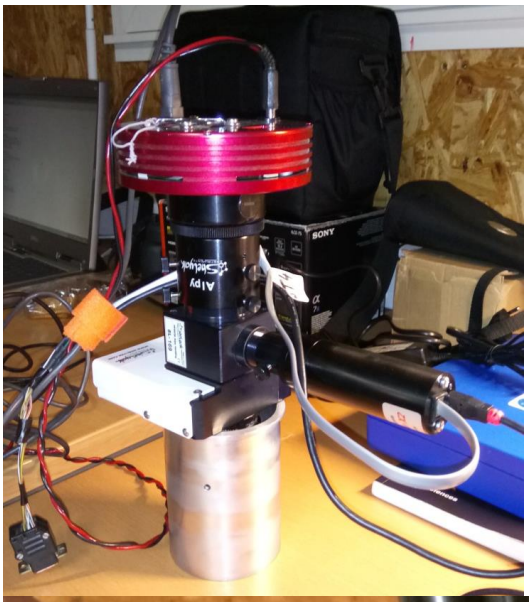
Rapport de la mission *Tartiflette de Photons* au T60, Pic du Midi

16-23 octobre 2017

Avec Gérard Arlic, Daniel Erpelding, Michel Lévèque, Jean-Philippe Nougayrède (responsable de mission, jpnoug chez yahoo point fr)

Résumé : L'objectif de la mission était d'observer en spectrométrie des candidates nébuleuses planétaires, des quasars, et des étoiles d'intérêt (comme des Be faibles rarement observées...). Le T60 était en parfait état de marche et la météo a permis plusieurs nuits d'observation. Nous avons obtenu le spectre de la candidate nébuleuse planétaire Te11, d'un quasar lentille quadruple nouvellement découvert, d'une petite collection d'étoiles Be, et de la nébuleuse variable de Hubble. Nous avons fait des essais de spectro-photométrie.

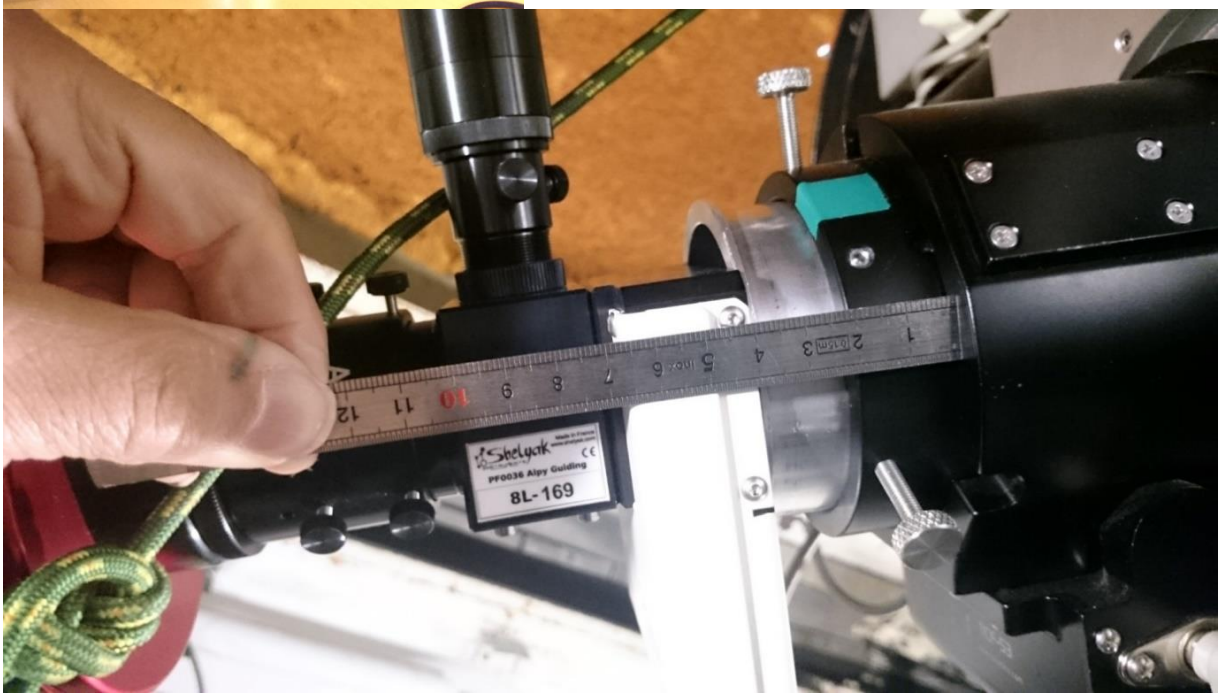
Montage de la manip spectro



La manip était constituée par un Alpy 600 (Sheliak) avec son module de guidage et de calibration. La caméra de guidage était une Lodestar X2, la caméra de science une Atik 314L+

Pour pouvoir accéder au foyer nous avons placé devant cet ensemble un correcteur de coma Kepler qui recule le foyer et autorise ainsi l'accès au plan focal. Le grandissement était de 1,1 ce qui amenait la focale du T60 à 2310mm.

Pour atteindre le foyer avec une latitude de mise au point, on a reculé la bague d'adaptation dans le porte-oculaire d'environ 20 mm.



Le câble autoguidage DB9-ST4 était branché sur le port autoguidage de la caméra de guidage lodestar X2, avec un câble rallonge USB relié dans le labo à un PC dédié au guidage, et le logiciel de guidage PHD2 configuré « on camera » pour donner les ordres de guidage.

Un PC relié via une autre rallonge USB était dédié à l'acquisition des images de science de la 314L+ avec le logiciel Artemis capture.

Le pointage du T60, le suivi et le mouvement de la coupole était assurés de façon standard *a la mano* avec l'aide des codeurs, du PC du labo et du logiciel Prism.

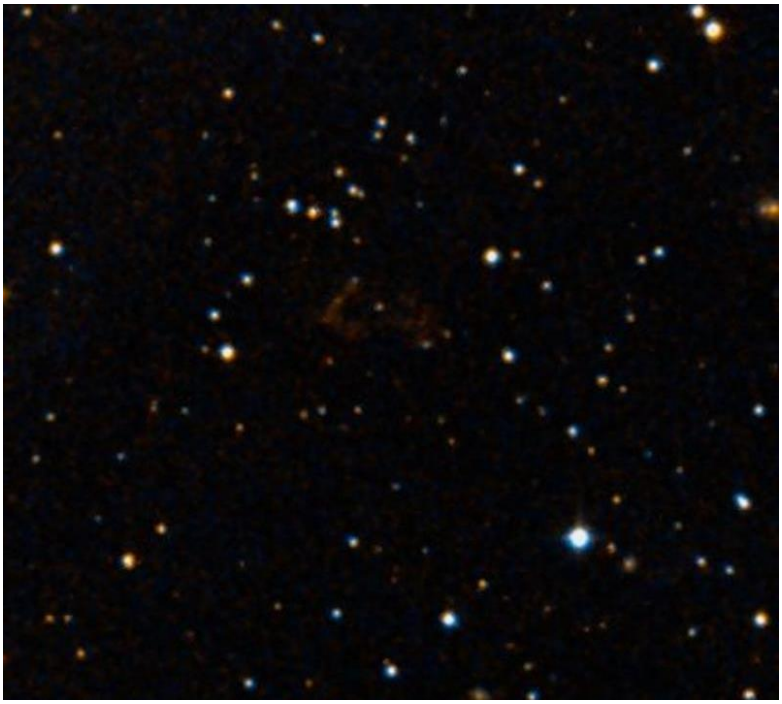
Observation de candidates nébuleuses planétaires

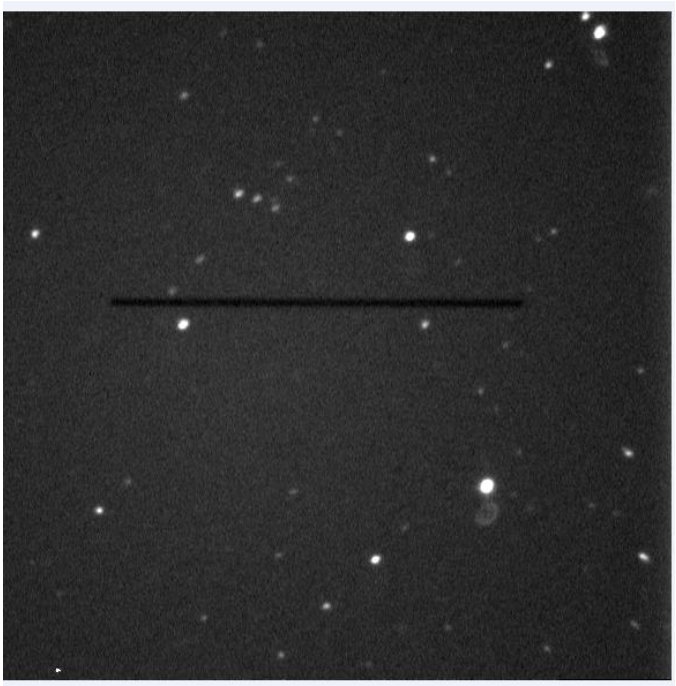
La liste de ces cibles est maintenue par Pascal Le Du et al. (http://planetarynebulae.net/FR/index.php) en lien avec l'astronome pro Quentin Parker.

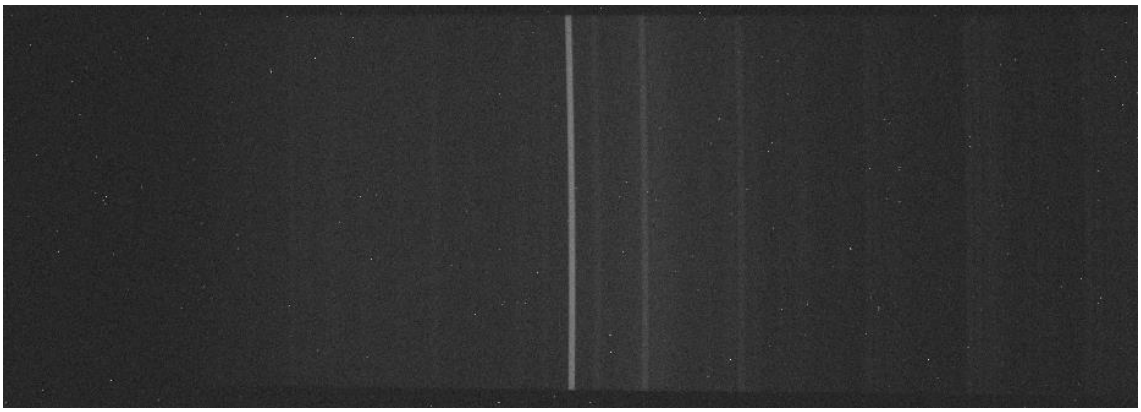
Nous avons observé les candidates suivantes, avec pour chacune 1 ou 2 poses de 10 ou 20 min.

Ra 48 04h25m10,0 +25°36'51''

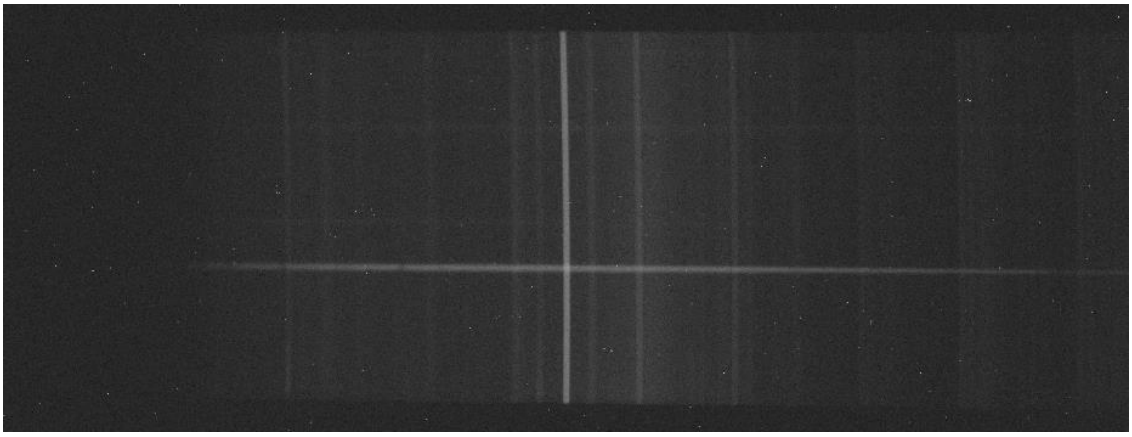
Image du DSS, de la caméra de guidage (position de la fente), et le spectre brut



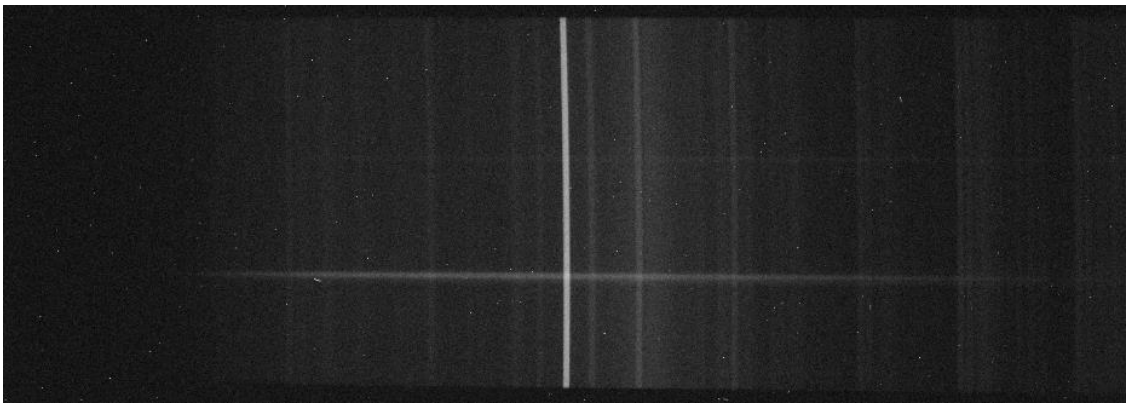




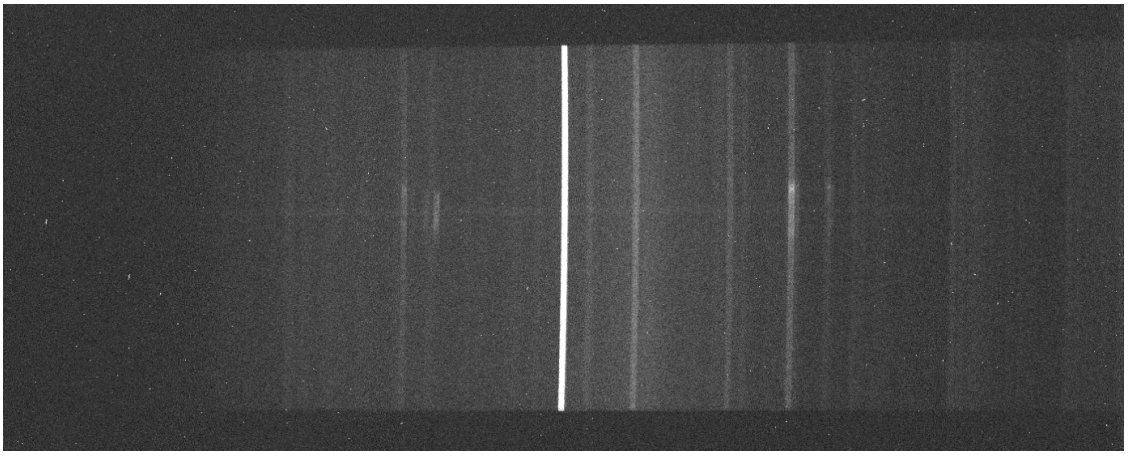
Ra 32 02h39m36 0 +57°12’23’’



Kn 35 04h55m25,0 +53°14’05’’



Te 11 05h45m58,2 +02°21’06’’



Le résultat positif d’observation de Te11 a été transmis à Pascal Le Du, ci-après la fiche d’observation.

Fiche d’observation spectroscopique de la candidate NP Te11

Objet: Te11, Candidate nébuleuse planétaire, 05h45m58.2s +02°21'06" (J2000)

Image DSS

Date et heure: du 2017-10-21T01:44 au 2017-10-21T02:24

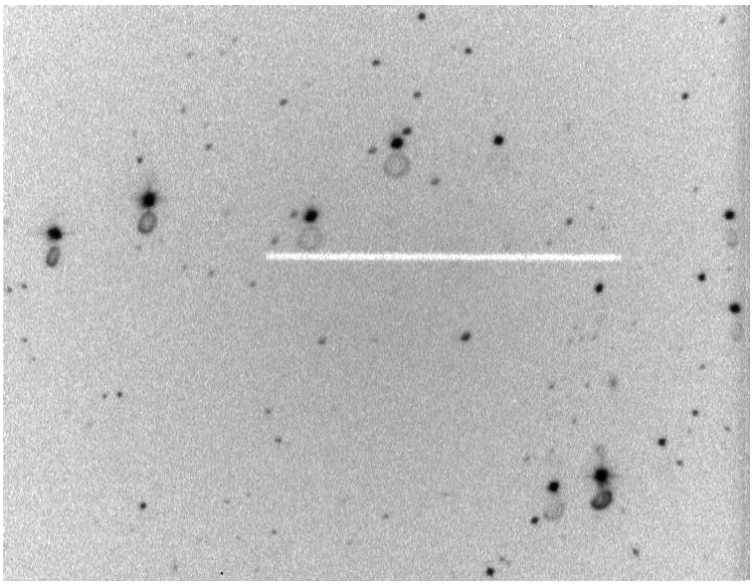
Lieu: Observatoire du Pic du Midi

Observateurs: G. Arlic, D. Erpelding, M. Leveque, JP. Nougayrède (jpnoug @ yahoo.fr).

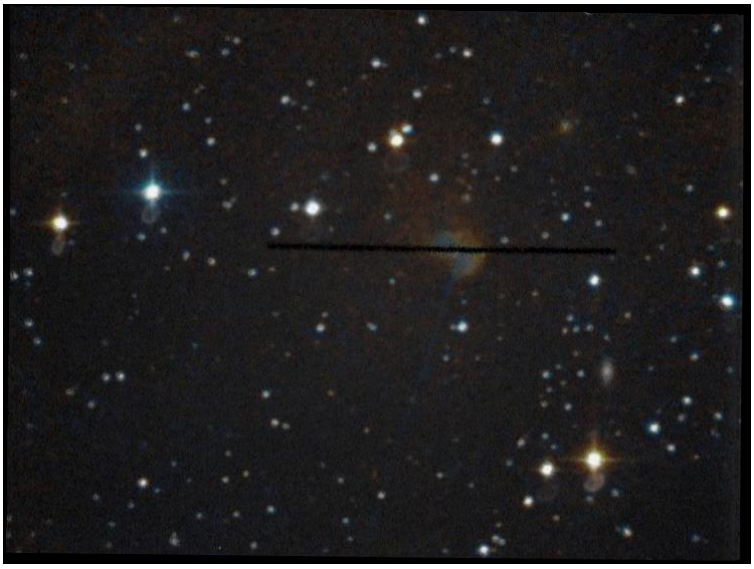
Météo: Nuit claire et calme. Vent < 20 km/h. T environ 5°C. Hygrométrie environ 40%. Pression environ 730 hPa.

Télescope & instrumentation: Newton T60 D 600 mm f 2100 mm, sur monture équatoriale à entrainement secteur denté, sous coupole. Optique correctrice de coma Kepler, 4 lentilles en 2 groupes, distance à la fente 79 mm. Spectrographe Alpy 600 avec fente de 50 um (Sheliak). CCD science: Atik 314L+ fw rev 3.01, régulée à -5°C, binning 1x1, logiciel d’acquisition Atik artemis capture. CCD guide: Lodestar X2 (Starlight Xpress), logiciel d’autoguidage PHD2

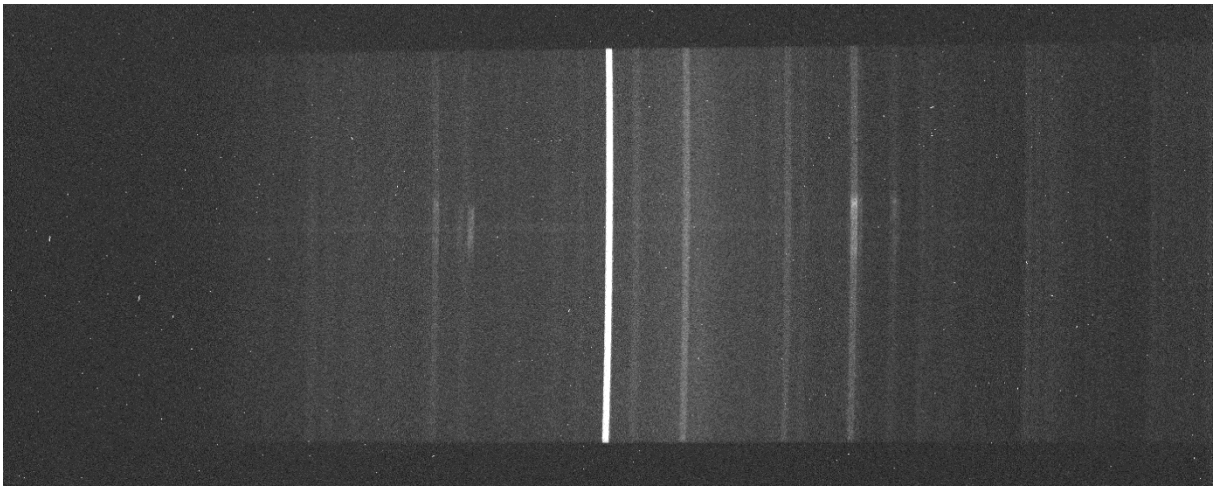
Pointage de la cible avec la caméra guide, 3 poses de 15 sec



Superposition de l'image de guidage et du champ DSS

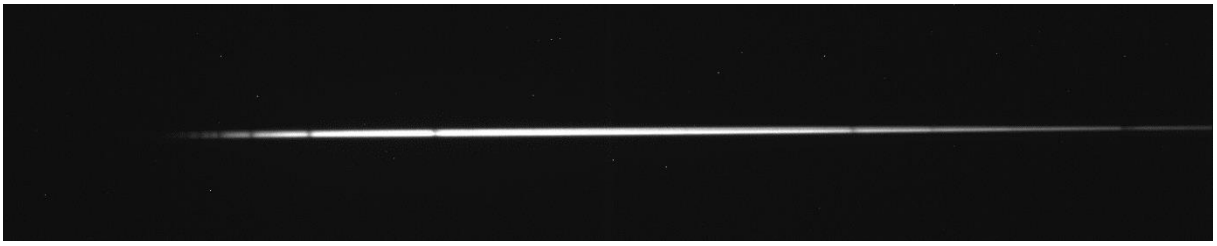


Images brute de Te11: 3 poses de 1200 sec, crop d'image 1 brute (images 2 et 3 très similaires):



Etoile de référence: HD38546, observée du 2017-10-21T02:58 au 2017-10-21T03:10, 9 poses de 90 sec.

Crop d'image brute (8 autres images très similaires)



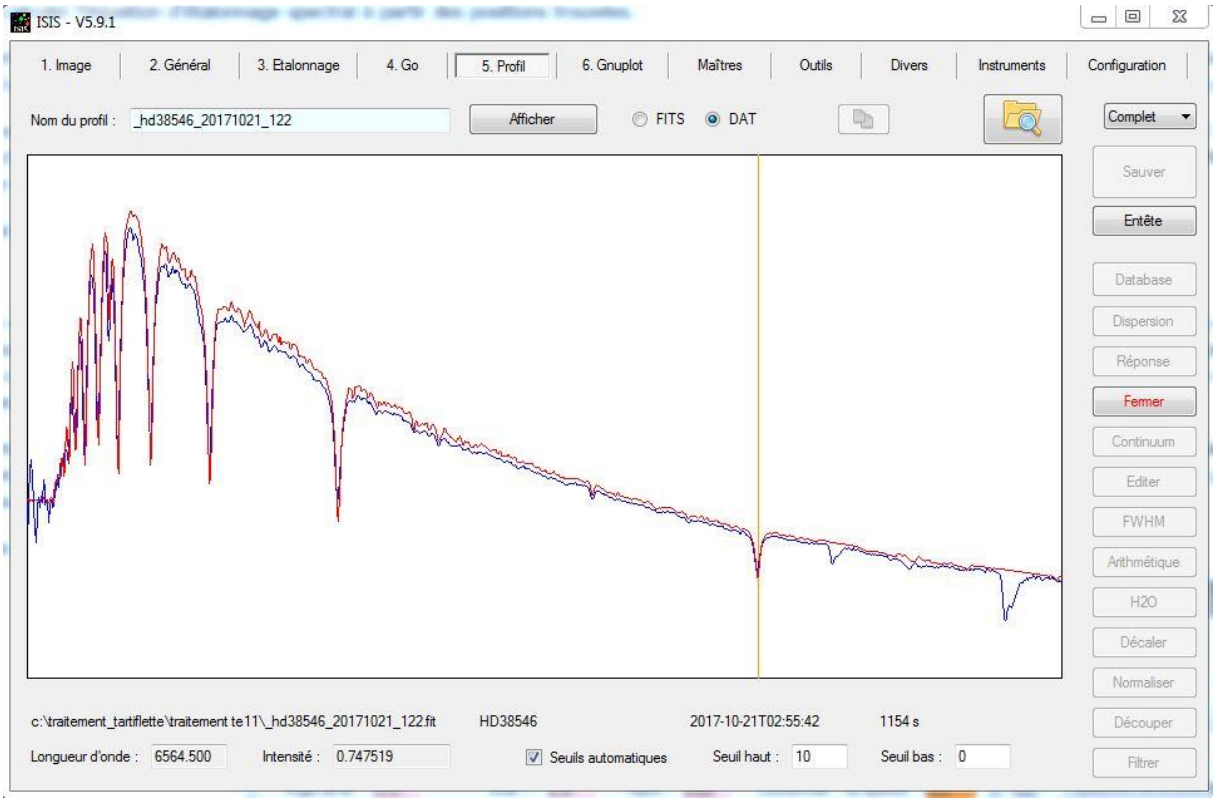
Darks: réalisés du 2017-10-21T03:37 au 2017-10-21T05:37:32, 7 poses de 20 min.

Bias: réalisés du 2017-10-17T18:17:59 au 2017-10-17T18:20:01, 66 poses de 0 sec.

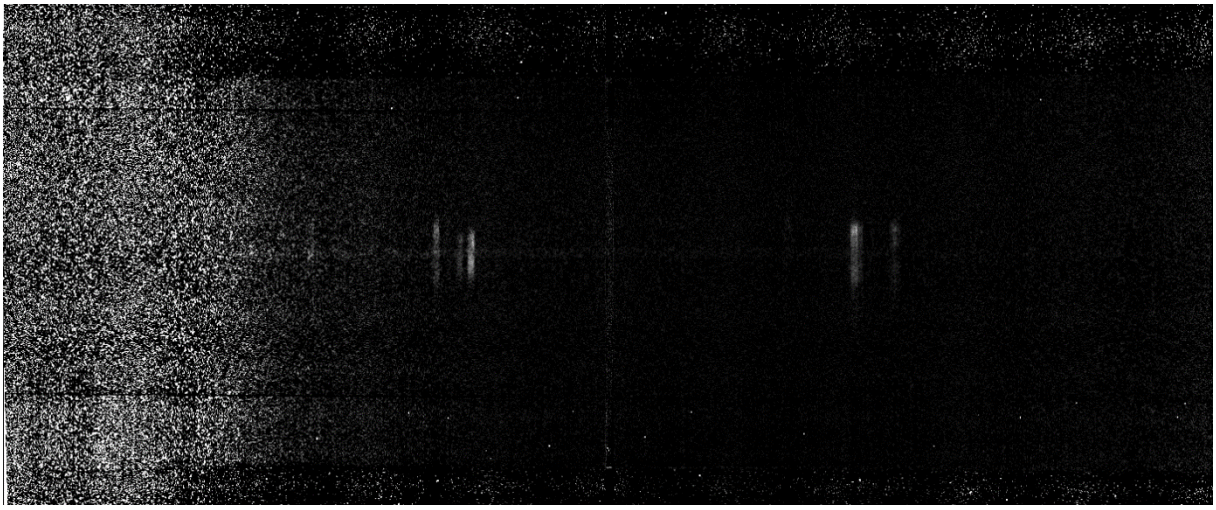
Flats: réalisés du 2017-10-21T03:16:45 au 2017-10-21T03:22, 40 poses de 7 sec, avec le module de calibration Alpy 600 (Sheliak)

Néon-argon: réalisés du 2017-10-21T03:26:22 au 2017-10-21T03:27:49, 5 poses de 20 sec, avec le module de calibration Alpy 600 (Sheliak).

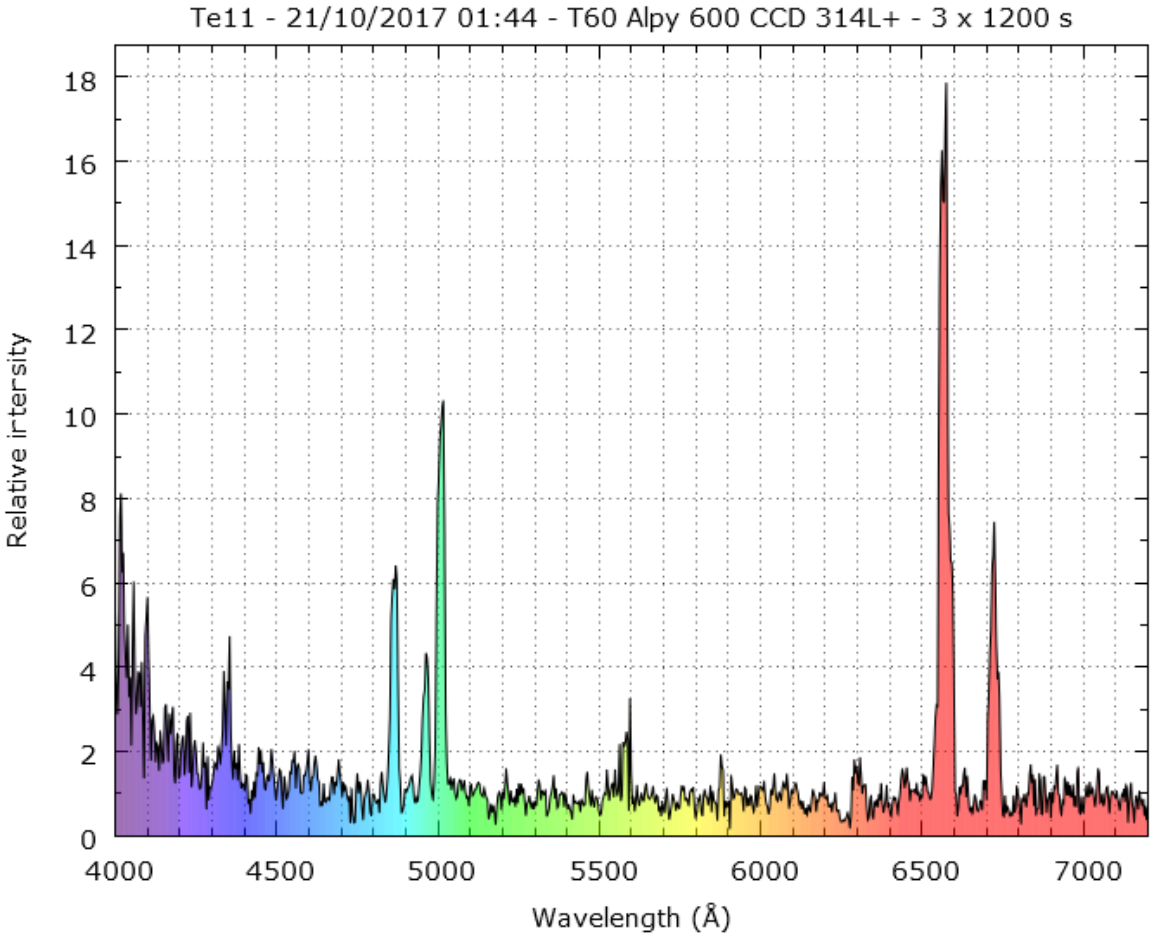
Réponse instrumentale avec l'étoile de référence (copie d'écran):



Crop de spectre 2D traité de Te11 (avec soustraction du fond de ciel):



Spectre de Te11 traité :



Log du logiciel de traitement Isis:

Chargement de l'image : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\Te11_1.fit
Chargement de l'image : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\Te11_2.fit
Chargement de l'image : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\Te11_3.fit

Soustraction de l'offset : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\masterbias-5.fit
Soustraction du dark : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\masterdark1200sec-5.fit
Coefficient du dark (1) : 1.0000
Coefficient du dark (2) : 1.0000
Coefficient du dark (3) : 1.0000
Division par le flat-field : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\masterflat.fit
Niveau du flat-field : 46901
Correction cosmétique : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\cosme.lst
Retrait des rayons cosmiques...
Nombre de rayons cosmiques trouvé : 8763
(voir l'image @map1.fit)
Retrait des rayons cosmiques...
Nombre de rayons cosmiques trouvé : 8842
(voir l'image @map2.fit)
Retrait des rayons cosmiques...
Nombre de rayons cosmiques trouvé : 8536
(voir l'image @map3.fit)
Correction du smile - Y0 = 605 Rayon = 12955
Retrait du fond de ciel
Sauvegarde de l'image : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@s.fit (ciel non retiré)
Sauvegarde du produit 0b : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11_Te11.fit (image 2D)
Correction du tilt (deuxième passe)
Retrait du fond de ciel (deuxième passe)
Ecriture de l'image 2D : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@1.fit
Ecriture de l'image 2D : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@2.fit
Ecriture de l'image 2D : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@3.fit
Binning optimal
Ecriture du profil brut : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@raw1.dat
Ecriture du profil brut : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@raw2.dat
Ecriture du profil brut : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@raw3.dat
Intensité des profils individuels (ADU)...
Moyenne (médiane) profil 1 : 478 (332)
Moyenne (médiane) profil 2 : 448 (292)
Moyenne (médiane) profil 3 : 462 (311)
Sommation standard des profils individuels
Sauvegarde du profil non étalonné : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@star.dat
Traitement de l'image de calibration : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\refHD38546_3.fit
Coefficient du dark (étalonnage) : 0.0750
Sauvegarde de l'image : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@calib.fit (image 2D)
Sauvegarde du profil : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@calib.dat
Etalonnage spectral

Dispersion primaire :
Coefficient a4 : -2.610723E-13
Coefficient a3 : 6.991722E-09
Coefficient a2 : -6.431913E-05
Coefficient a1 : 0.52676
Coefficient a0 : -954.696

RMS : 0.123032 (en pixels)

Ecart d'ajustement en longueur d'onde sur les points primaires
point #1 Lambda = 3770.630 px = 439.100 dx = -0.089
point #2 Lambda = 3797.300 px = 446.668 dx = 0.208
point #3 Lambda = 3835.390 px = 457.458 dx = -0.106
point #4 Lambda = 3889.050 px = 472.625 dx = -0.018
point #5 Lambda = 3970.080 px = 495.459 dx = 0.058
point #6 Lambda = 4101.750 px = 532.406 dx = -0.066
point #7 Lambda = 4340.480 px = 599.009 dx = -0.022
point #8 Lambda = 4861.340 px = 743.473 dx = 0.053
point #9 Lambda = 6562.850 px = 1224.078 dx = -0.094
point #10 Lambda = 6869.000 px = 1313.646 dx = 0.090
point #11 Lambda = 7605.000 px = 1533.317 dx = -0.012

Zone de recherche des raies
-6	211	6
-5	225	7
-4	247	8
-5	285	7
-6	352	6
-6	497	6
-6	977	6
-6	1068	6
Ajustement gaussien sur : +/-7 pixels

Equation de dispersion inverse

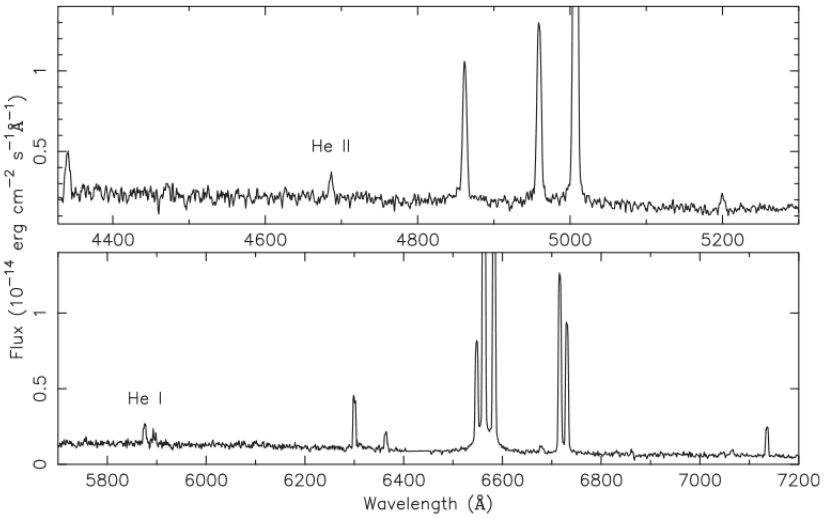
```
Coefficient a4 : -1.472066E-10
Coefficient a3 : 8.238342E-08
Coefficient a2 : 1.022205E-04
Coefficient a1 : 3.51239
Coefficient a0 : 3086.731
-----------------------------------------------------------------------------
RMS : 0.150087 (en angstroms)
-----------------------------------------------------------------------------
Ecart d'ajustement en longueur d'onde
point #1  x = 210.738  lambda = 3835.506  dlambda = -0.116
point #2  x = 225.729  lambda = 3888.917  dlambda = 0.133
point #3  x = 248.456  lambda = 3969.989  dlambda = 0.091
point #4  x = 285.372  lambda = 4101.909  dlambda = -0.159
point #5  x = 351.929  lambda = 4340.425  dlambda = 0.055
point #6  x = 496.715  lambda = 4861.345  dlambda = -0.005
point #7  x = 977.235  lambda = 6562.810  dlambda = 0.000
point #8  x = 1069.612  lambda = 6872.000  dlambda = 0.000
-----------------------------------------------------------------------------
Coefficient a4 : -1.472066E-10
Coefficient a3 : 8.238342E-08
Coefficient a2 : 1.022205E-04
Coefficient a1 : 3.51239
Coefficient a0 : 3086.731
-----------------------------------------------------------------------------
RMS : 0.150087
-----------------------------------------------------------------------------
Division par la réponse instrumentale : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\reponse_hd38546.fit
-----------------------------------------------------------------------------
Domaine spectral de normalisation : [6000  -  6100]
Valeur de normalisation (profil final) : 65590.5
Valeur de normalisation (profil individuel 1) : 24491.2
Valeur de normalisation (profil individuel 2) : 21236.8
Valeur de normalisation (profil individuel 3) : 19862.5
-----------------------------------------------------------------------------
Spectre 1    Intensité ( b ) - ( v ) = ( 1.816 ) - ( 4.055 )
Spectre 2    Intensité ( b ) - ( v ) = ( 1.665 ) - ( 4.747 )
Spectre 3    Intensité ( b ) - ( v ) = ( 2.582 ) - ( 5.052 )
Intensité ( b ) - ( v ) moyenne = ( 2.021 ) - ( 4.618 )
Intensité ( b ) - ( v ) médiane = ( 1.816 ) - ( 4.747 )
-----------------------------------------------------------------------------
Ecriture du profil DAT individuel traité : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@pro1.dat
Ecriture du profil DAT individuel traité : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@pro2.dat
Ecriture du profil DAT individuel traité : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@pro3.dat
Ecriture du profil FITS individuel traité : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@pro1.fit
Ecriture du profil FITS individuel traité : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@pro2.fit
Ecriture du profil FITS individuel traité : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\@pro3.fit
-----------------------------------------------------------------------------
Ecriture du profil final : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\_te11_20171021_073.fit
Ecriture du profil final : c:\users\jean philippe\desktop\traitement te11\_te11_20171021_073.dat
Fichiers intermédiaires effacés
-----------------------------------------------------------------------------
Date début de prise de vue : 21/10/2017 01:44:55
Durée : 3604.0 secondes
Date de milieu de prise de vue : 21.094/10/2017
Jour Julien du milieu de prise de vue : 2458047.5937
Ok.
```

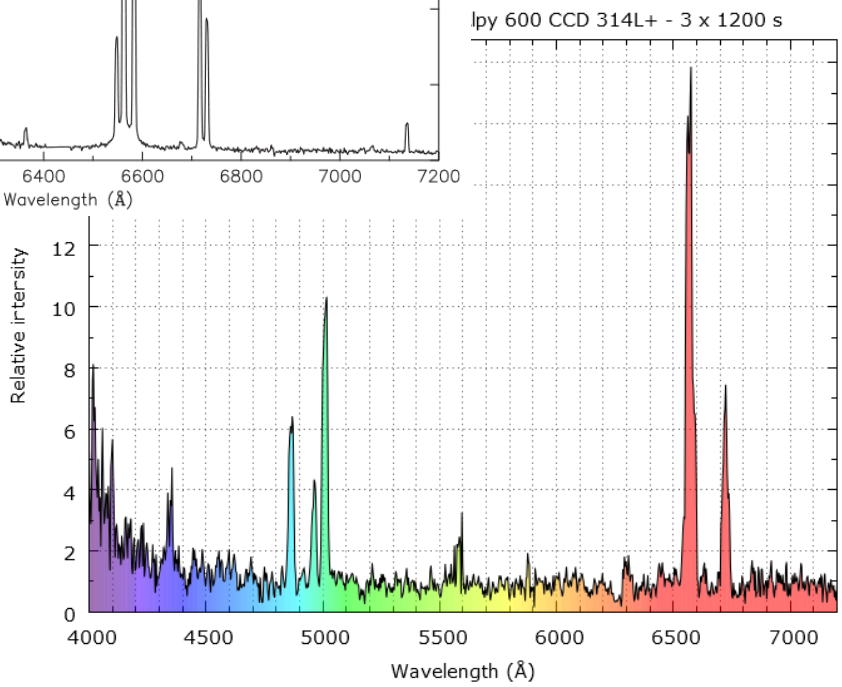
Etude de Te11

On voit sur notre spectre des raies en émission nébulaires (Ha, Hb, …, [OIII], [SII]). C’est cohérent avec l’étude pro/am Jacoby et al (2010) qui avait identifié Te11 comme candidate nébuleuse planétaire. Toutefois, Te11 présente une morphologie particulière, bilobée, ce qui avait motivé une étude photométrique qui visait à identifier des étoiles centrales binaires responsables de la forme particulière de certaines nébuleuses (Miszalski et al. 2011). Cette étude a révélé une courbe de lumière à éclipse avec une période de 0.12 jours. De plus l’étude spectro de l’étoile centrale à découvert une naine blanche accompagnée par une étoile naine M. Ce système binaire est en rotation autour du centre de masse en moins de trois heures. A

une telle proximité la naine blanche arrache de la matière à l'étoile M, ce qui forme un disque d'accrétion avec la matière qui tombe sur la naine. Ce type de système est instable, la quantité de matière qui tombe sur la naine peut augmenter brutalement et donner lieu à des explosions appelé « nova naine » (moins puissantes que les supernova et nova). Te11 héberge une naine blanche massive avec 1.2 masses solaires (une naine blanche typique en pèse 0.6), ce qui indique que des explosions de type nova classique, plus puissantes, peuvent aussi avoir lieu dans ce système. Une nova classique se déclenche quand la naine blanche à accumulé suffisamment d'hydrogène arraché à son étoile compagnon que l'hydrogène fusionne ce qui déclenche une explosion thermonucléaire et l'expulsion de la couche externe de la naine. Donc il est probable qu'une nova pourrait avoir eu lieu dans le système « récemment » (avec une échelle de temps de quelques centaines d'années). Le matériel expulsé par la nova aurait percuté la matière interstellaire environnante, créant ainsi la nébuleuse Te11. On note que le système est localisé dans la boucle de Barnard, dans laquelle la matière interstellaire est particulièrement dense. (Thorstensen & Skinner 2012; Drake et al. 2014 ; https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016MNRAS.456..633M/abstract)

Ci-après notre spectre de Te 11 et celui obtenu avec le Robert Stobie Spectrograph au Southern African Large Telescope (D 11x9 m), 30 min de pose le 28 octobre 2012 avec une fente de 1.5 arcsec et une résolution de 6.2 Å (FWHM). La fente était orientée le long de l'axe majeur de la nébuleuse.

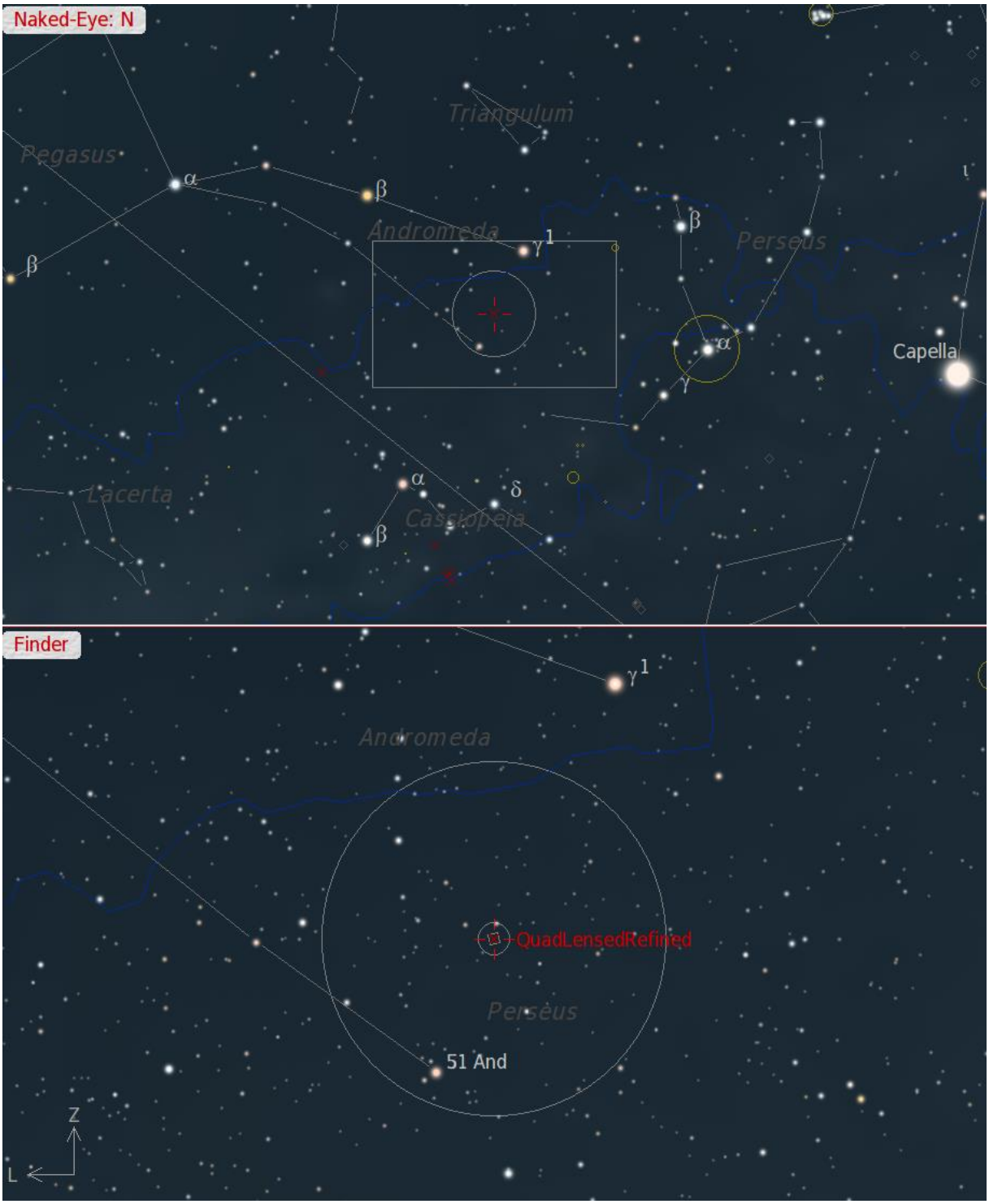




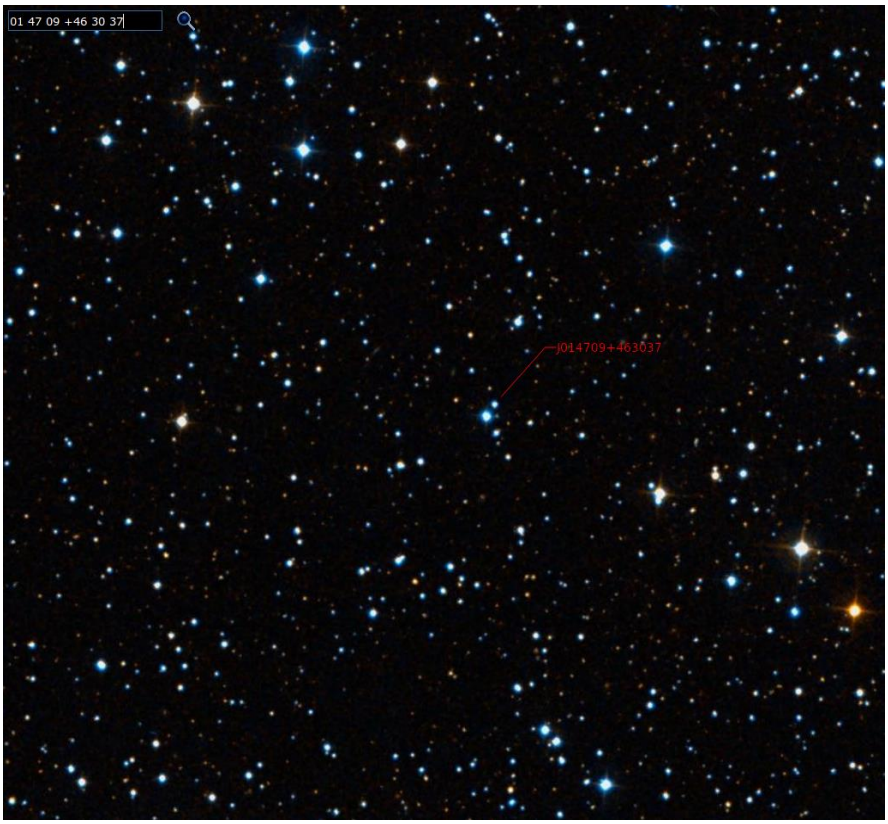
Observation du quasar « parachute d'Andromède »

Nous avons observé le quasar J014709+463037 qui est amplifié/quadruplé par un effet de lentille gravitationnelle. Il a été découvert en mai 2017 (https://arxiv.org/abs/1705.08359)

Localisation (carte de champ Sky Tools 3 pro) :



L'image du champ DSS :



L'image de la découverte par Pan-STARRS1 (T1.8m, Haleakala Hawai)

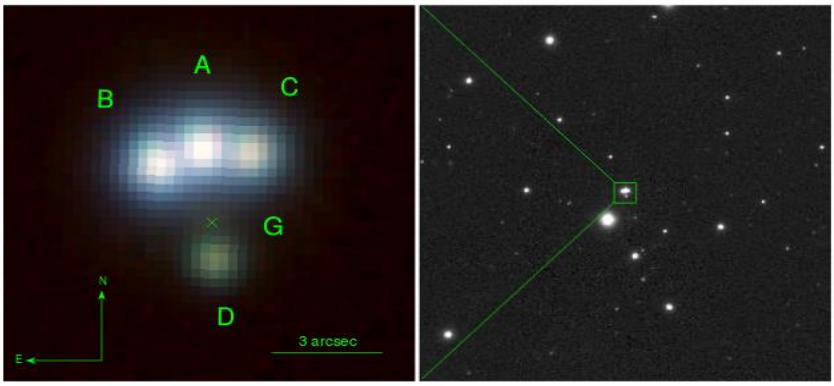
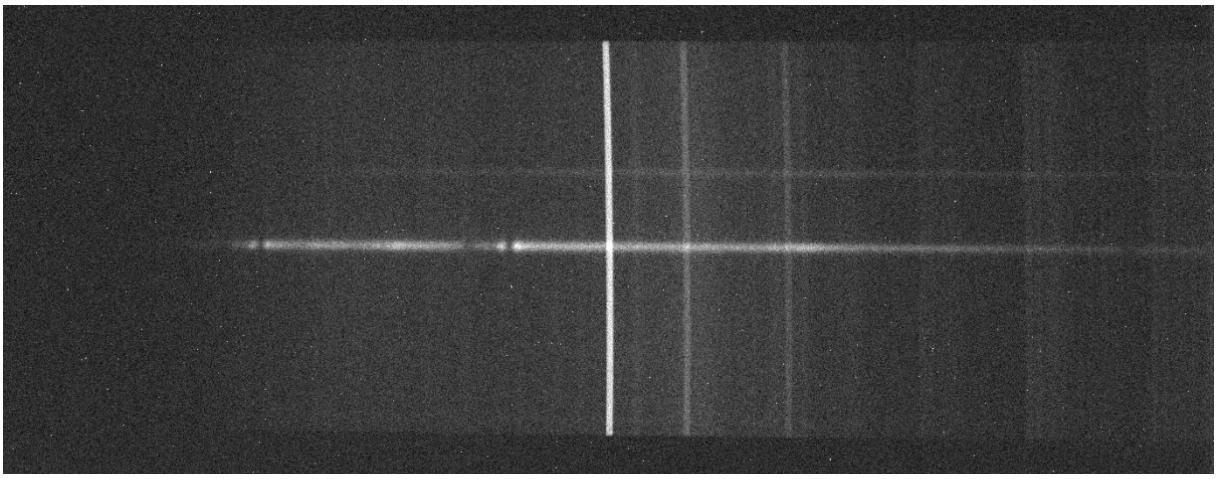


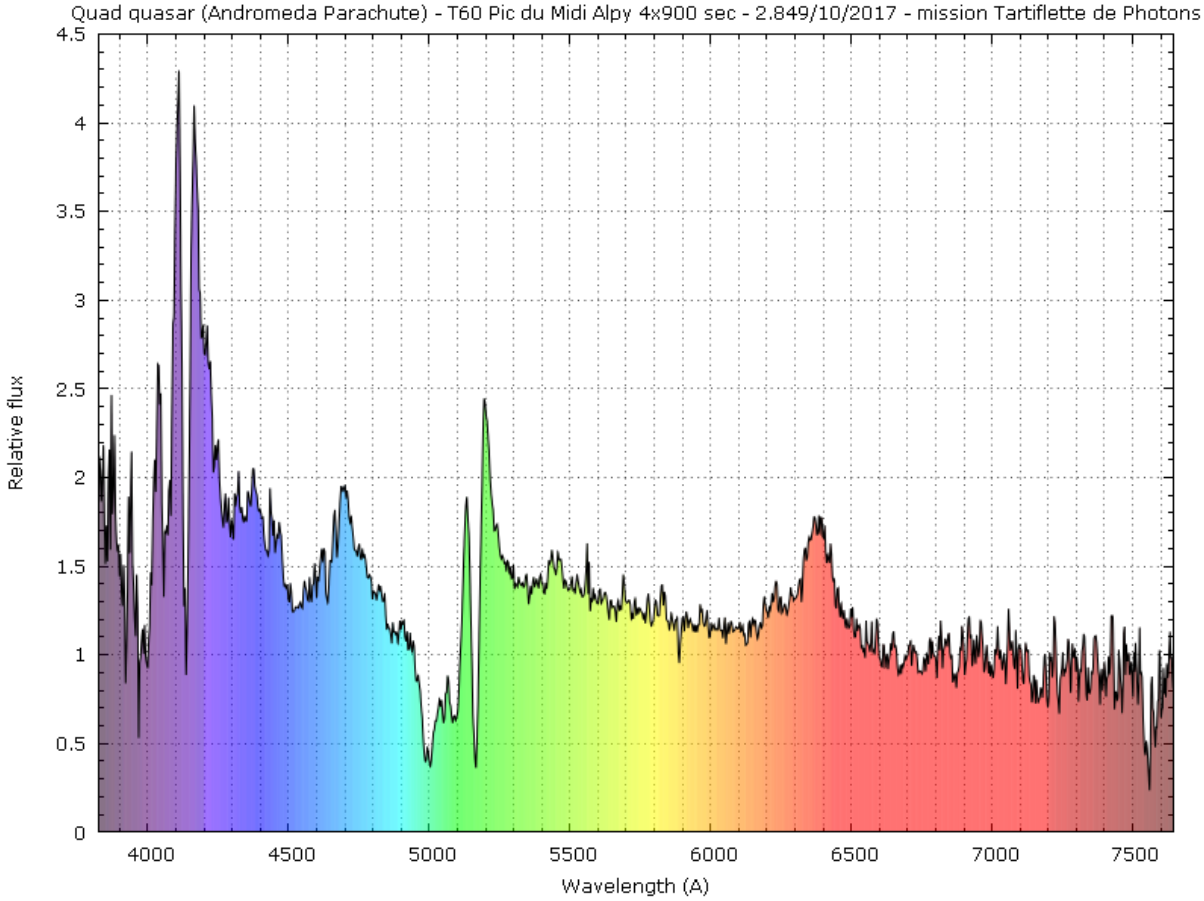
Fig. 1.— PS1 images of the lens candidate showing the four quasar images (A-D) with the lensing galaxy position G marked with an x. Left: close-up color image using the g (blue), i (green), and y (red) filters. The *Gaia* position for component D (26.792307, 46.511273) is used as absolute astrometric reference position for this system. Right: y-band image of a 2 $'$ region around the system. The bright star southeast of the lens is saturated in the other bands.

Nous avons acquis le spectre du quasar avec une fente de 50 um, ce qui correspond à 4,9 arcsec de largeur angulaire sur le ciel (= largeur fente / focale x 206264). Les 4 composantes de la lentille gravitationnelle ne sont donc pas résolues, le spectre observé est un spectre composite des 4 composantes. Nous avons enregistré 4x15 min de pose.

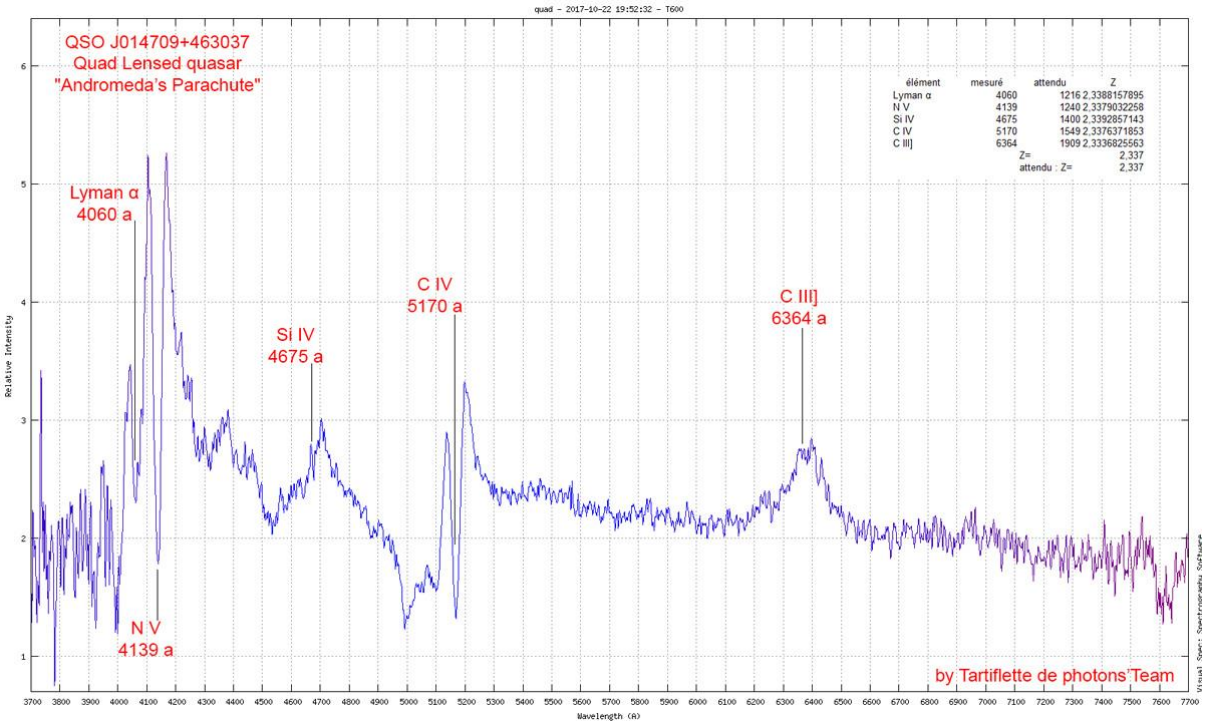
Crop d’une brute :



Le spectre traité :



Identification des raies et mesure du redshift z :



En prenant la raie CIII] et les raie en absorption intrinsèques aux larges raies en émission, on mesure un redshift z=2.34. Le papier de découverte au T10 m du Keck donne 2.377 (https://arxiv.org/pdf/1707.05873.pdf), et un autre spectre au Nordic Optical Telescope (2.5 m à la Palma) a précisé le redshift à 2.341±0.001 (https://export.arxiv.org/pdf/1708.05131), donc notre mesure est bien cohérente avec celle des observatoires pro.

Les composantes en absorptions décalées vers le bleu indiquent que c'est un quasar de type "broad absorption line (BAL)". Seuls 20% des quasars montrent ce phénomène (www.harvard.edu/~elvis/structure.htm")

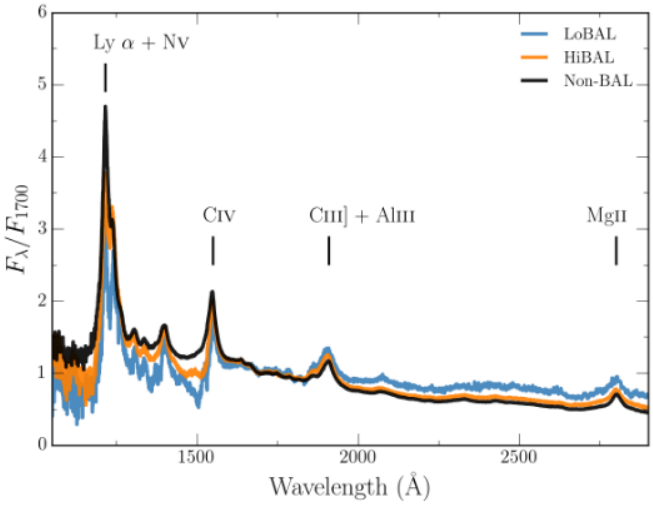
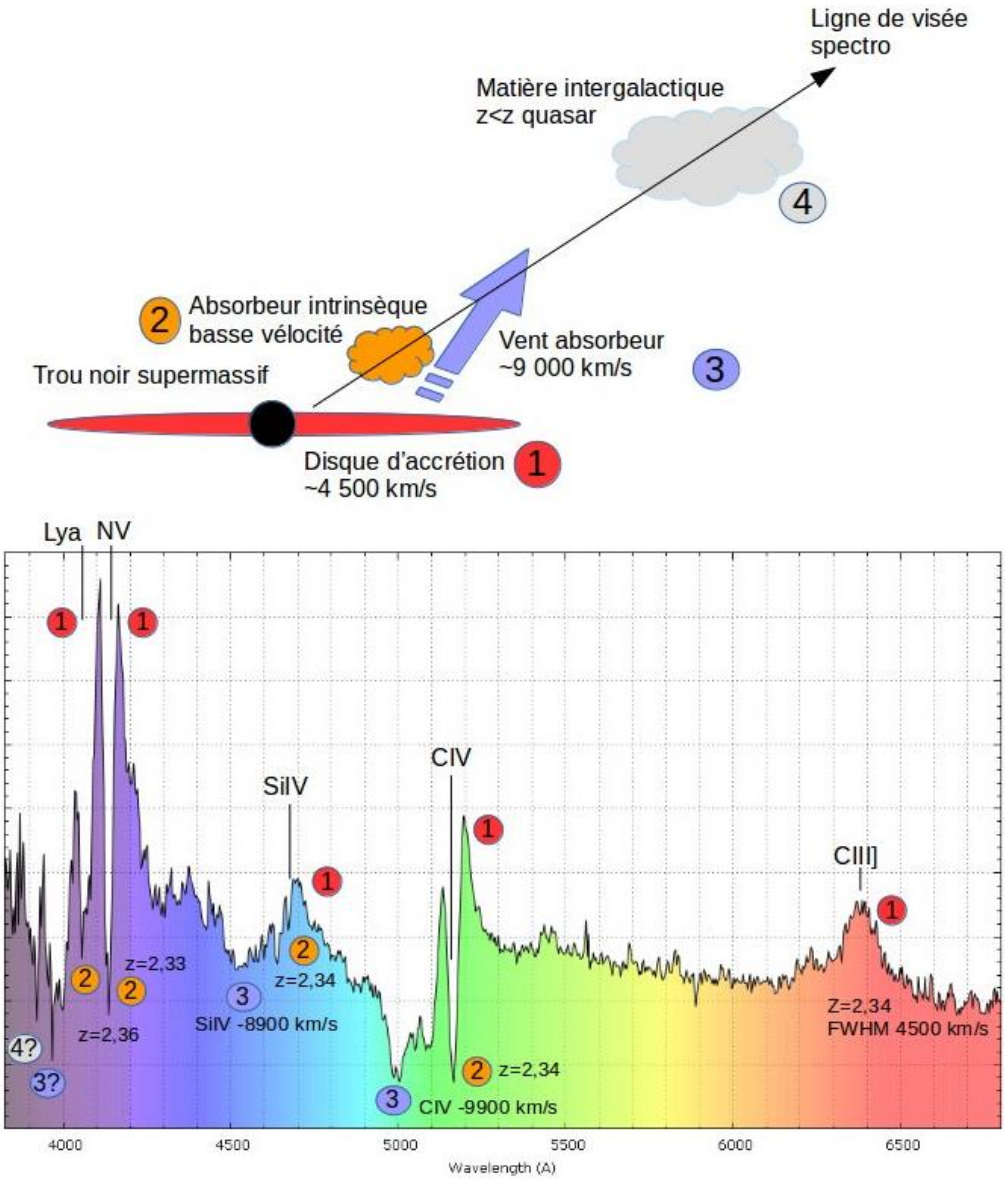


Figure 1. Sloan Digital Sky Survey composite spectra for Hi-BAL, LoBAL and non-BAL quasars from Reichard et al. (2003). The prominent emission lines are marked and the spectra are normalised to the monochromatic flux at 1700Å.

On peut replacer les différentes raies dans les objets intrinsèques et externe du quasar :



1) le continuum chaud et les raies en émission larges (typiques d'un quasar) sont émis respectivement par le disque d'accrétion autour du trou noir supermassif, et par les nuages de matière en mouvement rapide excités par la lumière du disque d'accrétion,
2) on voit aussi de la matière en absorption intrinsèque au quasar (c'est-à-dire au même z) avec une agitation plus faible (raies fines), correspondant à des régions plus calmes du quasar, éclairées par le moteur central,
3) les raies en absorption larges vers le bleu des raies en émission peuvent être interprétées comme un vent rapide émis vers l'observateur (avec la delta V et FWHM on mesure une vitesse de l'ordre de 10 000 km/s !).
4) Le quasar agit comme un phare qui illumine la matière le long de la ligne de visée : les raies <4000A pourraient être celles de nuages d'H à des z< à celle du quasar (un aperçu de « forêt de Lyman »).

Observations d'étoiles Be

Etoile Be : HD 259440

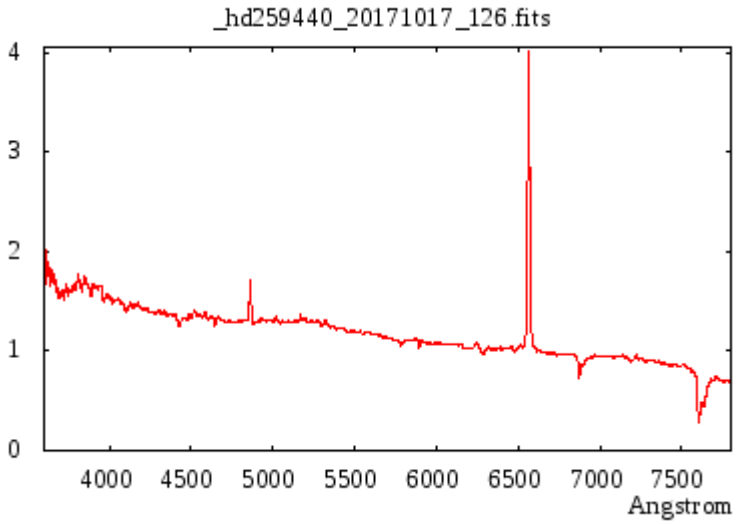
Catégorie : Be classique

Coord : 06 32 59.25 +05 48 01.18 (2000)

Magnitude B : 9.58

Magnitude V : 9.12

Type spectral : B0pe



Etoile Be : eps Cas

Catégorie : Be classique

Coordinates : 01 54 23.73 +63 40 12.36 (2000)

Magnitude B : 3.218

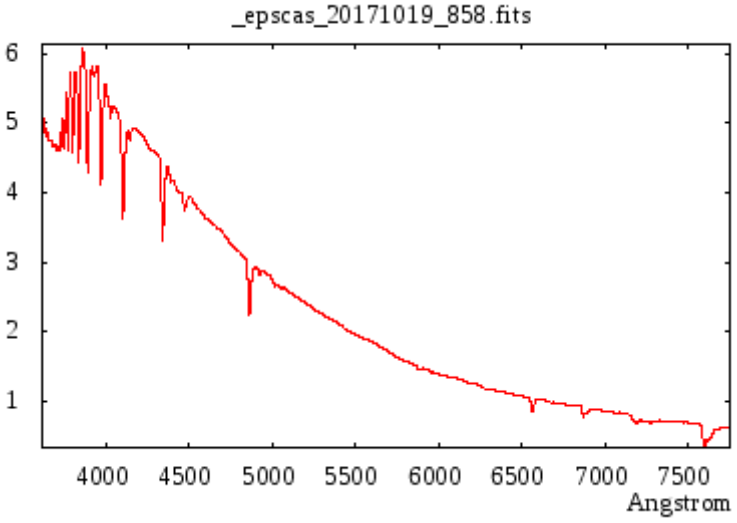
Magnitude V : 3.342

Type spectral : B3IIIe

vsini : 30 km/s

Distance : 126 [120-134] pc

Vitesse radiale : -8.1 ±0.9 km/s



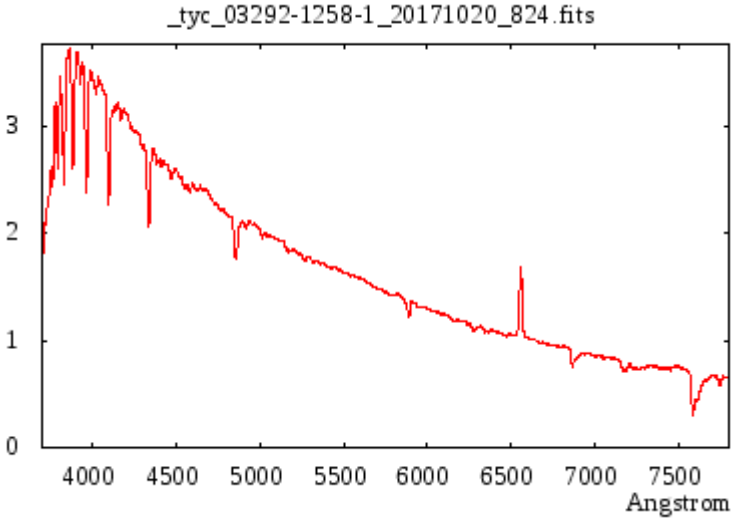
Etoile Be : BD+50 395

Coordinates : 01 56 02.67 +50 56 59.26 (2000)

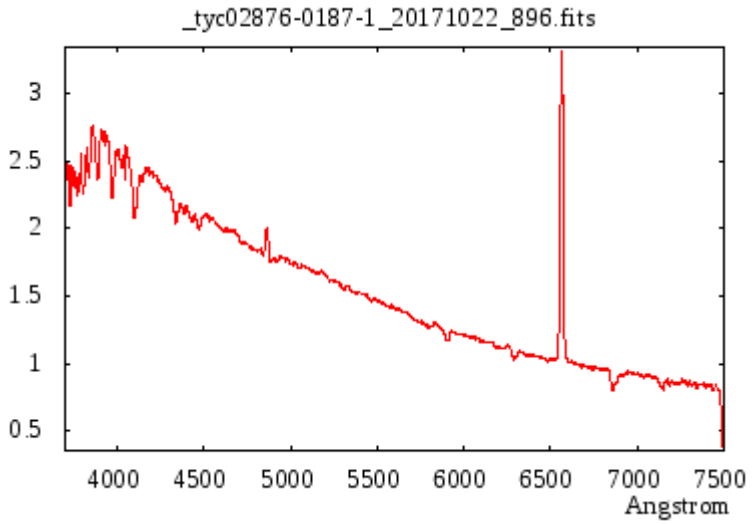
Magnitude B : 10.63

Magnitude V : 10.55 ±0.04

Type spectral : Be

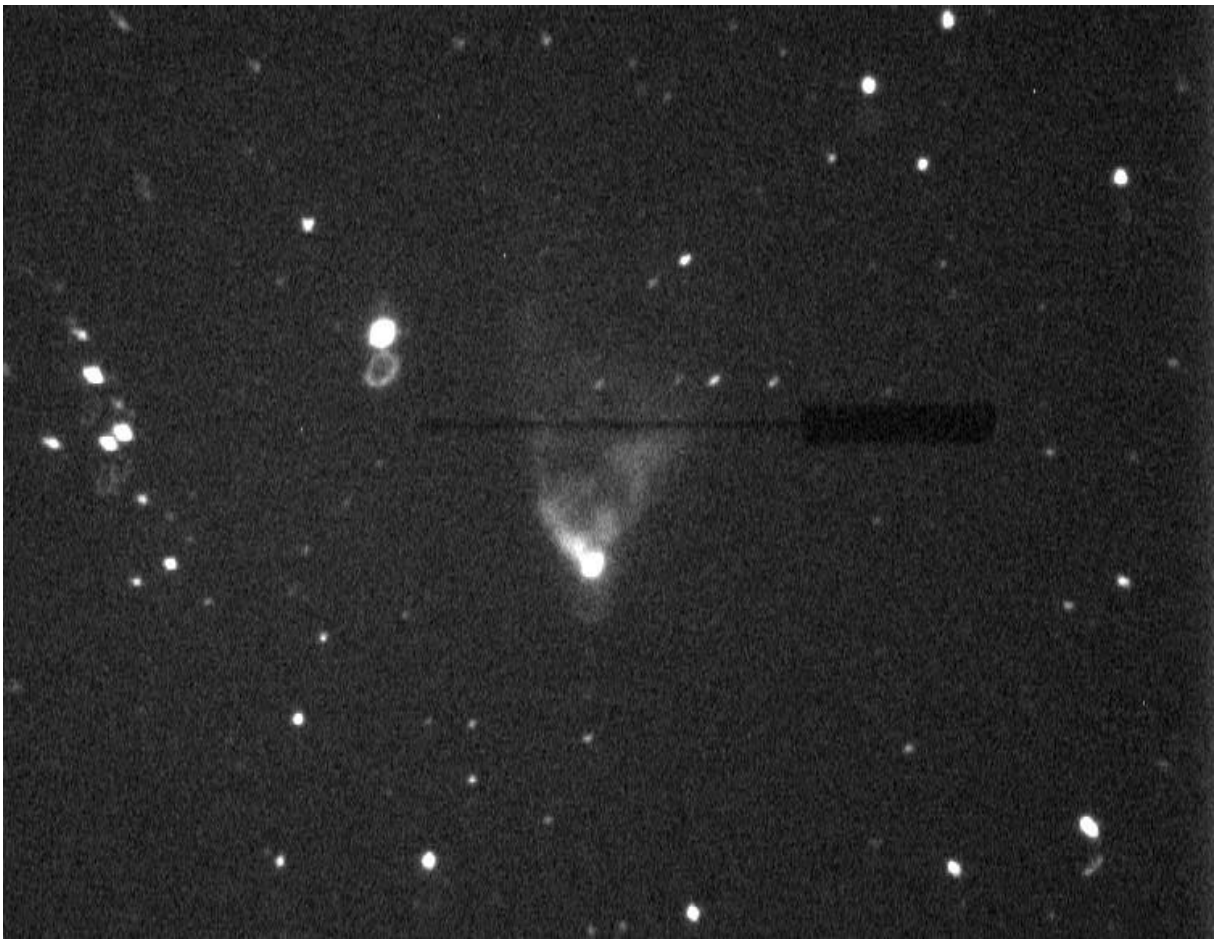


Etoile Be : EM* AS 77
Catégorie : Be classique
Coordinates : 03 54 47.93 +44 56 19.6 7 (2000)
Magnitude B : 11.4
Magnitude V : 11.15 ±0.09
Magnitude J : 10.318 ±0.022
Type spectral : Be

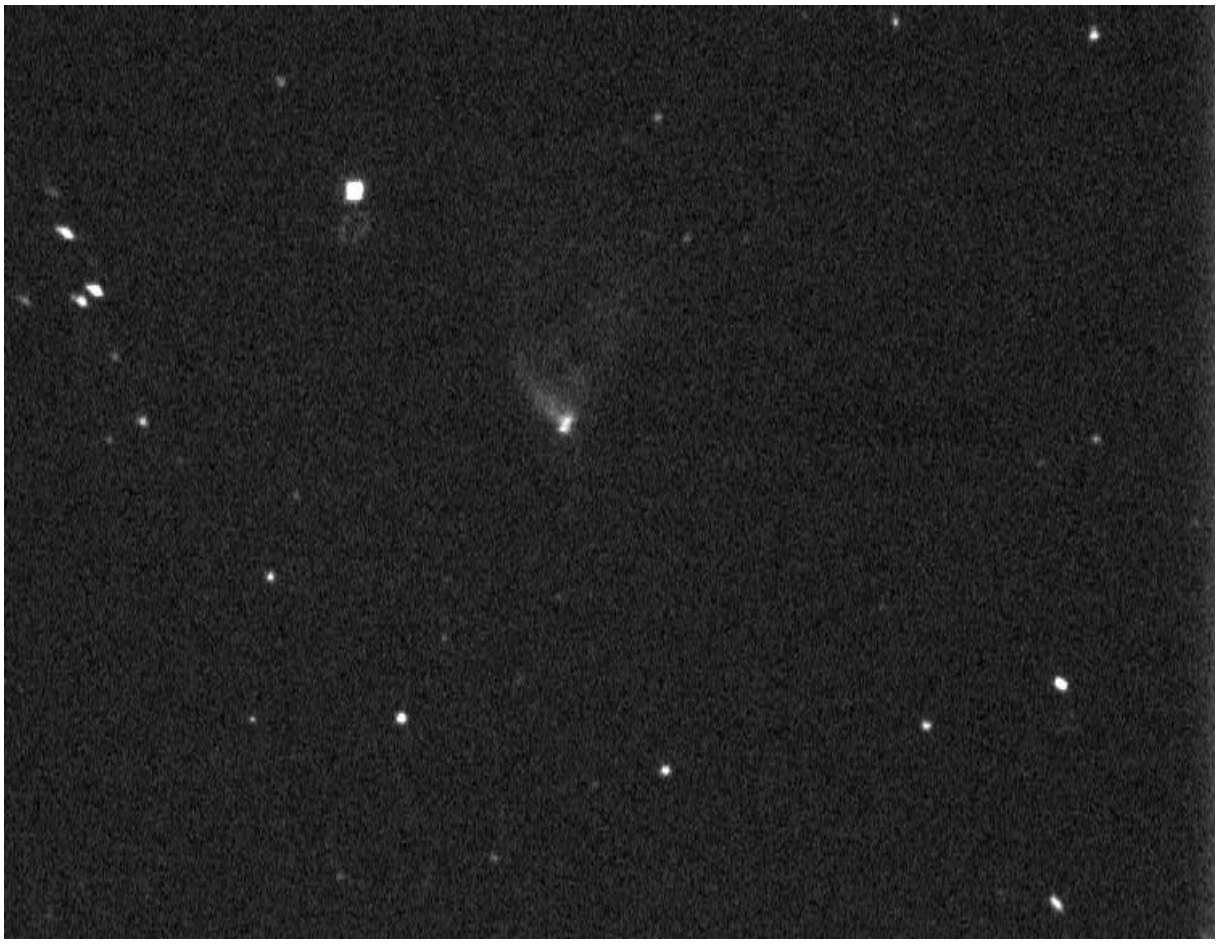


Observation de R monocerotis

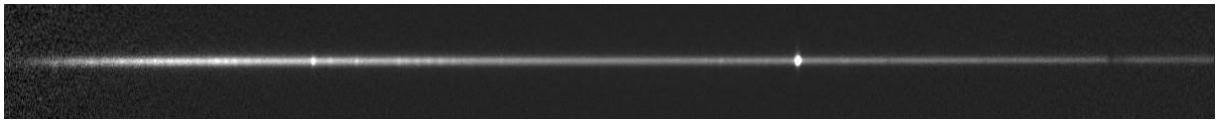
Pendant le pointage, avec la caméra de guidage (lodestar X2) la nébuleuse variable bien connue associée à l'étoile était bien visible sur une pose de 10 sec :

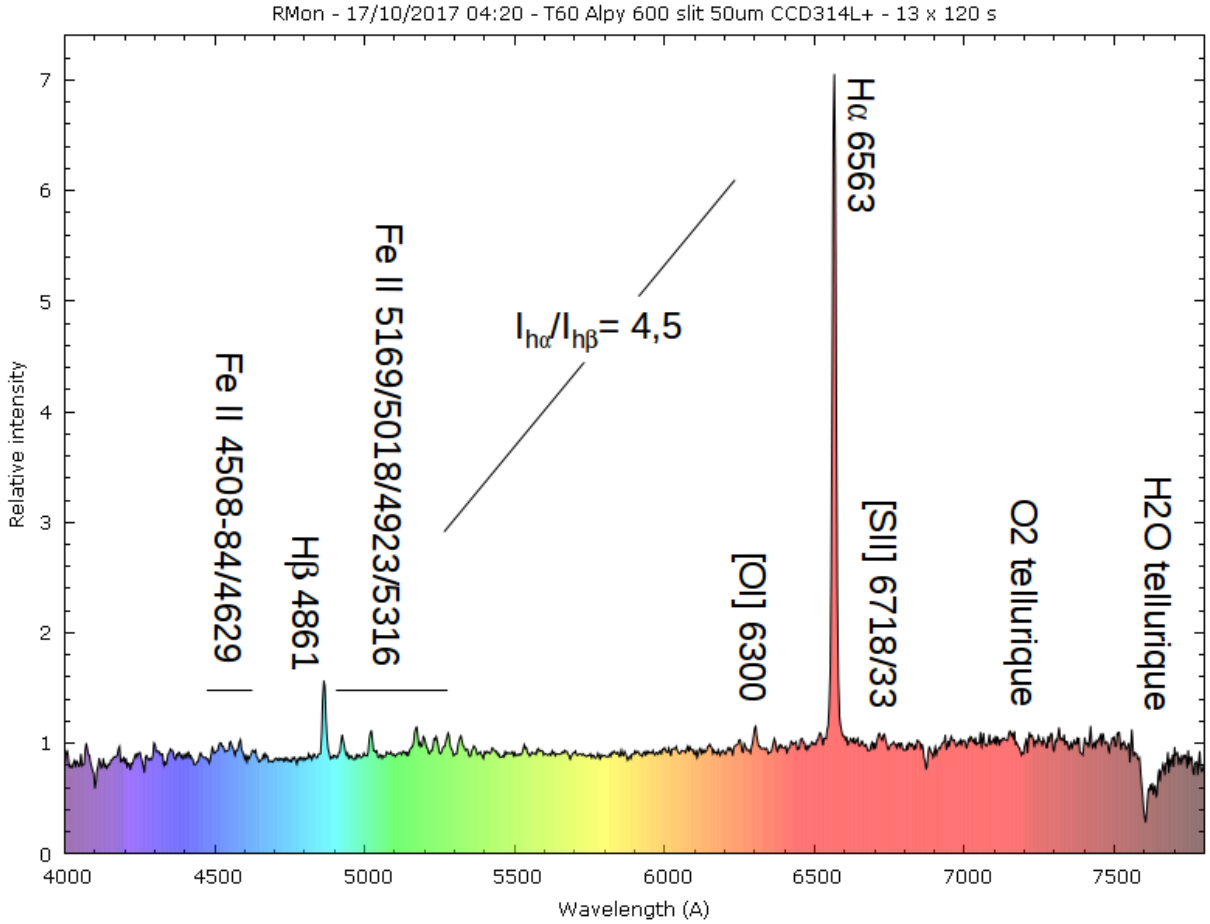


La fente sur l’étoile, pendant l’acquisition/guidage :



Spectre brut (crop) :



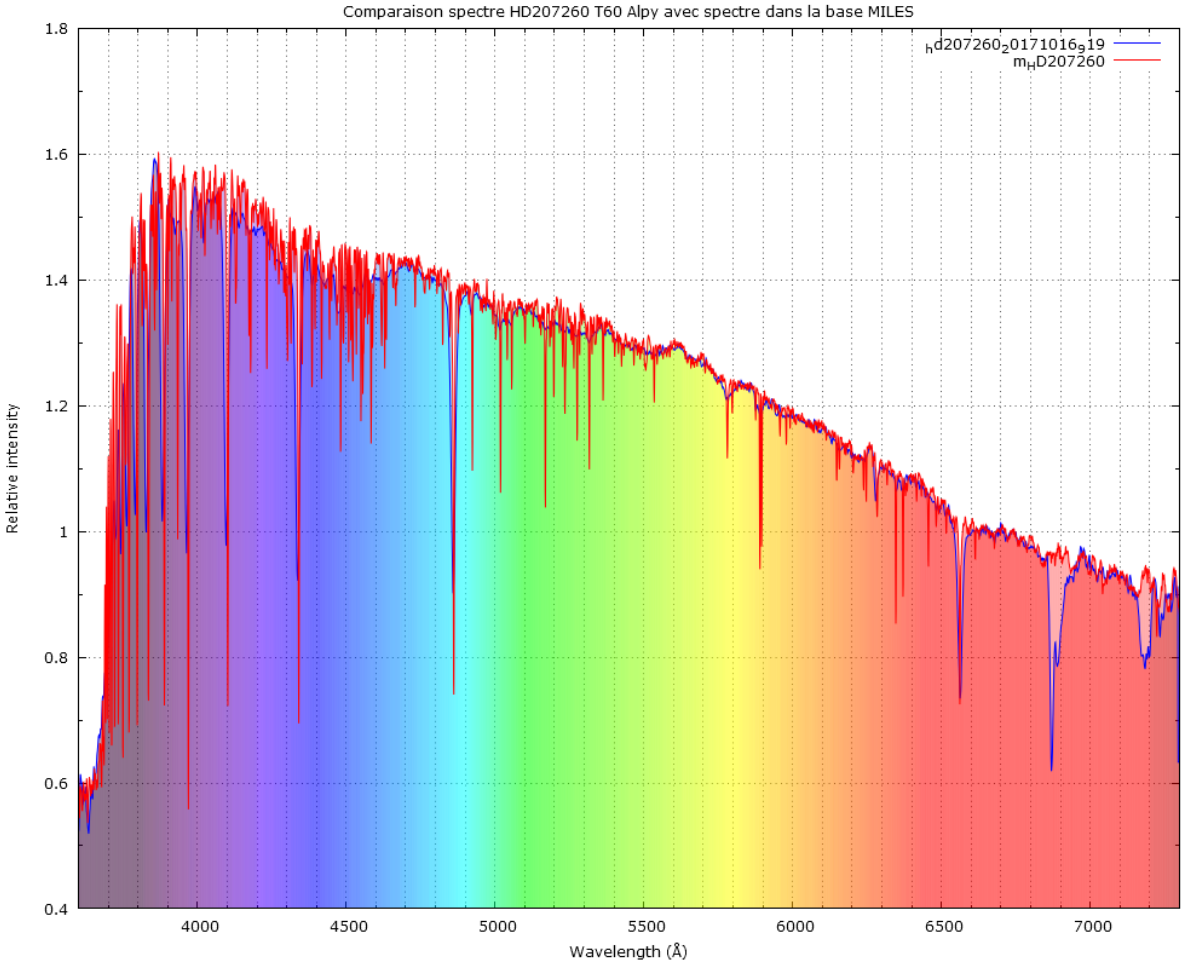


On observe les raies de Balmer en émission intense. Le rapport d'intensité des raies Ha divisé par l'intensité de la raie Hb devrait être de 2.8 (d'après la physique) pourtant on l'observe ici à environ 4.5 ce qui indique que l'étoile est "rougie" par les poussières environnante (sur la ligne de visée du spectro) On identifie des raies en émission [OI] et [SII] et du Fer, une signature d'une étoile en formation type T Tauri

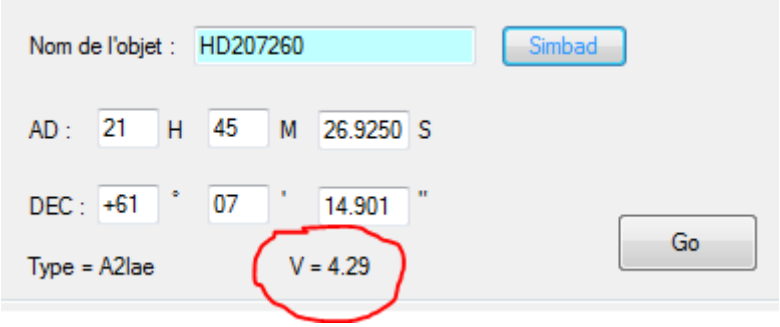
Expérimentation en spectro-photométrie sur R Aql

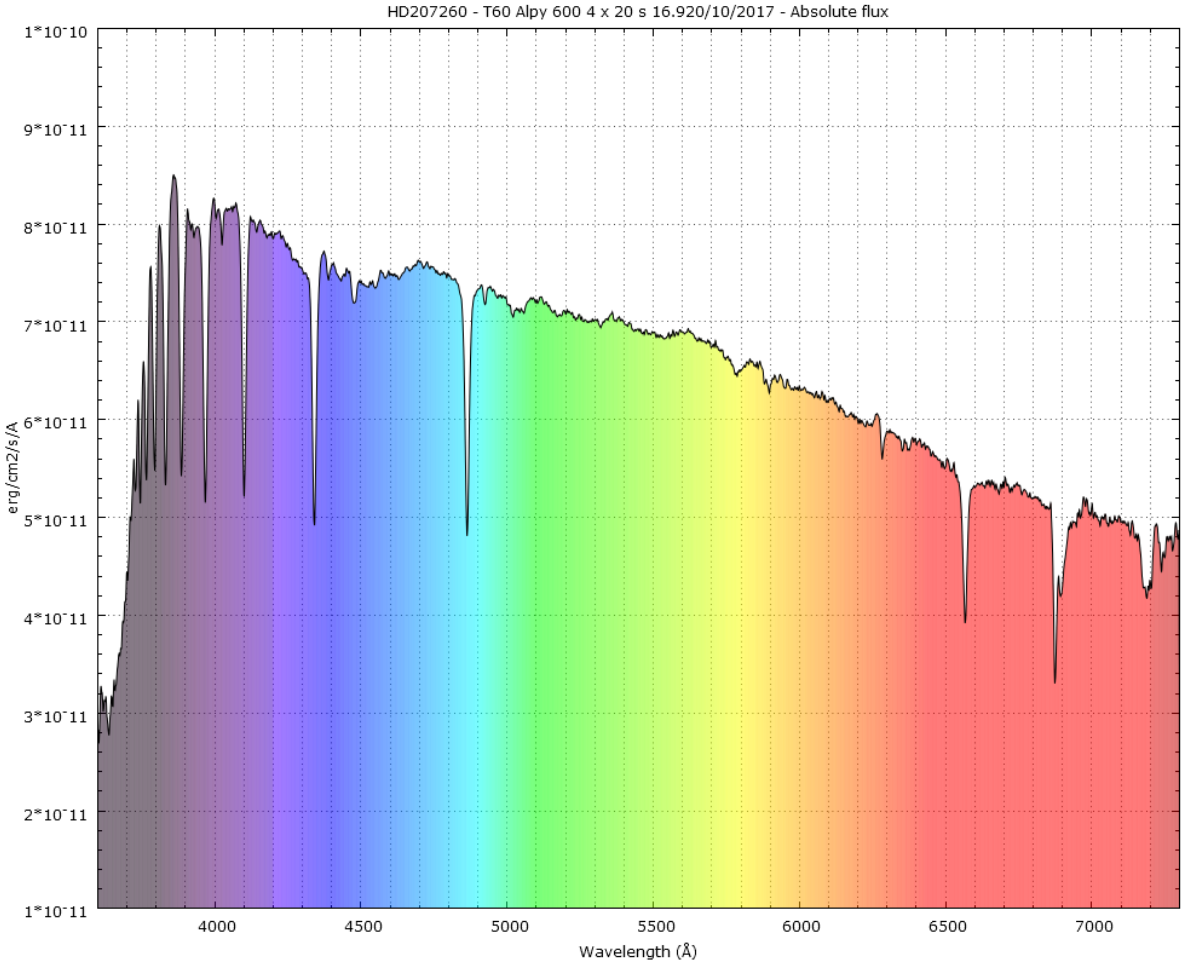
R Aqr (2000): R.A. 23 43 49.46 Dec. -15 17 04.2. R Aqr, est variable avec ~ V = 5.2 - 12.4

Spectre de l'étoile de référence HD207260 (choisie proche en hauteur de la cible, et dans la base MILES) :

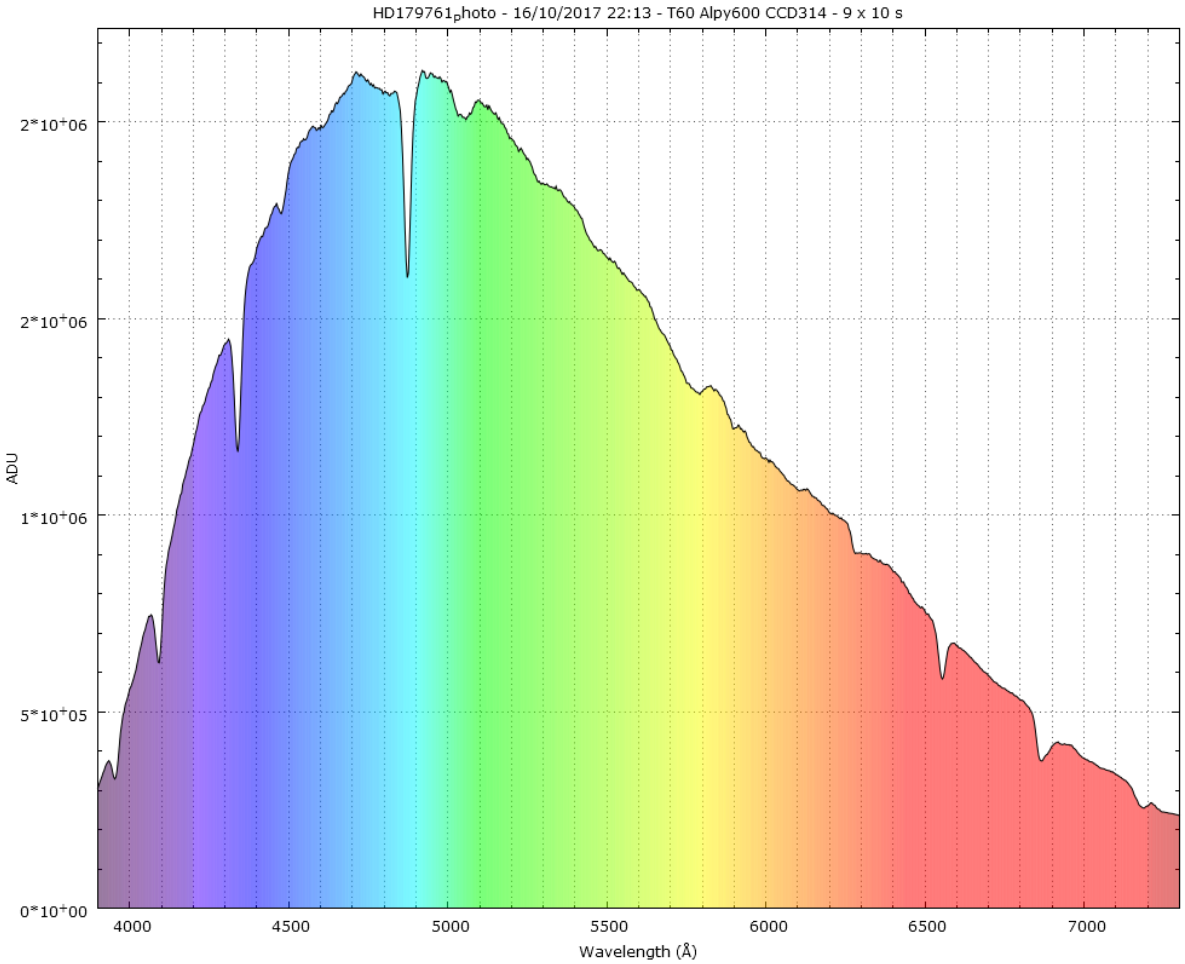


Le spectre de HD207260 converti en flux absolu (magnitude V = 4.29 dans Simbad)

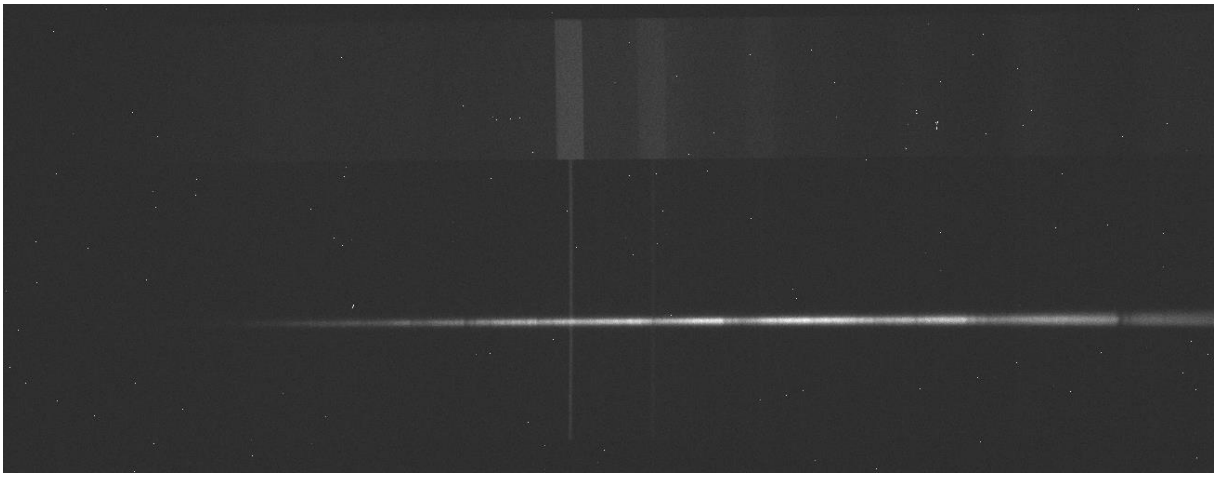




Spectres de l’étoile de référence acquis avec la fente large (photométrique) :

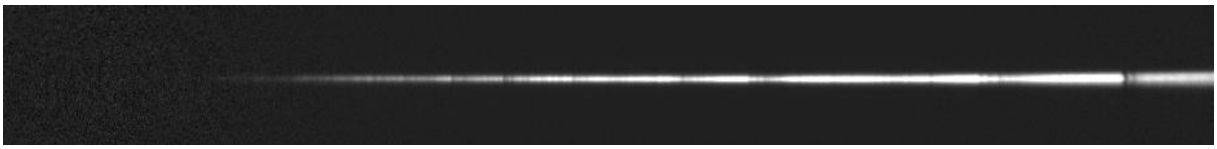


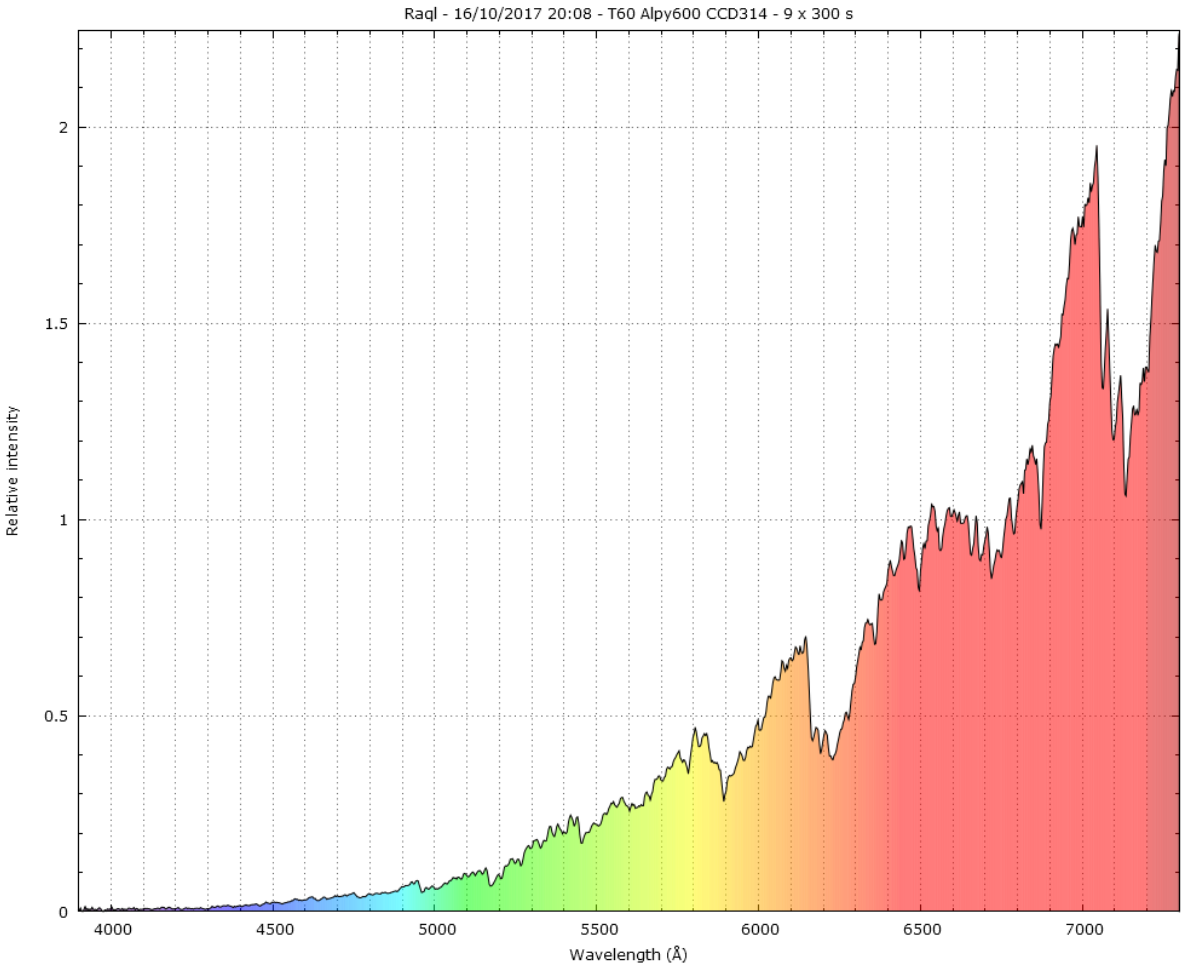
RAql, ci-dessous un spectre brut, pose de 300 sec, avec autoguidage :



On voit des pixels chauds et des rayons cosmiques qui doivent être soigneusement retirés lors du traitement (filtrage cosmiques et binning optimisé dans Isis). On a de la pollution lumineuse (et une raie du ciel ?), les lumières de la station de téléphérique et du chantier étaient allumées lors de l'observation.

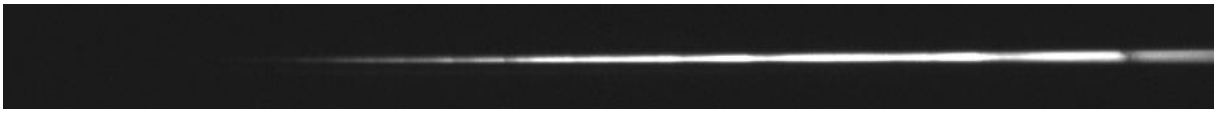
Le spectre après réduction :



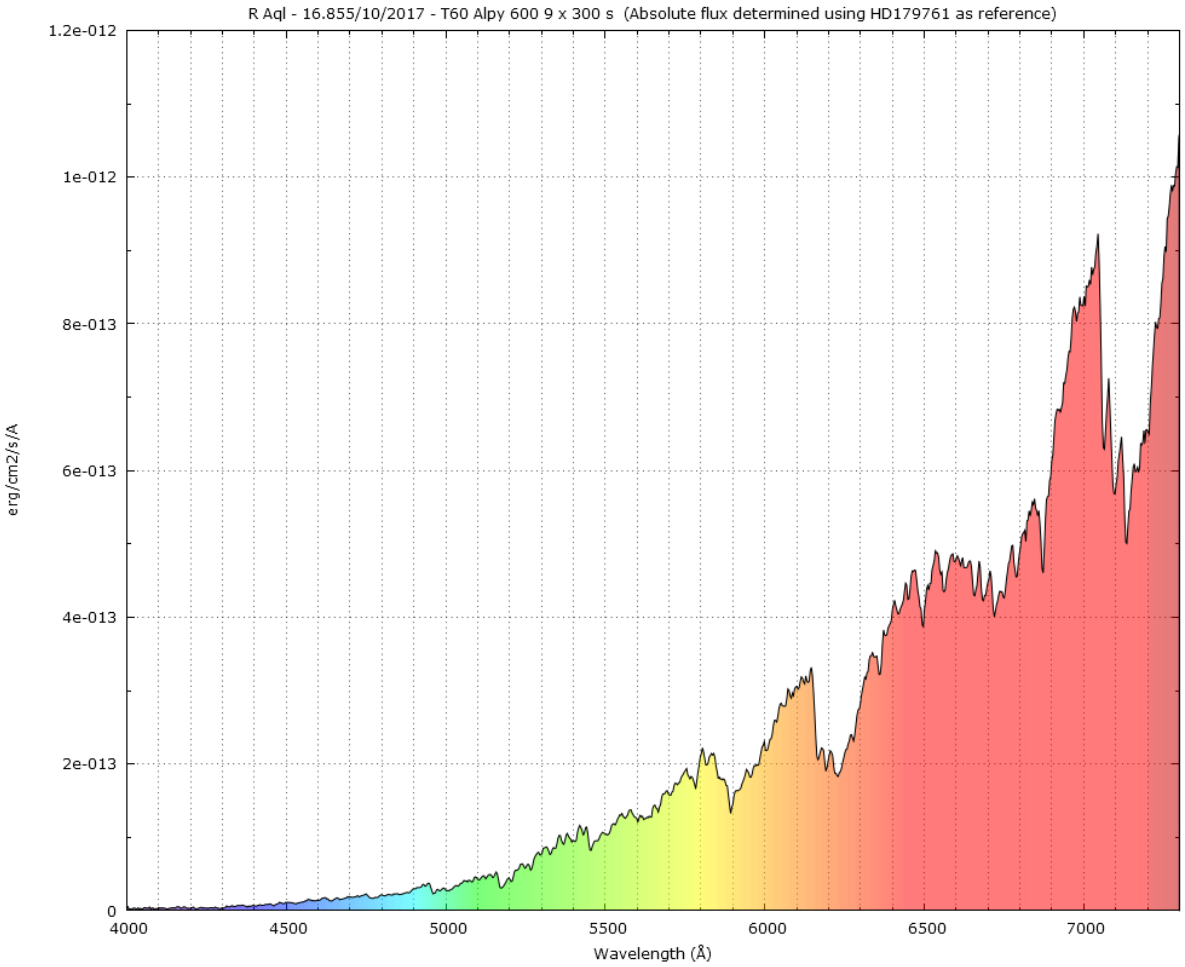


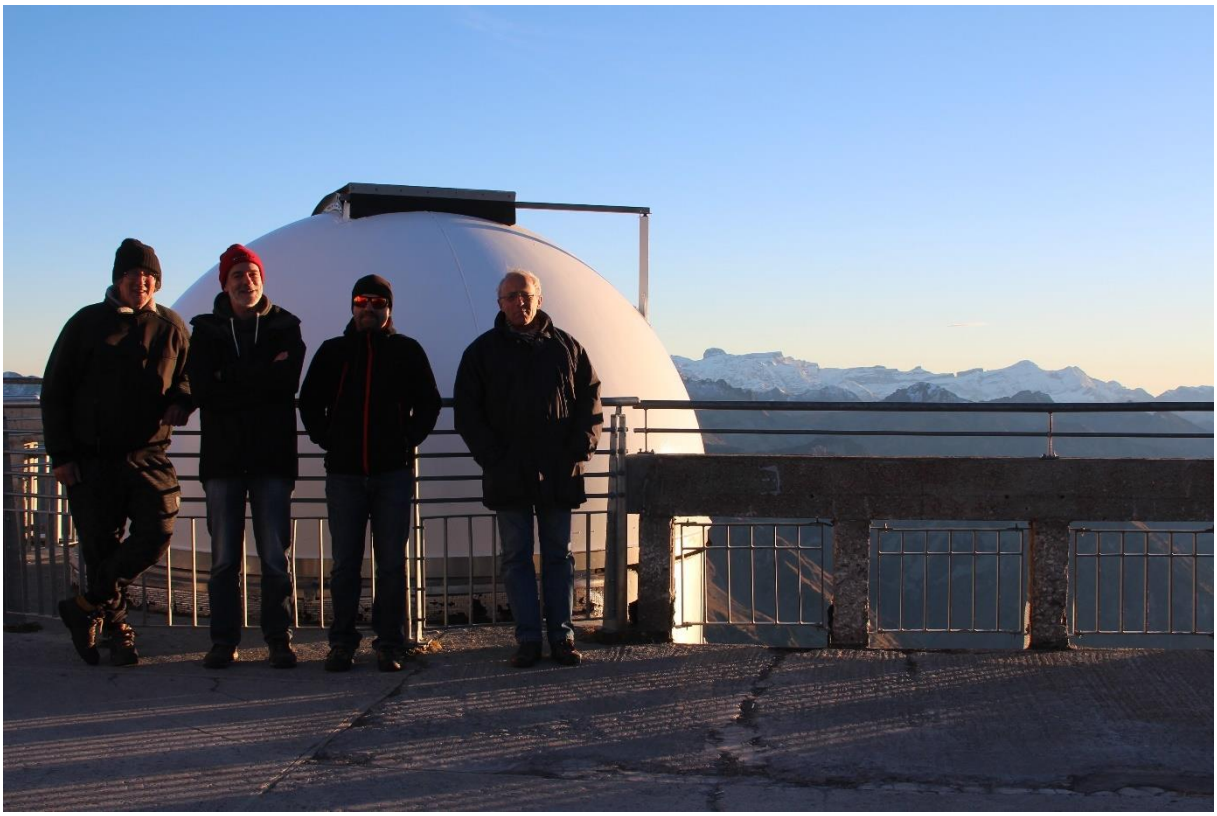
Les raies en émission de la Mira / symbiotique ne sont pas détectées

Le spectre photométrique de RAql :



Le spectre calibré en flux absolu :





Gérard, JP, Daniel, Michel

Merci au personnel de l'OMP et à l'association T60. Vive le Pic !