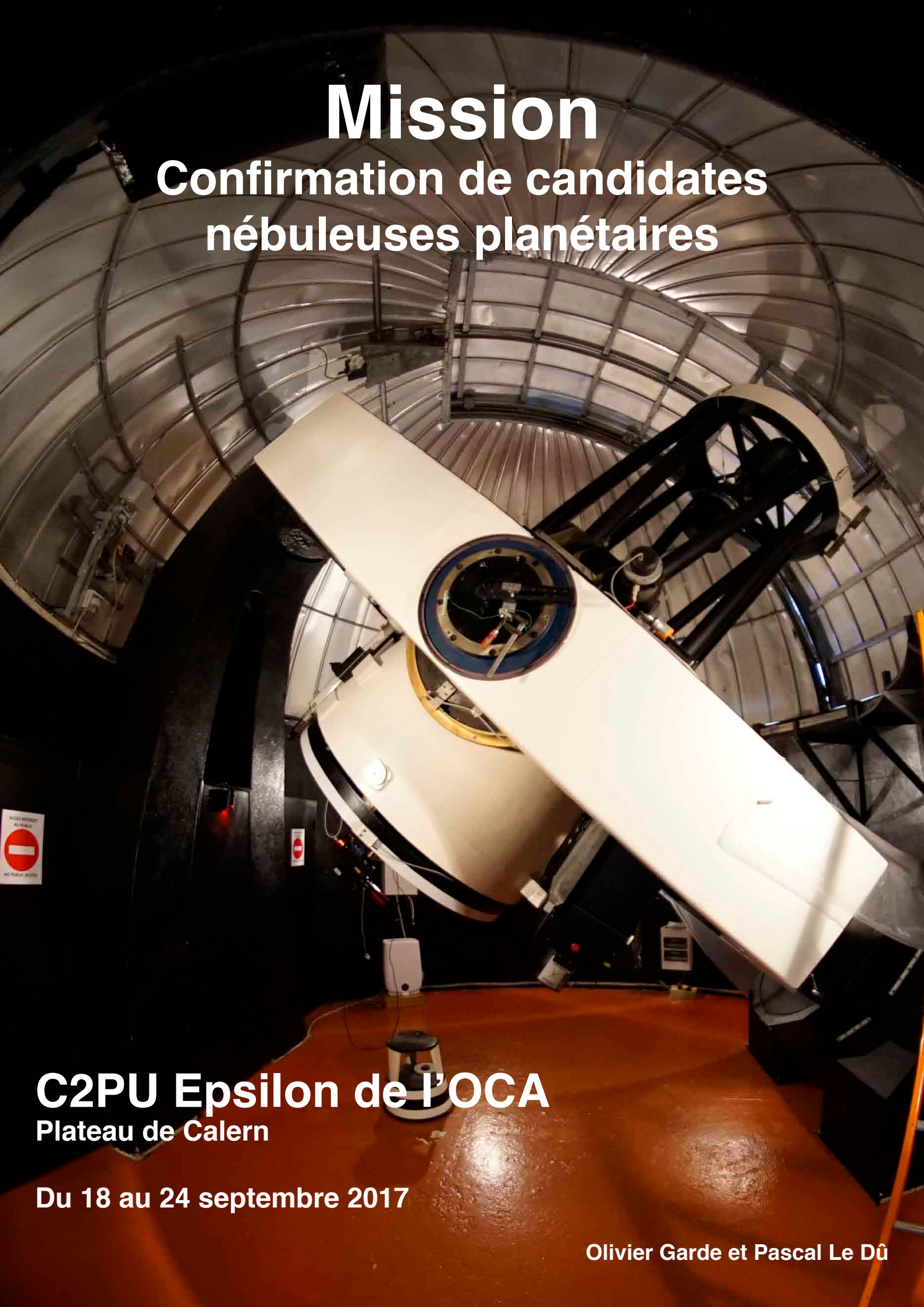


A large astronomical telescope, the C2PU Epsilon, is mounted inside a dome. The telescope is white with a blue circular opening at its front. It is positioned diagonally across the frame. The dome's interior is made of metal ribs and translucent panels. The floor is a reddish-brown color. A small sign with a red circle and a horizontal bar is visible on the left side of the dome.

Mission

Confirmation de candidates nébuleuses planétaires

C2PU Epsilon de l'OCA
Plateau de Calern

Du 18 au 24 septembre 2017

Olivier Garde et Pascal Le Dû

Sommaire

p.3 Objectif de la mission

p.4 Membres de la mission

p.5 Site d'observation

p.8 Matériel utilisé

p.10 Méthodologie

p.11 Acquisitions des spectres

p.13 Traitement des spectres

p.14 Bilan des résultats

p.15 Spectres avec signature spectrale d'une NP

p.23 Spectres d'objets qui n'ont pas la signature spectrale d'une NP

p.33 Synthèse

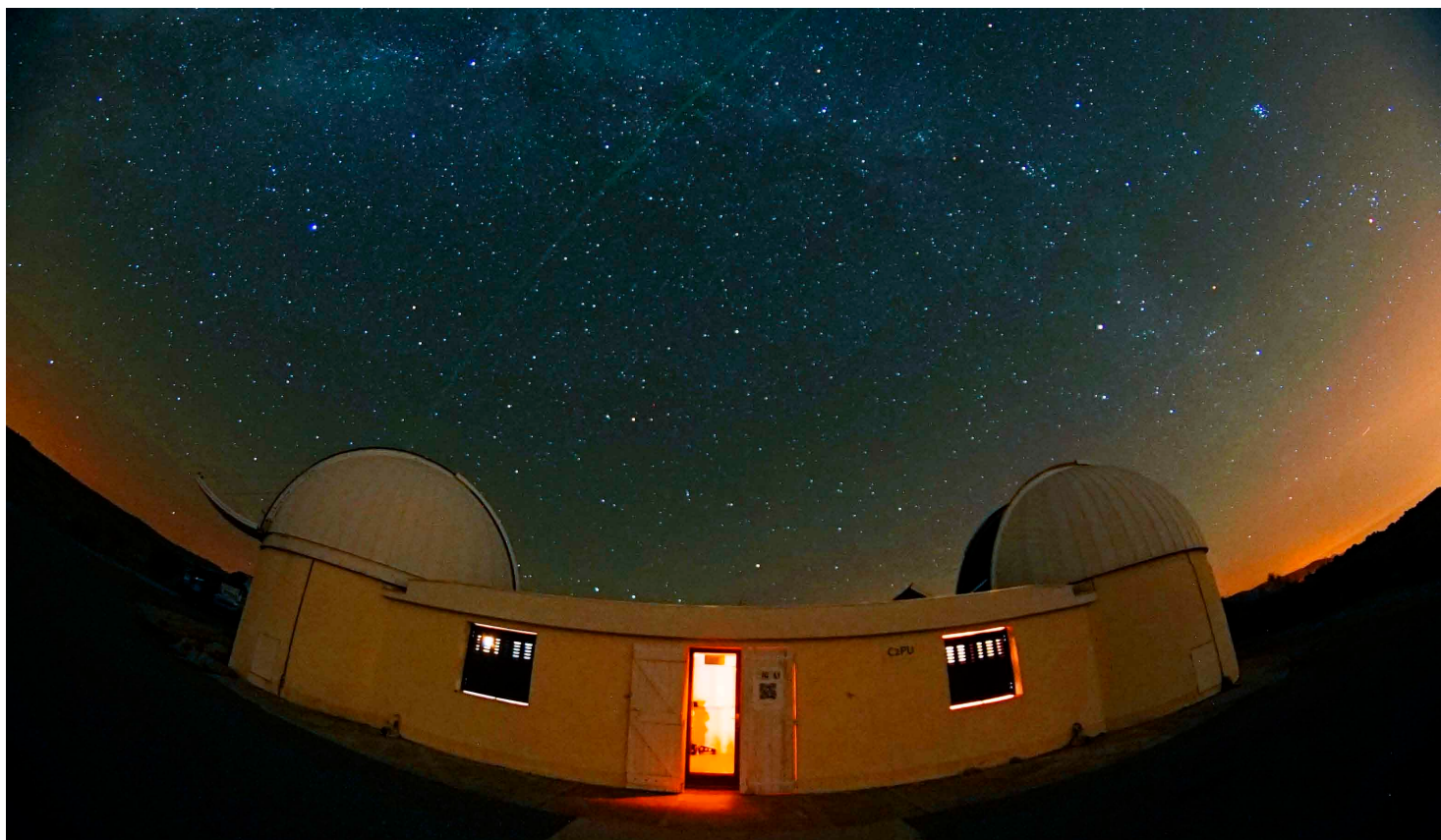
p.34 Autres résultats :

- V2188 Cyg : étoile Be mag V=14,88
- V1493 Cyg : étoile Herbig V=15,20

p.36 Remerciements

p.37 Bibliographie - Références

p.38 Galerie photos d'ambiances



Crédit photo : © Olivier Garde

Objectif de la mission

Depuis plusieurs années, des astronomes amateurs découvrent des candidates nébuleuses planétaires à partir de leurs propres images ou en scrutant des surveys professionnels disponibles sur le Web.

Pascal le Dû a lui même découvert de nombreuses candidates dont plusieurs ont été confirmées comme véritables nébuleuses planétaires.

Pour confirmer la nature d'une candidate, il faut réaliser son spectre et mettre en évidence une signature spectrale caractéristique : les raies [OIII] 4959-5007 et $H\alpha$ doivent être en émission. D'autres paramètres rentrent en ligne de compte comme le rapport des deux raies [OIII] 4959 et [OIII] 5007. Certaines autres raies peuvent également être en émission comme les raies $H\beta$, [OI], HeI, HeII, [SII], [NII] .

L'objectif de la mission est de réaliser des spectres à basse résolution sur plusieurs candidates afin de mettre en évidence (ou pas) cette signature spectrale, tout en profitant d'un télescope de grand diamètre et d'un site de qualité.

Cette mission de confirmation de nébuleuse planétaires par spectroscopie fait suite à deux autres missions réalisées à St Véran avec un télescope de 500 mm en 2015 et en 2016.



Crédit photo : © Olivier Garde

Les membres de la mission



Crédit photo : © Pascal Le Dû

Olivier Garde pratique l'astronomie amateur depuis l'âge de 12 ans. En 1996, il obtient un DU d'Astronomie et Astrophysique au centre d'Orsay de l'Université de Paris XI. Depuis plus de 15 ans, il collabore régulièrement sur des programmes Pro/Am en spectroscopie et participe à des missions dans divers observatoires (Astroqueyras, OHP, CAM). Il dispose également de son propre observatoire équipé de nombreux spectrographes basses et hautes résolutions. Il est également membre du Club d'Astronomie de Lyon Ampère depuis 1999.



Pierre Dubreuil fait ses débuts en astronomie en 1997 avec le club planétarium Valéri à Nice. En 2001, suite au projet Aude, il construit une CCD audine. Il participe également à la naissance du TAC (Telescope Amateur sur le plateau de Calern). A partir de 2004, il s'intéresse à la spectroscopie en participant à plusieurs Spectro Party à l'OHP et s'implique également dans des collaborations Pro/Am sur RR Lyr, WR140 aux Canaries et des missions au C2PU ainsi qu'à St Véran. Il a également son observatoire fixe chez lui.



Pascal Le Dû est un astronome amateur qui observe le ciel depuis la pointe bretonne en face des îles d'Ouessant et Molène. En étroite collaboration avec A. Acker, il analyse et répertorie les candidates NP découvertes par des amateurs. Il maintient la base des découvertes françaises. Il dispose d'un observatoire qui permet d'imager le ciel, mais aussi de réaliser des spectres. Titulaire d'un DU en mécanique céleste, il ne manque pas de partager sa passion par le biais de conférences et d'articles dans des magazines d'astronomie. Il est membre du club d'astronomie Pégase de Saint-Renan.



Alain Lopez pratique l'astronomie depuis l'âge de 15 ans. Il est à l'origine de la création d'un club d'astronomie avec Didier Millet au lycée Carnot à Cannes. En 1998, il rencontre Pierre Dubreuil au Club du Planétarium de Nice : ensemble ils vont participer à de nombreuses missions au Pic du Midi (T60), à St Véran (Astroqueyras), à Ténériffe au Teide, au C2PU de l'OCA. Très souvent en complicité avec Pierre, on les appelle les « Nice People ». Alain pratique la spectro depuis 2004 et dispose d'un poste fixe dans son jardin.

Calern et le C2PU

Suite à une campagne de prospection, le site de Calern a été retenu en 1970 par l'observatoire de la Côte d'Azur (**OCA**), pour l'implantation d'un observatoire astrométrique et l'utilisation de nouveaux instruments. Ce plateau d'une surface de 20 km² est semi désertique. Il bénéficie d'un nombre élevé de nuits claires. Le degré d'humidité de l'atmosphère est moyen et les vents circulent en couches horizontales. Les brumes sont très rares et la poussière inexistante.

Le site est officiellement inauguré en 1974 sous le nom de **CERGA** (Centre d'Etude et de Recherches en Géodynamique et Astronomie). Il héberge, dans les années 70 à 90, des instruments innovateurs en télémétrie laser et en interférométrie.

L'activité du télescope Schmidt en imagerie grand champ sur de petits objets est également très intenses jusqu'au début des années 2000.

En 1988 le **CERGA** fusionne avec l'Observatoire de Nice et donne naissance à l'Observatoire de la Côte d'Azur (**OCA**).



Aujourd'hui, la vie scientifique sur le plateau se poursuit avec des projets qui tiennent compte de l'expérience acquise dans le passé : télémétrie laser, transfert de temps, géodésie spatiale, mesure du diamètre solaire, enseignement et recherche, prévention des tsunamis.

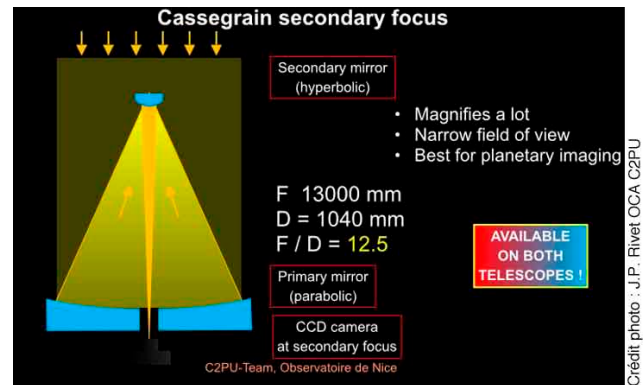
Le site est constitué de nombreux bâtiments et de coupôles. Le bâtiment du C2PU dispose de deux coupôles abritant chacune un télescope de 1 mètre de diamètre identique. Le projet C2PU (Centre Pédagogique Planète Univers) repose sur la réhabilitation puis l'utilisation de ces deux télescopes pour la recherche scientifique et l'enseignement.

Les télescopes du **C2PU** participent à plusieurs programmes de recherche dans divers domaines de l'astronomie : suivi d'astéroïdes, confirmations d'objets détectés par le satellite **GAIA**. Ils sont également utilisés pour l'enseignement des sciences au niveau universitaire mais aussi pré-universitaire.

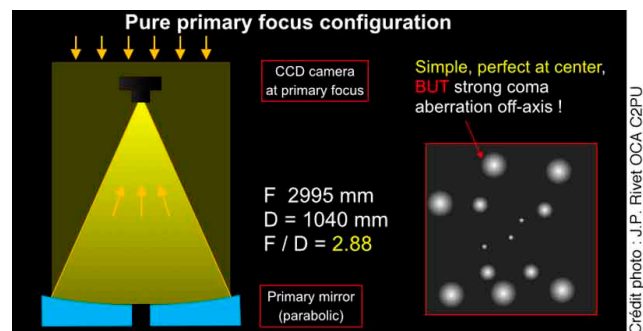
Les télescopes des deux coupoles, nommées Est et Ouest, sont de conception identique. L'un est nommé **Omicron** (coupole Ouest) et l'autre **Epsilon** (coupole Est). Le télescope Omicron a été mis en service en août 2012 et le télescope Epsilon en mai 2015. Le miroir primaire est parabolique avec un diamètre de 1040mm

Le télescope dispose de 4 configurations optiques différentes :

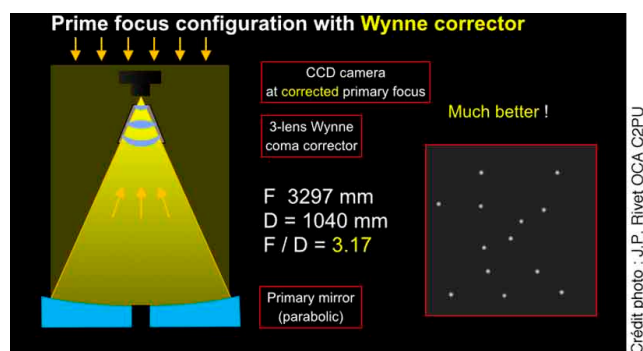
- **Cassegrain** avec un miroir secondaire hyperbolique qui permet d'obtenir une focale de 13 mètres et un F/D de 12,5 au foyer du miroir secondaire.



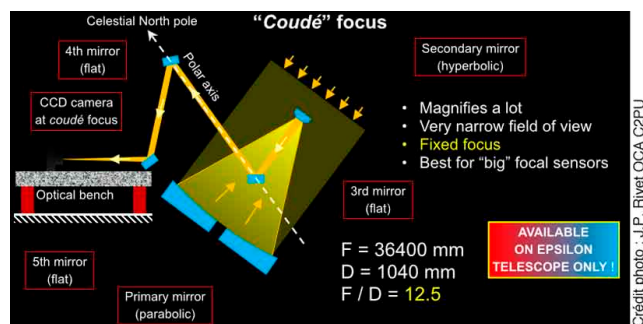
- Mode «**fastar**» où la CCD est fixée au foyer du miroir primaire à la place du miroir secondaire. Dans cette configuration le télescope a une focale de 3 mètres et un rapport F/D de 3, mais le champ est fortement affecté par la coma.



- Mode «fastar» avec correcteur de coma de **Wynne** : focale de 3,3 mètres et F/D de 3,2.



- **Mode coudé** avec un 3ème miroir plan dans l'axe optique du miroir secondaire, renvoyant le flux de lumière dans l'axe polaire de la monture du télescope : focale de 36 mètres et un rapport F/D de 12,5.



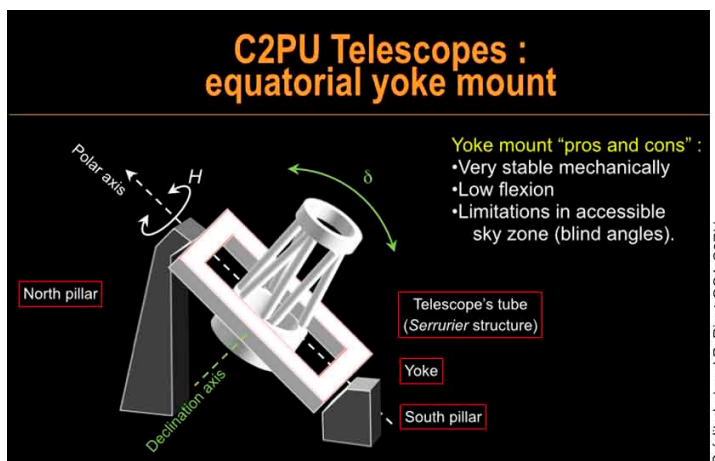
Le réglage de la focalisation est effectué par la translation du support du miroir secondaire dans l'axe optique du miroir primaire.

La monture du télescope est une équatoriale Yoke, ce qui limite le pointage du télescope dans certaines directions. Le diagramme ci-dessous montre les zones possibles de pointage en fonction de la hauteur et de l'azimuth des objets.

La monture est très stable mécaniquement avec de faibles flexions. Le suivi est très précis même avec une focale de 6 mètres.

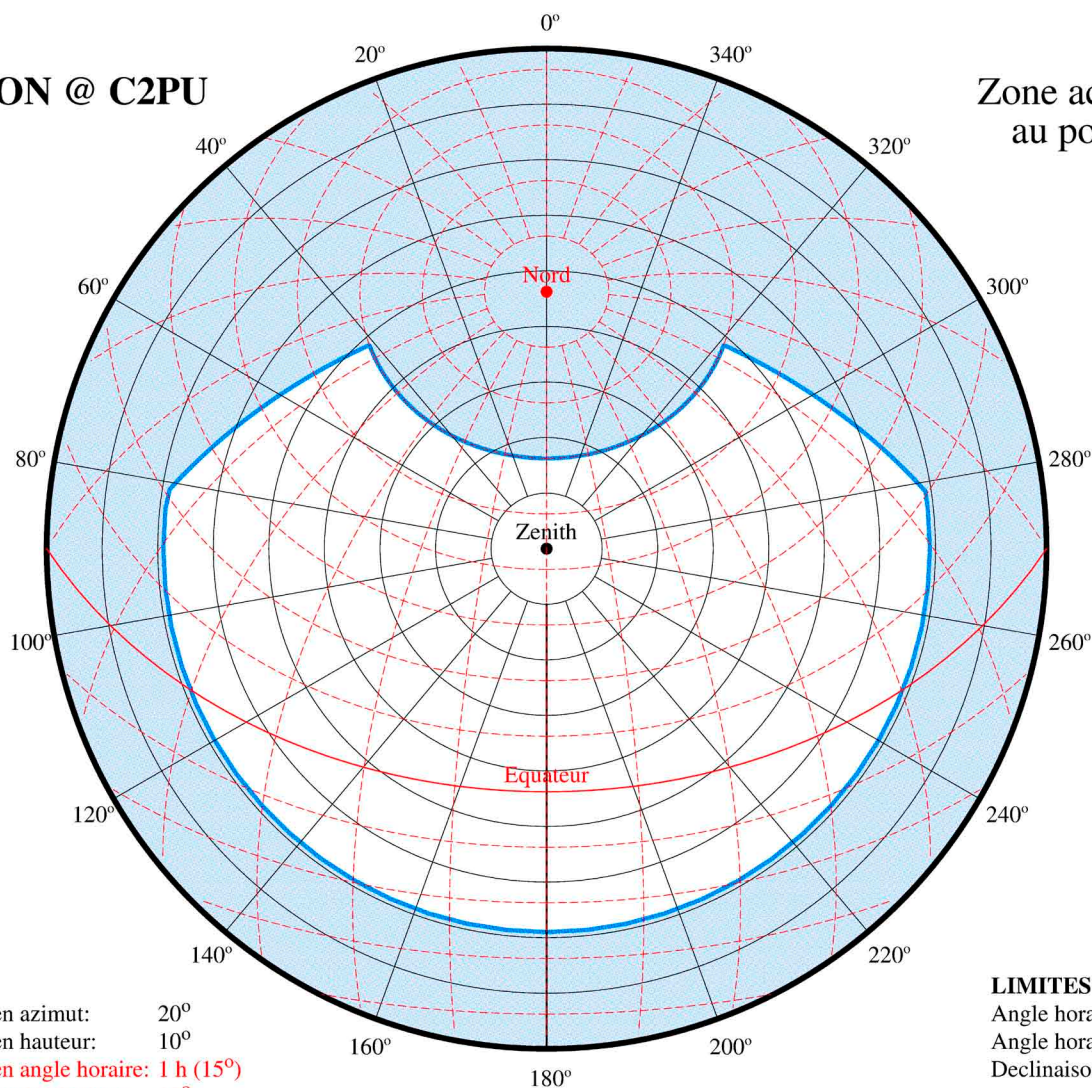
Le télescope Omicron avec sa coupole peuvent être totalement contrôlés à distance via internet, ce qui n'est pas encore le cas du télescope Epsilon où certaines tâches, comme l'ouverture de la partie basse du cimier, s'effectue manuellement.

Chaque télescope dispose d'une salle de contrôle permettant de piloter le télescope et de réaliser les acquisitions d'images ou de spectres.



Crédit photo : J.P. Rivet OCA C2PU

EPSILON @ C2PU



Graduation en azimut: 20°
 Graduation en hauteur: 10°
 Graduation en angle horaire: 1 h (15°)
 Graduation en déclinaison: 10°

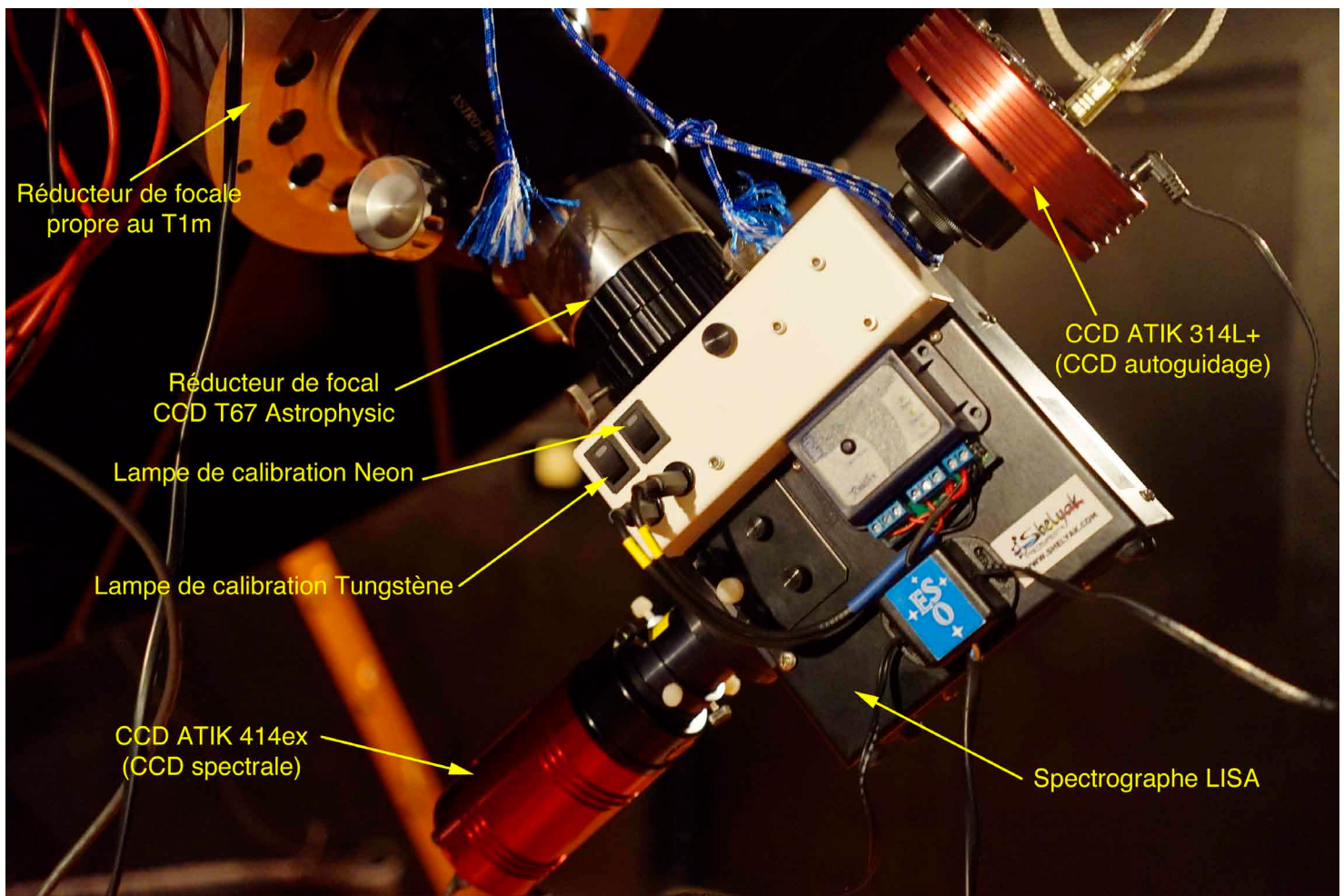
LIMITES DE POINTAGE:

Angle horaire < 5.3 h
 Angle horaire > -5.3 h
 Déclinaison < 60°
 Hauteur > 21°

Carte des zones accessible au pointage du télescope Epsilon du C2PU

© C2PU-OCA

Matériel utilisé



Crédit photo : © Olivier Garde

Le télescope Epsilon, de la coupole Est est utilisé dans sa configuration Cassegrain : <https://c2pu.oca.eu>).

Le spectrographe est un LISA de la société Shelyak (www.shelyak.com) d'une résolution native de $R=1000$. Il est prévu pour fonctionner avec un rapport proche de F/D 5.

Le télescope de 1mètre étant nativement à F/D 12,5, deux réducteurs de focale sont utilisés pour ramener le rapport F/D du télescope à une valeur proche de 6. Le premier réducteur utilisé est celui du C2PU, dédié normalement à ce télescope. Le second est un réducteur de focale Astro-Physics CCDDT67.

Le LISA est équipé de 2 caméras CCD ATIK :

- Une **ATIK 314L+** pour l'autoguidage qui permet d'avoir un champ assez large. Ce champ permet de vérifier le centrage de la cible sur la fente du spectrographe et d'assurer l'autoguidage sur une étoile proche de la fente. Dans la pratique, l'autoguidage n'est pas utilisé car le télescope suit très bien la cible malgré une focale de 6 m (les impulsions envoyées par le soft d'acquisition sont trop faibles pour être prises en compte).

- Une **ATIK 414 ex** pour l'acquisition des spectres. La caméra dispose de pixels de $6,45\mu\text{m}$ mais acquière les images en binning 2×2 , ramenant la taille des pixels à $12,9\mu\text{m}$ afin d'augmenter sa sensibilité. La qualité de la résolution du spectrographe est un peu dégradée, mais le gain de la sensibilité est multiplié par 4.

Une autre modification importante sur le LISA est apporté afin d'optimiser les chances d'obtenir du signal sur ces cibles très faibles : la fente de 50 μm de largeur utilisée la première nuit est remplacée par une fente de 75 μm de largeur pour le reste de la mission. Le flux en signal est ainsi plus important au détriment de la résolution.

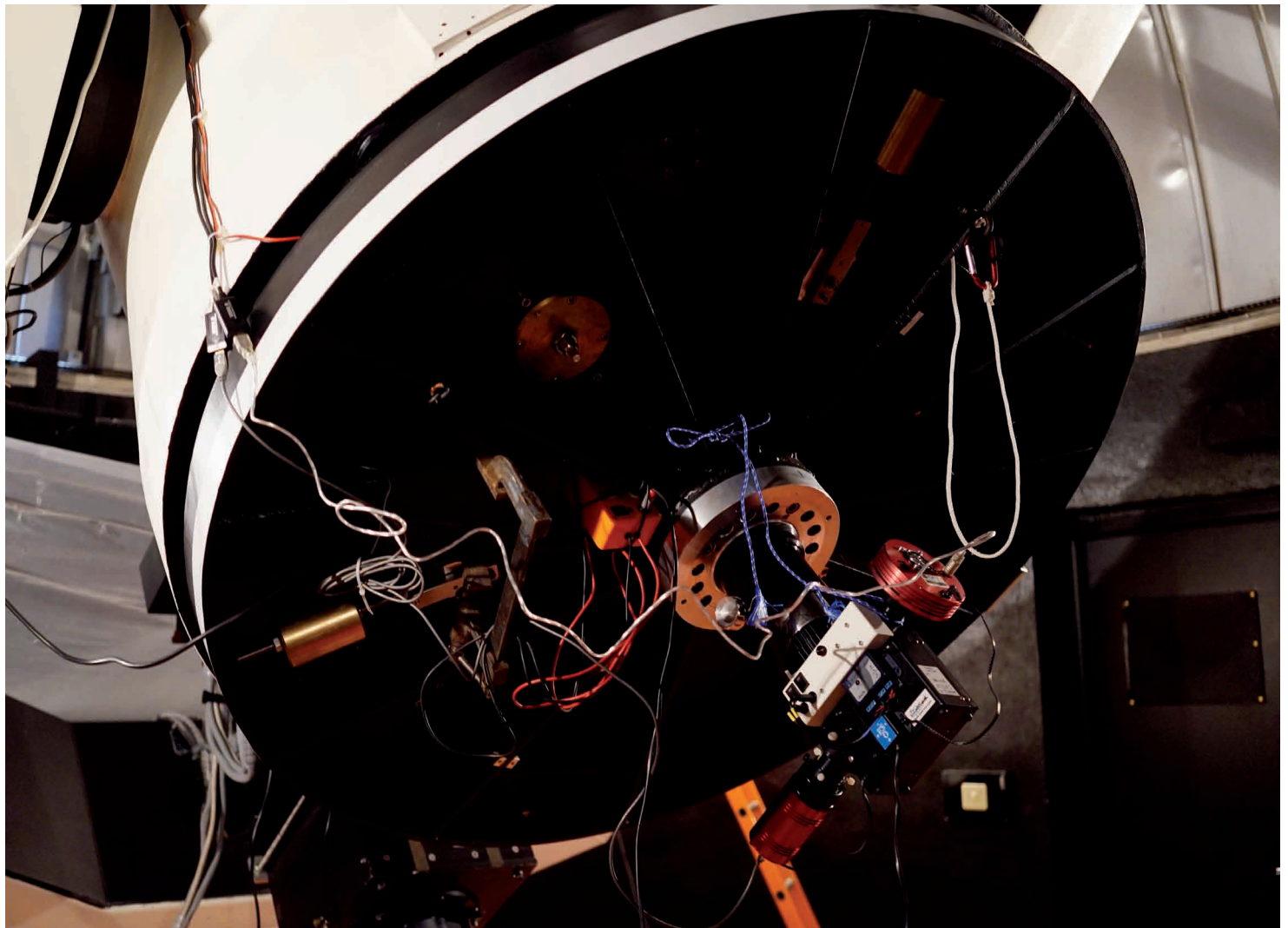
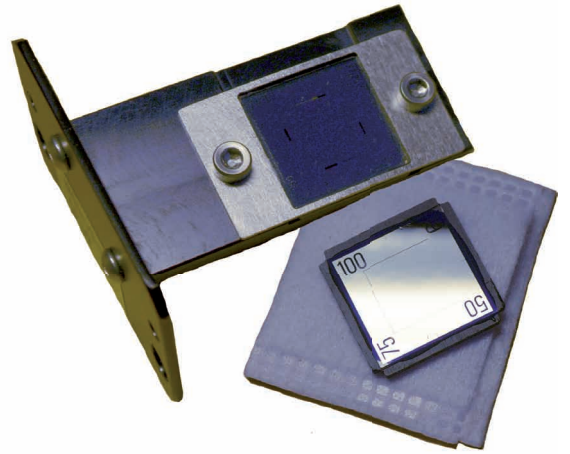
Avec ces deux modifications (binning CCD et largeur de fente) la résolution du LISA passe de $R=1000$ à $R=420$.

Enfin, les lampes de calibrations du LISA (Tungstène et Néon), sont commandées à distance pour éviter toute intrusions dans la coupole.

Les deux caméras sont orientées de manière à obtenir une fente horizontale (pour la CCD d'autoguidage) et un spectre horizontal (pour la CCD «science»).

Le champ de la caméra d'autoguidage est orienté avec le Nord en haut de façon à faciliter les reconnaissances de champs.

Le spectrographe reste à demeure sur le télescope durant toute la mission.



Arrière du télescope équipé du spectrographe LISA qui est fixé sur un porte oculaire de coulant de 2 pouces.

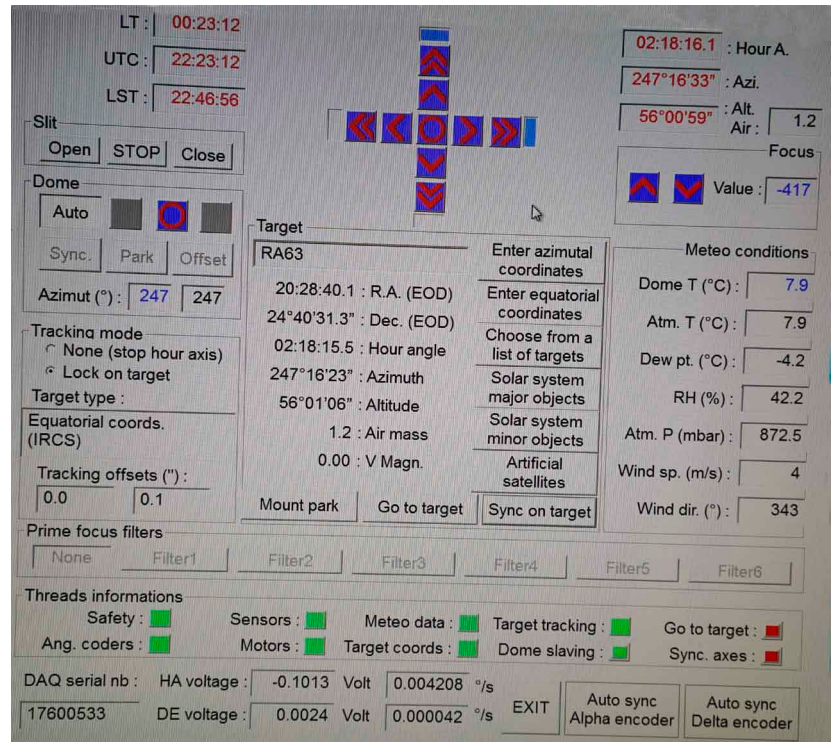
Crédit photo : © Olivier Garde

Méthodologie

Pour chaque nuit, le programme d'acquisition est réalisé par Pascal qui s'aide du logiciel **Sky Tools III** (<http://www.skyhound.com/skytools.html>). Les cibles sont toutes sélectionnées en fonction de leur hauteur dans le ciel sans jamais descendre en dessous de 30 degrés. En dessous de cette hauteur, la masse d'air devient trop importante pour réaliser des spectres dans de bonnes conditions.

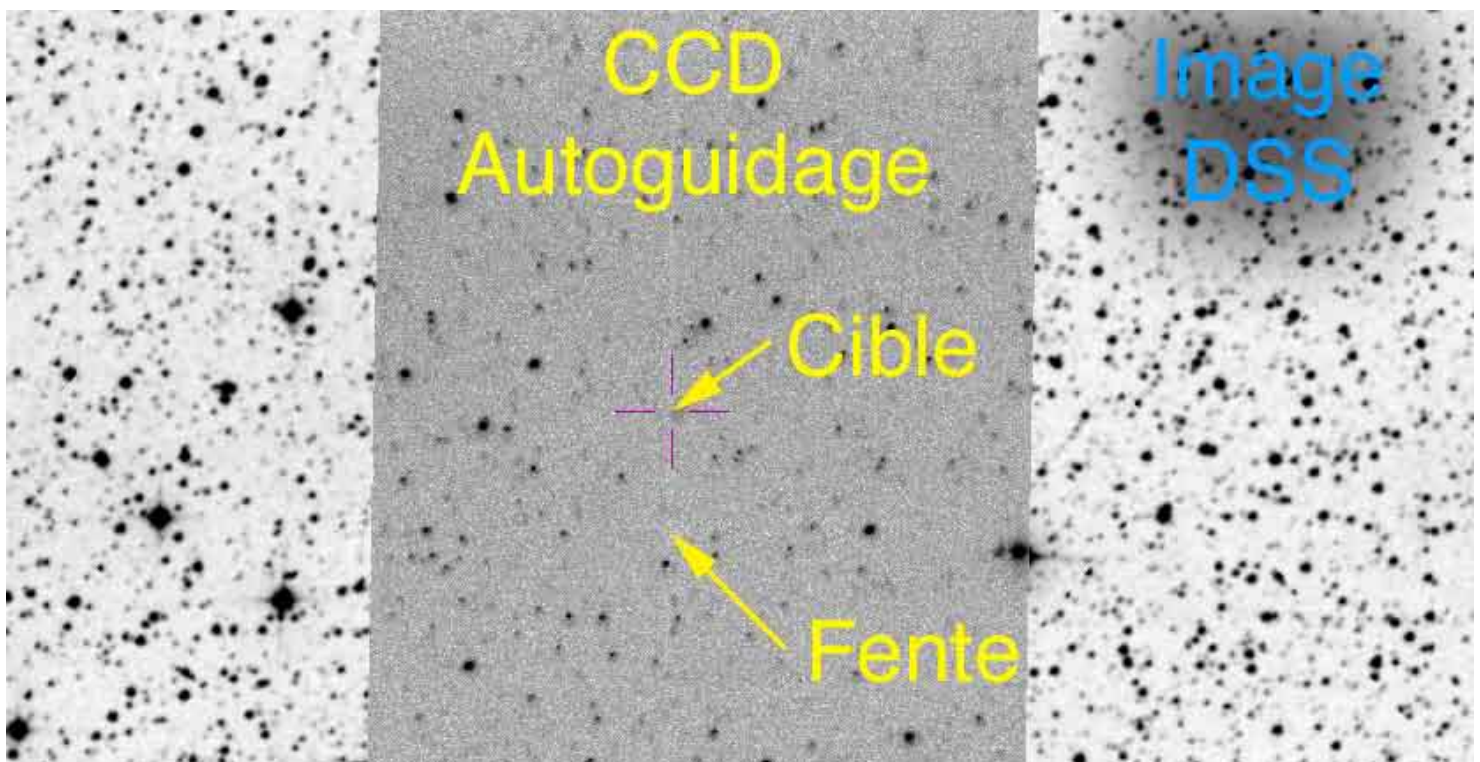
Chaque cible est pointée, à l'aide de ses coordonnées, avec le logiciel dédié au télescope du C2PU (logiciel développé par Jean-Pierre Rivet). Une précaution est prise sur le pointage afin d'éviter d'orienter le télescope vers une zone proscrite. Le soft gère également la rotation et la synchronisation de la coupole en fonction du pointage du télescope.

La mise au point via la motorisation du support du miroir secondaire est également gérée par le logiciel. La notice suivante: http://c2pu.oca.eu/IMG/file/C2PU_TelescopeControlSoftware_03.ppt indique la manière d'utiliser le logiciel.



La cible, généralement invisible est précisément centrée sur la fente du spectrographe grâce à l'utilisation de cartes de champ générées par Aladin.

L'image ci-dessous montre la superposition d'une image acquise avec le capteur d'autoguidage sur une image DSS. La fente est parfaitement sur la cible.



Acquisition des spectres

Une fois le pointage terminé, une image du champ du capteur d'autoguidage est réalisée. Cette image permet d'attester le bon centrage de la fente sur la cible dans les documents annexes. Les acquisitions spectrales sont réalisées par Olivier sur un PC dédié, avec le logiciel Maxim DL. Un autre PC est utilisé pour l'autoguidage. Cette configuration assure une meilleure stabilité informatique et un gain en productivité (chaque poste est indépendant et peut être utilisé conjointement par plusieurs opérateurs).

Outre la cible, il faut également réaliser un spectre d'une étoile de référence proche, que l'on peut choisir facilement grâce au tableur réalisé par François Teyssier. Téléchargement sur :

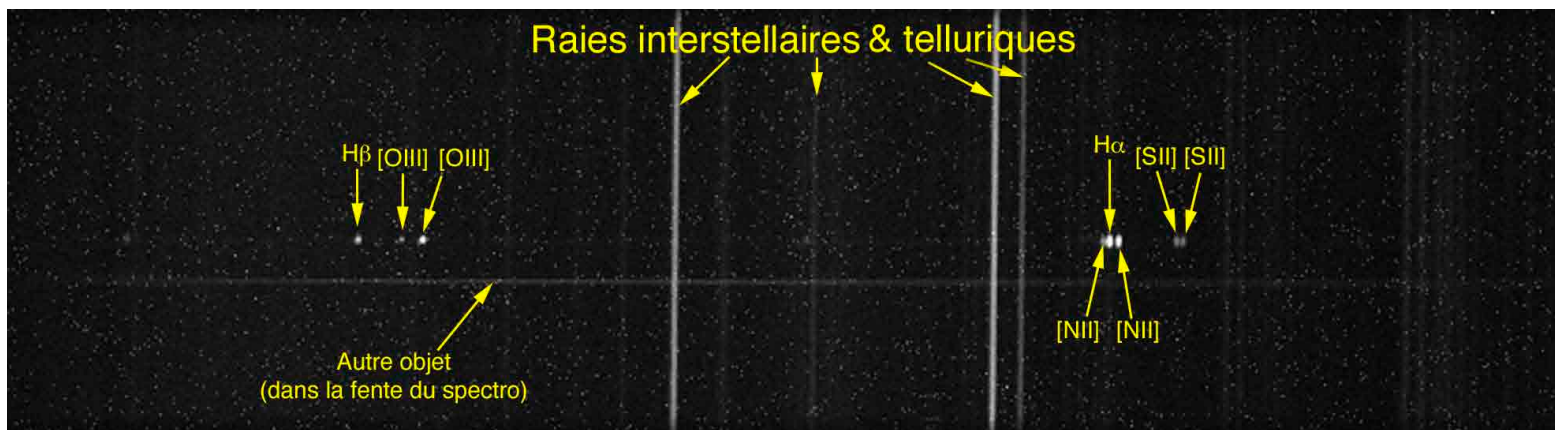
<http://www.astronomie-amateur.fr/ProjetsSpectro0.html>

Les coordonnées de la cible sont initialisées dans le tableur et en retour, ce dernier nous fournit la liste des étoiles de référence. Une étoile avec un E(b-v) proche de zéro, qui figure dans la database d'ISIS est choisie. Cette étoile à deux fonctions :

- La calibration en longueur d'onde du spectre à l'aide des raies de Balmer de l'étoile et avec les raies fournies par la lampe Néon.
- La correction du spectre brut de la réponse instrumentale et de la masse d'air en le comparant avec le spectre de référence réalisé hors atmosphère terrestre.

Pour chaque cible le process est le suivant :

1- Acquisition d'une première image avec un temps de pose unitaire de 900 secondes. Si il n'y a pas de signal apparent, la cible est abandonnée. Cette phase est délicate, un justement des seuils est parfois nécessaire pour tenter de percevoir du signal. Si des raies nébulaires apparaissent, les acquisitions se poursuivent. L'image ci-dessous montre l'aspect d'un spectre brut unitaire d'une candidate NP.



2- Réalisation de n poses de 900 secondes. n dépend de l'aspect du spectre unitaire et peut varier de 3 à 12 selon les cibles. Le but étant d'augmenter le rapport signal/bruit pour bien mettre en évidence les principales raies en émissions.

3- Réalisation d'un spectre d'une lampe de calibration (Néon), sans modifier la position du spectrographe et du télescope.

4- Pointage de l'étoile de référence : série de 7 à 9 spectres unitaires dont le temps de pose dépend de la magnitude de l'étoile (entre 2 et 5 secondes la plupart du temps).

5- Réalisation d'un spectre d'une lampe de calibration (Néon), sans modifier la position du spectrographe et du télescope.

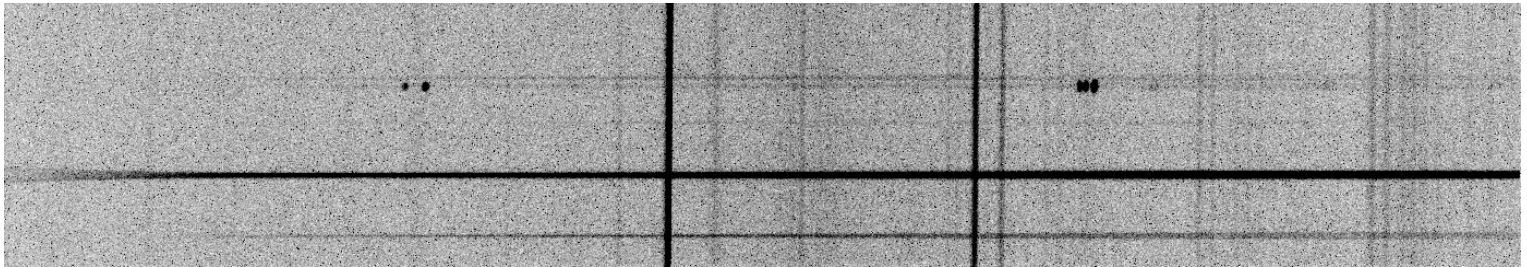
6- Passage à la cible suivante. A noter que chaque spectre est fait exactement aux mêmes coordonnées x et y de la fente.

7- A la fin des acquisitions, une série de 21 à 33 images sur une lampe au tungstène sont réalisées pour l'acquisition des flats.

Deux types de NP sont observées durant cette mission, des NP ponctuelles et des NP plus diffuses, étalées, sous forme de disque.

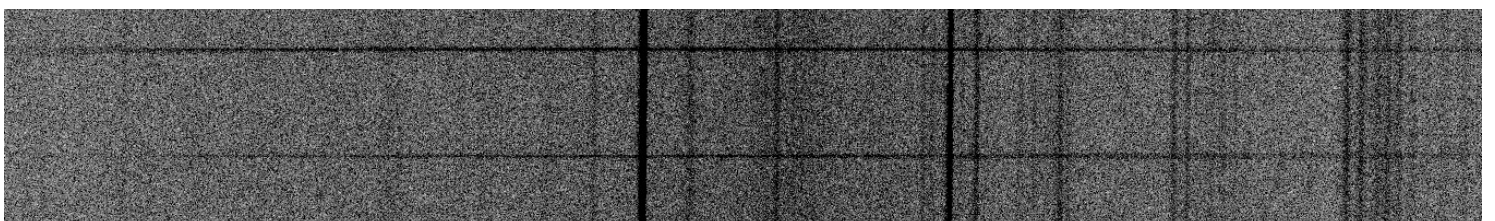
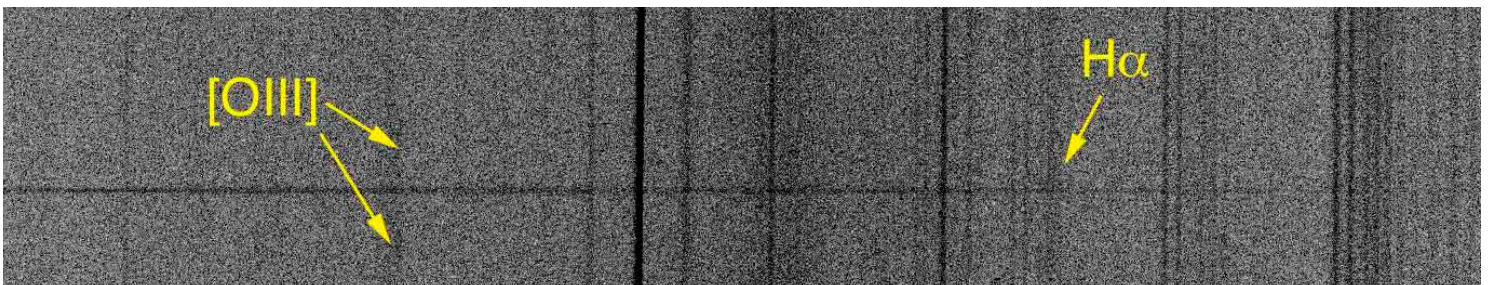
Le premier type (ponctuelle) est relativement facile à détecter sur un spectre unitaire brut de 900 secondes de pose. Les raies en émission [NII] et $H\alpha$ apparaissent avec un signal très prononcé et très ponctuel. Le signal [OIII] peut être plus discret ou au contraire plus fort. Chaque NP a sa particularité, mais la plupart montrent une absence de continuum car la naine blanche centrale est souvent indétectable. Pour cette raison, les raies en émissions se détachent parfaitement du signal du fond du ciel.

Le traitement pour réaliser un spectre 1D est facilité et ne pose pas de problème à la réduction du spectre, sauf si de nombreuses étoiles sont présentes dans la fente.



Les NP de l'autre type (disque diffus) sont beaucoup plus difficiles à mettre en évidence sur un spectre. Ces NP montrent en général un halo ou un disque très ténu sur les images astronomiquement professionnelles ou amateurs. Le signal émis peut alors se confondre avec le fond du ciel sur le spectre. Le choix de positionnement de la fente peut être délicat car il faut la centrer sur les zones les plus contrastées du disque de la candidate NP. De nombreuses poses sont nécessaires pour améliorer le rapport signal sur bruit. Dans l'exemple ci-dessous, le spectre de la NP émet principalement en [OIII], d'autres NP émettent au contraire dans le rouge car elles sont très anciennes, comme la deuxième NP de l'exemple, difficile de discerner les raies...

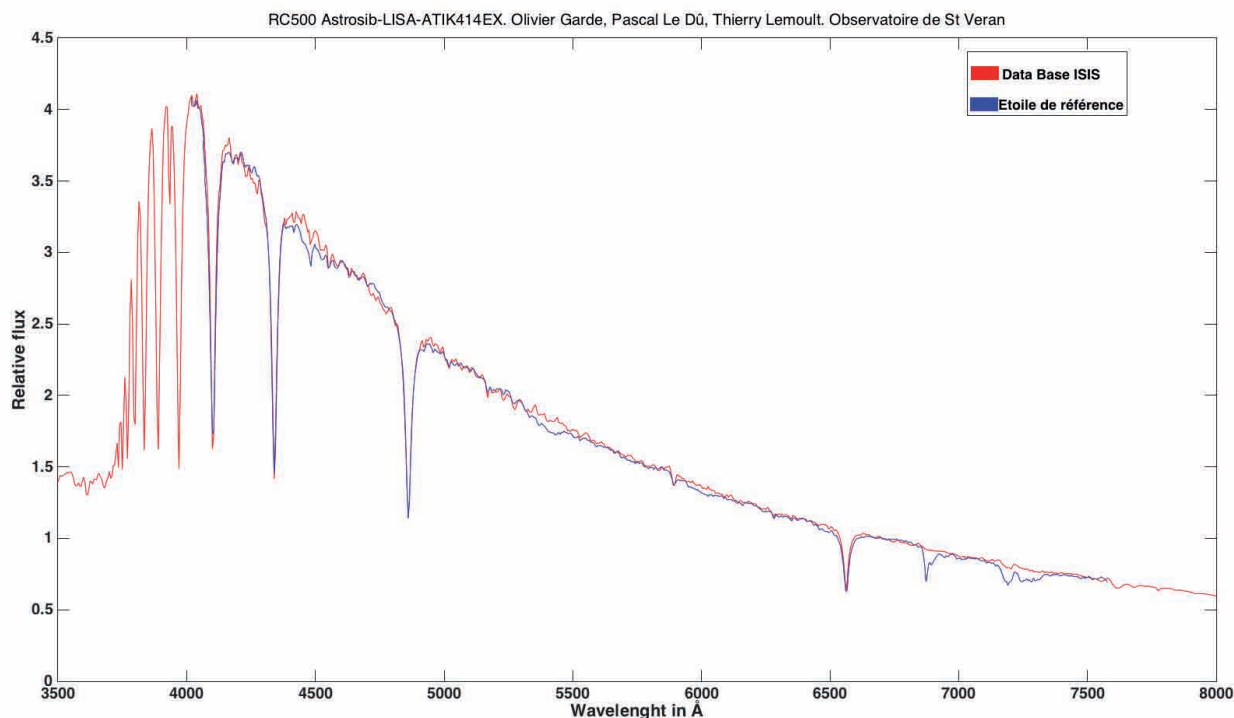
Pour ce type de NP, il faut bien inspecter sur les spectres bruts les zones où se situent le signal [OIII] et $H\alpha$. Les raies, très ténues, apparaissent alors allongées verticalement, du diamètre du disque de la NP. Pour relever ce signal pour un spectre 1D, le traitement est fastidieux et compliqué si d'autres étoiles apparaissent dans la fente. Les spectres sont moins nets mais à chaque fois, le signal [NII], $H\alpha$ et [OIII] est mis en évidence sur nos cibles.



Traitement des spectres

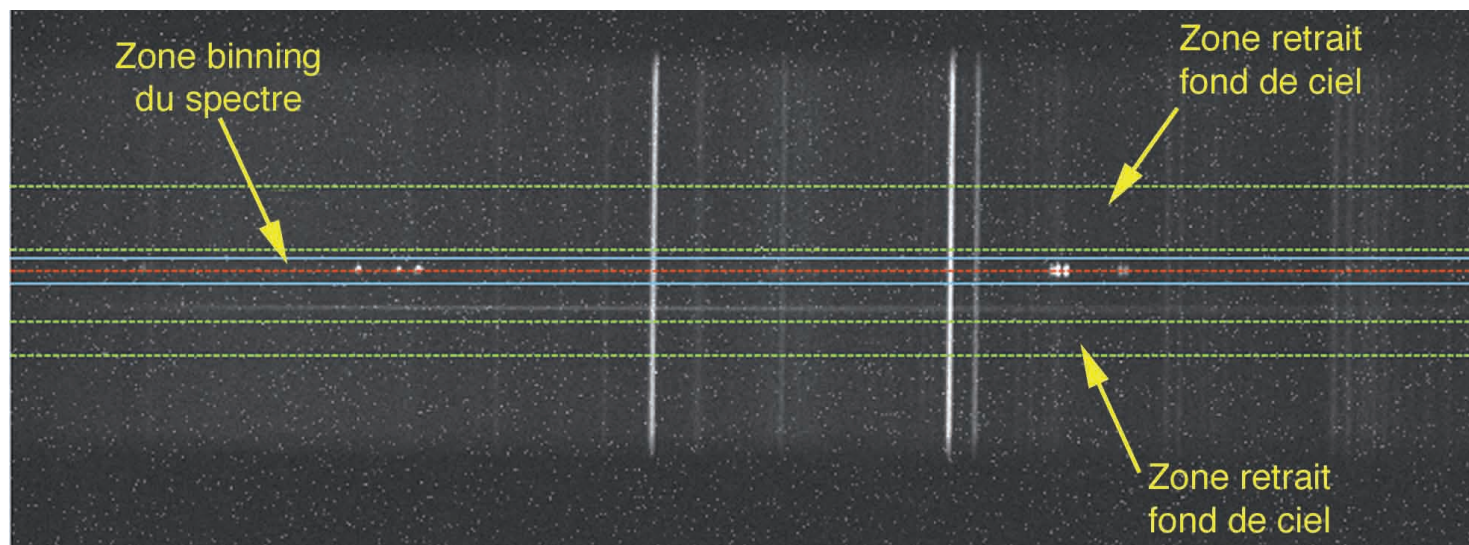
L'étoile de référence est d'abord traitée pour calculer la réponse instrumentale au moment de l'observation. Une fois le traitement réalisé, le spectre résultant est comparé à un spectre générique d'une étoile de même type figurant dans la base de données d'ISIS. Le profil de Planck obtenu est vérifié. L'exemple ci-dessous montre le résultat avec une étoile de type A2V.

HD162579-A2V



La cible est ensuite traitée. Le travail consiste alors à bien sélectionner la zone d'intérêt dans l'image, d'où sera calculé le spectre final de l'objet. Deux zones contenant uniquement le fond de ciel sont également déterminées pour être soustraite à la zone d'intérêt contenant le signal de l'objet. Le but ici, est d'éliminer toutes les raies de pollution lumineuse, interstellaires, de l'atmosphère terrestre voire d'une autre nébuleuse qui pourrait se situer dans la même ligne de visée que la NP. Seul le signal lié à l'objet doit être mis en évidence.

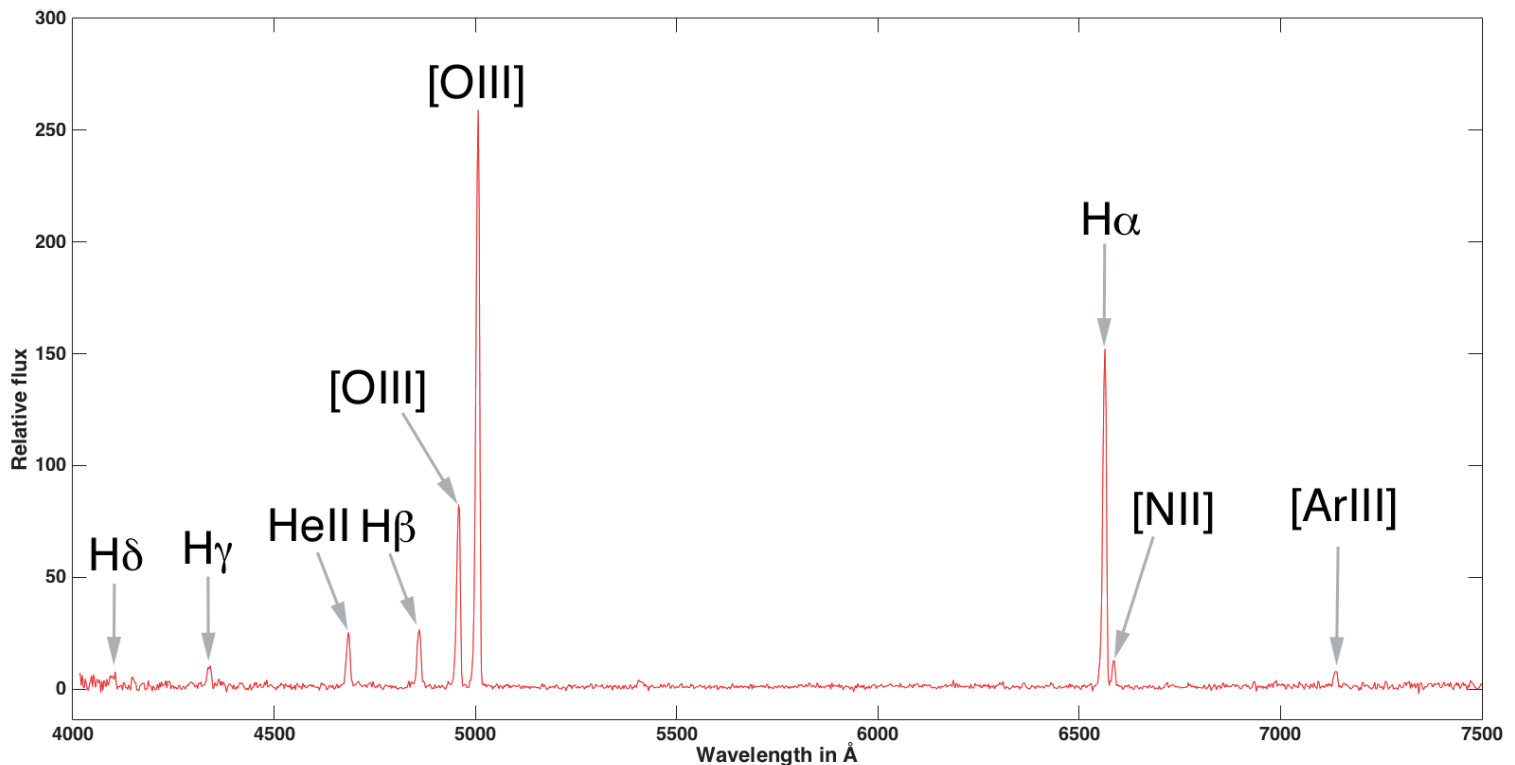
Ce travail est relativement facile dans le cas d'une NP ponctuelle. Il devient difficile pour une NP diffuse car les différentes zones à déterminer sont difficilement identifiable. Souvent, plusieurs essais sont nécessaires.



L'exemple ci-dessus montre le traitement réalisé sur une candidate NP ponctuelle, donc «facile». La zone délimitée en bleu contient la zone du spectre de la NP à traiter. La hauteur est ajustée de façon à contenir l'ensemble du signal de la NP. Il ne faut pas hésiter à pousser les seuils de l'histogramme pour bien le visualiser. C'est dans cette zone que le calcul du spectre est réalisé (en sommant les pixels de chaque colonne de la zone).

Les deux zones vertes sont sélectionnées en haut et en bas du spectre. Elles ne comportent pas de spectres d'étoiles qui pourraient perturber les mesures dans la zone d'intérêt. Ces zones de fond de ciel sont positionnées au plus proche de la zone de calcul du spectre de la NP.

Bilan des résultats



Pour exemple, le graphique ci-dessus montre le spectre typique d'une nébuleuse planétaire : raies H α , [OIII] mais aussi d'autres raies qui sont propres aux NP comme celles de l'Azote, l'Hélium et l'Argon.

Les quatre nuits d'observations sont productives. 21 cibles différentes sont observées. 11 spectres montrent des raies en émission dont 7 avec des raies nébulaires typiques de nébuleuses planétaires.

10 cibles ne révèlent rien de particulier sur leurs spectres 2D bruts, sans doute à cause de la faiblesse de leur signal et de la configuration utilisée. Ces cibles sont à tenter à nouveau avec un télescope de plus grand diamètre et une caméra CCD plus sensible.

4 cibles montrent une signature spectrale qui ne correspond pas à celle d'une nébuleuse planétaire. Une analyse plus fine permet d'identifier la nature de ces objets (cf fin de rapport).

Les pages suivantes montrent 7 spectres de candidates qui sont certainement de véritables nébuleuses planétaires. Ces spectres montrent sans ambiguïté les raies nébulaires principales comme les raies de Balmer H α et H β et les raies interdites de l'Oxygène ionisé 2 fois [OIII] et parfois de l'Azote [NII]. Les spectres n'ont pas le même rapport signal/bruit du fait de la différence de luminosité propre à chaque cible.

Spectres avec signature spectrale d'une Nébuleuse Planétaire



Crédit photo : © Olivier Garde

- **Ra 24** AD 19h 37' 40,00" DEC +20° 35' 45,00" (J2000)
- **Pa 148** AD 20h 41' 28,30" DEC +47° 06' 33,00" (J2000)
- **Pa 21** AD 19h 23' 15,00" DEC +27° 07' 34,36" (J2000)
- **Kn 66** AD 18h 49' 54,90" DEC +17° 57' 15,01" (J2000)
- **Ch 1** AD 19h 57' 15,56" DEC +34° 47' 18,00" (J2000)
- **RA 11 / Pa 34** AD 18h 25' 15,3" DEC 00° 02' 03,01" (J2000)
- **Ra 50** AD 22h 10' 45,27" DEC +56° 23' 13,10" (J2000)

Ra 24

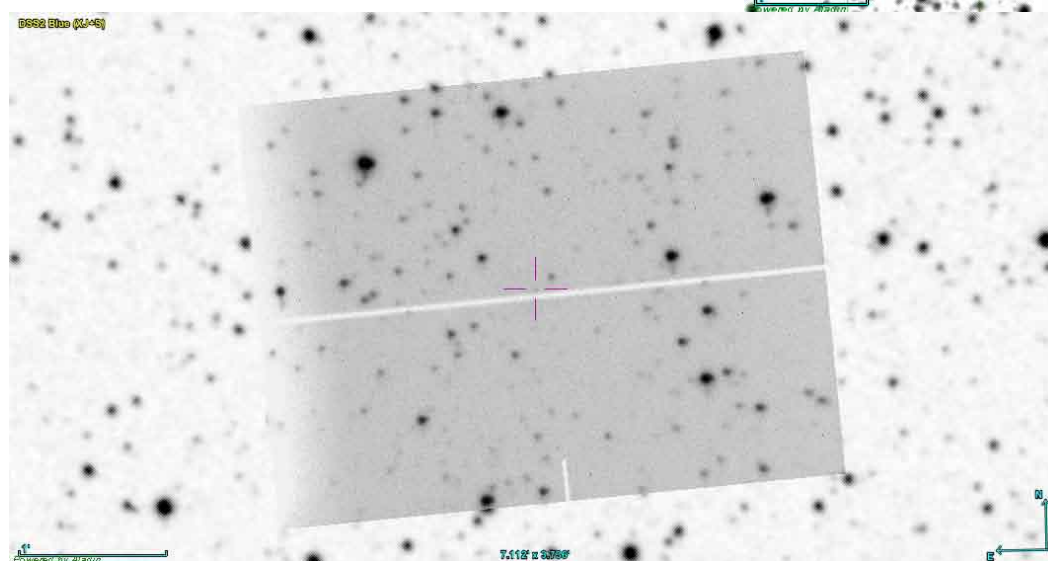
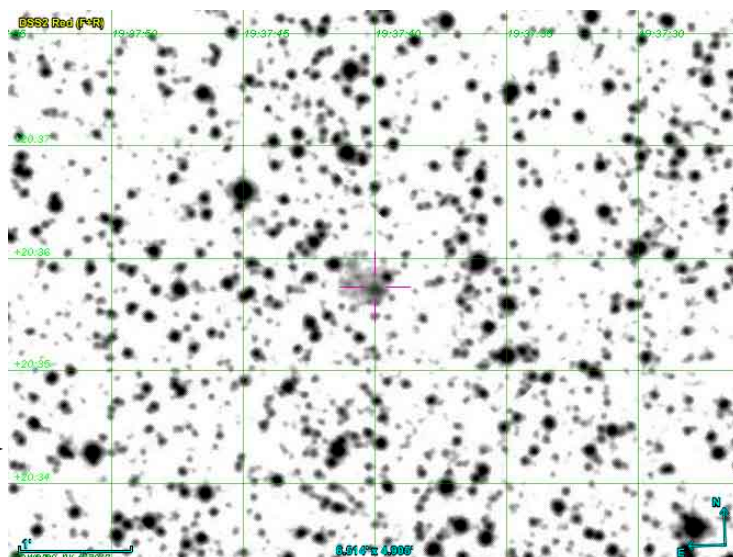
AD 19h 37' 40,00"

DEC +20° 35' 45,00"

Epoque J2000

Spectre réalisé le 19/09/2019 à 21h03 TU

Image DSS de la cible

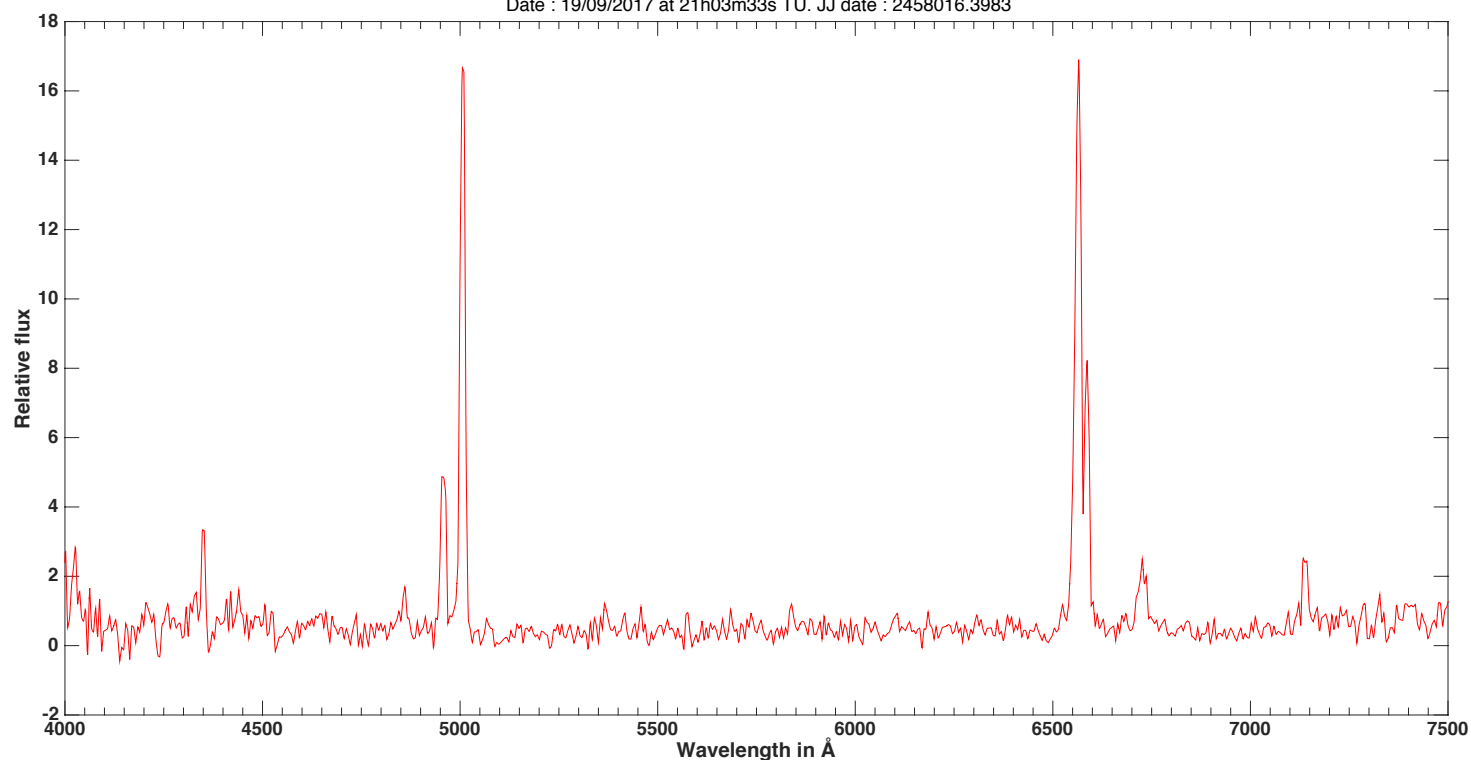


Champ de la fente sur l'image DSS

Ra 24

T1000 C2PU-LISA R=420-ATIK414EX. Exposure : 4 x 900 s. O. Garde - P. Le Du - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA

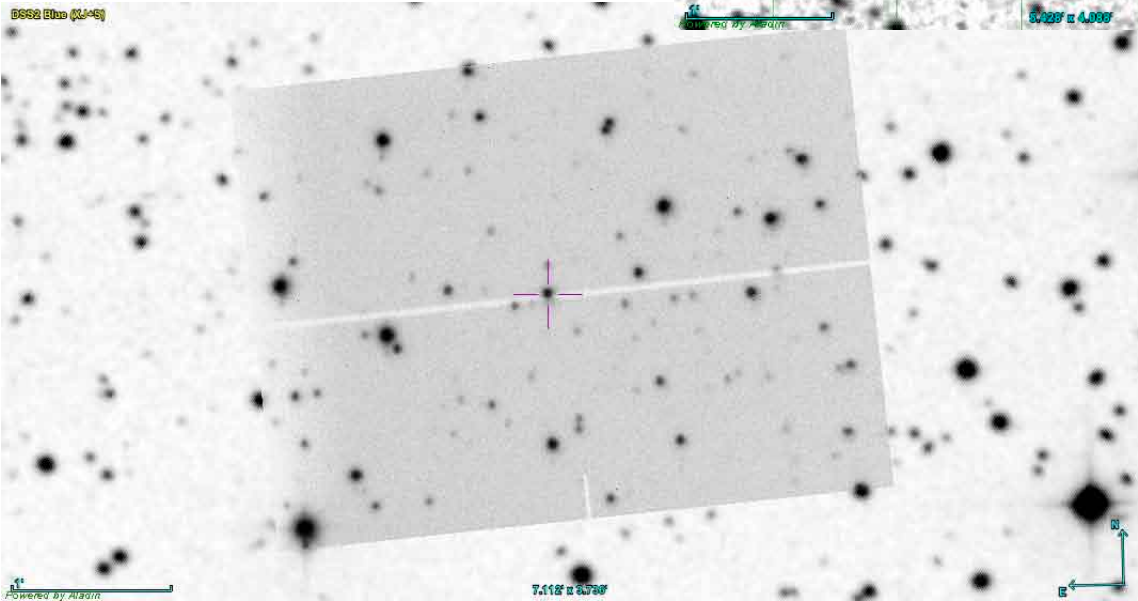
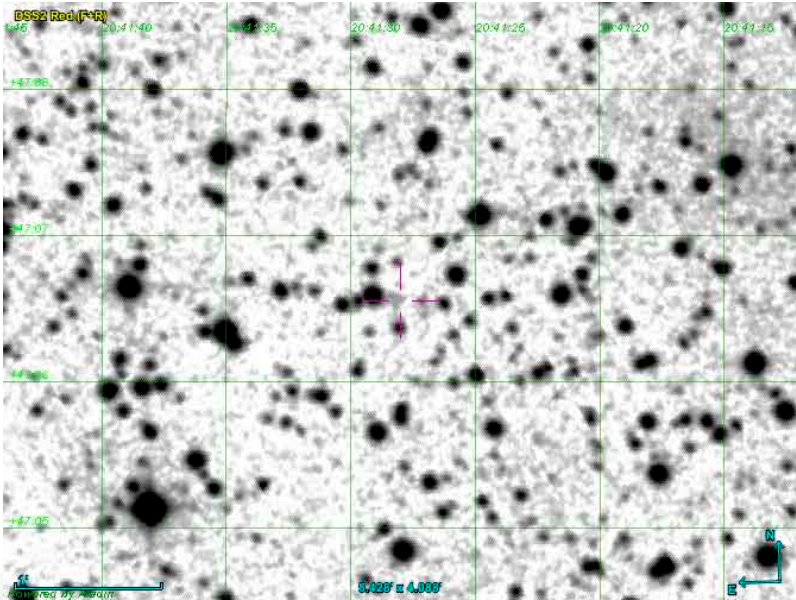
Date : 19/09/2017 at 21h03m33s TU. JJ date : 2458016.3983



Pa 148

AD 20h 41' 28,30"
DEC +47° 06' 33,00"
Epoque J2000
Spectre réalisé le 19/09/2019 à 23h05 TU

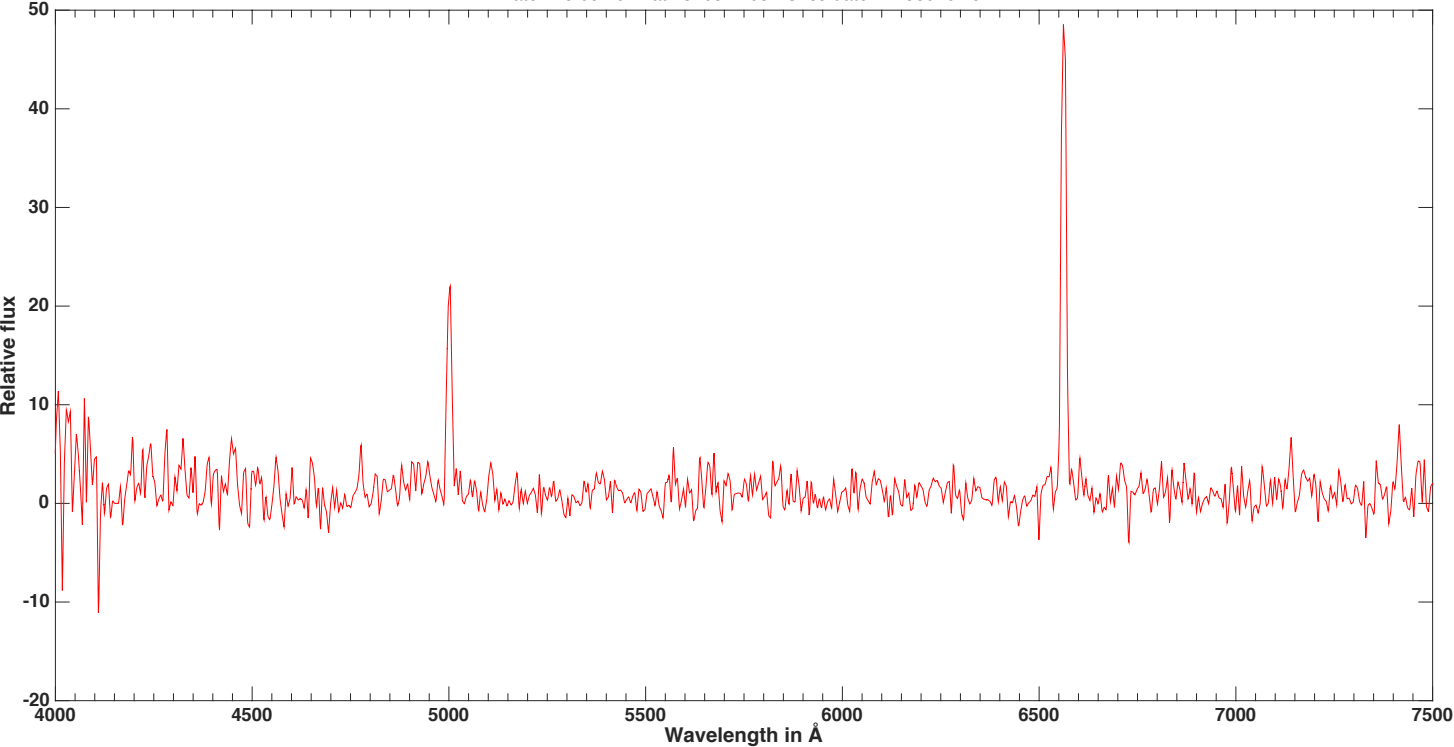
Image DSS de la cible



Champ de la fente sur l'image DSS

Pa 148

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 5 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 19/09/2017 at 23h05m10s TU. JJ date : 2458016.494



Pa 21

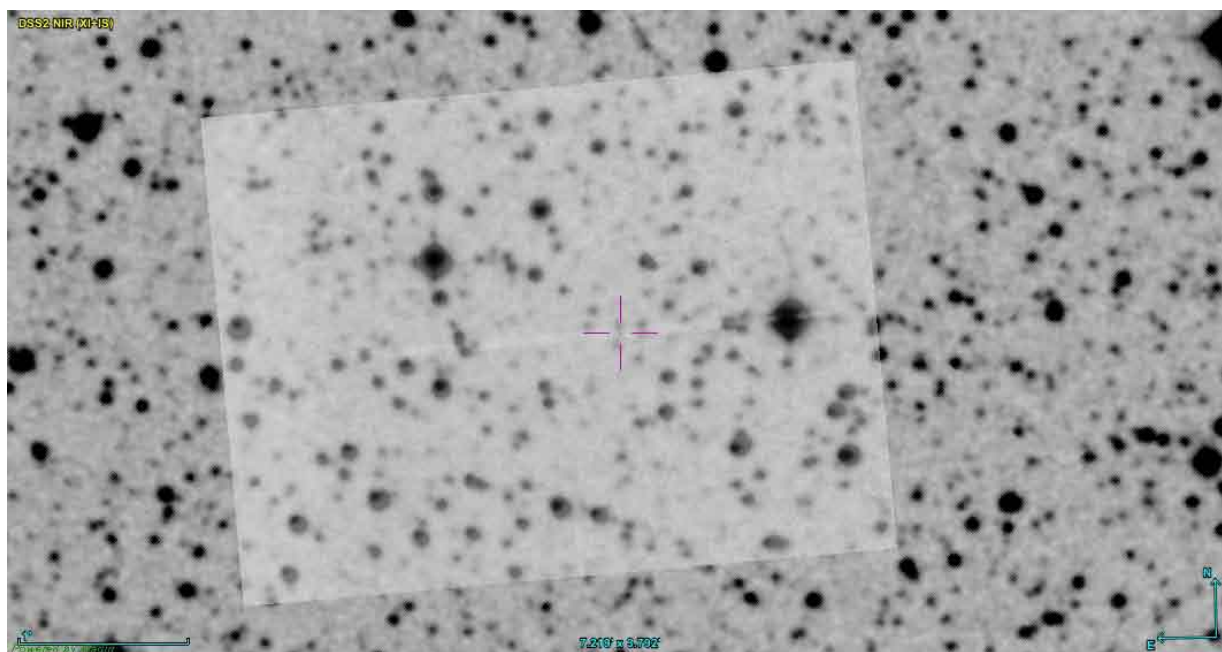
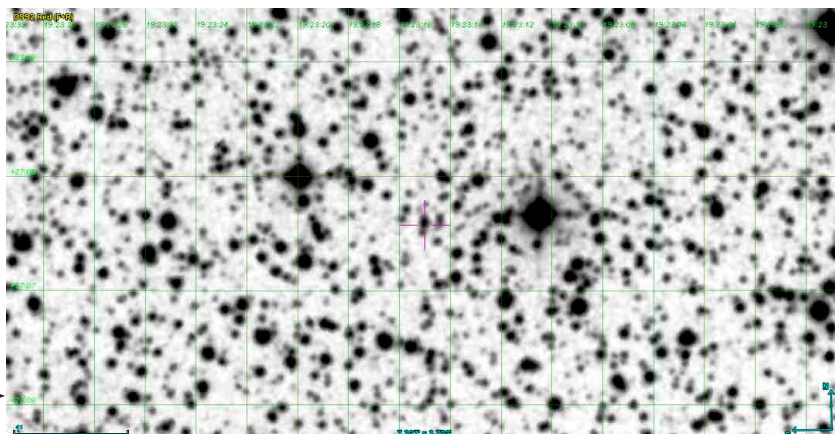
AD 19h 23' 15,00"

DEC +27° 07' 34,36"

Epoque J2000

Spectre réalisé le 19/09/2019 à 19h31 TU

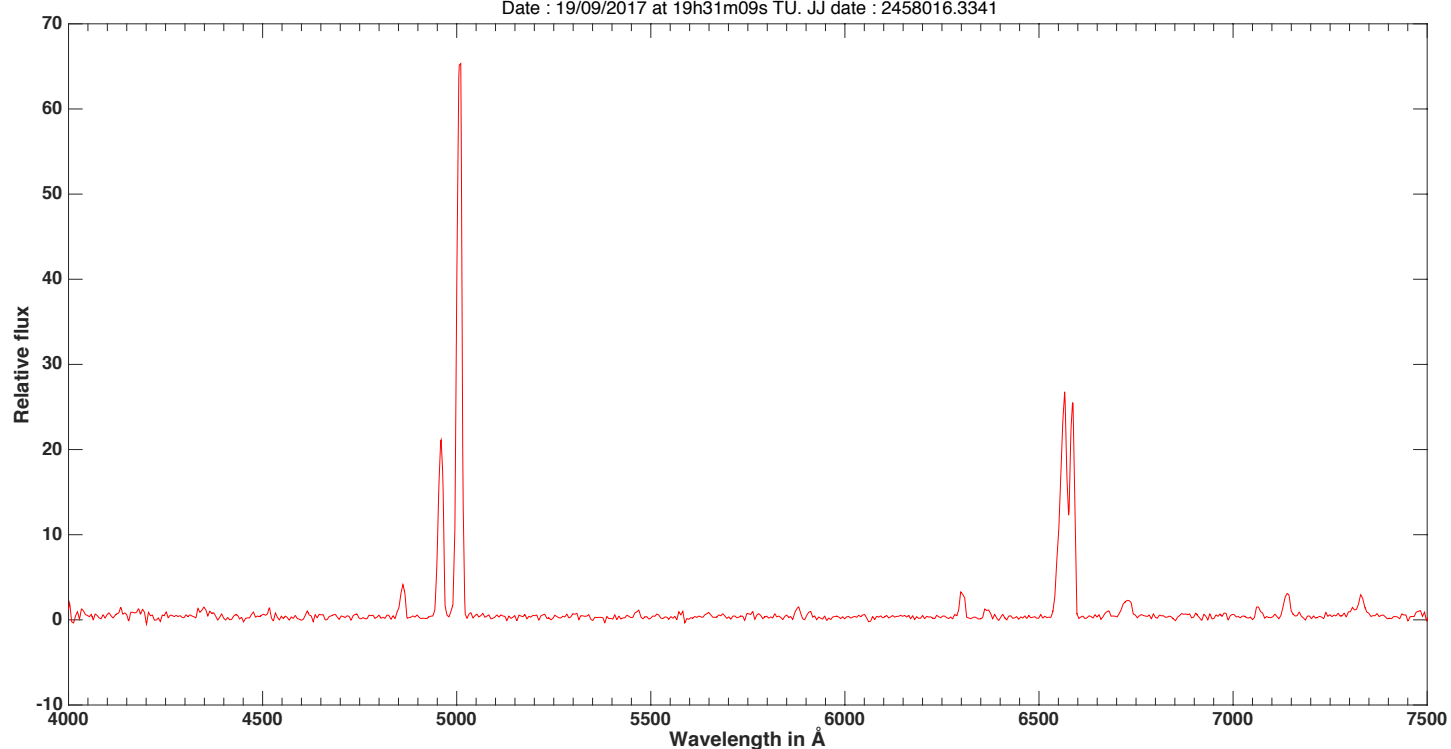
Image DSS de la cible



Champ de la fente sur l'image DSS

Pa 21

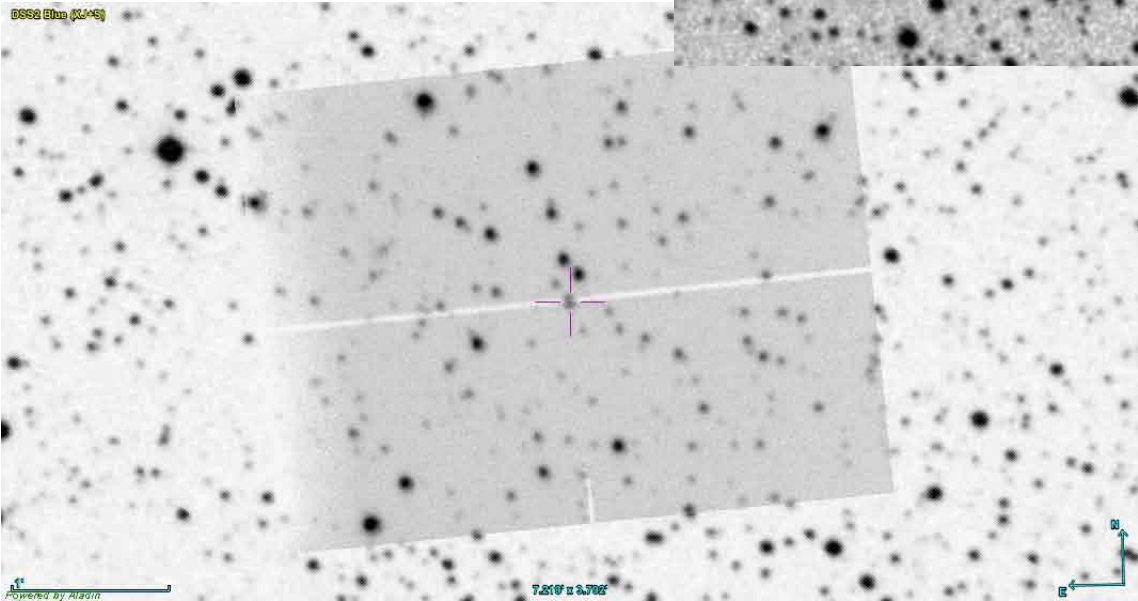
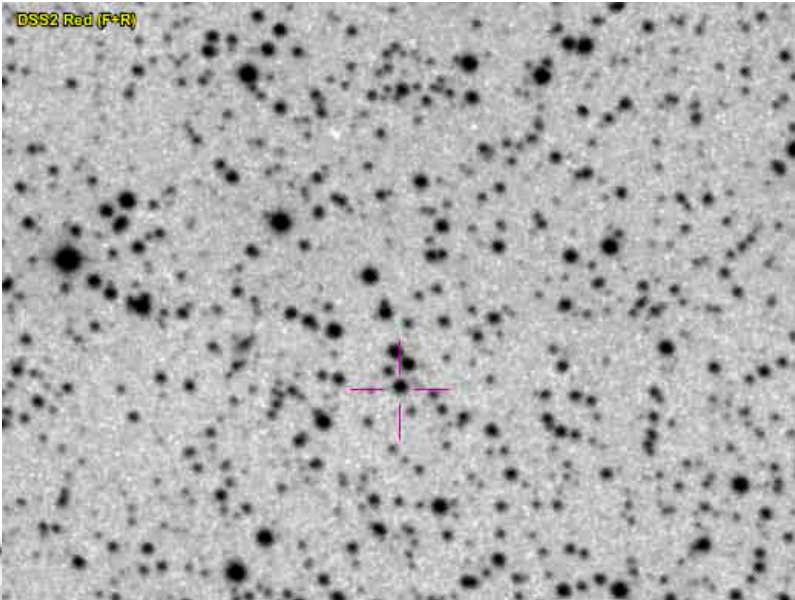
T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 4 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 19/09/2017 at 19h31m09s TU. JJ date : 2458016.3341



Kn 66

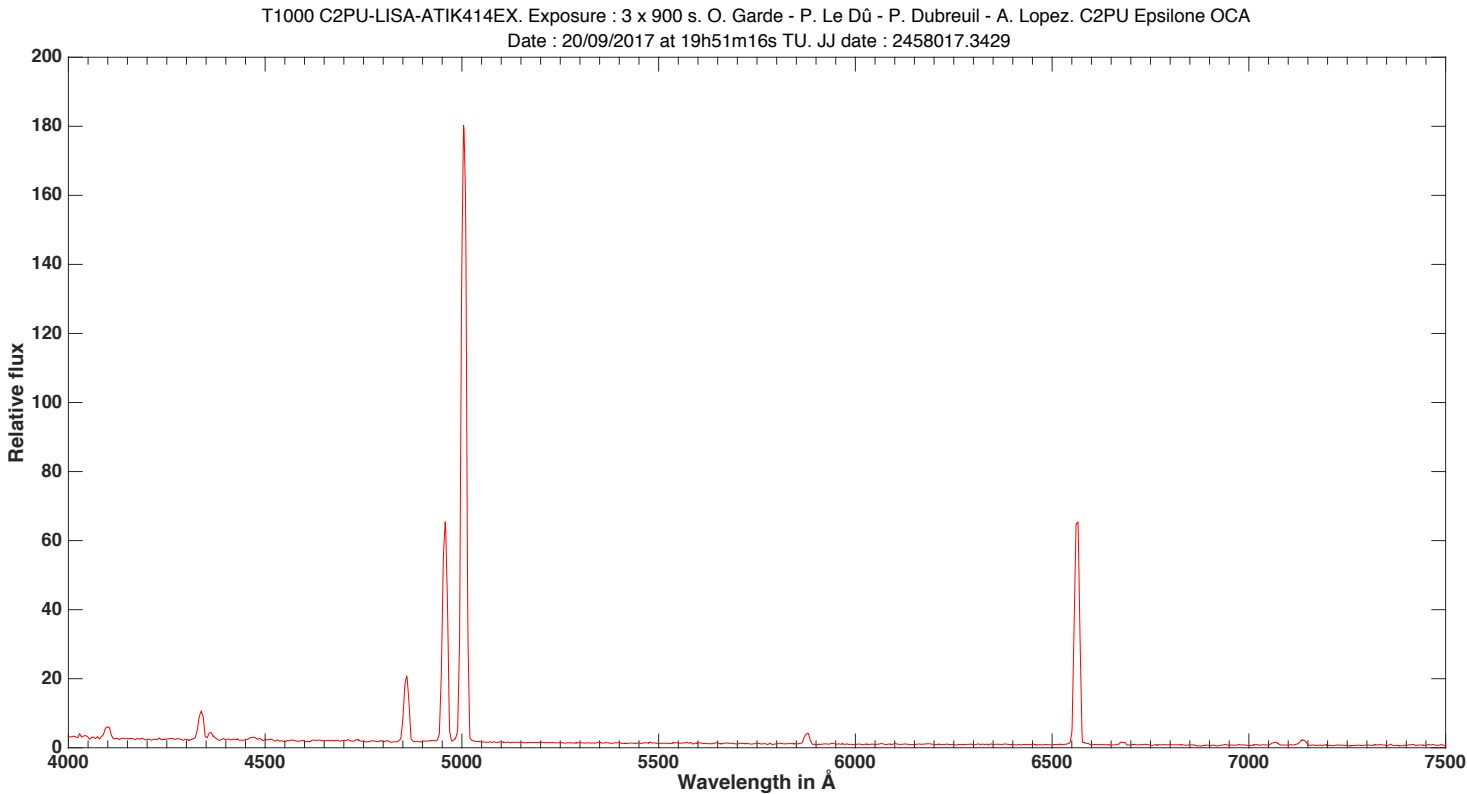
AD 18h 49' 54,90"
DEC +17° 57' 15,01"
Epoque J2000
Spectre réalisé le 20/09/2019 à 19h51 TU

Image DSS de la cible



Champ de la fente sur l'image DSS

Kn 66



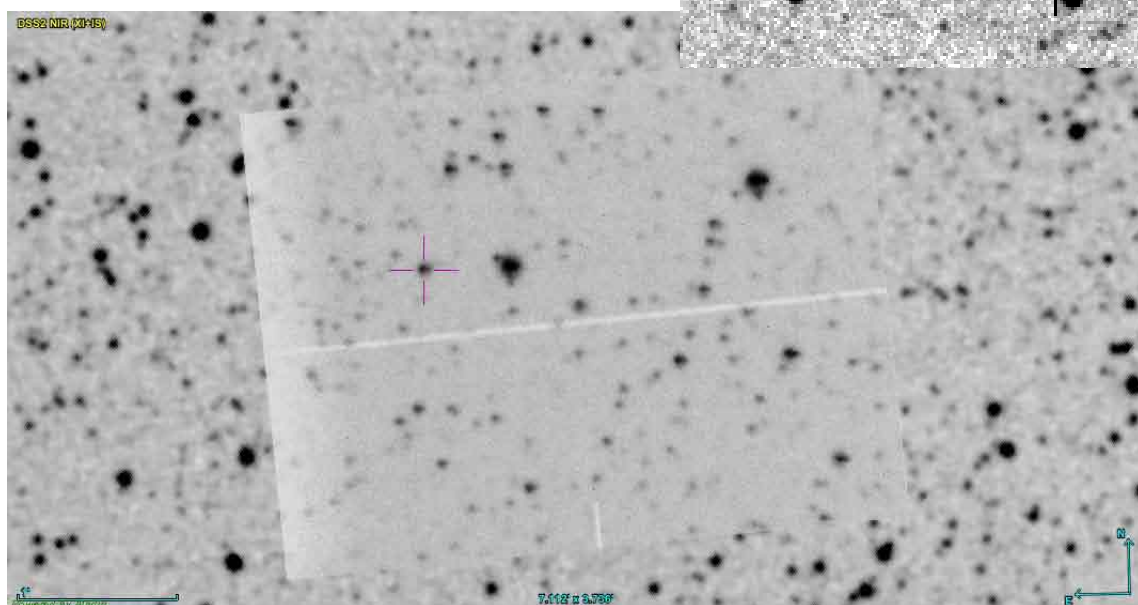
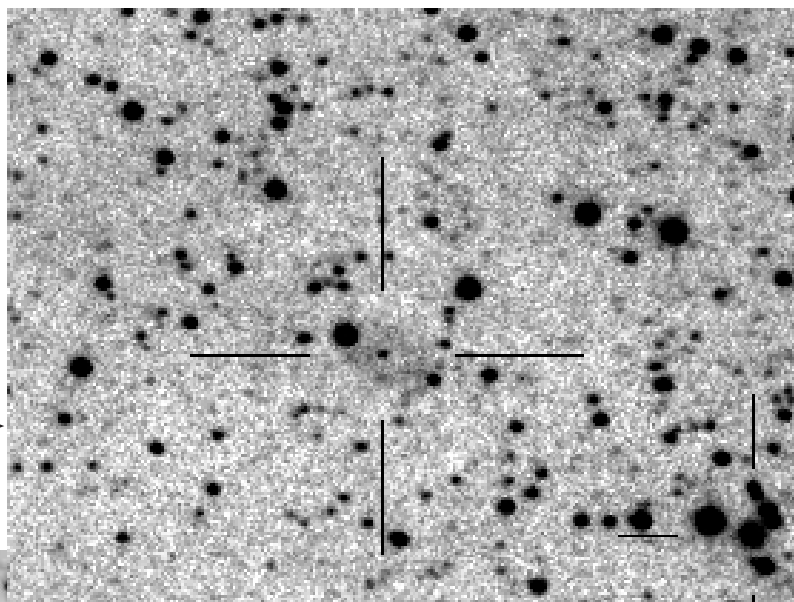
Ch 1

AD 19h 57' 15,56"

DEC +34° 47' 18,00"

Epoque J2000

Spectre réalisé le 20/09/2019 à 21h56 TU

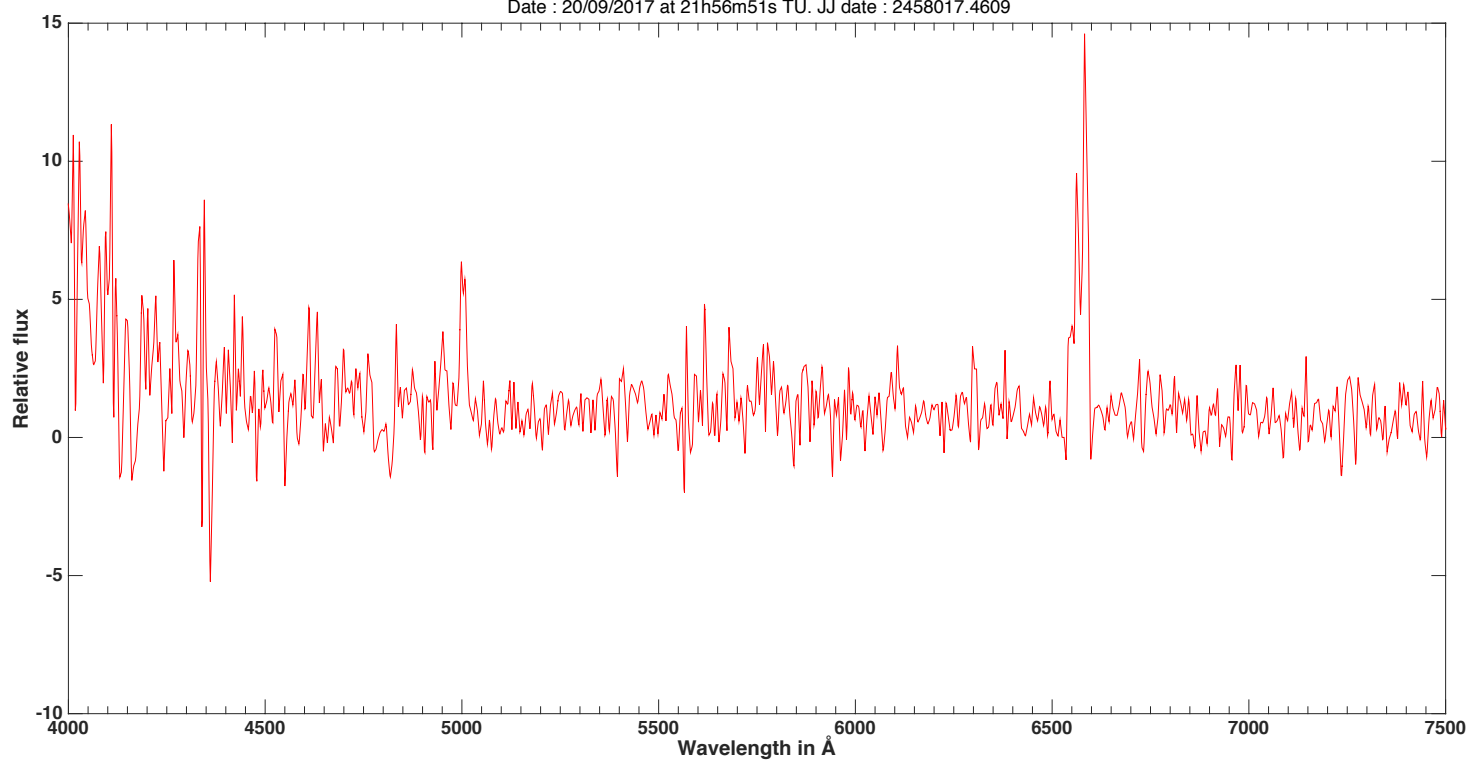
Image de la cible en H α 

Champ de la fente sur l'image DSS

Ch 1

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 5 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA

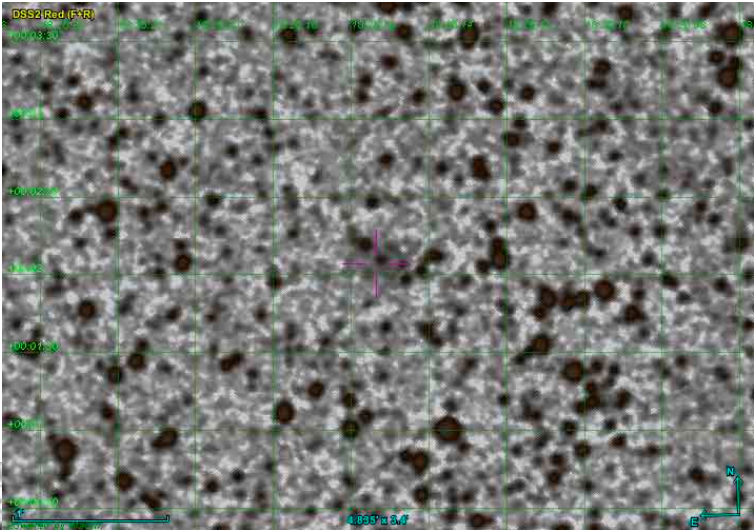
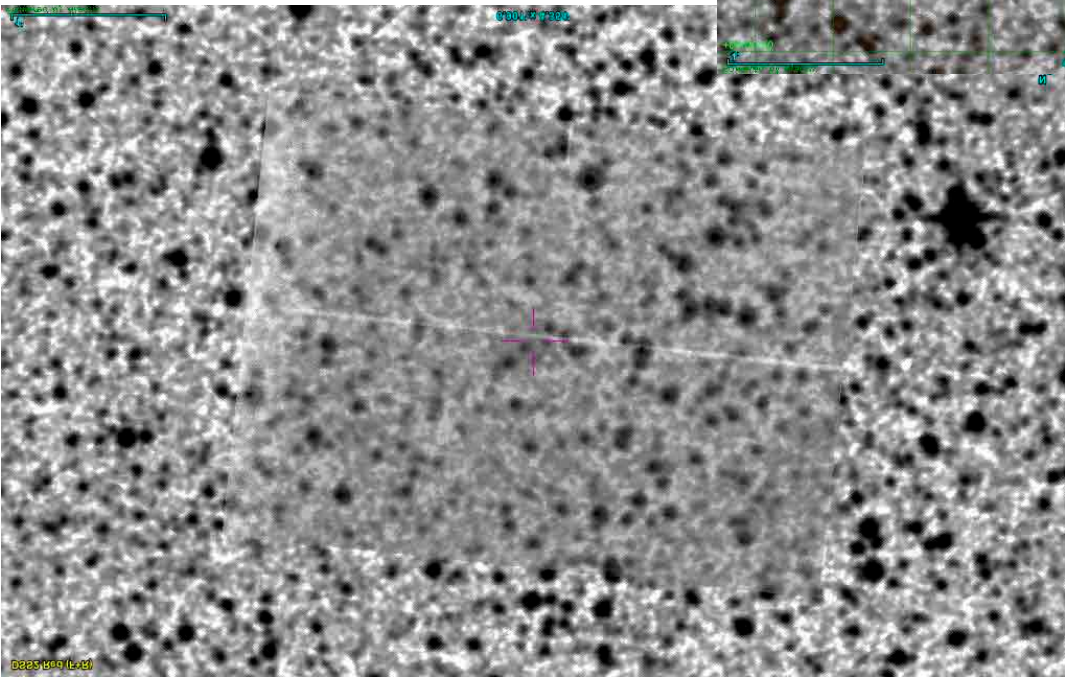
Date : 20/09/2017 at 21h56m51s TU. JJ date : 2458017.4609



Ra 11 / Pa 34

RA 18h 25' 15,3"
DEC 00° 02' 03,01"
Epoque J2000
Spectre réalisé le 21/09/2019 à 19h00 TU

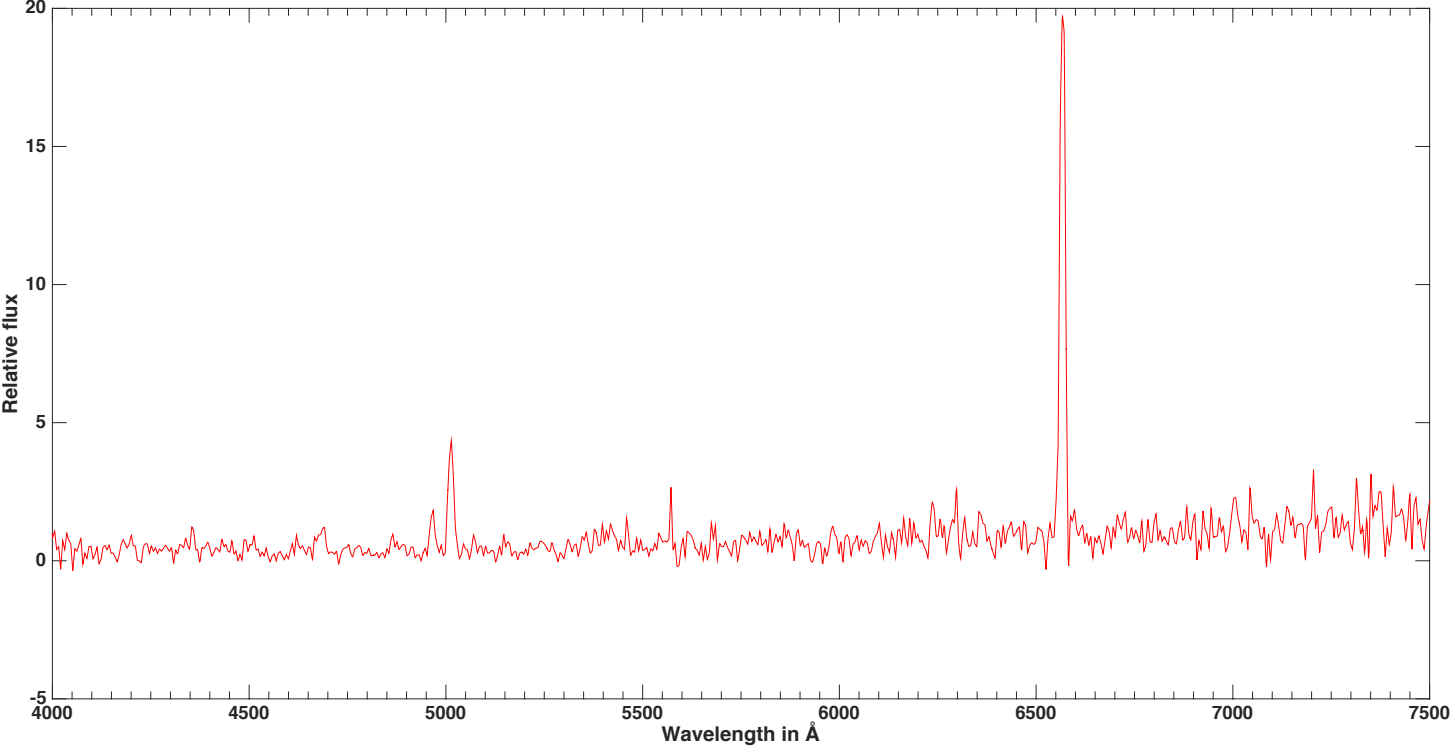
Image DSS de la cible



Champ de la fente sur l'image DSS

Ra 11/Pa 34

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 4 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 21/09/2017 at 19h00m17s TU. JJ date : 2458018.3127



Ra 50

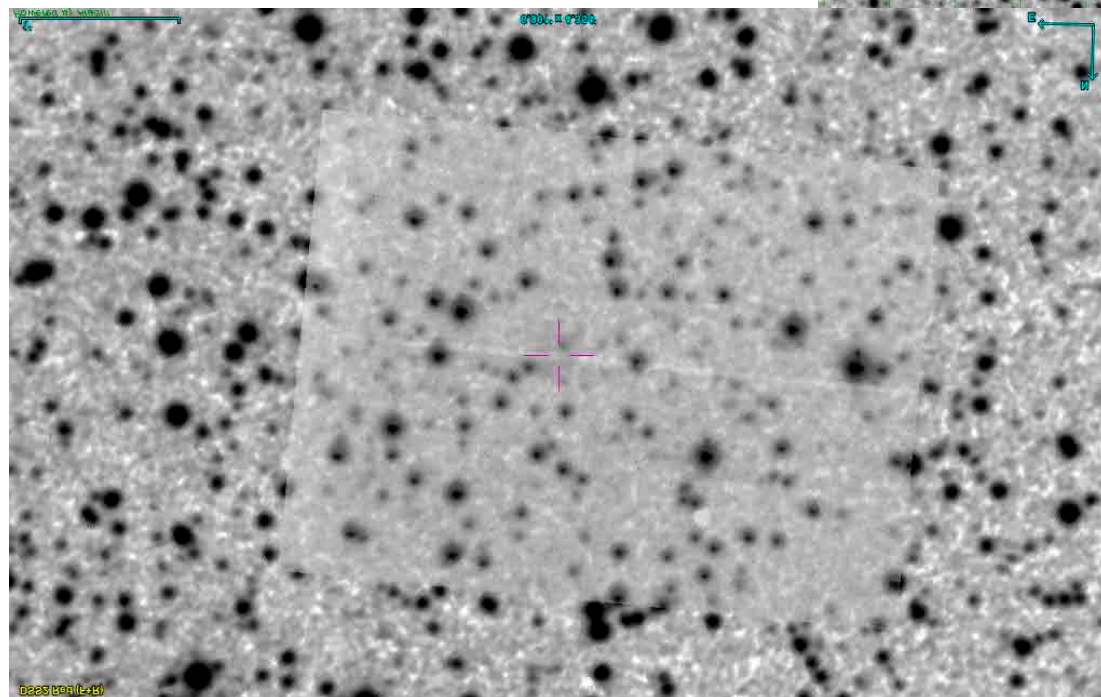
RA 22h 10' 45,27"

DEC +56° 23' 13,10"

Epoque J2000

Spectre réalisé le 21/09/2019 à 22h20 TU

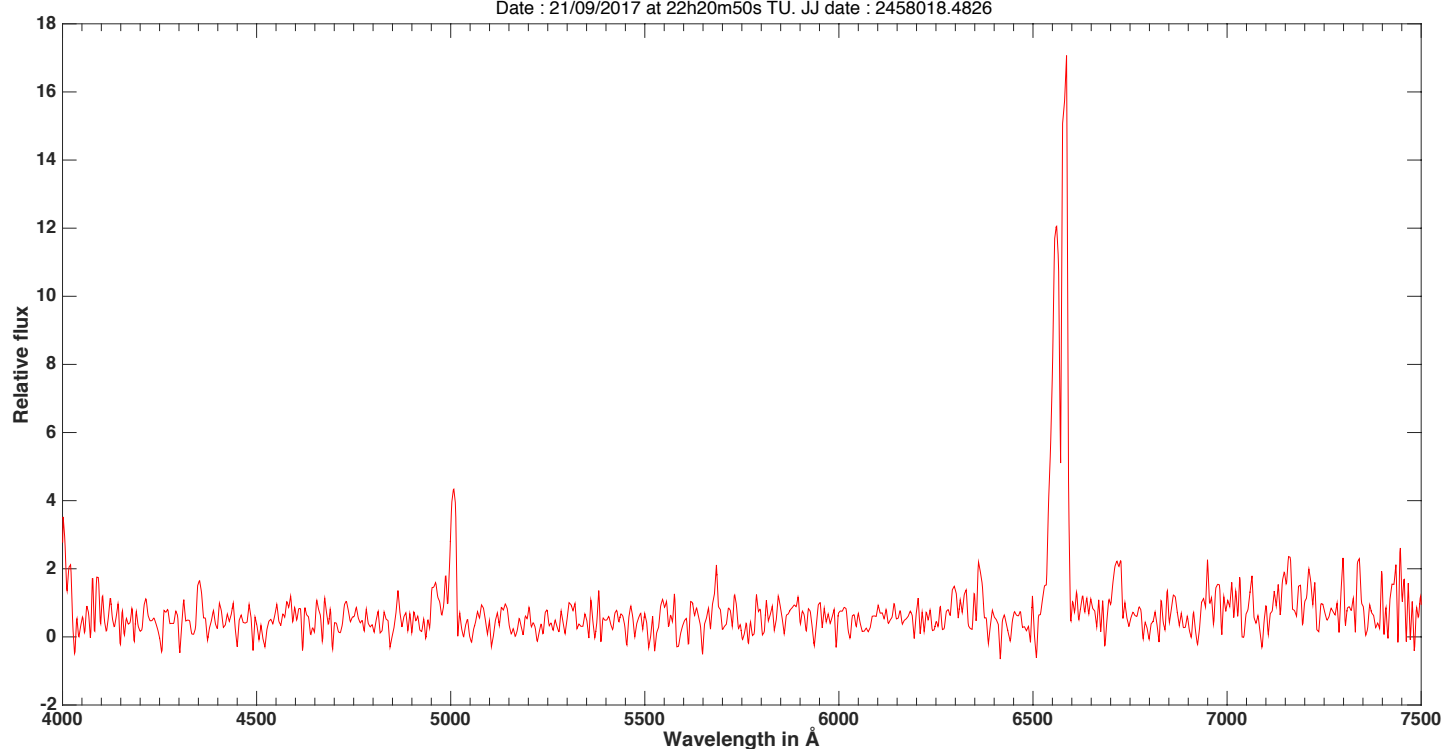
Image DSS de la cible



Champ de la fente sur l'image DSS

Ra 50

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 9 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 21/09/2017 at 22h20m50s TU. JJ date : 2458018.4826



Spectres d'objets qui n'ont pas la signature spectrale d'une nébuleuse planétaire.



Crédit photo : Olivier Garde

Cibles qui n'ont pas la signature spectrale d'une NP :

- **App 1** AD 22h 49' 20,13" DEC +46° 07' 38,40"
- **Pre 24** AD 04h 25' 53,60" DEC +39° 49' 10,40"
- **Hu 6** AD 18h 52' 41,38" DEC +26° 45' 31,5"
- **DeGaPe 32** AD 05h 17' 57,10" DEC +07° 26' 24,70"

App 1

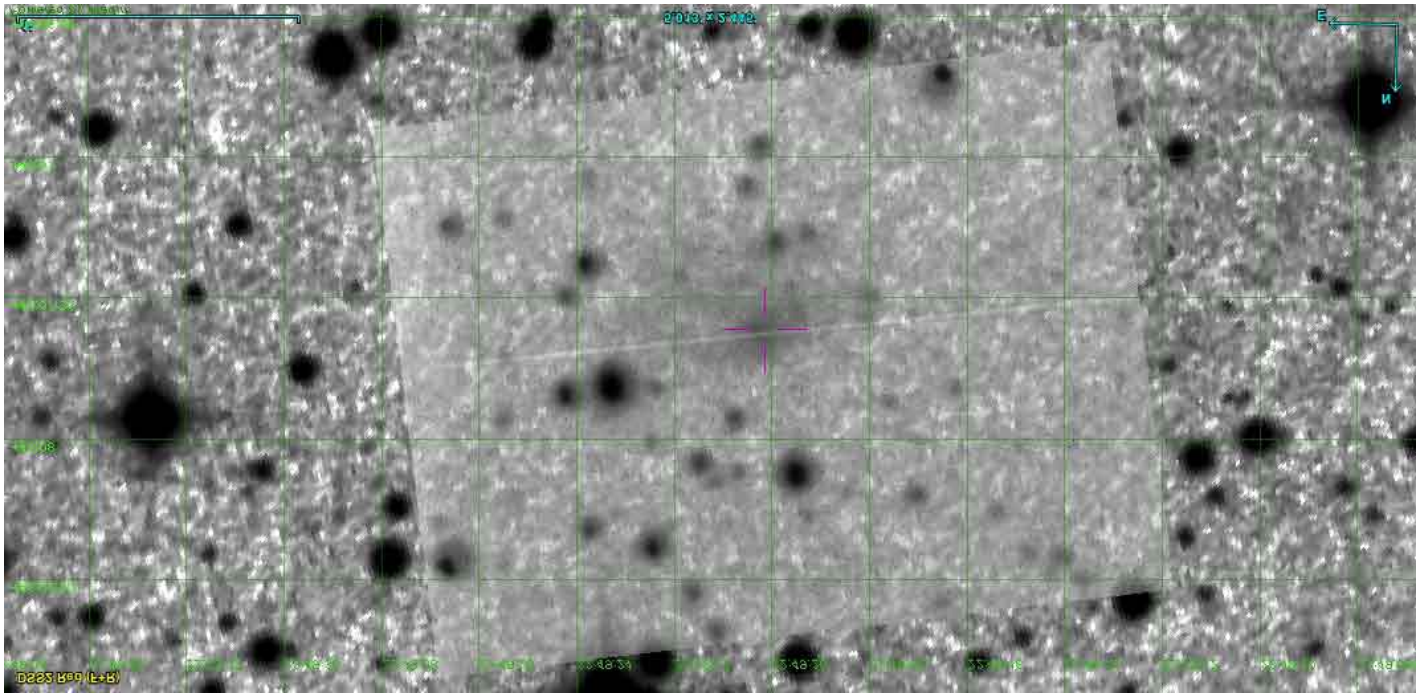
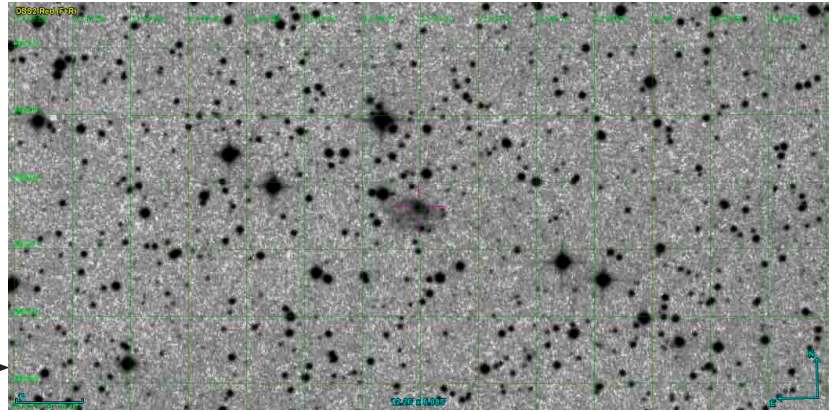
AD 22h 49' 20,13"

DEC +46° 07' 38,40"

Epoque J2000

Spectre réalisé le 18/09/2019 à 22h54 TU

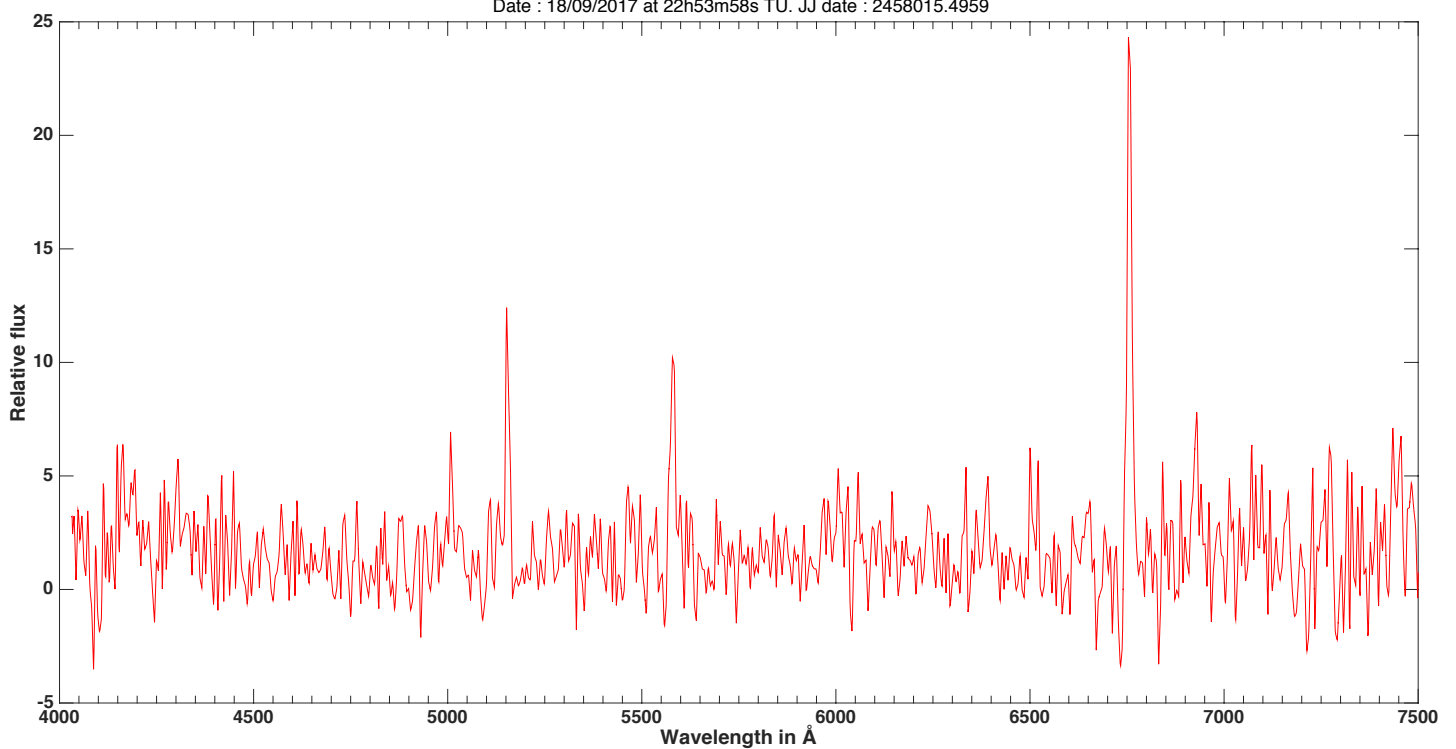
Image DSS de la cible

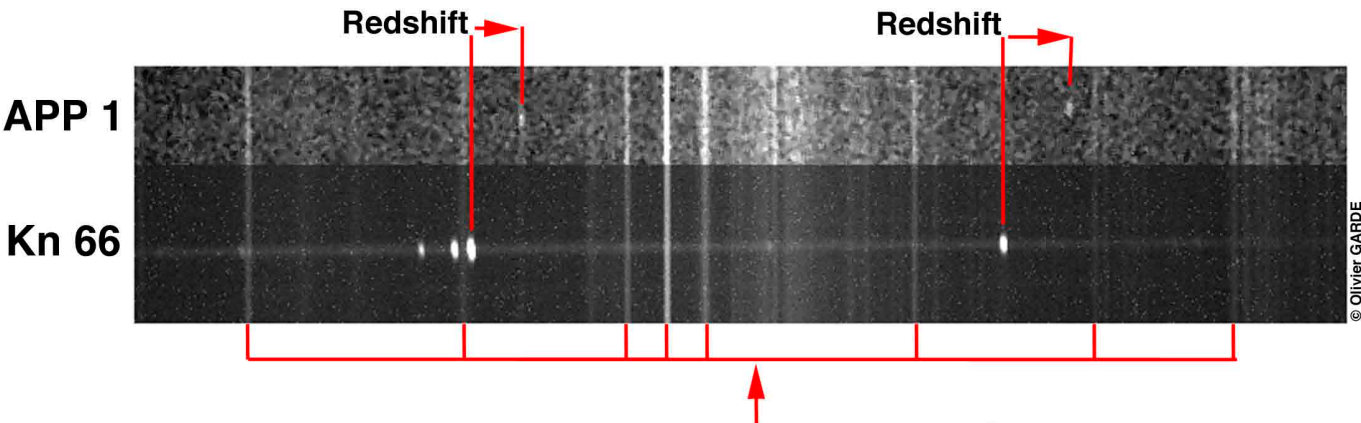


Champ de la fente sur l'image DSS

App1

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 8 x 900 s. O. Garde - P. Le Du - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 18/09/2017 at 22h53m58s TU. JJ date : 2458015.4959





Raies interstellaires et atmosphériques

Cette cible n'est pas une nébuleuse planétaire : dès l'affichage de l'image brute au moment des acquisitions, nous remarquons que les raies en émissions ne sont pas «à la bonne place». Le schéma ci-dessus montre la comparaison entre la NP Kn 66 et App 1, Un décalage vers le rouge est visible sans ambiguïté, en alignant les raies interstellaires et atmosphériques des 2 spectres.

Le calcul du décalage de certaines raies est déterminé avec l'équation Doppler-Fizeau suivante :

z = (lambda_obs - lambda_0) / lambda_0

Z étant la valeur du redshift, lambda_0 la valeur de la longueur d'onde «au repos» et lambda_obs la valeur mesurée sur le spectre.

Elements	lambda_0	lambda_1	z	Vr (km/s)	Distance en a.l.
[Ar IV] 4740	4740,20	4877,92	0,02905	8 584	383 216 552
H beta	4861,33	5007,32	0,03003	8 868	395 920 982
[OIII] 4959	4958,92	5106,58	0,02978	8 794	392 596 157
[OIII] 5007	5006,85	5153,06	0,02920	8 627	385 144 548
HeII 5412	5411,52	5576,45	0,03048	8 998	401 708 321
[SIII] 6312	6312,10	6497,35	0,02935	8 669	387 046 711
H alpha	6562,82	6756,16	0,02946	8 702	388 489 312
[SII] 6731	6730,70	6925,76	0,02898	8 563	382 275 737
Moyenne 0,02954 8 725 389 549 790					

L'objet a des raies en émissions (essentiellement H alpha, H beta, [OIII]4959 et [OIII]5007) avec fort décalage vers le rouge et un redshift mesuré de z=0,029. Il s'agit certainement d'une galaxie à noyau actif ou d'une galaxie de Seyfert à ce jour non référencée dans les catalogues.

Sa vitesse de fuite est mesurée avec la relation suivante : V_r = c.z

Ou Vr est la vitesse de l'objet en km/s, c la vitesse de la lumière 399.792,458 km/s et z le redshift calculé précédemment. En appliquant ce calcul aux raies mesurées et en déterminant la moyenne des 8 mesures, la vitesse de fuite de l'objet est V_r=8 725 km/s.

La distance de l'objet peut être déterminée avec la relation suivante :

$$d_{a.l.} = \frac{V_r}{H_0} * 3,26.10^6$$

Avec $c = 299.792,458$ km/s, V_r , la vitesse mesurée précédemment et pour la constante de Hubble, l'une des dernières valeurs connues : $H_0 = 73,02$ Mpc

Toujours en réalisant la moyenne des 8 mesures de raies spectrales, la distance de l'objet est approximativement de **389 549 000 années lumières**.

Le tableau ci-contre résume les résultats obtenus ainsi que l'incertitude des mesures réalisées avec un spectrographe LISA d'une résolution $R=420$.

	LISA	Incertainitude
Z	0,030	+/- 5%
Vr en km/s	8 725	+/- 90 km/s
Distance en a.l.	389 549 790	+/- 1.500.000 a.l.



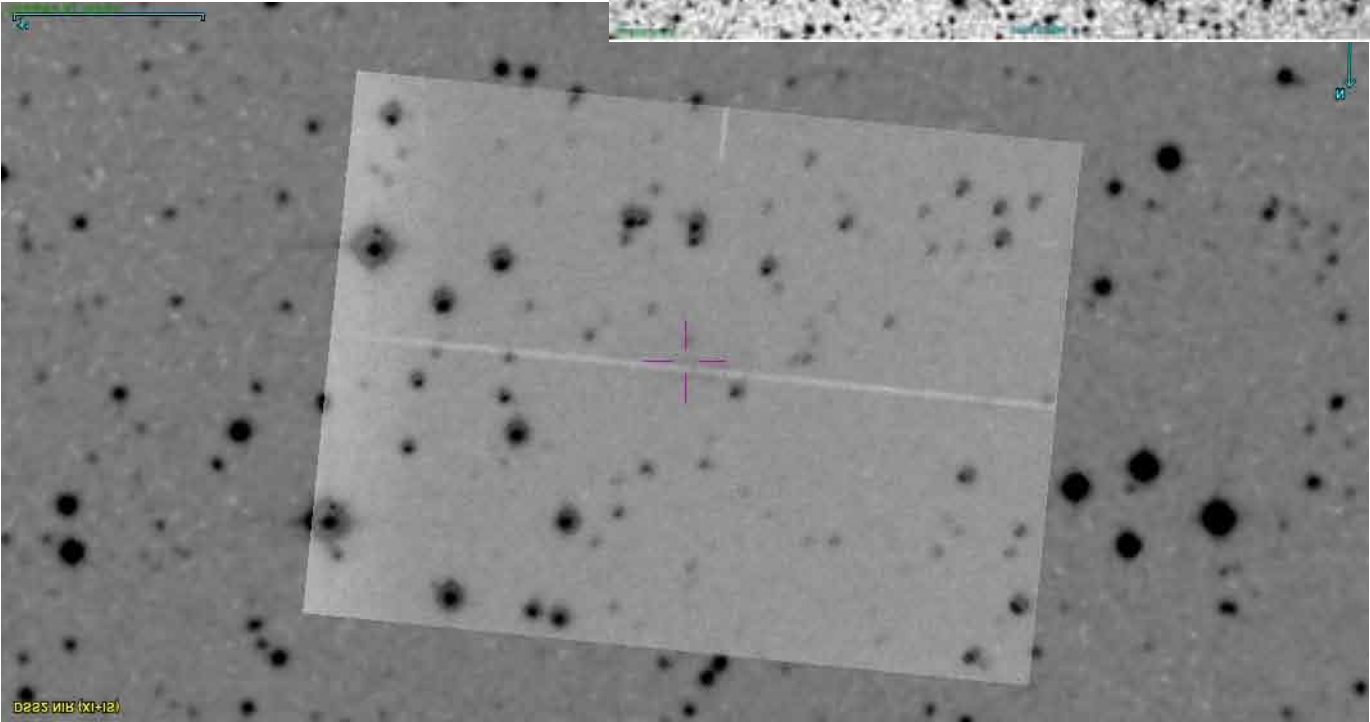
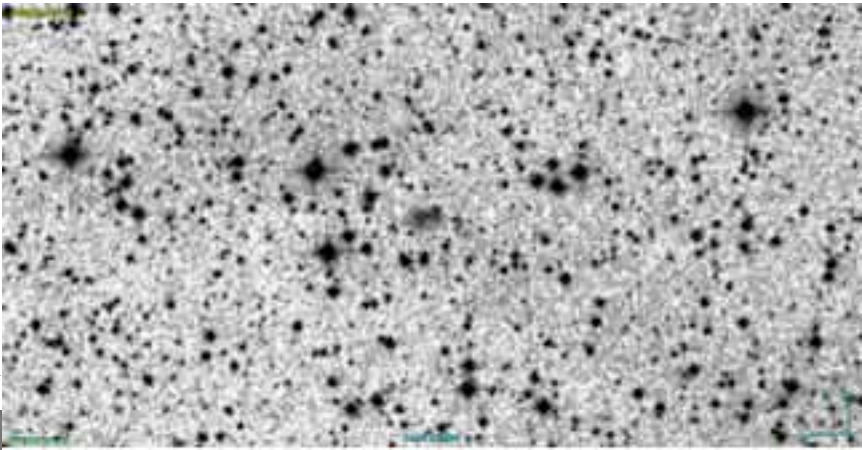
Coupe est du C2PU abritant le télescope Epsilon

Crédit photo : Olivier GARDE

Pre 24

AD 04h 25' 53,60"
DEC +39° 49' 10,40"
Epoque J2000
Spectre réalisé le 21/09/2019 à 01h16 TU

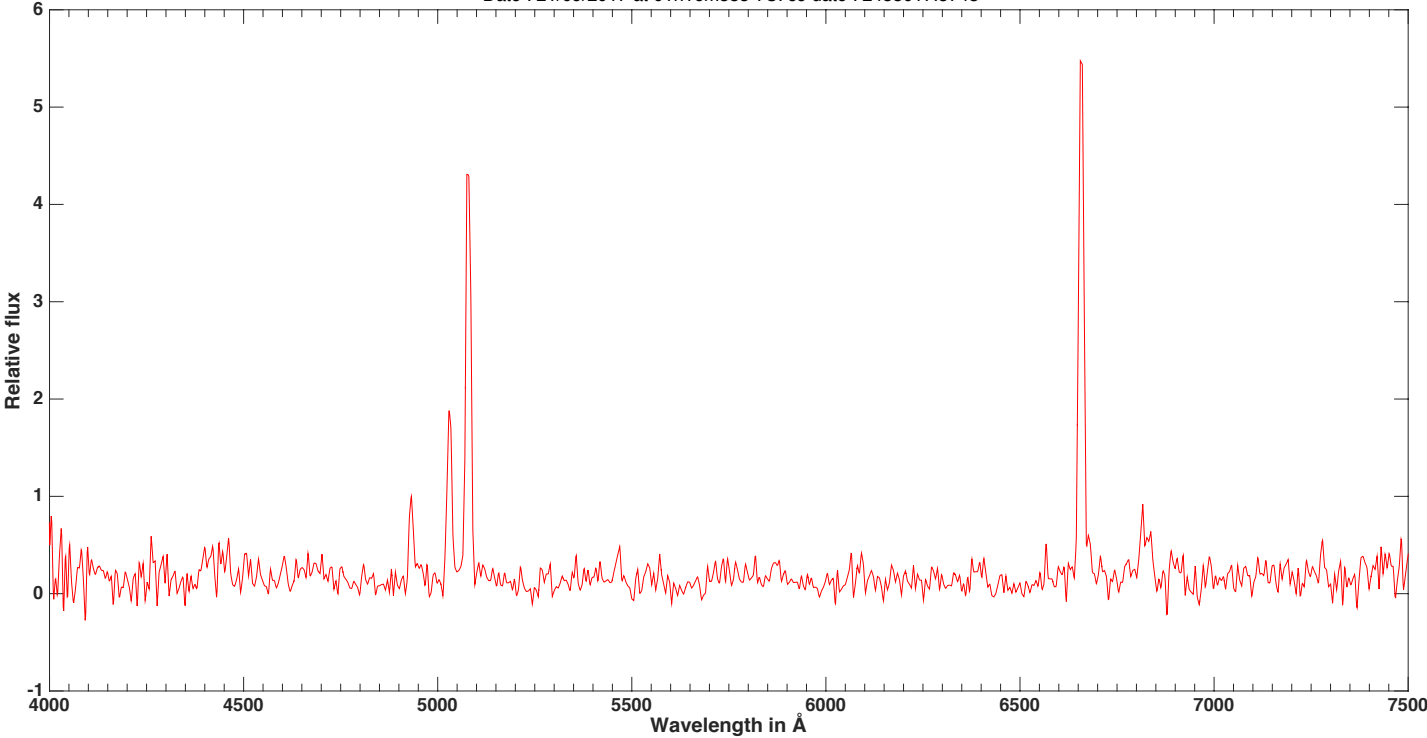
Image DSS de la cible →

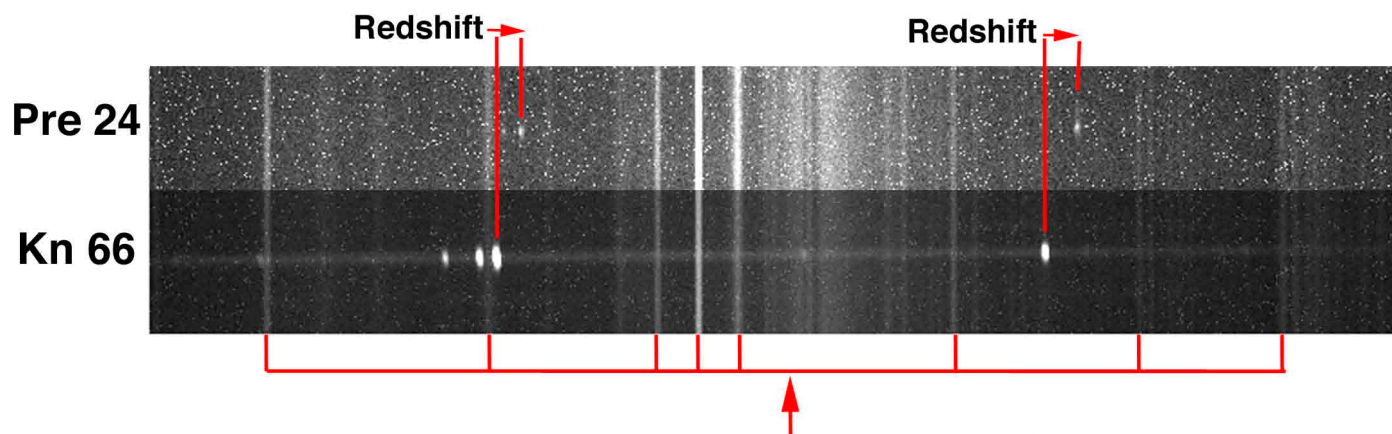


Champ de la fente sur l'image DSS

Pre 24

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 4 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 21/09/2017 at 01h16m58s TU. JJ date : 2458017.5743





Raies interstellaires et atmosphériques

Cette cible n'est pas une nébuleuse planétaire et similaire à App 1. Un décalage spectral vers le rouge, moins grand que pour App 1, est constaté. Le décalage des raies a été déterminé à partir des positions des raies et de l'équation Doppler-Fizeau utilisée pour App 1.

Elements	λ_0	λ_1	z	Vr (km/s)	Distance en a.l.
H β	4861,33	4931,91	0,01452	4 321	192 911 967
[OIII] 4959	4958,92	5030,43	0,01442	4 292	191 616 879
[OIII] 5007	5006,85	5078,92	0,01439	4 284	191 271 277
H α	6562,82	6658	0,01450	4 316	192 704 240
Moyenne 0,01446 4 303 192 126 091					

L'objet a des raies en émissions (essentiellement H α , H β , [OIII]4959 et [OIII]5007) avec fort décalage vers le rouge et un redshift mesuré de **z=0,014**. Il s'agit certainement d'une **galaxie à noyau actif** ou d'une **galaxie de Seyfert** à ce jour non référencée dans les catalogues, mais les investigations continues pour identifier formellement l'objet avec l'aide de Steve Shore.

La vitesse est calculée comme pour App 1 en faisant la moyenne des z obtenus sur nos 4 mesures de raies spectrales, on trouve une vitesse de **V_r=4 303 km/s**.

La vitesse est environ 2 fois plus faible que App 1 et donc l'objet est presque 2 fois moins distant avec une distance calculée d'environ **192 126 000 années lumières**.

Le tableau ci-dessous regroupe des calculs avec les incertitudes de mesures pour cet objet avec le spectrographe LISA.

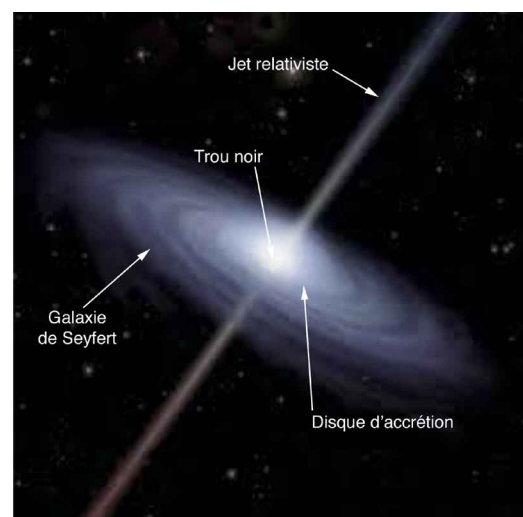


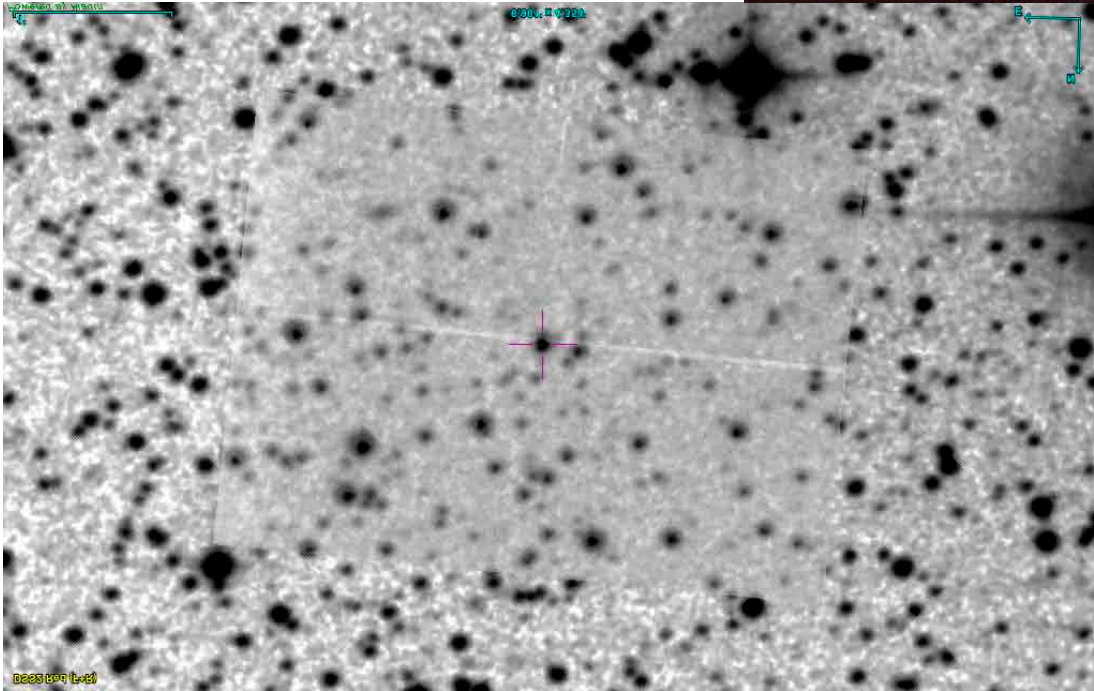
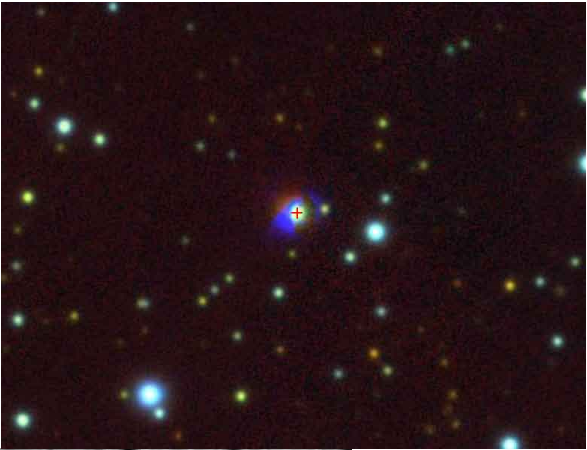
Schéma d'une galaxie de Seyfert
(Illustration NASA)

	LISA	Incertitude
Z	0,014	+/- 5%
Vr en km/s	4 303	+/- 90 km/s
Distance en a.l.	192 126 091	+/- 1.500.000 a.l.

Hu 6

AD 18h 52' 41,38"
DEC +26° 45' 31,5"
Epoque J2000
Spectre réalisé le 20/09/2019 à 21h14 TU

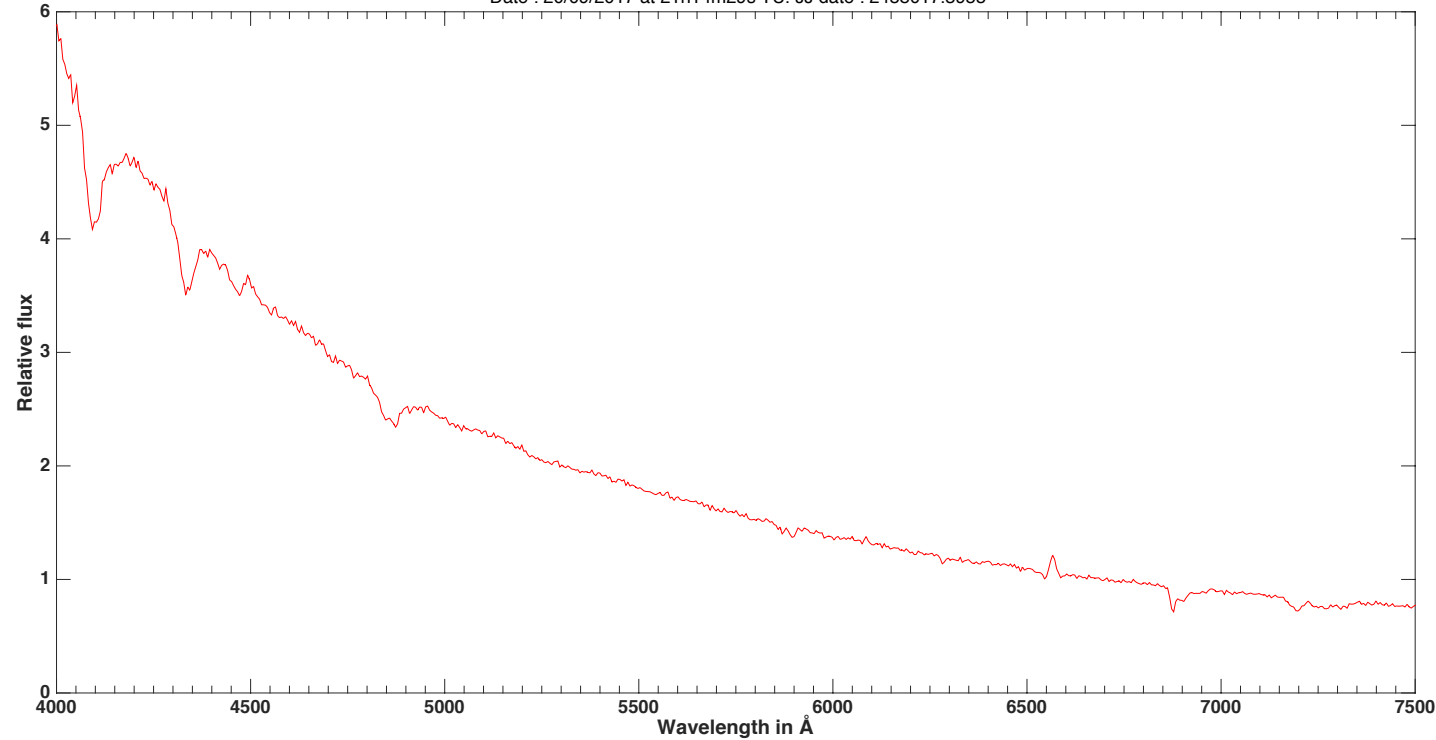
Image PanStarrs de la cible



Champ de la fente sur l'image DSS

Hu 6

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 2 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 20/09/2017 at 21h14m29s TU. JJ date : 2458017.3955

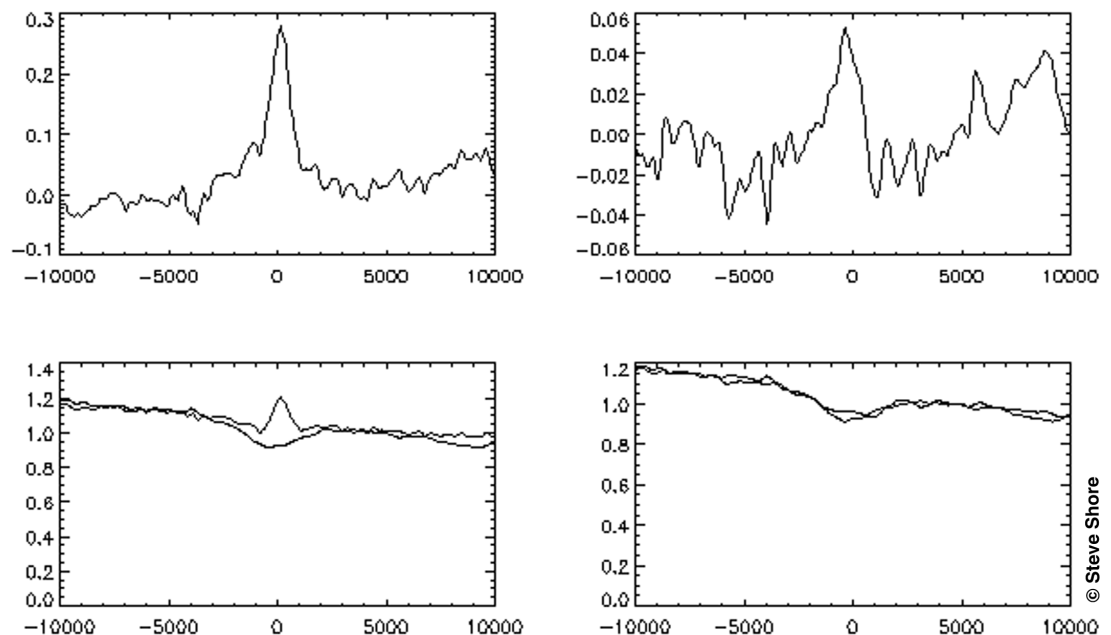


Sur ce spectre, un continuum d'une étoile plutôt chaude est observé à partir du spectre de cet objet. Les raies de Balmer sont visibles et la raie $H\alpha$ est en émission. Un double pic est visible sur les raies en absorption. L'analyse sur cet objet par Steve Shore, astrophysicien à l'université de Pise en Italie est la suivante :

«Before even reading your comment, Olivier, I called this a DA type spectrum emission in the Balmer lines (just seeing the fits file). It's not *that* hot, there's an already known system CY Lyr within 10 arsec. This has a model for the UV (from an IUE low resolution observation) that gives a fit to the disk but not the WD. The optical wasn't used and it was an outburst spectrum (<http://iopscience.iop.org/article/10.1086/519065/pdf>). It's definitely not a protoplanetary or planetary. It's interesting that the Balmer emission is so weak now, that's why I think it's a DA WD with emission instead of what (after trying to type this) is said in then literature.

The spectral classification sequences for WDs are according to whether H or He lines dominate the spectrum so DO are the analogs of O stars (mainly He II and He I but also neary continuum only), DA are Balmer line dominated, and DB are like B stars. The main difference is the width of the lines, Jim Leibert and Ed Sion are the principal origin of the classes. The lines aren't only broadened, the increased pressure changes the ionization balance at any temperature (and they have a very strange relation between colors and spectral types because of their high surface gravities) so a DA isn't only around 10,000 K and a DO can also be a central star of a planetary nebula. There's a parallel sequence for the WR stars but that's also a loose classification system. A point is that the WD sequence has no luminosity classes since they're all (almost) the same gravities. Well, not exactly because they're degenerate and the lower mass has a larger radius and, therefore, a lower gravity. But that isn't enough to compensate for the temperature. The wings are due to pressure (Stark) broadening and some effects of strong (mega-Gauss) magnetic fields are seen (which also affects the line profiles and strengths).

here's the recovered emission line profiles for $H\alpha$ and $H\beta$. The trick is to assume $H\gamma$ is symmetric and unblended and unaffected by emission (always true for even optically thick Balmer lines). So the top are $H\alpha$ emission (left) and $H\beta$ (right) with the recovery spectra below. The spectra were interpolated to the same velocity scale



as $H\alpha$ and then scaled so the continuum beyond 10000 km/s roughly matches (no normalization). I thought this would give you an idea of what can be done to recover information. The main point is that the $H\alpha$ is rather broad, but there's likely a broad wing+narrower core here.»

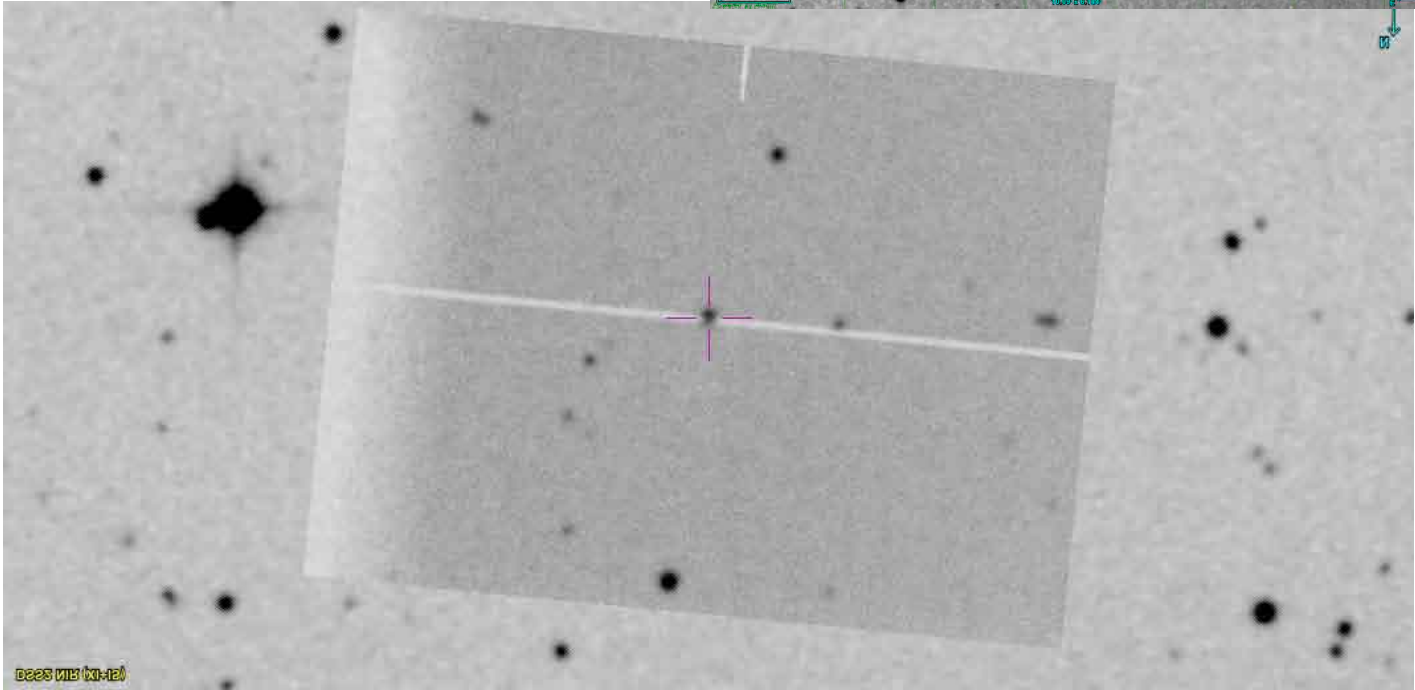
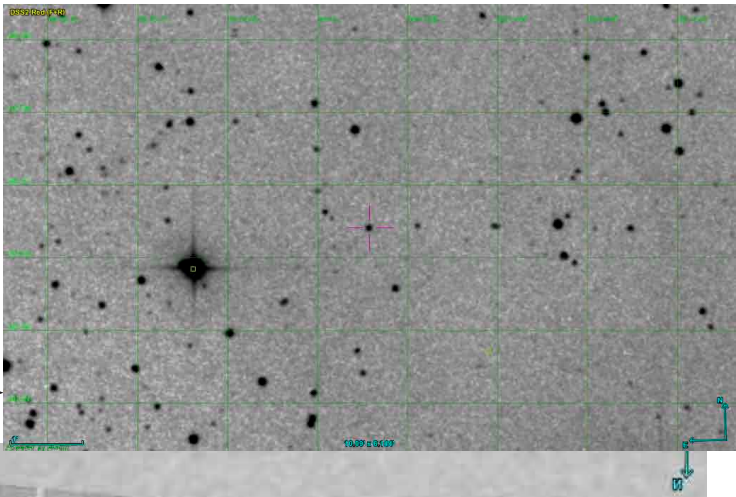
C'est donc une Nova Naine de type DA WD et que l'on trouve dans SIMBAD sous le nom de :

V* CY Lyr ou **2MASS J18524137+2645314** avec une magnitude **V=13,20**.

DeGaPe 32

AD 05h 17' 57,10"
DEC +07° 26' 24,70"
Epoque J2000
Spectre réalisé le 20/09/2019 à 01h22 TU

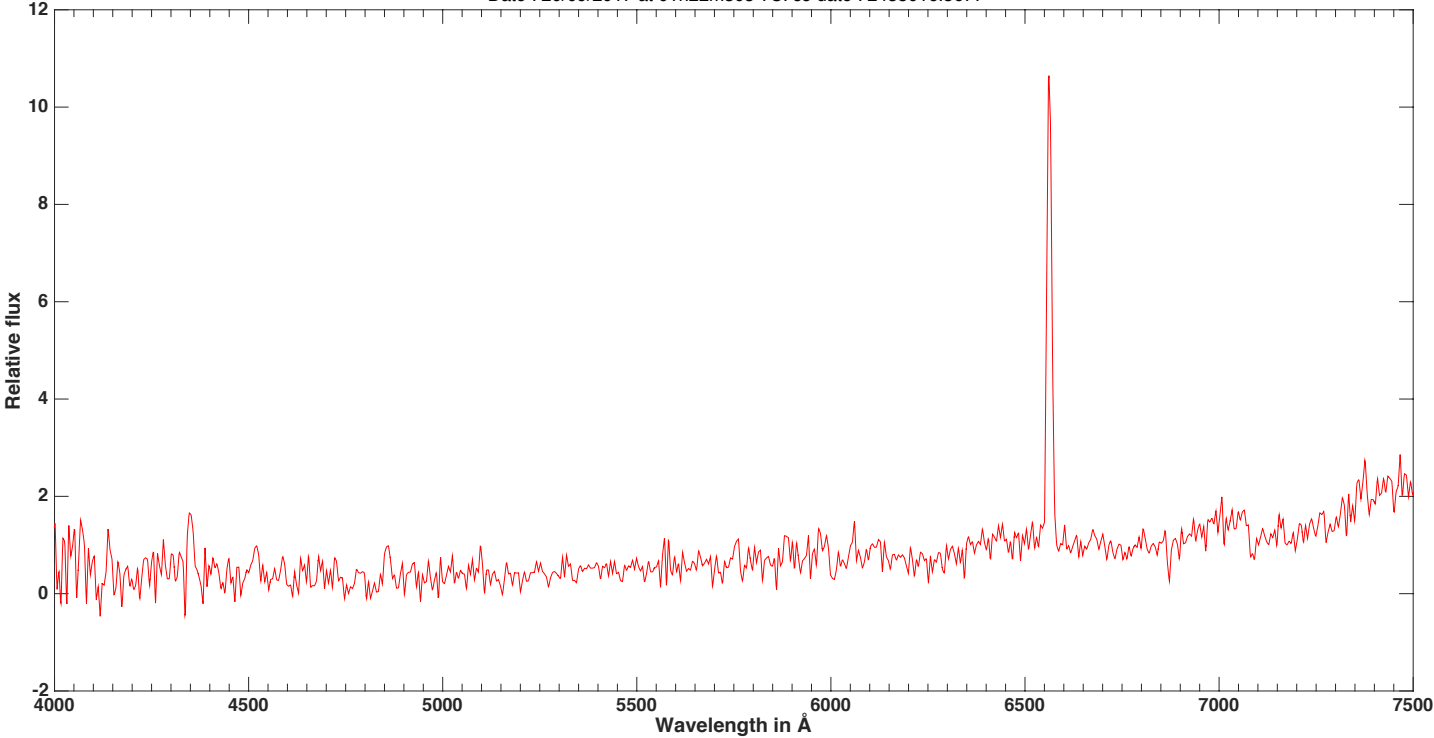
Image DSS de la cible



Champ de la fente sur l'image DSS

Degape 32

T1000 C2PU-LISA-ATIK414EX. Exposure : 2 x 900 s. O. Garde - P. Le Dû - P. Dubreuil - A. Lopez. C2PU Epsilon OCA
Date : 20/09/2017 at 01h22m30s TU. JJ date : 2458016.5677



Le spectre montre une intense raie H α en émission (plus de 10x supérieure au niveau du continuum), les raies H β , H γ et H δ sont également discernables. Le continuum penche légèrement vers le rouge. Une première analyse peut faire penser à une étoile de type Herbig Ae/Be. L'analyse sur cet objet de Coralie Neiner, Astrophysicienne à l'observatoire de Meudon, est la suivante :

«L'émission m'a l'air très fine pour une Herbig, mais c'est peut-être juste une impression sur le plot. A première vue j'aurai plutôt pensé à une émission nébulaire, mais peut-être pas de nébuleuse planétaire effectivement, plutôt provenant de l'environnement de l'étoile.»

Analyse de Steve Shore :

*«DeGaPe 32 has an odd Balmer ratio but that could be an underlying photospheric absorption spectrum (so beta is weaker than it should be), the excitation is very low and there's no metal line emission so this *could* be a massive star, heavily reddened, and perhaps a B supergiant of the sort of LBV group (this is near the Galactic plane, no?). The lack of forbidden lines sets an upper limit to both ionization and excitation (moderate density, perhaps some P Cyg), this could even be a Be star but neither a HAEBE nor a B[e].»*



Photo SHO du champ de DeGaPe 32 réalisé par Thierry Demange, Richard Galli et Thomas Petit
© APO_Team

Synthèse

L'ensemble des résultats de cette mission (données et métadonnées), sont transmis à **Quentin Parker**, de l'université de Hong Kong, pour compléter la base mondiale de nébuleuses planétaires **HASH**, qui regroupe toutes les NP connues à ce jour, qu'elles soient à l'état de candidates ou confirmées. Ces travaux sont également transmis à **Agnès Acker** qui, bien que plus active à l'observatoire de Strasbourg, suit nos travaux de confirmation de NP avec attention. Les métadonnées sont constituées de fiches qui regroupent toutes les informations liées à l'observation d'une cible : paramétrage des instruments, carte de champ de la candidate, image précisant le centrage de la cible sur la fente du spectrographe. Ces travaux permettent par la suite, de déterminer la vraie nature des objets qui sont à l'état de «Candidates NP» dans la base Simbad de l'observatoire de Strasbourg. L'exemple suivant montre le résultats d'une requêtes Simbad sur un objet qui est à l'état de «Candidate NP». La requête suivante montre une cible dont la nature a été récemment confirmée par Pascal lors de la mission CALA 2015, avec un télescope de 500 mm.



Il faut noter que pour cette mission, **Coralie Neiner** de l'observatoire de Meudon et **Steve Shore** de l'université de Pise ((Italie) ont contribué à l'analyse de certains objets.

PortalSimbadVizieRAladinX-MatchOtherHelp

PN RA 9

other query modes : Identifier queryCoordinate queryCriteria queryReference queryBasic queryScript submissionTAPOutput optionsHelp

Query : PN RA 9C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.5.8 - 2016.09.17CEST12:25:04

Available data : Basic dataIdentifiersPlot & imagesBibliographyMeasurementsExternal archivesNotesAnnotations

Basic data :
NAME PN Ra 9 -- Possible Planetary Nebula
Other object types: PN7 (Ref)
ICRS coord. (ep=J2000) : 20 31 09.0 +21 21 41 [] D 2015LAstr.129b..42P
FK5 coord. (ep=J2000 eq=2000) : 20 31 09.0 +21 21 41 []
FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) : 20 28 55.9 +21 11 31 []
Gal coord. (ep=J2000) : 063.7177 -10.5591 []
SIMBAD query around with radius 2 arcmin

Interactive AladinLite view
FoV: 1.99'
ZMASSDSSSDSS

PortalSimbadVizieRAladinX-MatchOtherHelp

PN Ldu 13

other query modes : Identifier queryCoordinate queryCriteria queryReference queryBasic queryScript submissionTAPOutput optionsHelp

Query : PN Ldu 13C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.5.8 - 2016.09.17CEST12:26:16

Available data : Basic dataIdentifiersPlot & imagesBibliographyMeasurementsExternal archivesNotesAnnotations

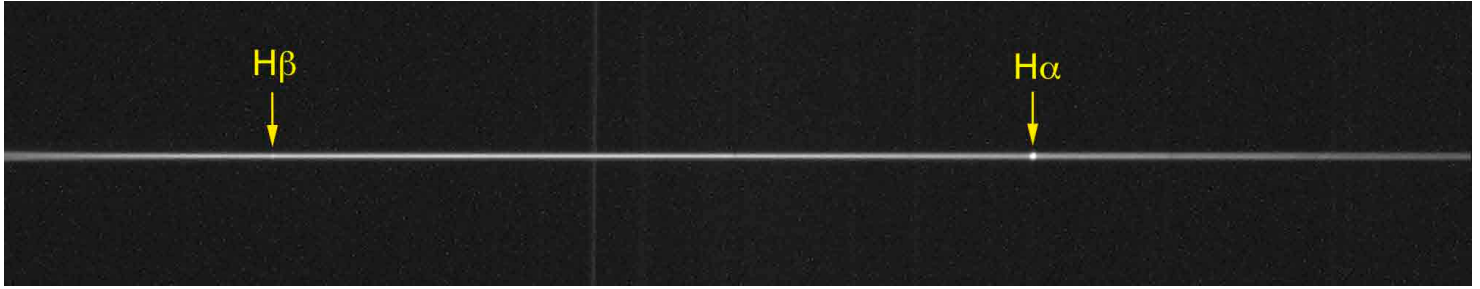
Basic data :
NAME PN LDu 13 -- Planetary Nebula
Other object types: PN (Ref,PN), ISM (IPHASX)
ICRS coord. (ep=J2000) : 23 38 40.430 +61 41 40.90 [] D 2015LAstr.129a..42P
FK5 coord. (ep=J2000 eq=2000) : 23 38 40.430 +61 41 40.90 []
FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) : 23 36 18.75 +61 25 03.7 []
Gal coord. (ep=J2000) : 114.4192 +00.0315 []
Angular size (arcmin): 1.02 1.02 90 (Opt) D 2014MNRAS.443.33888
SIMBAD query around with radius 2 arcmin

Interactive AladinLite view
FoV: 1.99'
ZMASSDSSSDSS

Spectre de 2 étoiles Be

Entre deux séances d'acquisition sur les candidates nébuleuses planétaires, les étoiles Be suivantes ont été observées : **V2188 Cyg** de magnitude $V=14,88$ et **V1493 Cyg** une Herbig Ae/Be de magnitude $V=15,20$.

Les étoiles de type Be ou Herbig Ae/be sont des étoiles dont l'une des raies de la série de Balmer est en émission (mettant en évidence un disque de matière en rotation rapide autour de l'étoile). Les spectres de ces étoiles peuvent varier très rapidement au cours du temps et leur suivi spectral permet de mettre en évidence leur évolution. Le programme de suivi de ces types d'étoiles a été initié par **Coralie Neiner**

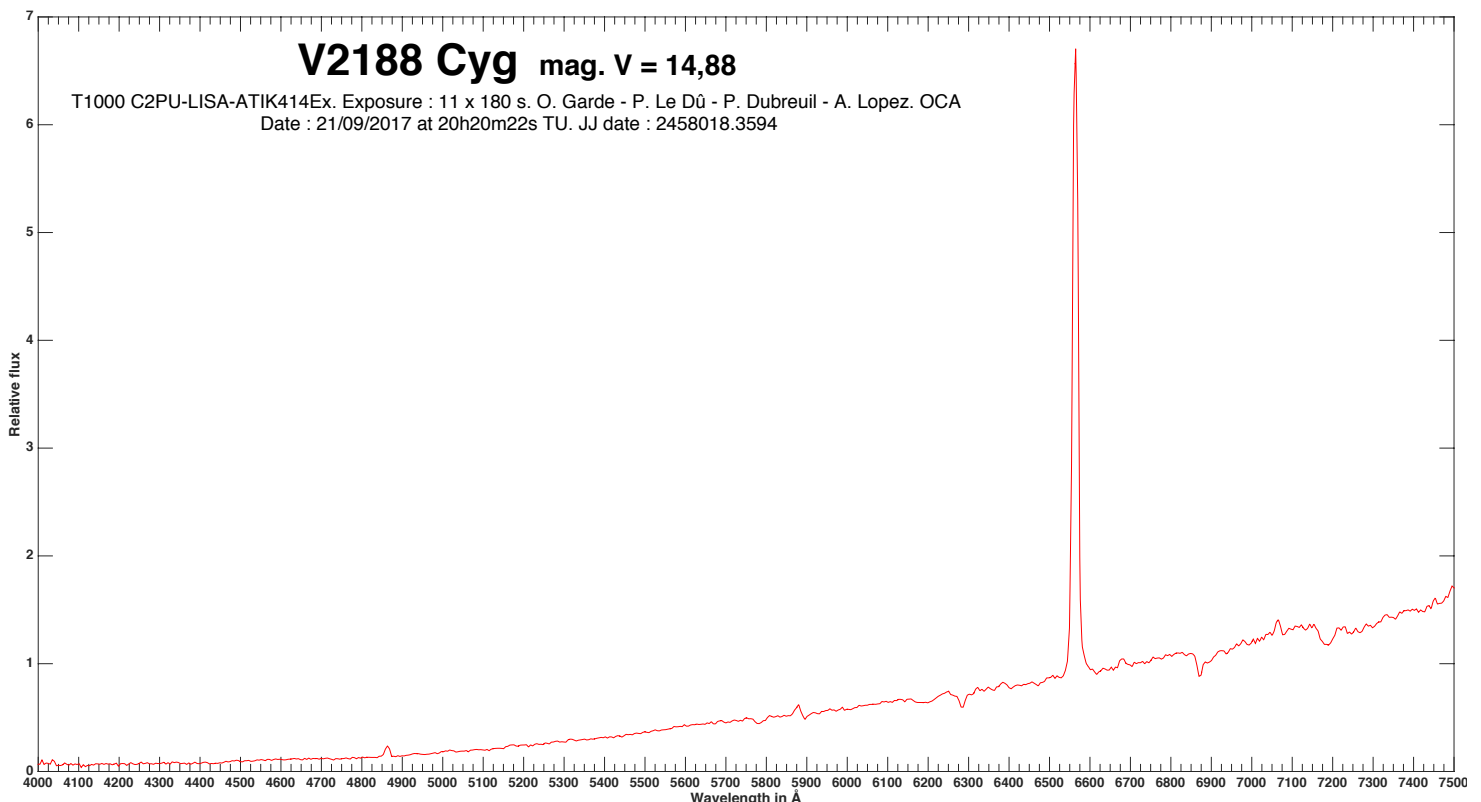


de l'observatoire de Meudon en 2004.

Plusieurs outils ont été mis en place comme le site Aras Beam (<http://arasbeam.free.fr>) qui permet de sélectionner les cibles intéressantes à faire en spectroscopie haute et basse résolution et la fréquence d'observation compte tenu de son activité. Beaucoup d'objets du catalogue n'ont pas encore de spectres, spécialement pour les magnitudes >9 peu accessibles aux spectroscopes haute résolution amateurs.

Compte tenu du diamètre du télescope, les magnitudes des étoiles choisies sont faible. Il n'existe qu'un seul spectre de V2188 Cyg dans la base de données spectrales BESS et aucun spectre pour V1493 Cyg.

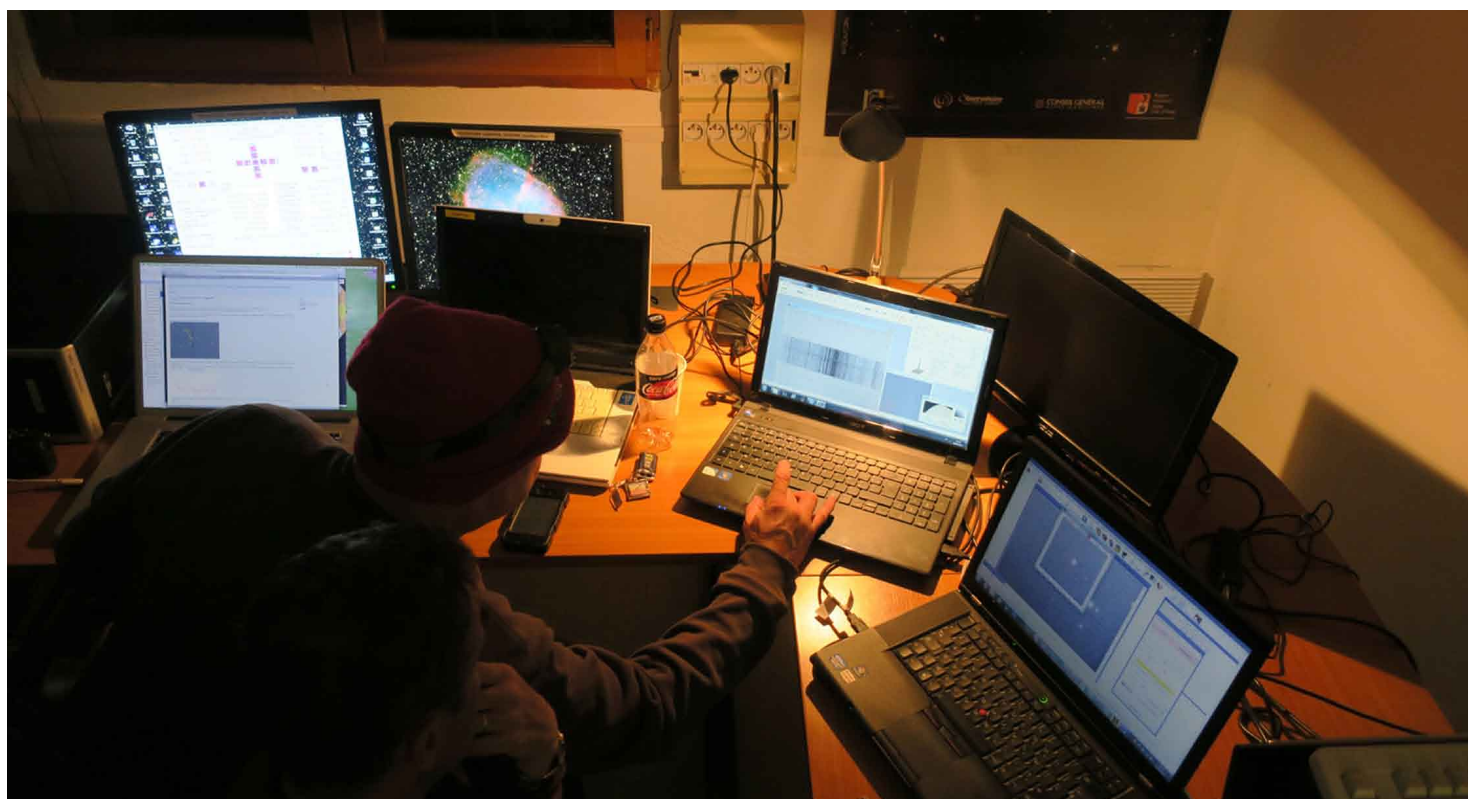
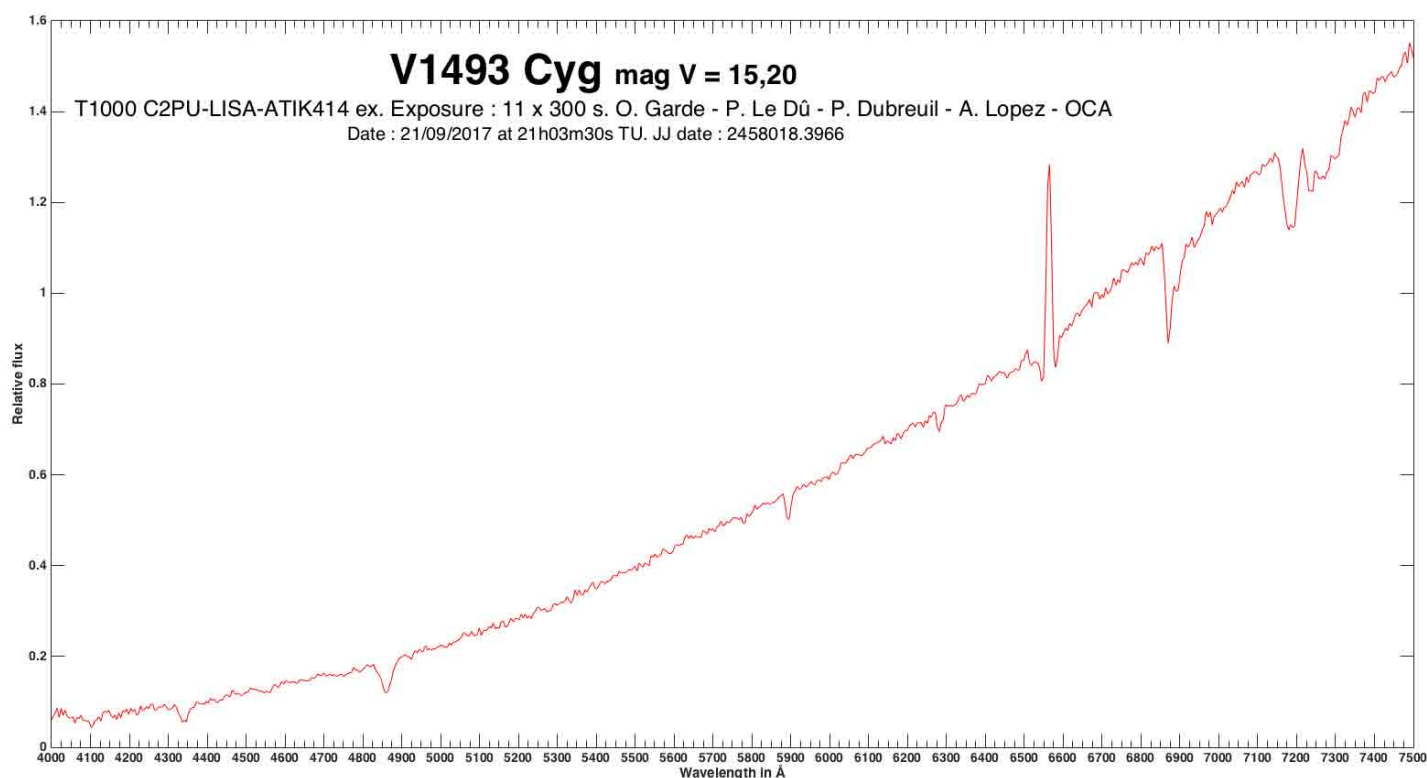
V2188 Cyg présente une raie H α en forte émission (6 fois plus intense que le continuum), les raies H β



et H γ sont également en émissions mais beaucoup moins intenses. V1493 Cyg présente également une raie H α en émission, par contre les autres raies de Balmer sont en absorption.

On constate également un fort rougissement du spectre (pente du spectre orienté vers le rouge), cela s'explique du fait que certaines Herbig Ae/be ont de la poussière circumstellaire qui rajoute de l'émission de continu rouge et IR en plus du continu de l'étoile (d'après **Coralie Neiner** de l'observatoire de Meudon). Les Be classiques peuvent aussi monter, cette fois-ci à cause de l'excès IR du au disque, mais cette émission est beaucoup moins forte que celle de la poussière des Herbig.

Le traitement a été réalisé avec ISIS et les spectres ont été déposés dans la base Bess : basebe.obspm.fr/basebe/ qui comporte plus de 137.000 spectres à ce jour.



Salle de contrôle du C2PU Epsilon abritant le télescope Espilon

Crédit photo : Alain Lopez

Remerciements

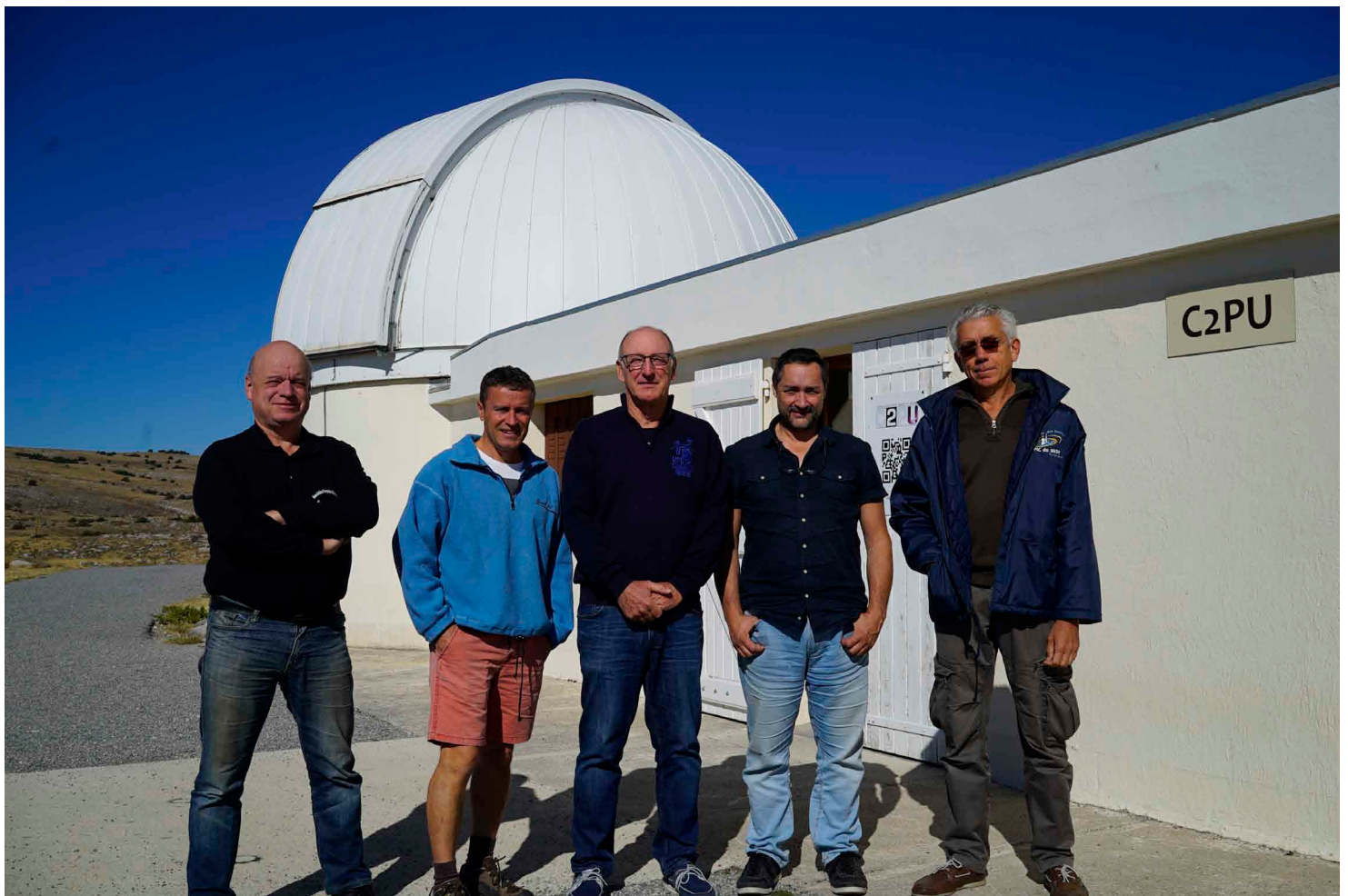
Cette mission de confirmation spectroscopique de nébuleuses planétaires n'aurait jamais pu avoir lieu sans le soutien et l'action des personnes suivantes :

Jean-Pierre Rivet, David Vernet, Marco Scardia, Pierre Dubreuil et Alain Lopez

pour nous avoir facilité et permis de réaliser cette fabuleuse mission sur le T1m Epsilon du C2PU de l'OCA sur le site de Calern non seulement au niveau de l'organisation logistique de la mission mais encore pour la partie technique et le temps consacré à nous montrer les diverses procédures pour l'utilisation du télescope, de la coupole et de la salle de contrôle.

Nous tenons également à remercier **Bernadette** à l'accueil du site pour nous avoir trouvé des chambres dans le bâtiment administratif durant notre séjour sur le plateau de Calern malgré les travaux entrepris sur les autres chambres, nous avons apprécié de pouvoir disposer de belles chambres à proximité de la coupole du C2PU.

Merci à tous pour nous avoir fait confiance sur notre programme scientifique et au temps passé avec nous pour nous rendre le séjour agréable et productif dans la bonne humeur et un esprit convivial que nous avons tous apprécié.



De gauche à droite : Olivier Garde, Pascal Le Dû, Pierre Dubreuil, Jean-Pierre Rivet, Alain Lopez devant l'entrée du C2PU abritant les 2 télescopes de 1m.

Crédit photo : Olivier GARDE © 2017

Bibliographie et références

L'observatoire de la côte d'Azur et le site de Calern :

www.caussols.fr/fr/les-activites/visites/observatoire-de-la-cote-d-azur

www.oca.eu/fr/histoire-et-patrimoine/calern

Le C2PU :

www.c2pu.oca.eu

http://c2pu.oca.eu/IMG/file/C2PU_Telescopes_02.ppt

Structures associatives astronomique et bases de données :

Club du CALA : www.cala.asso.fr

Base BESS : <http://basebe.obspm.fr/basebe/>

Aras Beam : <http://arasbeam.free.fr>

Forum ARAS spectro : www.spectro-aras.com/forum/index.php

Le matériel d'acquisition spectral :

CCDATIK : www.atik-cameras.com

Shelyak Instrument : www.shelyak.com

Les logiciels :

Prism : www.prism-astro.com/fr/index.html

Maxim DL : <http://diffractionlimited.com/product/maxim-dl/>

ISIS : www.astrosurf.com/buil/isis/isis.htm

Vspec : www.astrosurf.com/vdesnoux/

Spc Audace : <http://bmauclaire.free.fr/spcaudace/>

Sites des auteurs :

Site de Pascal Le Dû : www.cielocan.fr

Site d'Olivier Garde : <http://o.garde.free.fr/astro/Spectro1/Bienvenue.html>

Livres :

- Astronomie et Astrophysique 5ème édition par Agnes Acker chez Dunod. ISBN : 978-2100576401

- Guide pratique pour débuter en spectroscopie astronomique par François Cochard chez edp sciences. ISBN 978-2-7598-1784-9

- Stars and their spectra par James B. Kaler aux éditions Cambridge University Press
ISBN : 978-0-521-89954-3

- Astrophysics of Gaseous Nebulae and active Galactic Nuclei 2ème édition par Donald E. Osterbrock et Gary J. Ferland aux éditions University Science books. ISBN : 1-891389-34-3

- Spectral atlas for amateur astronomers par Richard Walker aux éditions Cambridge University Press
ISBN : 978-1-107-16590-8

- Astronomical Spectrography for amateurs (ouvrage collectif réalisé par J.P. Rozelot et C. Neiner) aux éditions edp sciences. ISBN : 978-2-7598-0629-4

- Pulsating, rotation, wind and magnetic field in early B-Type stars par Coralie Neiner aux éditions Universiteit van Amsterdam. ISBN : 90-5776-090-8.

Galerie photos d'ambiances



Crépuscule et ouverture des coupoles Crédit photos : Olivier Garde



Pascal et Olivier à la pose café de midi avec la Corse en fond. (un peu dans la brume...)

Crédit photo : Pascal Le Dû



Réglage du spectrographe LISA avant fixation sur le télescope

Crédit photo : Alain Lopez

