Compte rendu de mission

T60, observatoire du Pic du Midi de Bigorre

20-27 février 2017 (semaine 8/2017)

Stéphane Fauvaud & Jean-Paul Godard

1 Introduction

Cette mission était destinée à la formation du premier auteur de ce rapport par le second à la pratique de la spectroscopie sur le T60. La capacité à conduire des projets et à mettre en œuvre des observations spectroscopiques étaient les objectifs visés par cette formation. Les éléments matériels essentiels à la mission, en particulier un spectrographe et les caméras associées, ont été mis à disposition par Jean-Paul.

2 Etat général du laboratoire et du télescope

A notre arrivée, le laboratoire du T60 était particulièrement propre et bien rangé, la coupole en ordre, le télescope bâché.

Durant les observations de la première nuit, un problème avec le rappel en ascension droite a été rencontré. Il s'agissait d'un module GPS, placé dans la coupole, qui était resté branché sur le câble de guidage et envoyait des signaux perturbant la commande en ascension droite. (Ce module a été remarqué seulement après un examen détaillé des cartes électroniques du module MCMT2 par les techniciens de l'observatoire Midi-Pyrénées …) Il est donc utile de suivre la consigne suivante : **en cas de non utilisation de la fonction guidage, il faut veiller à déconnecter le câble dédié à cette fonction s'il est branché côté laboratoire T60.**

3 Conditions météorologiques

Cette semaine a été propice à l'observation du ciel, avec six nuits claires sur sept passées au sommet !

4 Instrumentation

Le télescope T60 (60 cm de diamètre, f/3,5) était équipé d'un spectrographe Shelyak Alpy 600 avec modules de guidage (intégrant une fente de 23 µm de largeur) et de de calibration[1]. Le recul du foyer du télescope était nécessaire pour y positionner la fente du spectrographe, ce qui a justifié l'emploi d'un système divergent, un correcteur de champ Televue Paraccor[2]. Les caméras scientifique et de guidage étaient respectivement des modèles Atik 314L+ (1392 x 1040 pixel², pixels carrés de 6,45 µm de côté, codage sur 16 bits) refroidie à –10 °C sans régulation et PLA-M i-NOVA (640 x 480 pixel², pixels carrés de 5,6 µm de côté). L'ensemble a été monté sur le nouveau porte-oculaire Optec (série TCF), dispositif mécaniquement robuste permettant une focalisation aisée et précise (Figure 1). Le pilotage des caméras était assuré à l'aide de PRISM version 10.1.22.203.

[1] Shelyak Instruments, `http://www.shelyak.com`

[2] Verlinden, M., & Godard, J.-P., 2016, *Rapport de mission T60, du 24 au 31 octobre 2016 (S43)*, Association T60, `http://www.astrosurf.com/t60/`

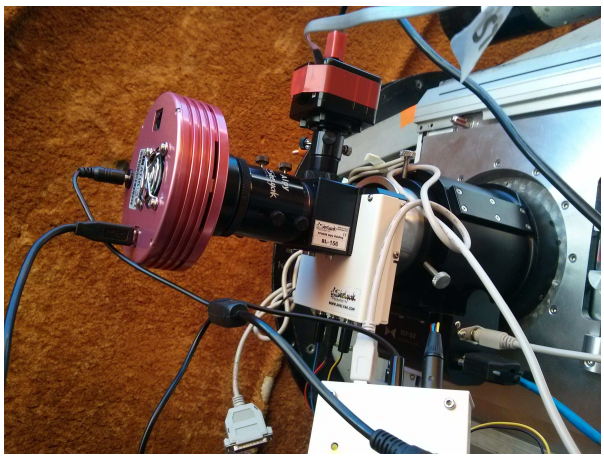

Figure 1. Vue d'ensemble de l'instrumentation au foyer du T60.
De droite à gauche : porte-oculaire Optec ; module de calibration spectral (boîtier blanc) ; module de guidage surmonté de la caméra de suivi ; spectrographe Alpy 600 et caméra scientifique Atik 314L+.

5 Observations

5.1 Cibles

Divers objets, stellaires ou non, ont été observés durant la mission, par exemple la planète Vénus, les étoiles Alphard, Bételgeuse, BL Cam, Capella, Castor, Pollux, Procyon, Régulus, Rigel, RR Lyrae ou encore la nébuleuse planétaire M57. Le prétraitement et la réduction des spectres – correction des noir, offset, flat-field, pixels « chauds », calibration en longueur d'onde et correction de la réponse instrumentale – ont été réalisés avec le logiciel ISIS (version 5.5.2) de Christian Buil[3]. Les procédures à suivre sont décrites par ce dernier ainsi que dans divers documents[4], dont des comptes rendus de mission au T60[5]. Le choix pédagogique de ces objets a permis de mettre en évidence la variété des profils spectraux (Fig. 2 et 3).

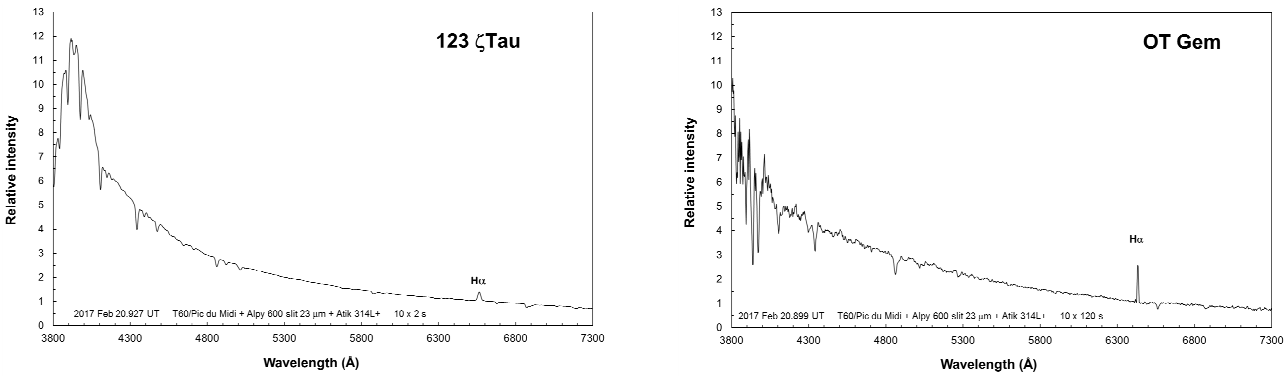

Figure 2. 123 ζTau et OT Gem, deux étoiles de type Be dont le spectre montre clairement la raie de l'hydrogène Hα en émission, raie plus intense et étroite pour OT Gem que pour 123 ζTau. La réponse spectrale instrumentale a été corrigée : (i) pour 123 ζTau, avec αGem ≡ Castor, type A1V+A2Vm, dont le spectre a été comparé au profil synthétique d'une étoile A2V de la base de données Pickles ; (ii) pour OT Gem, avec son propre spectre, qui a été comparé avec celui de l'étoile HD 74280, type B3V, du catalogue NOAO Indo US/CFLIB. Ce spectre n'a donc qu'une valeur qualitative.

[3] Buil, C., `http://www.astrosurf.com/buil/isis/isis.htm`
[4] par exemple, Thizy, O., & Cochard, F., 2014, *Spectroscope Alpy 600. Manuel utilisateur*, document DC0020 rév. B, février 2014, Shelyak Instruments ; Cochard, F., 2016, *Guide pratique pour (bien) débuter en spectroscopie astronomique*, EDP Sciences
[5] voir, en particulier, André, C., Arlic, G. Metz, F., & Nougayrède, J.-M., 2016, *Compte rendu de la mission « Cake de photons », T60-Pic du Midi, du 27/02/2016 au 04/03/2016*, Association T60, `http://www.astrosurf.com/t60/`

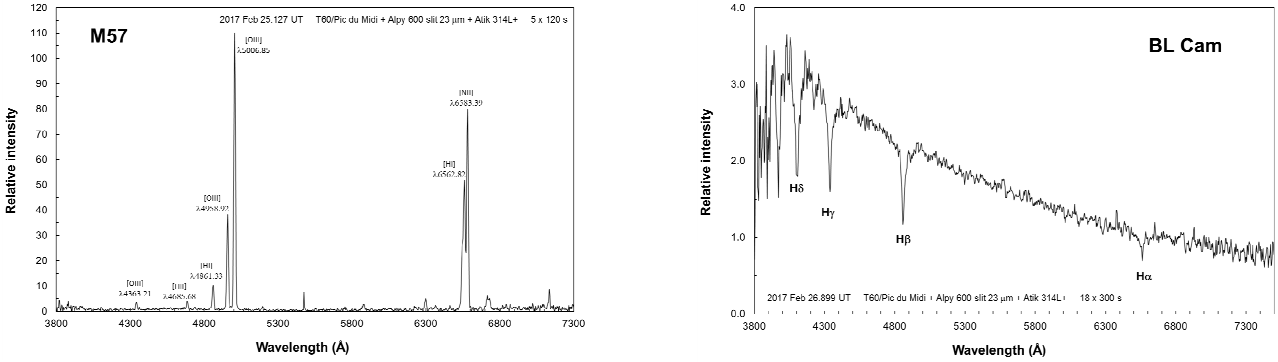

Figure 3. ***A gauche :*** spectre de la nébuleuse planétaire M57, avec ses nombreuses raies de l'hydrogène et de l'oxygène. (Le spectre de αLyr ≡ Véga, type A0V, a été comparé au profil d'une étoile A0V de Pickles pour déterminer la correction instrumentale à appliquer au spectre de M57.) ***A droite :*** le spectre fortement bruité de BL Cam (V ~ 13,1 mag), étoile pulsante de type SX Phe, est marqué par la série de Balmer de l'hydrogène en absorption. La composante instrumentale du spectre a été corrigée avec le propre spectre de BL Cam, qui a été comparé avec un profil synthétique (Pickles) d'étoile A5V, dont la température effective (8180 K, *cf.* Cox, A. N. (ed.), 2000, *Allen's astrophysical quantities*, 4th ed., Springer, p. 388) est proche de celle attribuée à BL Cam (~ 7970 K selon McNamara, 1997, PASP 109, 1221, d'après des données photométriques). Ce spectre n'a donc qu'une valeur qualitative.

5.2 Niveau de signal obtenu avec un spectrographe Alpy 600 associé au T60

La préparation d'une mission, en particulier le choix des objets à inscrire au programme d'observation, nécessite d'avoir une connaissance minimale des performances présumées de l'instrumentation mise en œuvre. Avoir, par exemple, une estimation approximative du flux lumineux qu'il sera possible d'atteindre, pour une magnitude et un temps de pose donnés, est une information importante.

Une série d'étoiles de magnitude croissante (1 ≤ V ≤ 11 mag), sélectionnées dans la base de données SIMBAD[6] (voir Annexe), ont donc été observées (Tableau 1, colonnes 1 à 5). Cinq à dix images ont été réalisées pour chaque étoile, avec un temps de pose ajusté selon la magnitude et la position de l'objet lors de l'observation (Tab. 1, col. 6 et 7).

Tableau 1. Identification, caractéristiques et conditions d'observation des étoiles : (1) nom de l'objet ; (2) ascension droite ; (3) déclinaison ; (4) magnitude V ; (5) type spectral ; (6) masse d'air lors de l'observation ; (7) temps de pose de chaque image ; (8) intensité maximale moyenne, et (9) intensité maximale moyenne des spectres par unité de temps.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Objet *	**AD *** **(hh mm ss)**	**Déc *** **(° ′ ″)**	**V *** **(mag)**	**Type spectral ***	**X**	**t** **(s)**	$\bar{I}_{max}$ **(ADU) ****	$(\bar{I}_{max})_{t=1s}$ **(ADU s^{-1})**
β Gem	07 45 18,950	+ 28 01 34,30	1,00	K0III	1,05	2	50637 ± 10528	25318 ± 5264
γ Gem	06 37 42,710	+ 16 23 57,41	1,92	A1.5IV+	1,13	3	55008 ± 10485	18336 ± 3495
ε Gem	06 43 55,930	+ 25 07 52,05	2,98	G8Ib	1,07	10	50839 ± 8298	5084 ± 830
γ Mon	06 14 51,333	- 06 16 29,19	3,96	K1III	1,58	20	24659 ± 5154	1233 ± 258
υ Gem	07 35 55,350	+ 26 53 44,68	4,06	M0III	1,05	10	28108 ± 7061	2811 ± 706
44 Gem	07 05 18,370	+ 22 38 14,85	6,01	B8Vn	1,13	60	33005 ± 7533	550 ± 126
HD 60914	07 37 40,157	+ 22 20 24,21	6,98	K7V ou G5	1,12	150	19300 ± 4512	129 ± 30
HD 46467	06 34 27,000	+ 21 25 37,00	8,01	K2	1,36	300	13901 ± 3016	46 ± 10
HD 42895	06 14 09,950	+ 20 20 19,70	8,99	A0IV	1,83	300	8242 ± 2195	27 ± 7
HD 250157	06 00 23,690	+ 20 54 15,80	9,99	A2	2,63	300	6629 ± 4486	22 ± 15
HD 254392	06 17 00,840	+ 20 35 36,45	11,00	F5	3,55	300	5445 ± 1170	18 ± 4

* Données SIMBAD
** ADU : *analog to digital unit* (en français, unité de conversion analogique-numérique, ou pas codeur)

[6] `http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/`

L'intensité maximale a été mesurée sur les spectres bruts de chaque étoile. En raison des conditions atmosphériques changeantes (seeing, transparence, vent) et des aléas du guidage (étoile fréquemment hors de la fente), une dispersion des mesures a été constatée. Les intensités dont l'écart à l'intensité maximale de la série d'images n'excédait pas 25 % ont alors été retenues pour le calcul d'une intensité maximale moyenne $\bar{I}_{max}$ (Tab. 1, col. 8). La valeur de cette dernière par unité de temps, $(\bar{I}_{max})_{t = 1s}$ (Tab. 1, col. 9), a alors permis d'établir un abaque de l'intensité maximale moyenne en fonction de la magnitude V pour un temps de pose variant de 1 à 300 s (Fig. 4). Le faisceau de droites a été obtenu en ajustant linéairement les mesures par régression par moindres carrés.

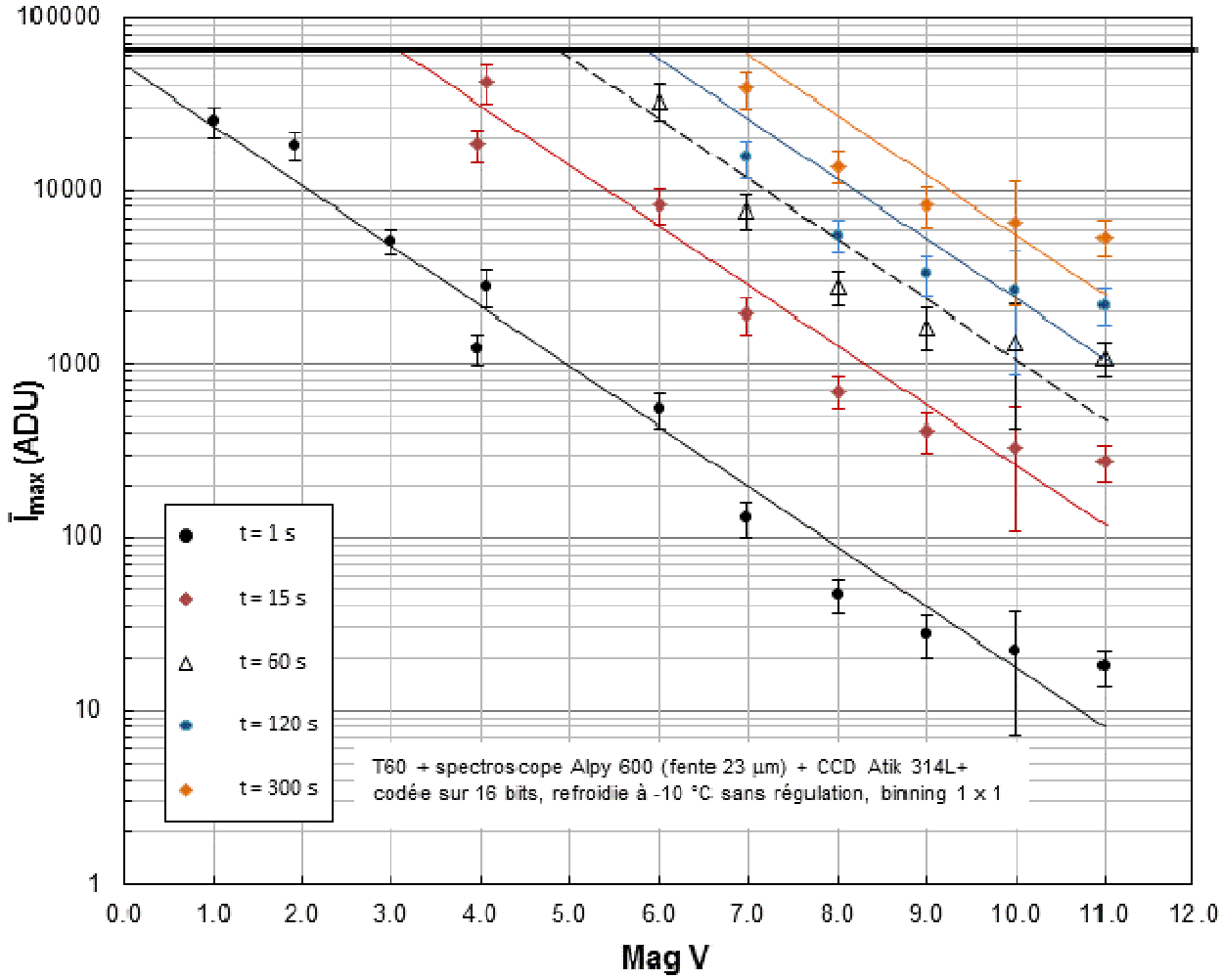

Figure 4. Intensité maximale moyenne ($\bar{I}_{max}$) obtenue en fonction de la magnitude (V) et du temps de pose (t). (Télescope T60 équipé d'un spectrographe Shelyak Alpy 600 avec modules de guidage (fente de 23 µm de largeur) et de calibration, et d'une caméra CCD Atik 314L+ codée sur 16 bits, refroidie à –10 °C sans régulation. Images réalisées en binning 1 x 1.) Le faisceau de courbes est décrit par l'équation : $\bar{I}_{max} = 52544 \cdot t \cdot 10^{-0,346\,V}$, avec $\bar{I}_{max} \leq 65535$ ADU, et $[\bar{I}_{max}]$ = ADU, [V] = mag et [t] = s. La droite horizontale en trait continu épais noir est le seuil de saturation à 65535 ADU de la caméra Atik 314L+.

Cet abaque doit cependant être manipulé avec précaution. Des étoiles chaudes et froides (type spectral de B à M) ont en effet été utilisées et la masse d'air couvre une large gamme de valeurs, de ~ 1 à 3,5. Cela peut expliquer la déviation des mesures par rapport à l'ajustement linéaire, par exemple à la magnitude 4 (observation d'étoiles K et M), ou aux magnitudes 10 et 11, où les spectres de deux étoiles A et F ont été enregistrés à des masses d'air élevées (X > 2,5). D'autre part, les conditions atmosphériques ont évoluées

entre le début et la fin des observations, soit quelques heures, et les difficultés pour conserver la cible dans la fente ont conduit à des spectres de qualité variable… Même s'il n'a qu'une valeur indicative – une approche plus rationnelle aurait consisté à estimer le rapport signal sur bruit d'étoiles de couleurs et magnitudes données en fonction du temps de pose et de paramètres tels que la masse d'air, le seeing ou encore la luminosité du fond de ciel – un tel abaque devrait toutefois aider les observateurs dans la préparation de leurs futures missions au T60 du Pic du Midi.

6 Conclusion

Cette mission de formation a permis une pratique de la spectroscopie avec le T60. Testée par des équipes précédentes, la configuration du montage du spectrographe Alpy 600 au foyer du télescope a été validée. Divers objets, stellaires ou non, ont été observés. Enfin, un abaque est proposé. Il donne une indication du niveau de signal lumineux qu'il est possible d'atteindre en fonction de la magnitude et du temps de pose.

Remerciements

SF remercie tout particulièrement Arnaud Leroy, pour le prêt du correcteur de champ Televue Paraccor, et Jean-Paul, pour la mise à disposition de son matériel et le partage généreux de son temps et de ses connaissances.

Annexe. Requête pour la sélection d'étoiles dans SIMBAD

Les étoiles du tableau 1 ont été recherchées et sélectionnées dans la base de données astronomique SIMBAD.

Le module de recherche par critère a été utilisé (« *Queries* », « by criteria » de la page d'accueil de la base, puis « Enter a search expression »). Les équations de recherche étaient du type :

```
rah > 6 & rah < 8 & dec > 0 & dec < 30 & Vmag > 3.90 & Vmag < 4.1
```

où `rah`, `dec` et `Vmag` sont respectivement l'ascension droite, la déclinaison et la magnitude.

La requête présentée dans cet exemple identifie les objets situés strictement entre 6-8 h et 0-30° respectivement en ascension droite et déclinaison, et dont la magnitude V est strictement comprise entre 3,90 et 4,10.

Après validation de la requête (bouton « Return/display », puis « submit query »), le résultat apparaît. Les données peuvent être enregistrées sous différents formats (« Store this result in Votable, in Ascii, or in the CDS portal »).