



Santerne Alexandre
Gominet Pierre-Alain

Table des matières

Introduction.....	- 2 -
I. Le dispositif expérimental	- 3 -
1. Le télescope :.....	- 3 -
2. L'imageur :.....	- 3 -
3. Le réseau :	- 3 -
II. Données.....	- 4 -
1. Etoiles	- 4 -
2. Planètes	- 5 -
3. Nébuleuse Planétaire	- 5 -
III. Traitement des données :.....	- 6 -
1. Extraction des spectres	- 6 -
2. Calibration et correction de la réponse instrumentale des spectres.....	- 6 -
3. Traitement des images de la nébuleuse.....	- 7 -
I. Résultats	- 8 -
1. Albireo	- 8 -
2. Alcor.....	- 9 -
3. Altair	- 9 -
4. Antares	- 10 -
5. Arcturus	- 10 -
6. Deneb	- 11 -
7. Denebola	- 11 -
8. Procyon.....	- 12 -
9. Regulus	- 12 -
10. Spica	- 13 -
11. Saturne	- 14 -
12. Jupiter	- 15 -
13. Nébuleuse de la Lyre	- 16 -
Conclusion	- 17 -
Remerciements	- 18 -

Introduction

La spectroscopie optique est la discipline de l'astronomie qui apporte le plus d'information sur les objets étudiés. Nous avons donc choisit d'étudier le spectre de quelques étoiles brillantes. Pour cela, nous avons utilisé un télescope motorisé, et une caméra CCD Audine équipée d'un petit réseau basse résolution.

L'objectif de ce TP est d'obtenir la température de quelques étoiles brillantes à partir de leur spectre.

I. Le dispositif expérimental

1. Le télescope :

Nous avons utilisé un télescope de type Schmidt-Cassegrain de 203mm de diamètre et 2110mm de focale. Ce télescope de la marque Critérion est monté sur une monture équatoriale EQ6 de marque SkyWatcher. Cette monture est motorisée en déclinaison et en ascension droite.



Figure 1 : photographie du dispositif expérimental

2. L'imageur :

Nous avons utilisé comme appareil imageur une caméra CCD Audine équipée d'un capteur KAF401 piloté par le logiciel Aud'ace. L'Audine n'étant pas équipée d'obturateur, nous avons donc obturé nous même, le télescope à son entrée.



Figure 2 : photographie de la caméra CCD Audine en utilisation

3. Le réseau :

Afin de pouvoir obtenir le spectre des objets, nous avons utilisé un réseau de basse résolution à 100 traits/mm blazé au premier ordre de notre possession. Il s'agit d'un Star Analyser 100 de marque Shelyak Instruments. Ce réseau au coulant 31,75mm était installé au bout de l'adaptateur 31,75 – M42 qui équipait la caméra CCD.



Figure 3 : photographie du Star Analyser 100

II. Données

1. Etoiles

Nous avons réalisé les images des spectres des étoiles suivantes :

- Albireo
- Alcor
- Altair
- Antares
- Arcturus
- Deneb
- Denebola
- Procyon
- Regulus
- Spica

Lors de la capture de l'image, nous avons étalé le spectre en déplaçant le télescope dans le sens perpendiculaire au spectre afin de pouvoir le moyenner. Voici un exemple d'une image ainsi réalisée d'Antarès :

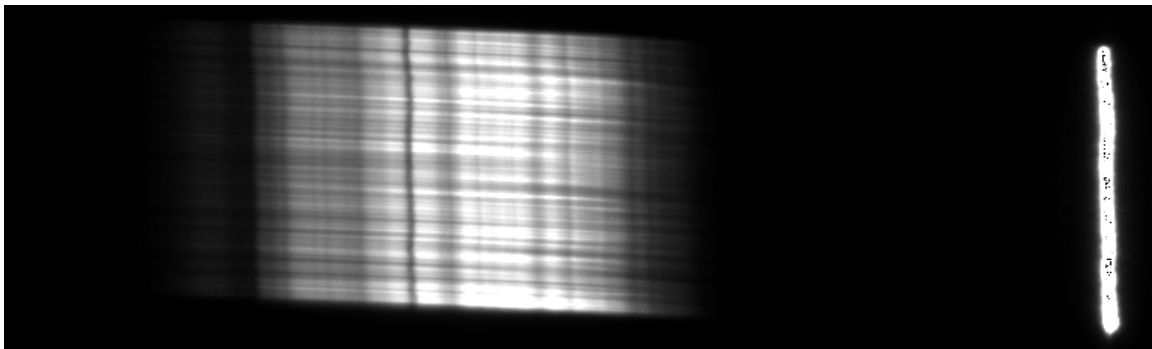


Figure 4 : image brute d'Antarès et de son spectre

Nous avons déplacé le télescope grâce à la raquette de commande en vitesse 2x. L'Audine était configurée en binning 1x1.

2. Planètes

Nous avons profité de la présence de Saturne et de Jupiter le soir de notre observation pour réaliser leur spectre :

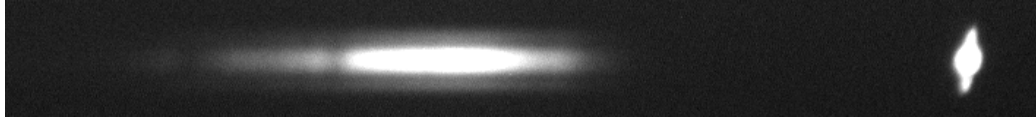


Figure 5 : image brute de Saturne et de son spectre

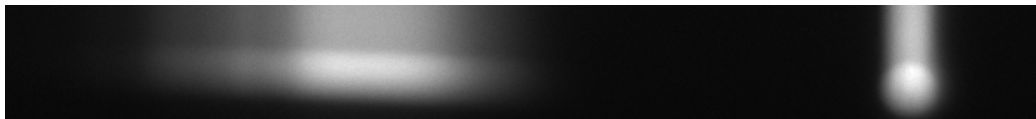


Figure 6 : image brute de Jupiter et de son spectre

Cependant, lors de la prise d'image de Jupiter, la mise au point était extrêmement difficile à réaliser car Jupiter était très basse sur l'horizon. De plus, le temps de pose sur Jupiter étant extrêmement court, l'obturation manuelle était impossible.

3. Nébuleuse Planétaire

Nous avons également réalisé une série de 20 images de 15 secondes de la Nébuleuse de la Lyre (M57) avec le Star Analyser 100.



Figure 7 : image brute de la nébuleuse de la Lyre et son spectre

III. Traitement des données :

1. Extraction des spectres

Nous avons dans un premier temps, soustrait à toutes nos images le dark et l'offset avec le logiciel de traitement d'image astronomique Iris. Nous n'avons pas réussi à faire un flat-field suffisamment exploitable pour être divisé à toutes nos images.

Nous avons ensuite mis tous les spectres horizontaux grâce à la fonction 'rot' sous Iris puis nous les avons redressés avec la fonction 'slant'. Ensuite, nous avons utilisé la commande 'trail' afin d'aligner verticalement toutes les raies. Et enfin, nous avons utilisé la fonction I_sky3 afin de mettre le fond du ciel en noir y compris sous les raies. Voici le résultat de ce traitement sur l'exemple stellaire précédent (Antarès) :

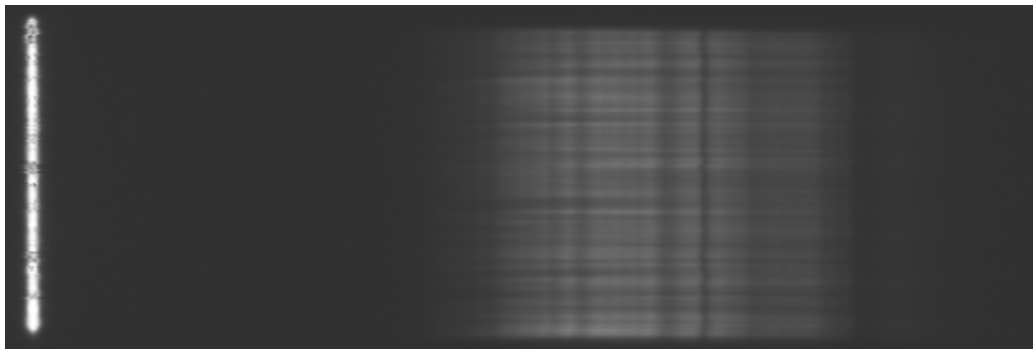


Figure 8 : image traitée d'Antarès et de son spectre

Une fois ce réajustement des images spectrales réalisé, nous avons sommé toutes les lignes de ces images avec le logiciel VisualSpec afin d'obtenir nos spectres, non calibrés.

2. Calibration et correction de la réponse instrumentale des spectres

Afin de faire la calibration de tous les spectres, nous avons d'abord recherché quelle était la dispersion de notre montage en Angstrom par pixel. Pour cela, nous avons utilisé le spectre d'une étoile de type A ou B dont les raies de l'Hydrogène sont bien visible : Altaïr de la constellation de l'Aigle était la meilleure candidate pour cette calibration.

Grâce au logiciel VisualSpec, nous avons donc extrait le spectre d'Altaïr et nous l'avons calibré en prenant deux points de référence : l'ordre 0 à 0A et la raie H β à 4861A. Cela nous a donné une dispersion de 16,69 A/pixel.

Nous avons ensuite cherché à corriger nos spectres de la réponse instrumentale. Pour cela, nous avons utilisé le spectre calibré d'Altaïr et chargé dans VisualSpec le profil d'une étoile de même type

(A7v) dont nous avons fait le rapport afin d'obtenir la réponse spectrale de notre dispositif expérimental.

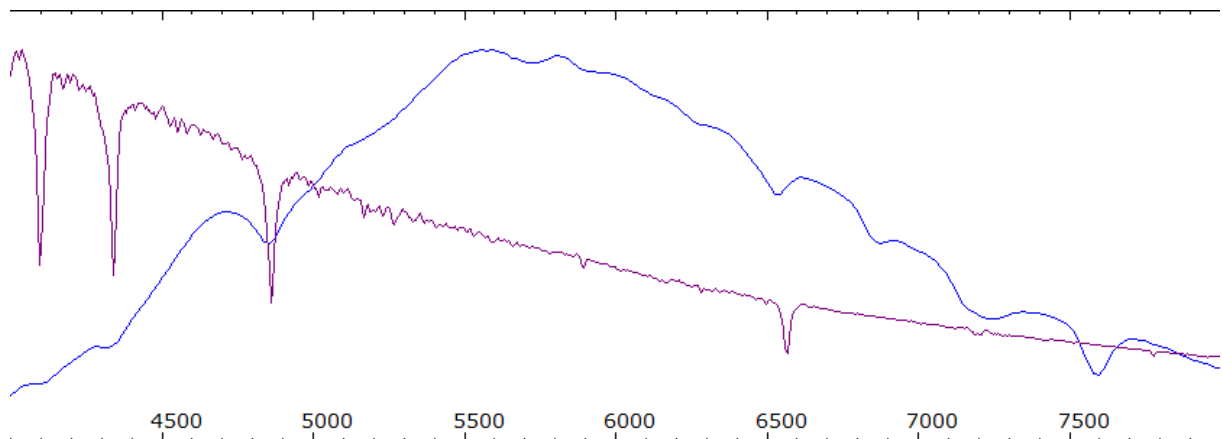


Figure 9 : spectre expérimental (en bleu) et théorique (en violet) d'Altair

En divisant les deux courbes précédentes et en lissant le résultat voici la réponse instrumentale :

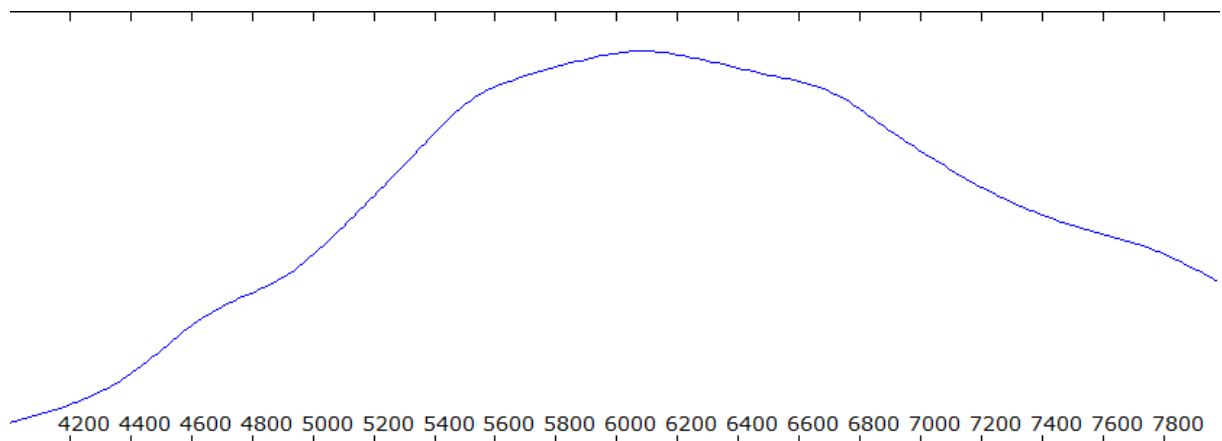


Figure 10 : réponse spectrale instrumentale

3. Traitement des images de la nébuleuse

Nous avons 20 images de la nébuleuse de la Lyre, il nous fallait les additionnés. Après avoir soustrait le dark et l'offset de la série d'image avec le logiciel Iris, nous les avons alignées grâce à la fonction de registration des images stellaires d'Iris. Une fois toutes ces images alignées, nous les avons additionnées.

I. Résultats

Tous les spectres suivant sont normalisés en intensité (ordonnées) et calibré en Angström (abscisses).

1. Albireo

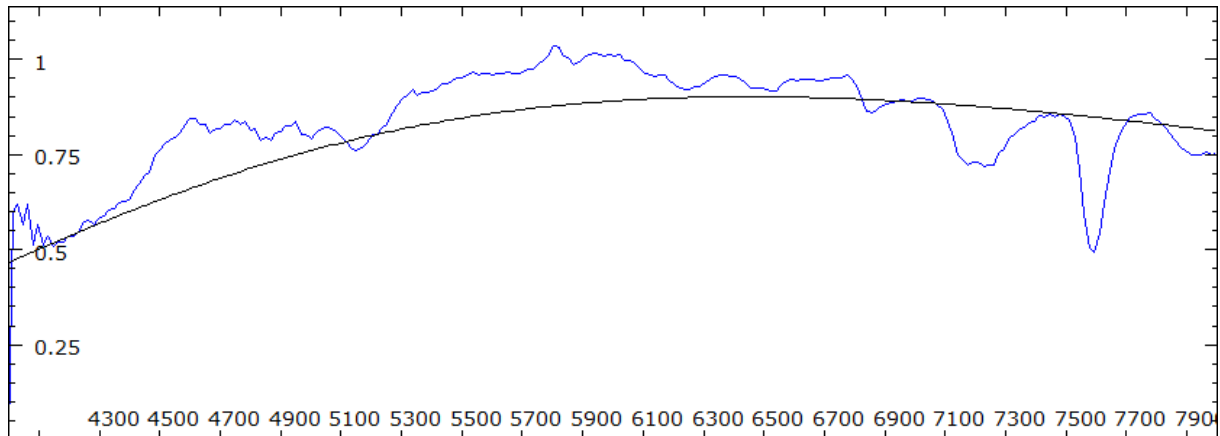


Figure 11a : spectre d'Albireo A (en bleu) et courbe de Planck à 4500K (en noir)

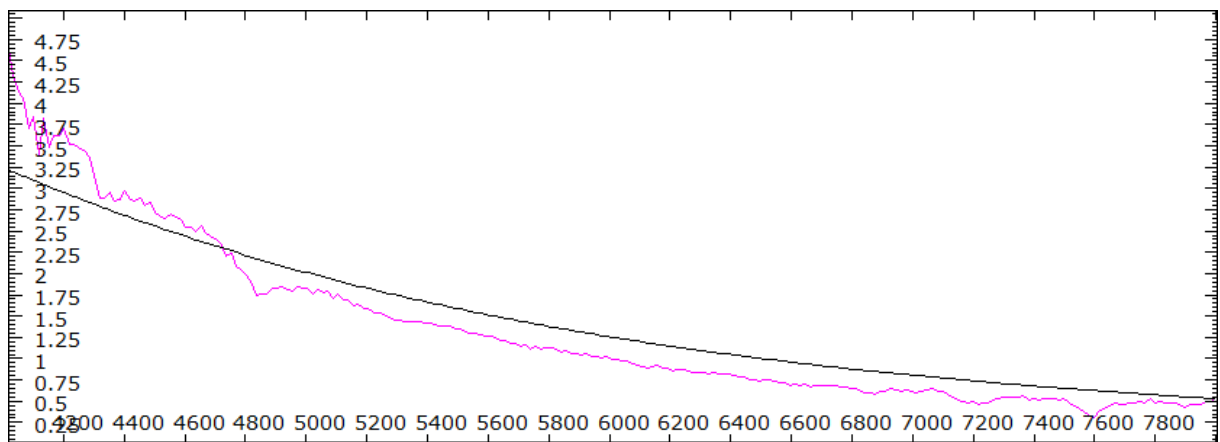


Figure 11b: spectre d'Albireo B (en rose) et courbe de Planck à 12000K (en noir)

D'après la littérature, Albireo A est une étoile de température 4400K ce qui correspond bien à nos résultats à la vue de la courbe de Planck. L'étoile Albireo B est quand a elle une étoile de température 12000K ce qui correspond aussi à l'ajustement de la courbe de Planck.

2. Alcor

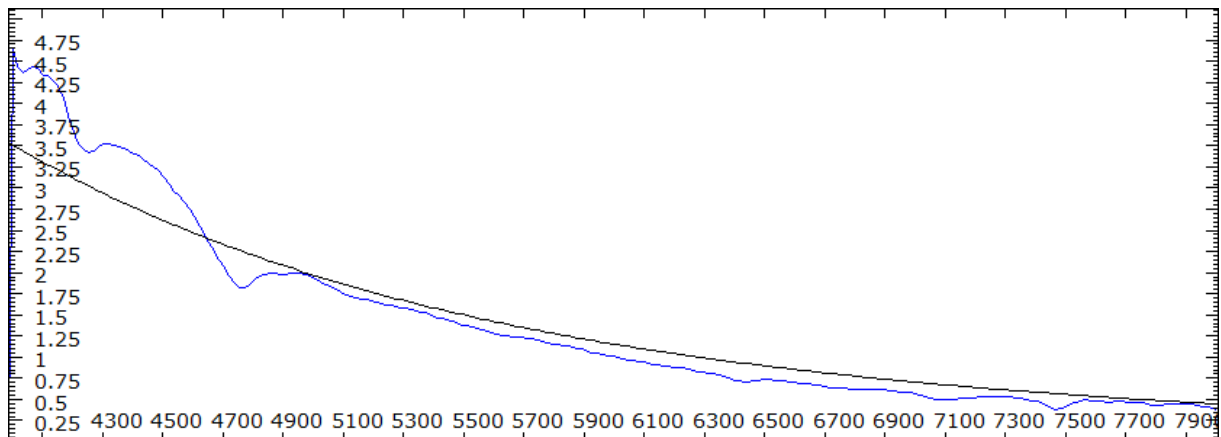


Figure 12 : Spectre d'Alcor (en bleu) et courbe de Planck à 15000K (en noir)

Alcor est une étoile de température 8000K, ce qui ne correspond pas du tout à la courbe de Planck obtenue.

3. Altaïr

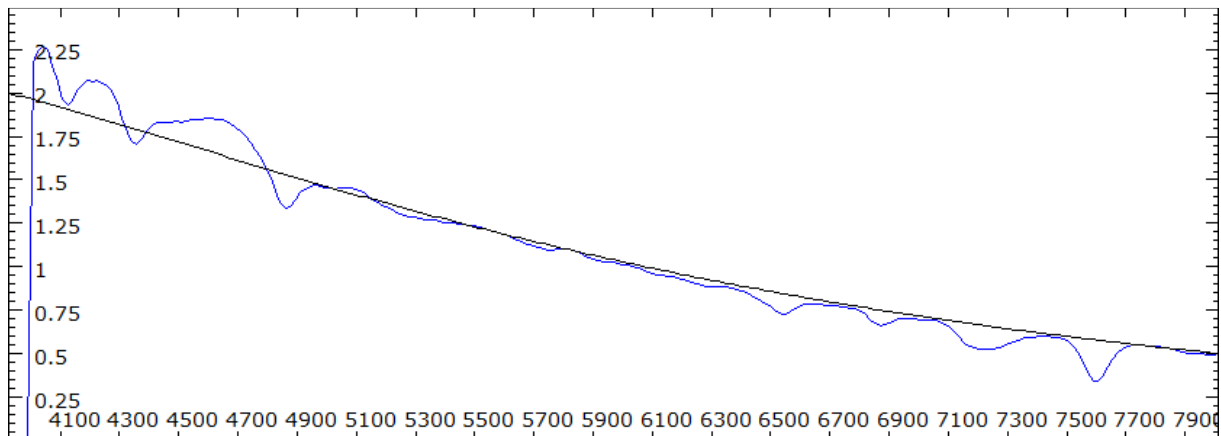


Figure 13 : Spectre d'Altaïr (en bleu) et courbe de Planck à 9000K (en noir)

Altaïr est de température 8000K. Nous trouvons ici une température plutôt de l'ordre de 9000K mais cela reste en accord avec la réalité.

4. Antares

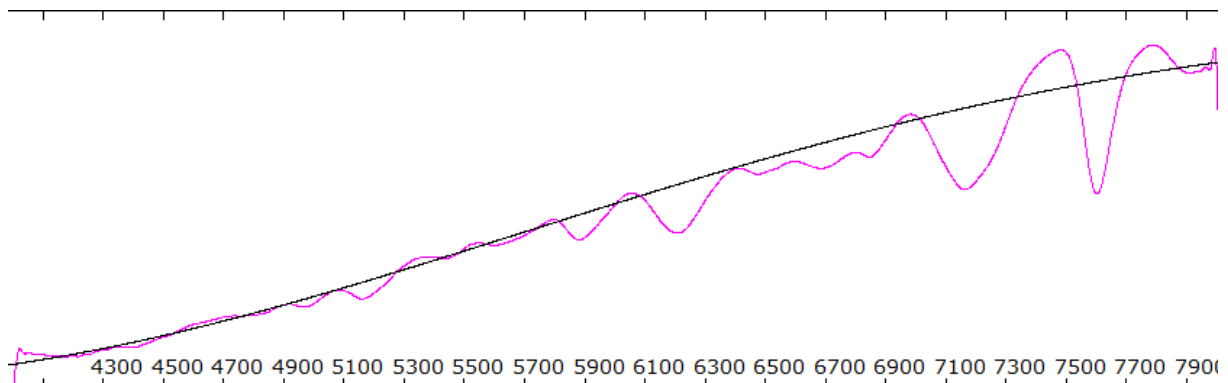


Figure 14 : Spectre d'Antares (en rose) et courbe de Planck à 3000K (en noir)

Antares est une géante rouge de type température 3500K. La courbe de Planck nous indique que nos résultats sont en accord avec la littérature.

5. Arcturus

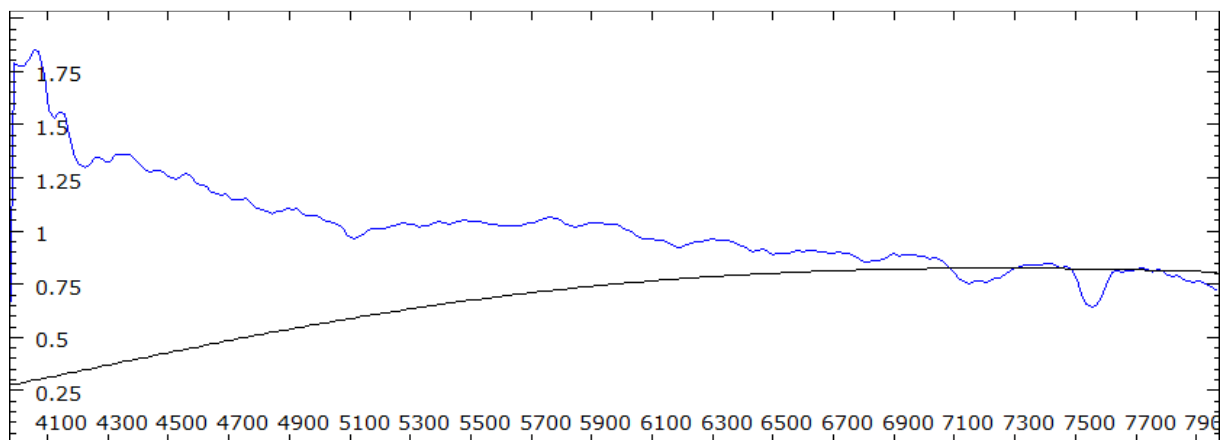


Figure 15 : Spectre d'Arcturus (en bleu) et courbe de Planck à 4200K (en noir)

Arcturus est également une géante rouge de température 4200K. Cependant la courbe de Planck à la température de 4200K n'ajuste pas du tout le spectre obtenu. Le spectre de cette géante semble être bleui.

6. Deneb

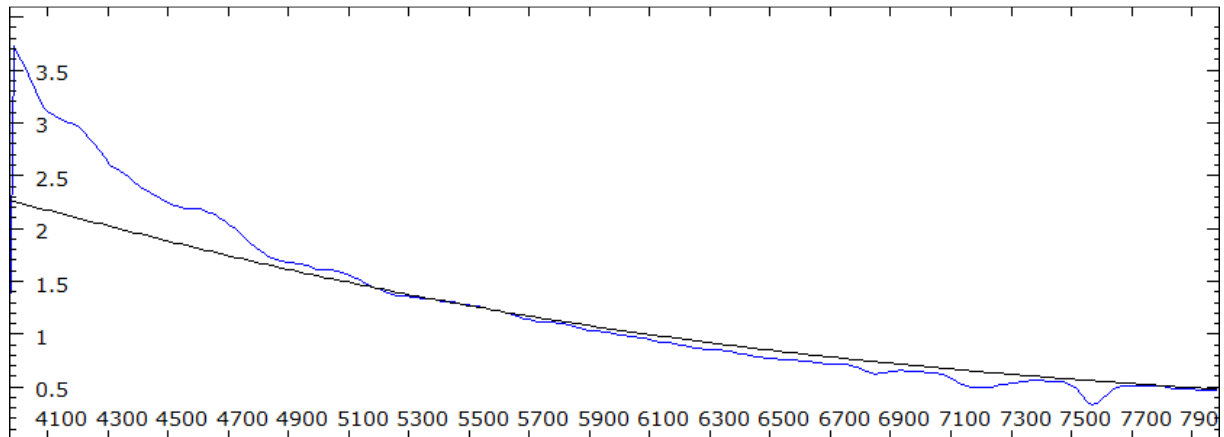


Figure 16 : Spectre de Deneb (en bleu) et courbe de Planck à 9500K (en noir)

Deneb est une étoile de température 8400K. Nous obtenons un spectre légèrement bleui à 9500K.

7. Denebola

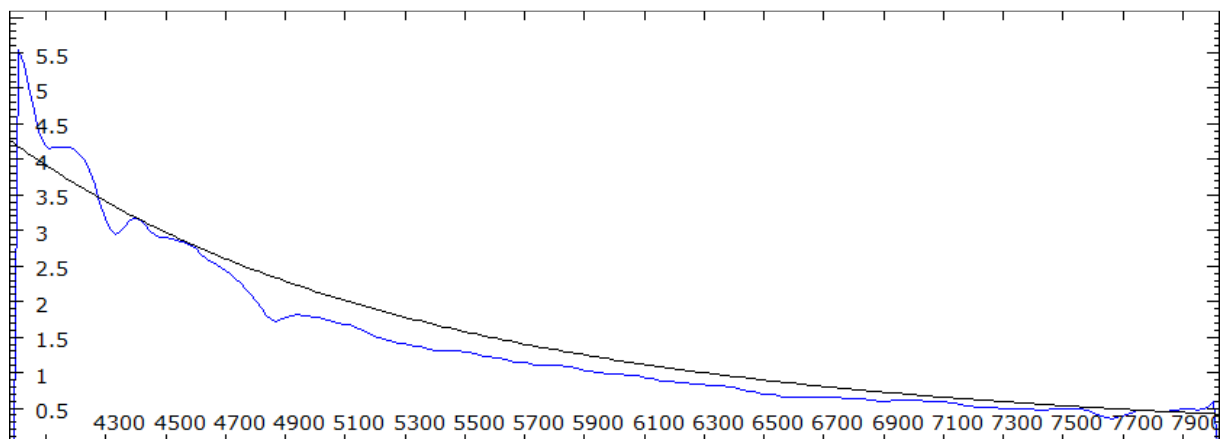


Figure 17 : Spectre de Denebola (en bleu) et courbe de Planck à 20 000K (en bleu)

Denebola est une étoile de température 9500K. Ici, nos résultats ne correspondent absolument pas à la littérature. Le spectre est complètement bleui.

8. Procyon

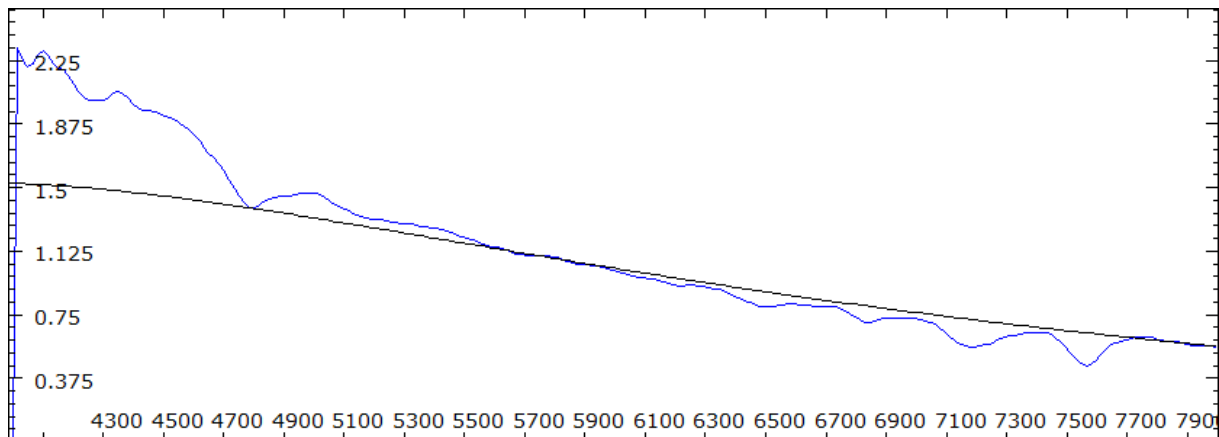


Figure 18 : Spectre de Procyon (en bleu) et courbe de Planck à 7000K (en noir)

Procyon est une étoile double dont l'étoile principale (Procyon A) est de température 6650K. Nous trouvons une température légèrement supérieure à 7000K, ce qui indique une nouvelle fois un très léger bleuissement du spectre.

9. Regulus

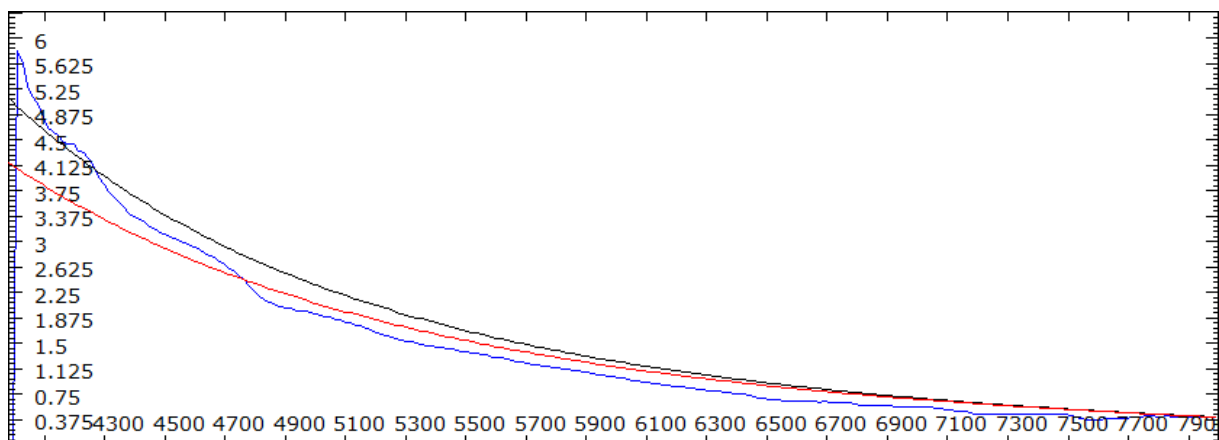


Figure 19 : Spectre de Regulus (en bleu), courbes de Planck à 20000K (en rouge) et à 30000K (en noir)

Regulus est une étoile de température comprise en 10000 et 15000 K. Nous lui trouvons une température comprise entre 20000K et 30000K ce qui est beaucoup plus. Une nouvelle fois, un effet de bleuissement est observé.

10. Spica

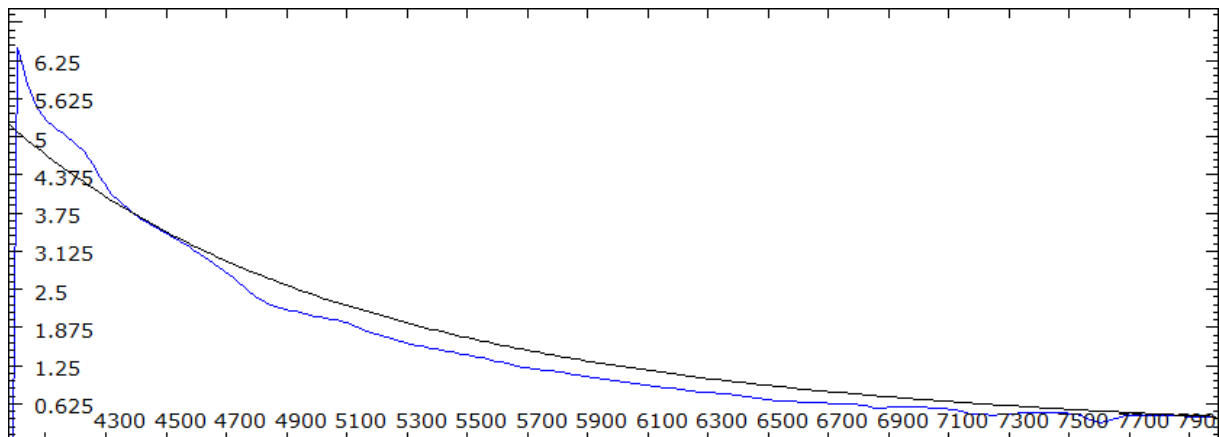


Figure 20 : Spectre de Spica (en bleu) et courbe de Planck à 30000K (en noir)

Spica est une étoile de température comprise entre 18000K et 22000K. Nous lui trouvons également une température de 30 000K ce qui ne correspond pas à ce qu'on peut trouver dans la littérature. Une fois de plus le spectre semble donc être plus bleu que nos attentes.

Ces problèmes de bleuissement de spectre sont certainement dus à la faible transmission du dispositif expérimental dans les courtes longueurs d'onde du visible ce qui a pour conséquence une augmentation très importante de l'incertitude sur les mesures.

11. Saturne

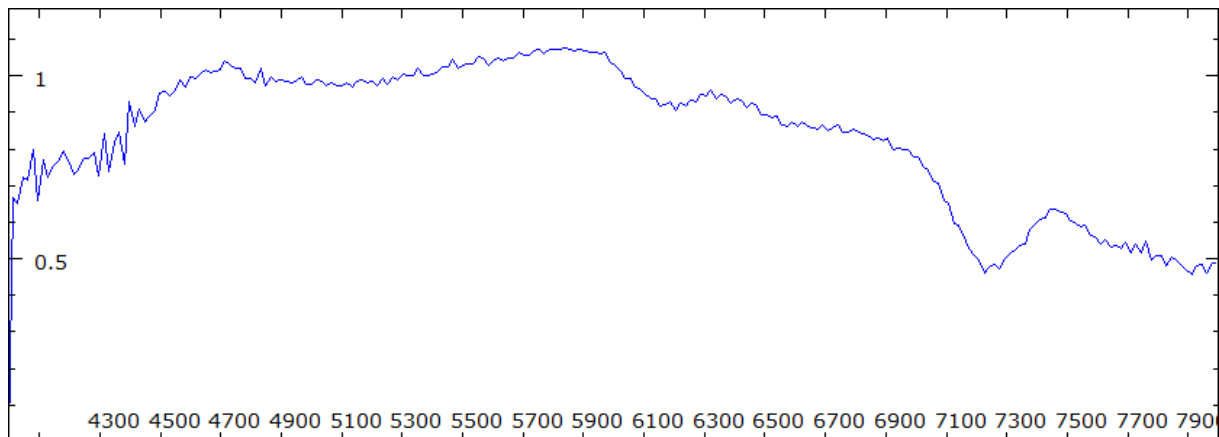


Figure 21a : Spectre de Saturne

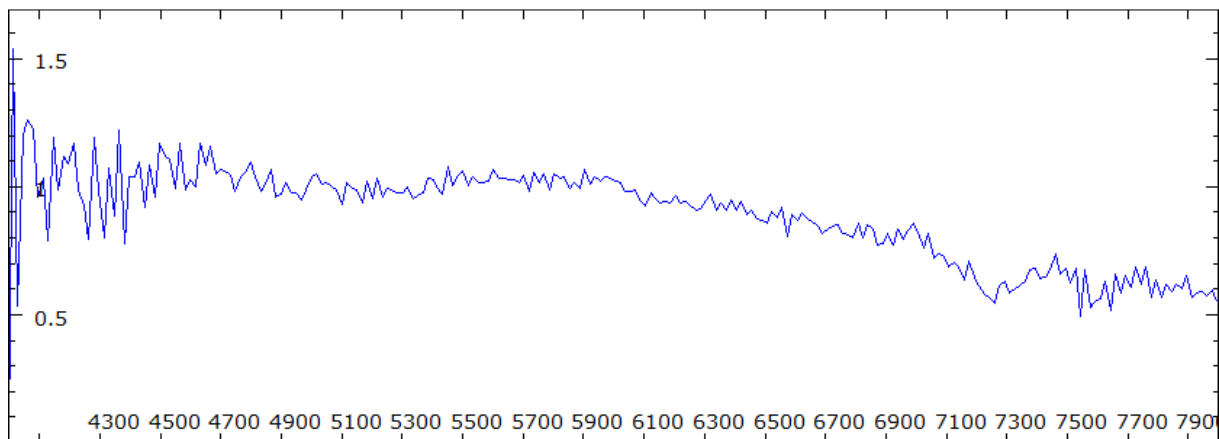


Figure 21b : Spectre des anneaux de Saturne

La comparaison entre le spectre de Saturne et ses anneaux nous montre une différence flagrante de composition chimique. Cependant, l'incertitude sur le spectre des anneaux est très importante puisque nous n'avons pas pu les moyennés comme nous l'avons fait sur les étoiles.

12. Jupiter

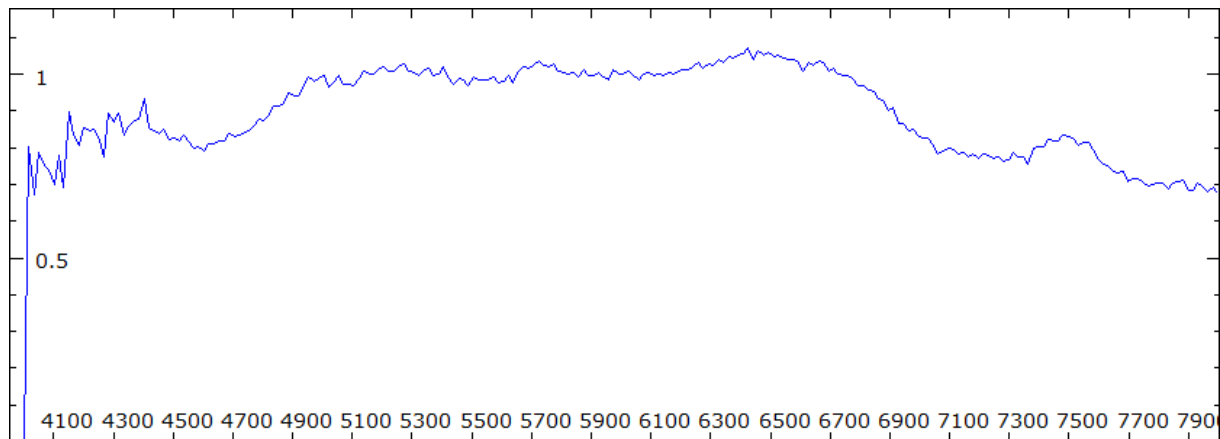


Figure 22 : Spectre de Jupiter

Le spectre de Jupiter est très bruité et de très très basse résolution causé par une taille de source non ponctuelle. Il nous aurait fallu placer une fente devant le télescope ou devant le réseau afin d'augmenter la résolution de ce spectre.

13. Nébuleuse de la Lyre



Figure 23 : Nébuleuse de la Lyre à l'ordre 0 (à droite), en OIII (au milieu) et en H α (à droite)

Nous voyons ici l'image spectrale de la nébuleuse de la Lyre. Ce spectre nous montre bien que la nébuleuse émet principalement dans deux longueurs d'onde : la raie de OIII et la raie de H α . Nous pouvons donc en déduire que cette nébuleuse est composée d'oxygène et de d'hydrogène.

Conclusion

Nous avons utilisé un réseau de basse résolution (100 traits/mm) afin d'obtenir le spectre d'étoiles les plus brillantes. Nous avons obtenus des résultats très corrects pour la plupart des étoiles (AlbiréoA, AlbiréoB, Antarès, Altaïr, Deneb et Procyon). Nous avons aussi obtenus des résultats assez aberrants pour des étoiles très chaudes (et donc très bleues). La cause de cela est très certainement due à la réponse spectrale du dispositif expérimental qui ne transmet que quelques pourcentages de la lumière bleue impliquant donc une grosse incertitude lors du calcul de la réponse spectrale cumulée avec une incertitude lors de l'acquisition.

Nous avons également pu comparer le spectre de Saturne et de ses anneaux ainsi que de Jupiter même si ce dernier était très peu résolu. Et pour finir, nous avons réussi à obtenir le spectre de la nébuleuse de la Lyre et pu montrer qu'elle était composée d'oxygène et d'hydrogène.

Nous avons cependant montré qu'il était possible d'obtenir des résultats très intéressants avec de très petits moyens à la portée de tous.

Avec une calibration plus précise (sur une lampe à vapeur de mercure ou de sodium par exemple), il nous aurait été possible de vérifier le type spectral de ces étoiles et d'en connaître la composition chimique. Avec en plus une fente et un réseau de meilleure résolution (>2000 traits/mm) il serait possible de déterminer en plus de la température (estimation beaucoup plus précise), la luminosité (ce qui nous aurait permis de calculer le rayon et la masse de l'étoile si nous connaissions sa distance) et même en déduire sa vitesse radiale ainsi que sa vitesse de rotation par effet Doppler.

Remerciements

Nous souhaiterions remercier Olivier THIZY de la société Shelyak Instrument pour son aide précieuse pour le traitement des données et dans l'utilisation du logiciel Iris et VisualSpec.

Nous remercions également Simon NICOLAS, Ashley CORBION et Thierry MAFFREN pour leur aide pour l'obturation manuelle du télescope...