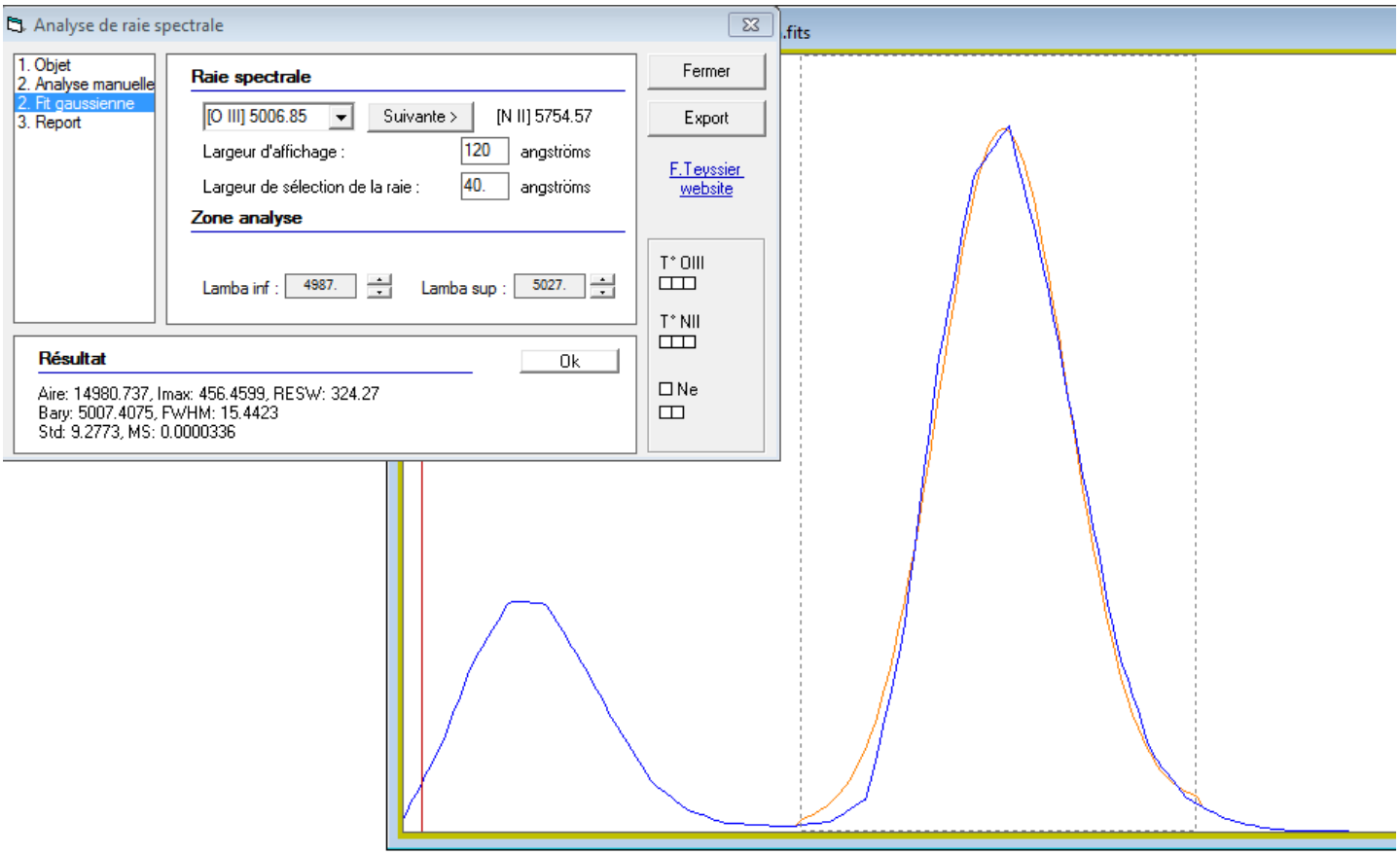


L'image traitée avec des flats fait ressortir des raies faibles. Jusqu'à 3800 Angströms la procédure est efficace. Plus bas en longueur d'onde, deux pics apparaissent dans le spectre traité sans flat mais pas dans l'autre. Un étalonnage précis dans le proche UV est nécessaire pour savoir s'il s'agit réellement de raies (et non d'artefacts) et les caractériser.

L'identification des éléments chimiques peut être réalisée à l'aide de Visual Spec, logiciel d'analyse très complet qu'a développé Valérie Desnoux (http://www.astrosurf.com/vdesnoux). François Teyssier a décrit une procédure d'analyse dans un synopsis très important sur la spectroscopie en basse résolution que l'on trouve ici: http://www.astronomie-amateur.fr/Documents%20Spectro/SpectroscopieBasseResolution.pdf.

M57 contient des éléments neutres comme [HI]. C'est un milieu dilué et partiellement ionisé comme en témoigne la présence des raies interdites [OIII], [NII] et [NeIII]. Une raie de Balmer [HI] et une raie d'azote ionisé voisine, à 6548 Angströms, ne sont pas pas résolues en raison de l'étalonnage en longueur d'onde imprécis. La présence de la raie [HeII] à 4686 angströms révèle que la naine blanche centrale a une température de l'ordre de 100 000 K. La faible raie à 6300 Angströms est une raie d'oxygène neutre émise dans des régions denses et froides de la NP.

Si une raie en émission est correctement modélisée par une gaussienne, on peut aussi calculer un rapport de branchement de transitions électroniques. Pour cela il faut avoir un spectre purgé de son bruit et calculer l'aire sous la gaussienne. Le rapport des deux aires est le rapport des intensités des raies. L'interpolation gaussienne et le calcul peuvent être faits avec VSpec (menu outils/ analyse de raie):

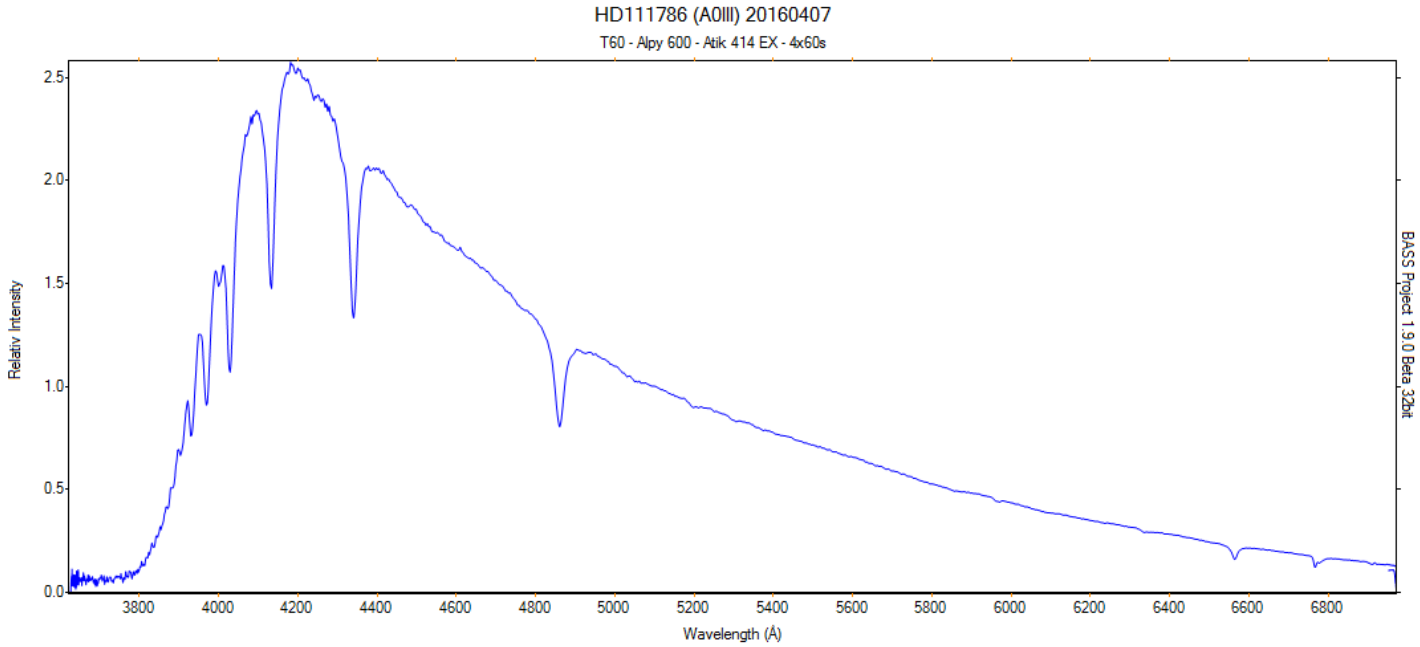


$\frac{Intensité\ [5006.85]}{Intensité\ [4956.40]} = \frac{14980.737}{4956.0553} \approx 3.02$, valeur observée usuellement (dans la fourchette 3,01 ± 0.23) et supérieure à la valeur théorique de 2.85 qui correspond au rapport de probabilités des deux transitions radiatives d'états métastables de O^{2+} vers l'état fondamental de cet ion. L'écart avec la valeur théorique s'explique par le rougissement interstellaire qui affecte l'ensemble du spectre.

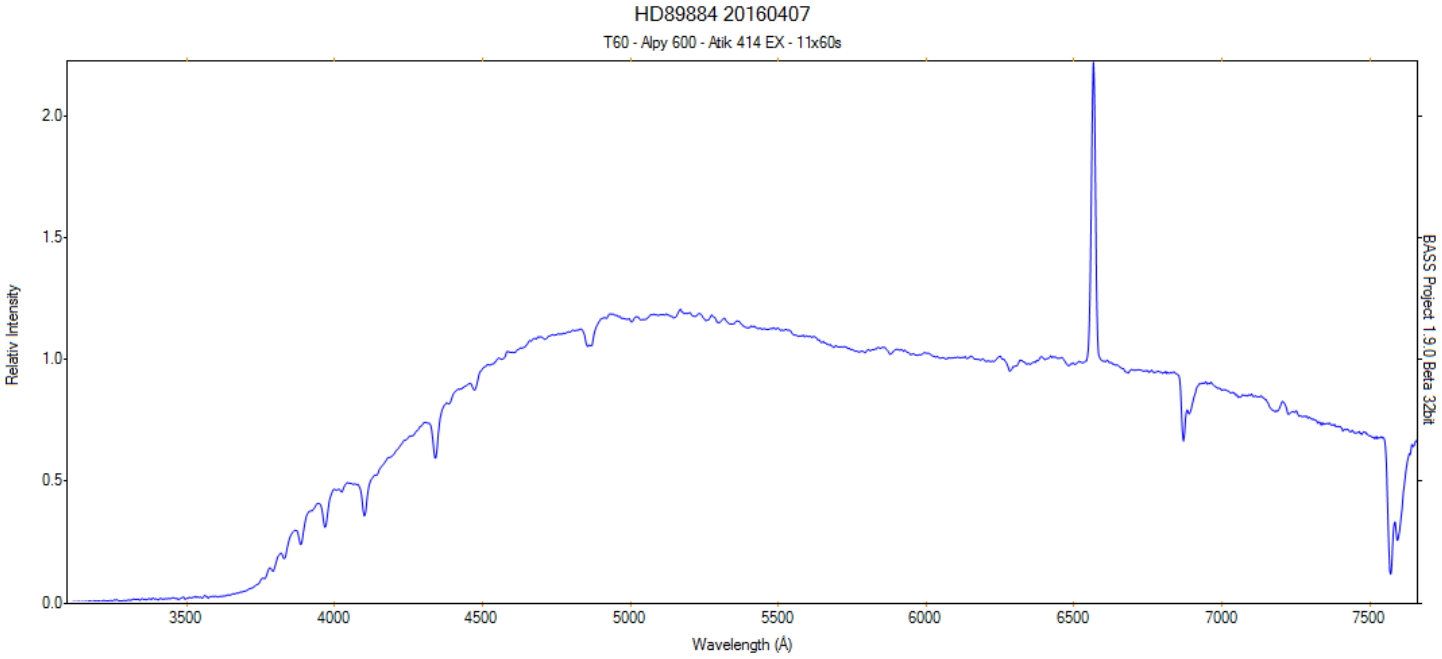
Après dérougissement des raies il est possible de mesurer des paramètres astrophysiques: la densité électronique de M57 et les températures des différents gaz dont elle est constituée. Des articles existent sur le sujet, par exemple l'article de François Teyssier cité précédemment, ou son exposé très complet sur les NP accessible ici: http://astronomie-amateur.fr/Documents%20Spectro/PresentationPN.pdf. Le cas de NGC7662 a été traité de manière exhaustive par Jacques Montier et son analyse est consultable sur son site: https://sites.google.com/site/jacquesfr35/spectro/acquisitions/nebuleuses.

4.3 Spectre de HD 89884 [réf HD 111786]

HD 89884 (type B5, Mv = 7) est une autre étoile Be de priorité 1 dans le **projet BeSS**. La courbe de réponse spectrale instrumentale a été obtenue en prenant comme référence HD111786, étoile de type A0.



Spectre de HD 89884

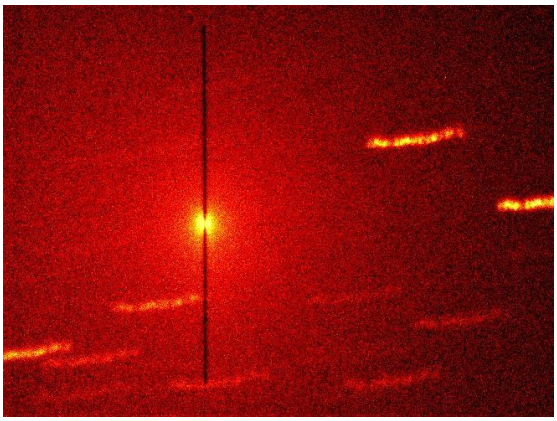


Pour une étoile B, on attend une courbe de Planck avec un maximum dans le bleu, ce n'est pas le cas ici. La pente du continuum n'est donc pas correctement évaluée. On est d'ailleurs dans le cas d'un rougissement marqué du spectre. Explication: HD111786 est trop éloignée angulairement de HD89884 (plus de 40°). Une autre étoile de référence aurait dû être sélectionnée.

Le spectre présente une raie en émission Hα large, ce qui indique une rotation rapide du disque d'accrétion qui l'entoure, et de l'étoile elle-même. Cette rotation rapide est une caractéristique de toutes les Be.

4.4 Spectre de 252 P/LINEAR

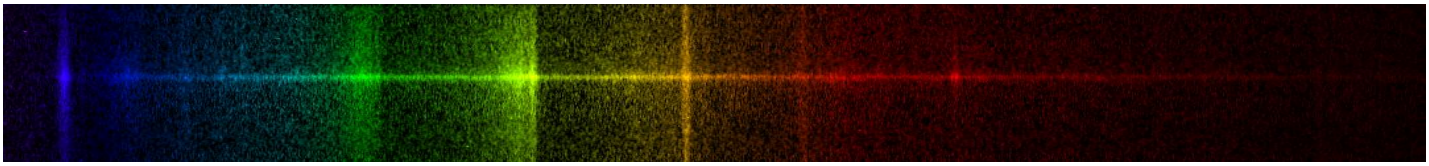
La comète périodique 252P/linear (période de 5,3 ans) est apparue dans l'hémisphère boréal vers le 20 Mars 2016 par un ciel de pleine Lune et avec un éclat 200 fois plus grand qu'annoncé (magnitude 4 au lieu de 10). Ce sursaut n'aura duré que quelques jours. Début avril, des astronomes amateurs l'observaient dans la constellation du Serpentaire et estimaient sa magnitude apparente à 6. Nous n'avons pas manqué l'occasion de capturer des spectres de ce magnifique objet de teinte bleu-verte et d'apparence diffuse.



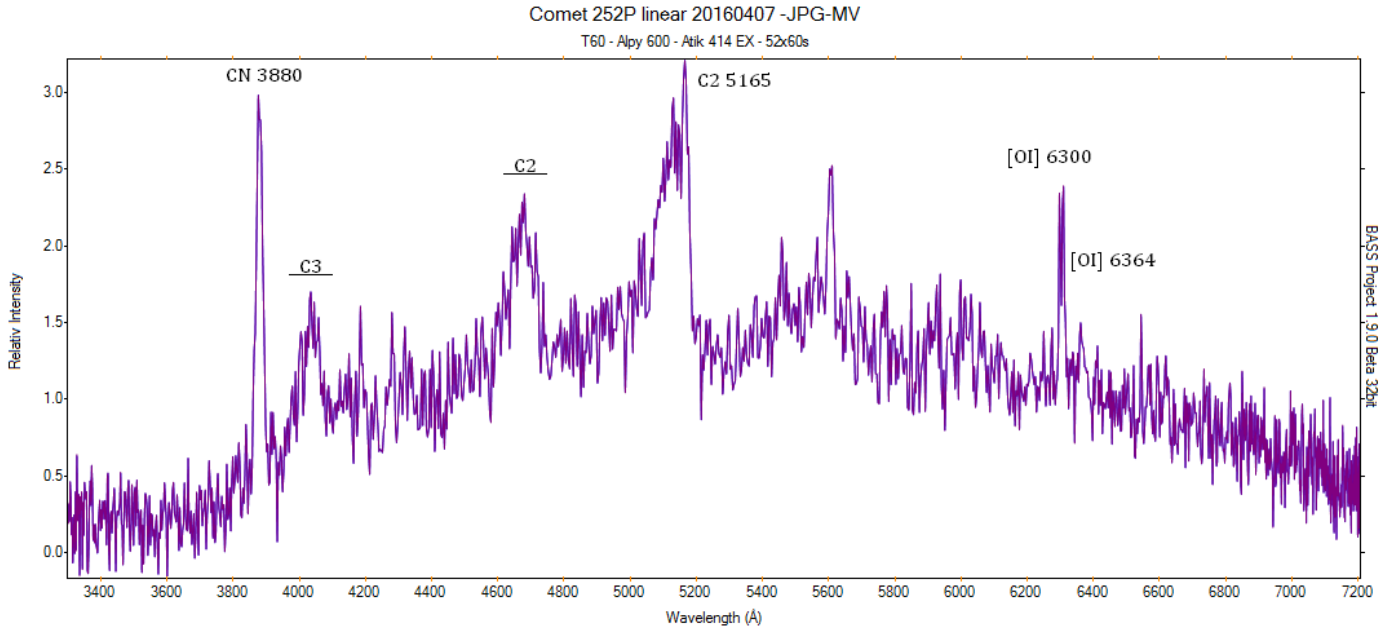
Empilement de 311 images de guidage
(Fausses couleurs thermiques)

La principale difficulté à consister à maintenir la comète sur la fente sans disposer de solution de suivi automatique et en tenant compte du déplacement rapide de la comète dans le champ de guidage.
Sur l'image ci-contre, les trainées d'étoiles permettent de se rendre compte de la difficulté (temps d'intégration: 81min 18s).

Ci-dessous: empilement de 52 spectres de 252P/linear. Chaque spectre individuel (60s) contient très peu de lumière, le rapport S/B est extrêmement faible. L'image résultante a été colorée avec la fonction arc en ciel d'ISIS. Des raies en émission et larges apparaissent sur un fond très bruité (mais exempt de pollution lumineuse à l'OMP). Elles sont bien plus intenses au centre où se trouve le spectre du noyau cométaire.

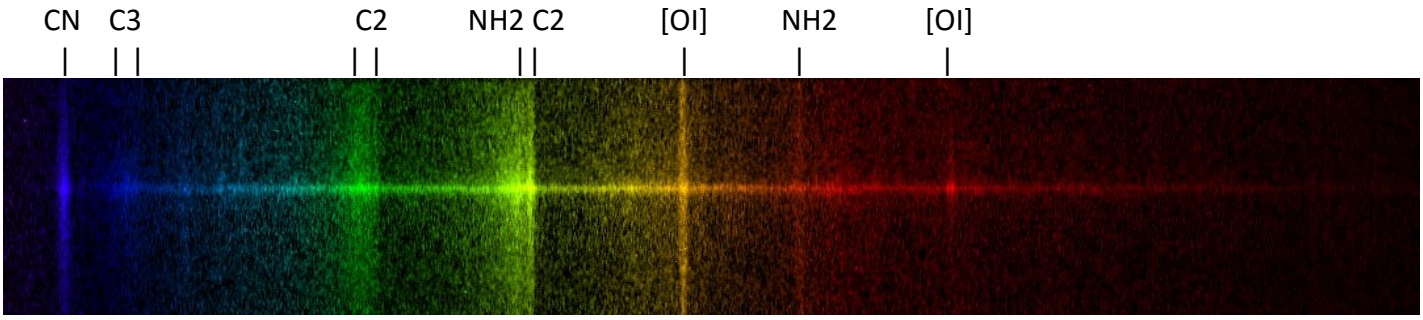


Nous avons ensuite réduit la totalité du spectre (noyau + ailes) pour obtenir un profil 1D .



Le profil 1D révèle des raies atomiques et des bandes moléculaires, qui constituent la signature spectrale d'une comète.

En réduisant les données, nous nous sommes rendu compte que le spectre contenait de lumière émise par 252P/linear, par interaction avec le vent solaire, et de la lumière du Soleil diffusée par la comète. Pour envisager une comparaison des intensités des raies, il est indispensable de diviser le profil par celui d'une étoile ayant le même continuum que le Soleil et proche angulairement de la comète (étalonnage en flux). Les raies de 252/P émergeront sur un fond uniforme et seront ainsi exploitables notamment pour des mesures d'abondances relatives.



Les raies d'oxygène neutre [OI] vers 560 nm et 630 nm Angströms sont des raies aurorales: cette lumière, émise seulement en milieu très dilué, provient ici du noyau cométaire, de ses ailes et est mélangée à une autre source: celle de l'atmosphère terrestre.

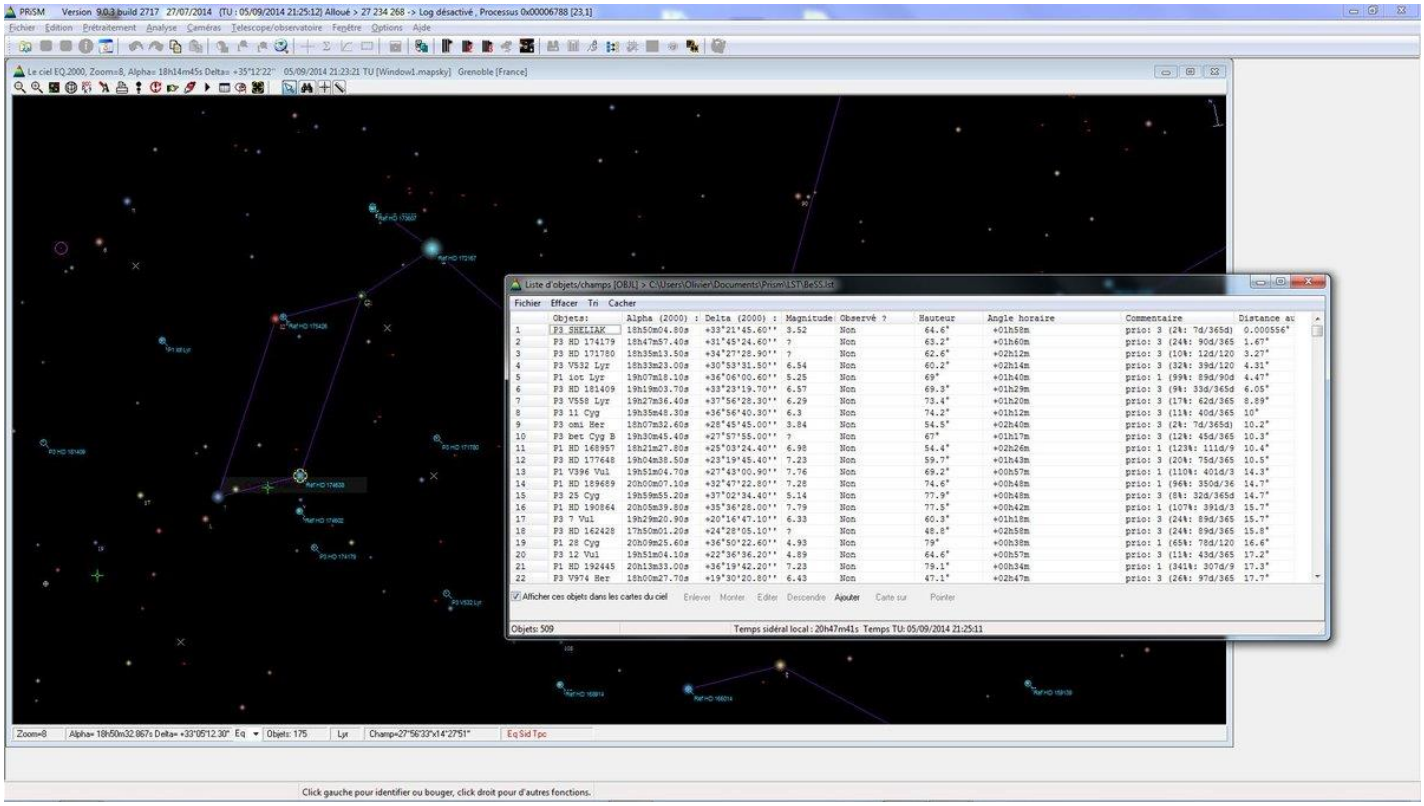
5 Outils

5.1 Quelques cibles en spectroscopie amateur

ARASBEAM: http://arasbeam.free.fr/spip.php?page=beam_belist2&lang=fr répertorie les très nombreuses cibles Be connues, et propose des listes d'étoiles à étudier prioritairement. Ce site, et la base de spectres correspondantes (BeSS) sont les résultats d'un vaste travail d'amateurs et de professionnels motivés et réunis autour du même projet, qui échangent idées et techniques (débutants bienvenus) sur un forum dédié : http://www.spectro-aras.com/forum/

Périodiquement, François Teyssier transmet à une communauté internationale d'amateurs en spectroscopie, sur la liste Spectro-l (https://groups.yahoo.com/neo/groups/spectro-l/info), des alertes pour proposer de participer à des campagnes d'observations (modification importante du profil spectral à surveiller, étoile en outburst, nouvelle nova détectée, ...), comme le suivi de la Nova du Dauphin (V339 Del) en 2013. C'est aussi François Teyssier qui est à l'origine de la liste de cibles et d'étoiles de références utilisée au cours de notre mission. Les campagnes en cours font l'objet de discussions sur le forum ARAS, et portent sur ces cibles très variées (nébuleuses planétaires, étoiles T Tauri, survey de novae, recherche et suivi d'étoiles Be ...).

Olivier Thizy convertit les listes de cibles de François Teyssier en « Liste d'objets à Observer [OBJL] » pour le logiciel Prism. Si vous observez avec « Prism », il vous suffit de charger l'une de ces listes et vous avez immédiatement vos cibles mises en valeurs dans la carte du ciel. http://www.spectro-aras.com/forum/viewtopic.php?f=8&t=901



5.2 Collaborations Pro-Am

Les astrophysiciens n'ont pas à leur disposition un temps suffisant pour effectuer des observations suffisamment nombreuses de leurs cibles. Pour confirmer des observations isolées (au sol ou dans l'espace) ou développer des modèles, un suivi régulier par de nombreux astronomes est nécessaire. Dans ce contexte, ils s'associent aux amateurs. La naissance de la base BeSS est un très bon exemple de cette collaboration fructueuse, en spectroscopie stellaire. La communauté d'amateurs est également guidée par des professionnels pour orienter le choix des raies les plus intéressantes à suivre, en haute résolution. Par exemple, les recommandations du Professeur Steve Shore ont permis d'observer le début de l'éjection du Fer présent dans le disque d'accrétion formé autour de la naine blanche de V339 Del.

D'autres collaborations Pro-Am existent comme le suivi des RR-Lyrae, la confirmation de nébuleuses planétaires, et celle des étoiles Wolf-Rayet, ou dernièrement avec l'observatoire de Genève sur la mission GAIA (suivi des bandes de diffusion interstellaire dans le proche infrarouge). Elles sont très nombreuses.

5.3 Références

- Site de Christian Buil : évaluation du matériel, tutoriaux pour toutes les phases de réalisation de spectres (captures, réduction de données) avec des outils logiciels gratuits (et en particulier ISIS) conçus par Christian. http://www.astrosurf.com/buil/

- Valérie Desnoux qui a elle aussi énormément contribué à l'essor de la spectroscopie en amateur, et a conçu un logiciel très performant de réduction et d'analyses de spectres, Visual Spec : http://www.astrosurf.com/vdesnoux/

- Portail de Shelyak , entreprise de fabrication de spectrographes à basse, moyenne, haute, très haute et très très haute résolutions (matériel de pointe en spectroscopie amateur et aussi spectrographes équipant des télescopes de mission comme le MUSICOS) créée par Olivier Thizy et François Cochard: http://www.shelyak.com/.

- *Guide pratique pour (bien débuter) en spectroscopie astronomique* de François Cochard, un must pour les amateurs et un excellent manuel pour débuter. On le trouve ici par exemple: http://www.shelyak.com/produit.php?id_produit=119&id_rubrique=15

- Site de François Teyssier: une caverne de trésors où l'on trouve un nombre colossal d'analyses sur de très nombreuses cibles en spectroscopie astronomique, et des fiches très utiles aux observateurs. http://astronomie-amateur.fr/

- Rapport de Mission au T60 de J.P. Nougayrede & al : Ce rapport (publié après notre retour de mission) relate une autre expérimentation de l'Alpy600 au T60 comportant beaucoup d'éléments utiles. http://www.astrosurf.com/t60/missions/2016/CRmissionS9-2016.pdf

6 Bilan de la mission

Il nous reste beaucoup de progrès à réaliser pour obtenir de la bonne matière se prêtant à la réduction de données (optimisation du flux à travers la fente de l'Alpy, spectres de même qualité, cibles non mobiles le long de la fente, mise en place d'un autoguidage pour la spectroscopie stellaire, contournement des flexions mécaniques en effectuant les calibrations en longueurs d'ondes entre deux changements de cible).
Pour l'étude spectroscopique des comètes nous amènerons un fichier d'étoiles de type G2V (comme notre Soleil) afin de prévoir un étalonnage en flux. Il suffit de récupérer un fichier existant, on en trouve un ici, http://www.astropix.com/HTML/I_ASTROP/g2V_sorted_by_ra.html, c'est un extrait du catalogue Hipparcos.

L'Alpy 600 est un excellent outil qui demande de la rigueur pour être correctement utilisé. Mais nous y parviendrons très vite et sommes impatients de remonter pour d'autres missions scientifiques au Pic du Midi, site exceptionnel par ses paysages diurnes et nocturnes, la qualité du ciel et le télescope T60 !

Jean - Paul Godard sur la terrasse panoramique du Pic du Midi - 7 avril 2016
Merci à lui de m'avoir donné la formation au T60 et l'envie de retourner au Pic ! Michel Verlinden