

La spectrométrie dans le domaine de l'astronomie amateur



Jacques Montier
Société d'Astronomie de Rennes
Décembre 2013 – Centre d'Astronomie de La Couyère

- A - Présentation

La spectrométrie consiste à décomposer la lumière provenant d'une source lumineuse en ses différentes composantes de couleurs.
Cette technique permet d'analyser la composition de cette lumière et d'obtenir des informations sur la source lumineuse.

- **L'arc-en-ciel** est le phénomène naturel de décomposition de la lumière solaire par les gouttes d'eau en suspension dans les nuages.
- Les instruments permettant de faire de la spectrométrie sont appelés **spectromètres**.



Dans le langage de la physique, chaque couleur est caractérisée par une grandeur numérique appelée :
longueur d'onde notée λ (lambda).
Unité de longueur d'onde : le mètre (m).
Dans le domaine de la lumière visible, ces longueurs d'onde s'expriment dans les sous-multiples du mètre :
le nanomètre ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) ou l'Ångström ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$).

- En astronomie, cette technique est largement utilisée dans l'Ultra-violet (UV), l'optique et l'infrarouge (IR).
- Le spectromètre associé à un télescope permet d'obtenir des informations scientifiques importantes sur la composition, la distance et nombreux autres paramètres physiques d'astres divers comme les étoiles, nébuleuses ou galaxies.

Initialement réservée aux professionnels, cette technique est maintenant accessible aux astronomes amateurs.

Exemples de spectromètres amateurs utilisés au Centre d'Astronomie de La Couyère

Instruments produits par la société [Shelyak](#)

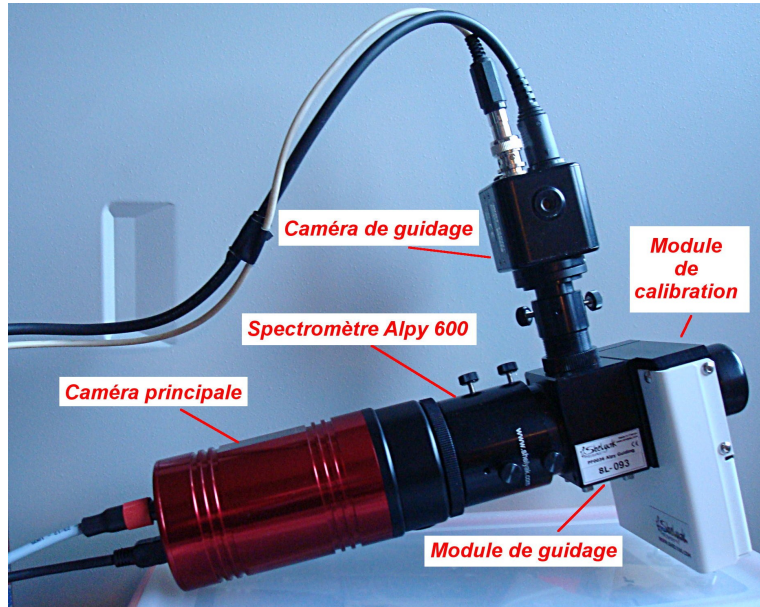
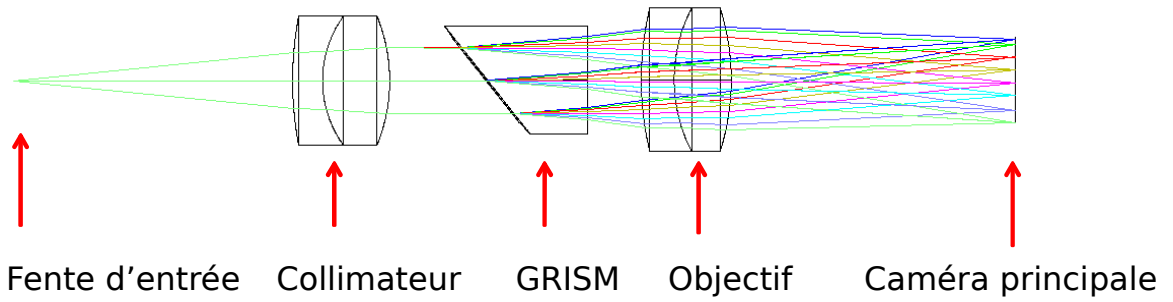


Spectromètre basse résolution Alpy600

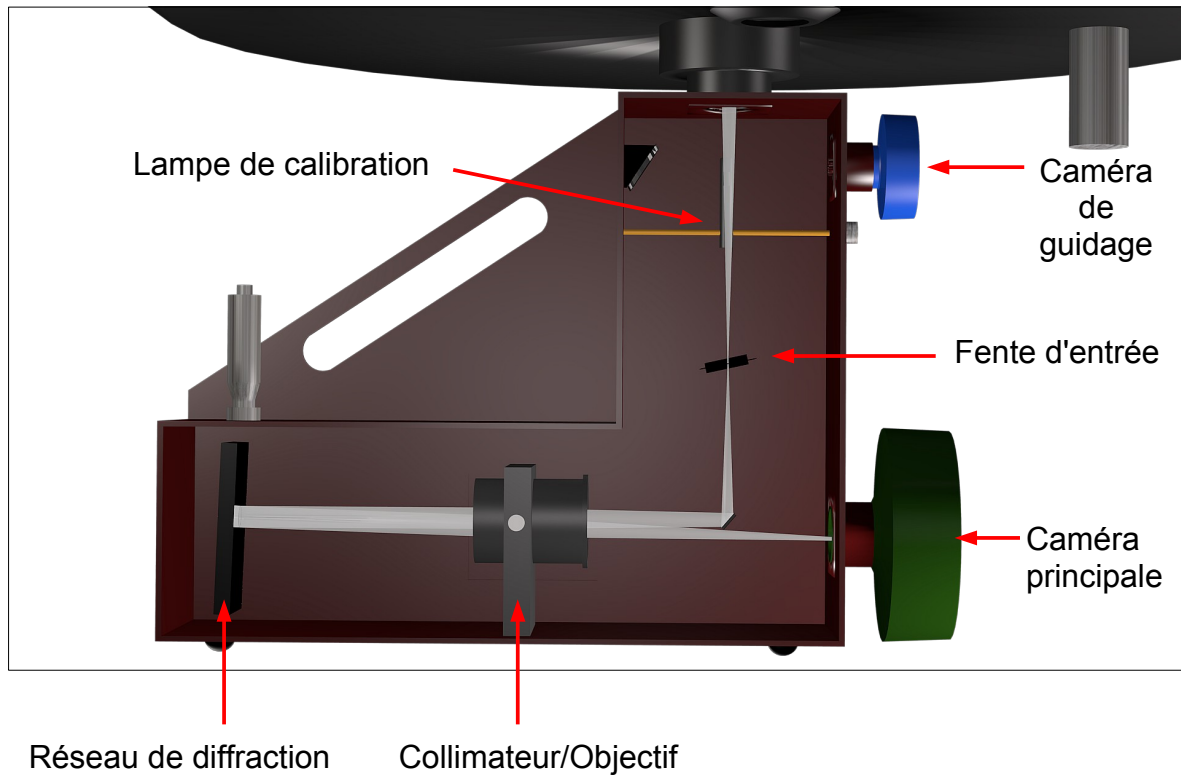


Spectromètre haute résolution Lhires III

- **Alpy 600** Pouvoir de résolution dans le rouge avec fente de 23 microns : 600



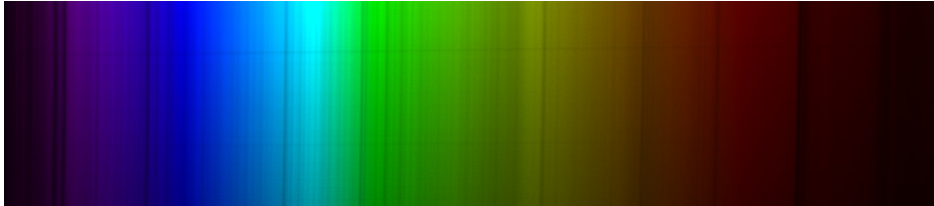
- **Lhires III 2400 t/mm** Pouvoir de résolution dans le rouge avec fente de 35 microns : 17000



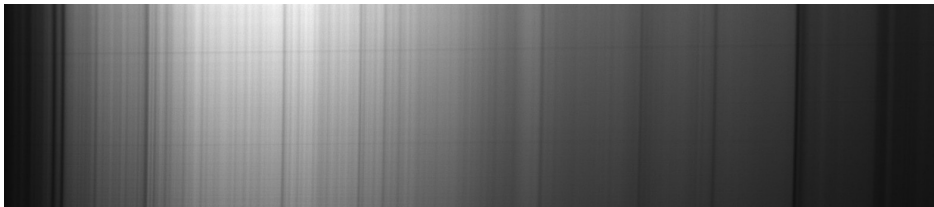
1-Spectrométrie de la lumière solaire

Spectromètre basse résolution (Alpy 600)

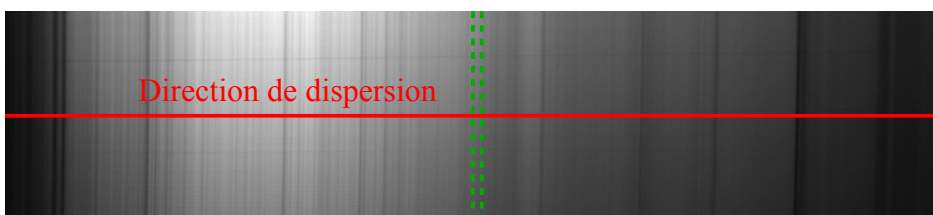
- La lumière solaire présente de nombreuses raies sombres sur un fond continu coloré.
- Ces raies s'appellent « raies de Fraunhofer » du nom de Joseph von Fraunhofer (1814), inventeur du spectroscope et ayant été le premier à observer le spectre solaire.
- Les raies observées sur un spectre sont les images colorées de la fente d'entrée du spectromètre.



- Pour étudier ce genre de spectre, la couleur n'est d'aucune utilité ; les spectres scientifiques sont toujours réalisés avec des caméras noir et blanc plus sensibles que les caméras couleur.



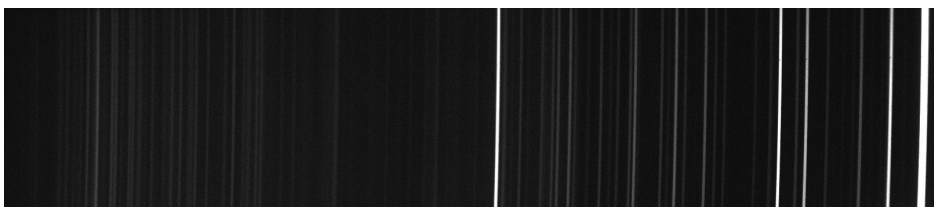
- Les scientifiques ne travaillent pas directement sur ces images (spectres 2D), mais sur le profil spectral appelé encore spectre 1D.
- On réalise une coupe photométrique selon la direction de dispersion donnant ainsi la répartition du flux lumineux selon cette direction.
- Pour récupérer le maximum d'informations lumineuses, on additionne les intensités du flux lumineux réparti le long de chaque colonne de largeur 1 pixel ; c'est l'opération de binning.



Colonne de binning

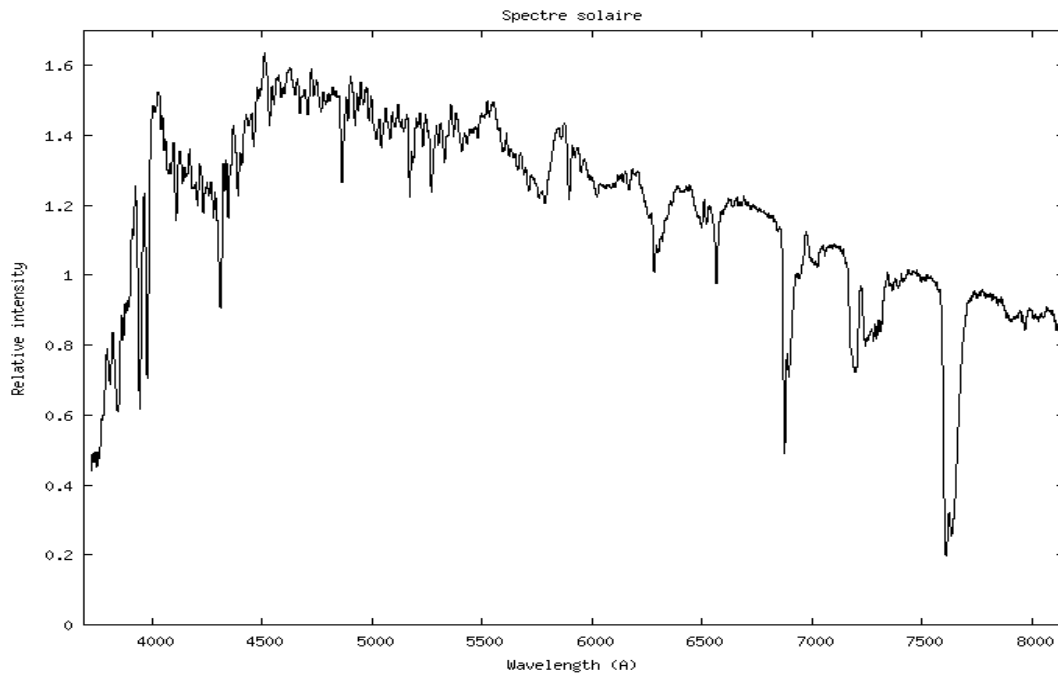
Étalonnage du spectre

- Il est nécessaire d'étalonner le spectre c'est-à-dire obtenir la relation entre la dispersion horizontale X (en pixel) et la longueur d'onde λ (en Å) de la radiation lumineuse.
- Pour trouver cette relation, on compare le spectre solaire au spectre d'une lampe dont on connaît très précisément les longueurs d'onde des raies spectrales d'émission.



Exemple d'une lampe de calibration Argon/Néon

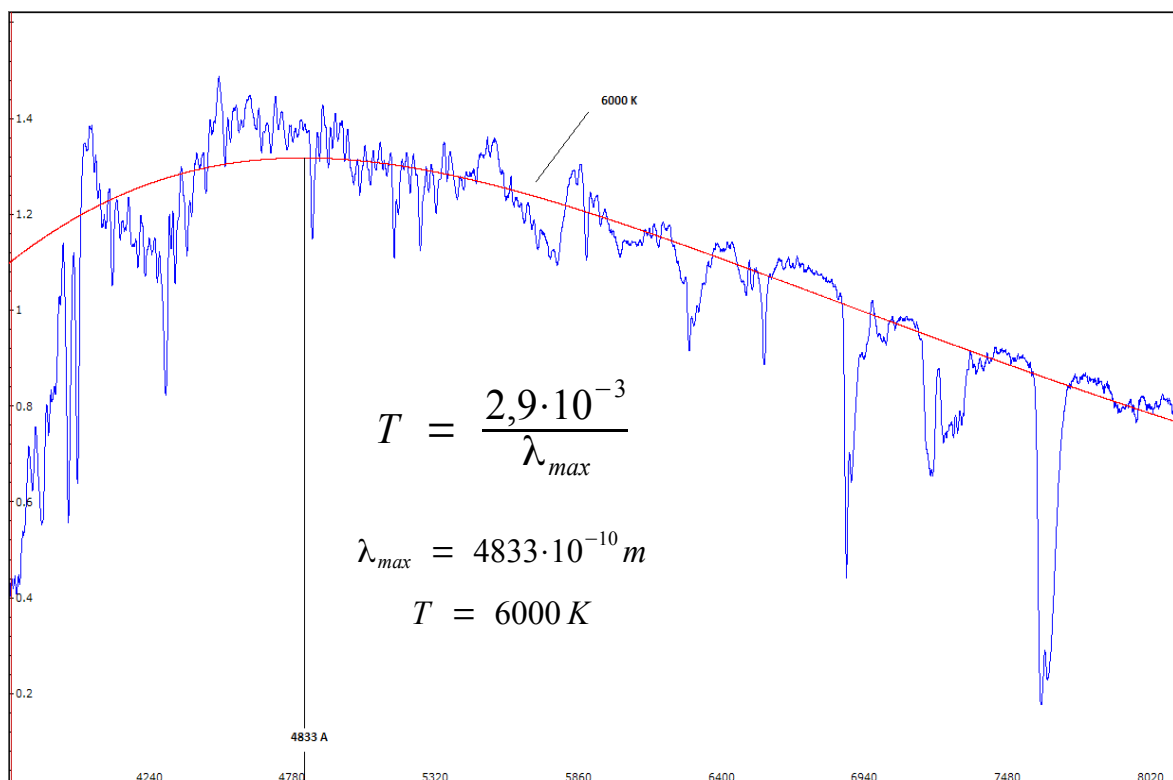
- On obtient finalement un ensemble de données numériques dont la représentation graphique du flux lumineux en fonction de la longueur d'onde constitue le **profil spectral (spectre 1D)**.



2-Quelles informations peut-on obtenir d'un profil spectral solaire ?

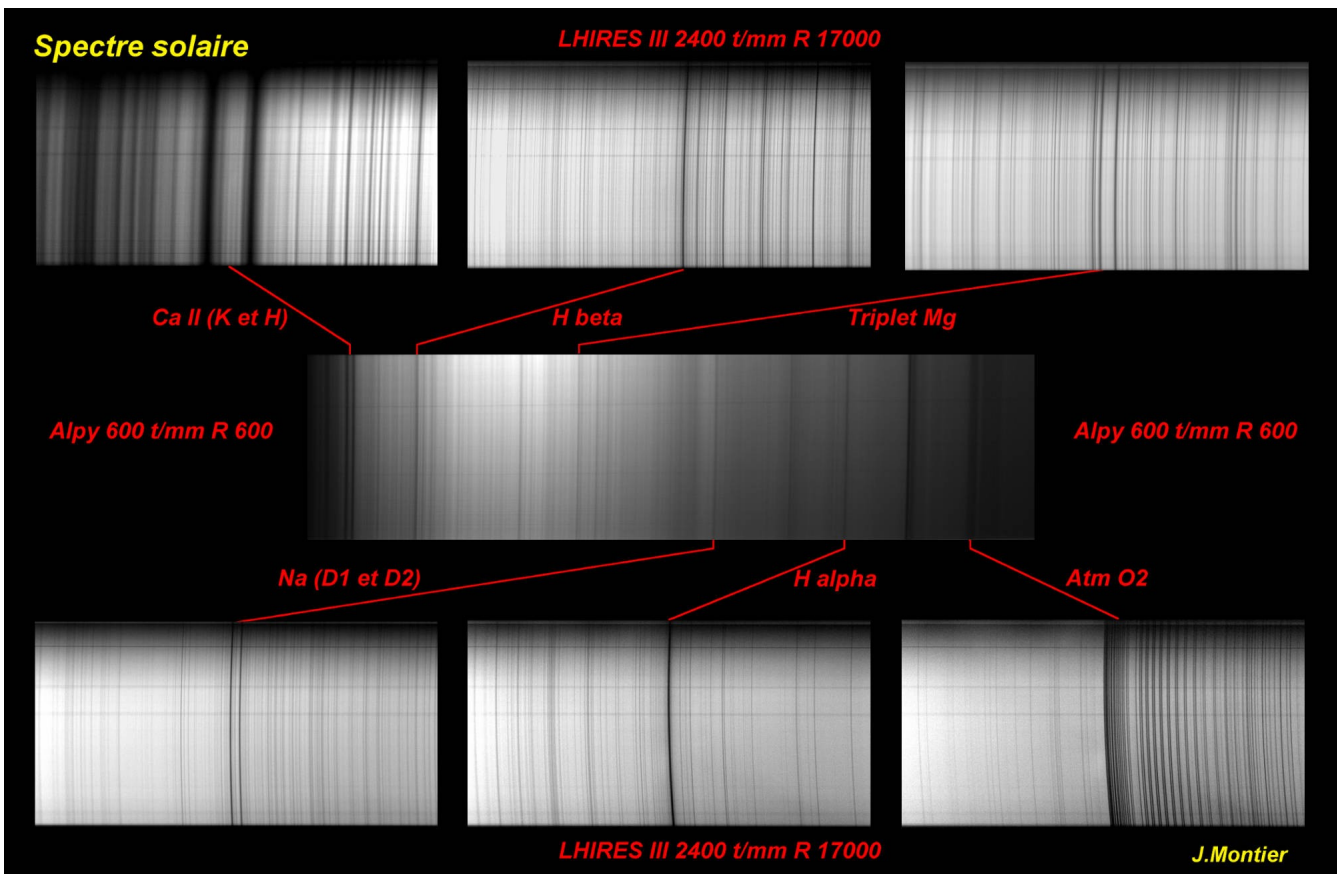
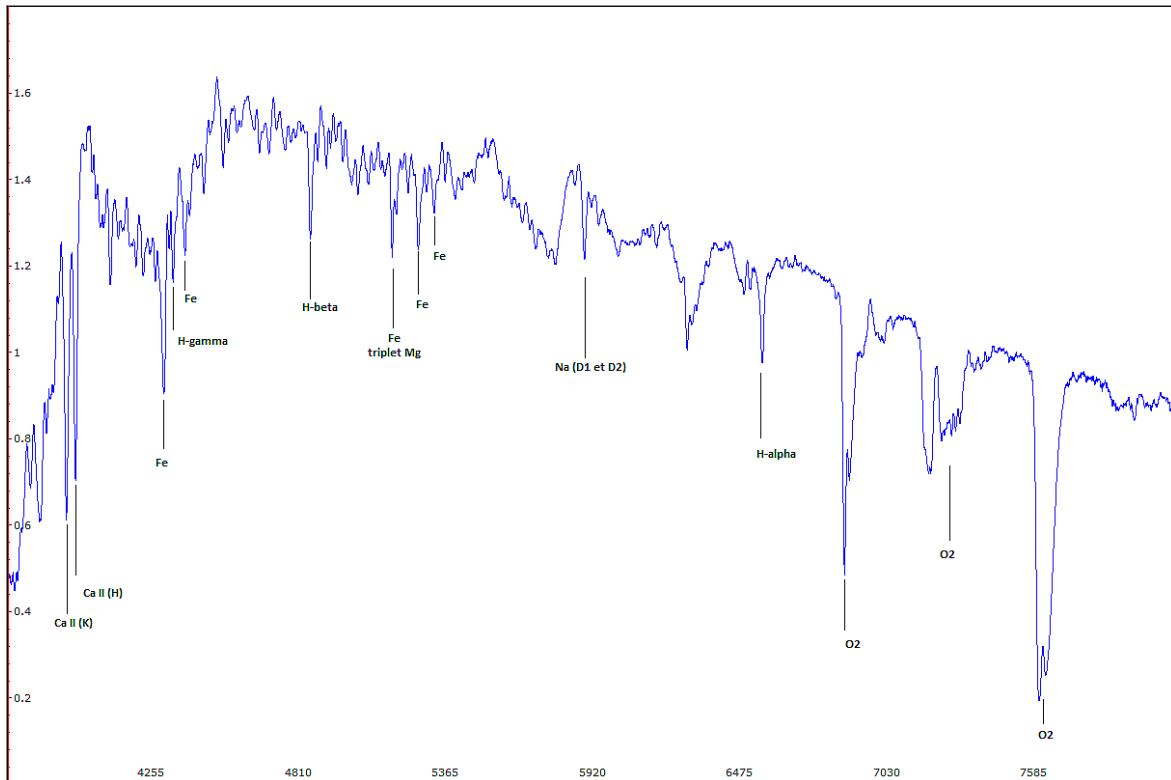
a) Température de surface du Soleil

- La répartition de la lumière du fond continu (ou continuum) n'est pas uniforme.
- Elle passe par un maximum pour ensuite diminuer en intensité.
- En comparant la répartition de cette lumière à celle donnée par le modèle d'un corps noir chauffé à la température T , il est possible d'évaluer la température de surface du Soleil (formule de Planck).



b) Analyse chimique

- Les raies sombres sont dues à l'absorption des rayonnements par les éléments présents dans les couches extérieures de l'atmosphère du Soleil.
- Il est donc possible d'identifier des éléments chimiques présents dans ces couches.



- C - Les spectres stellaires

En plaçant un spectromètre au foyer d'un télescope, on peut réaliser des spectres d'étoiles.

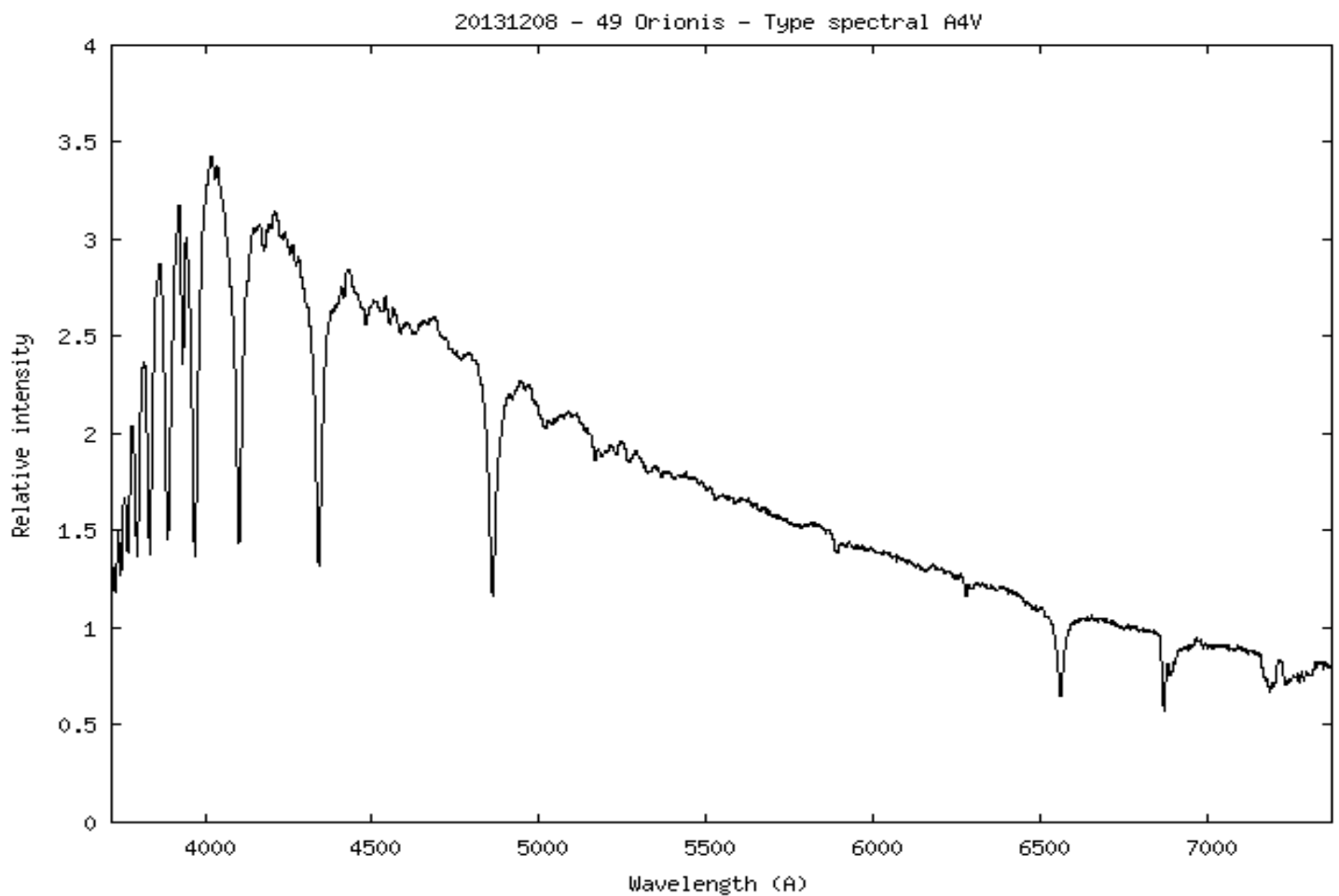
1- Étoile 49 Orionis

- Comme pour le Soleil, on y retrouve des raies sombres d'absorption sur un fond continu.

Spectre 2D



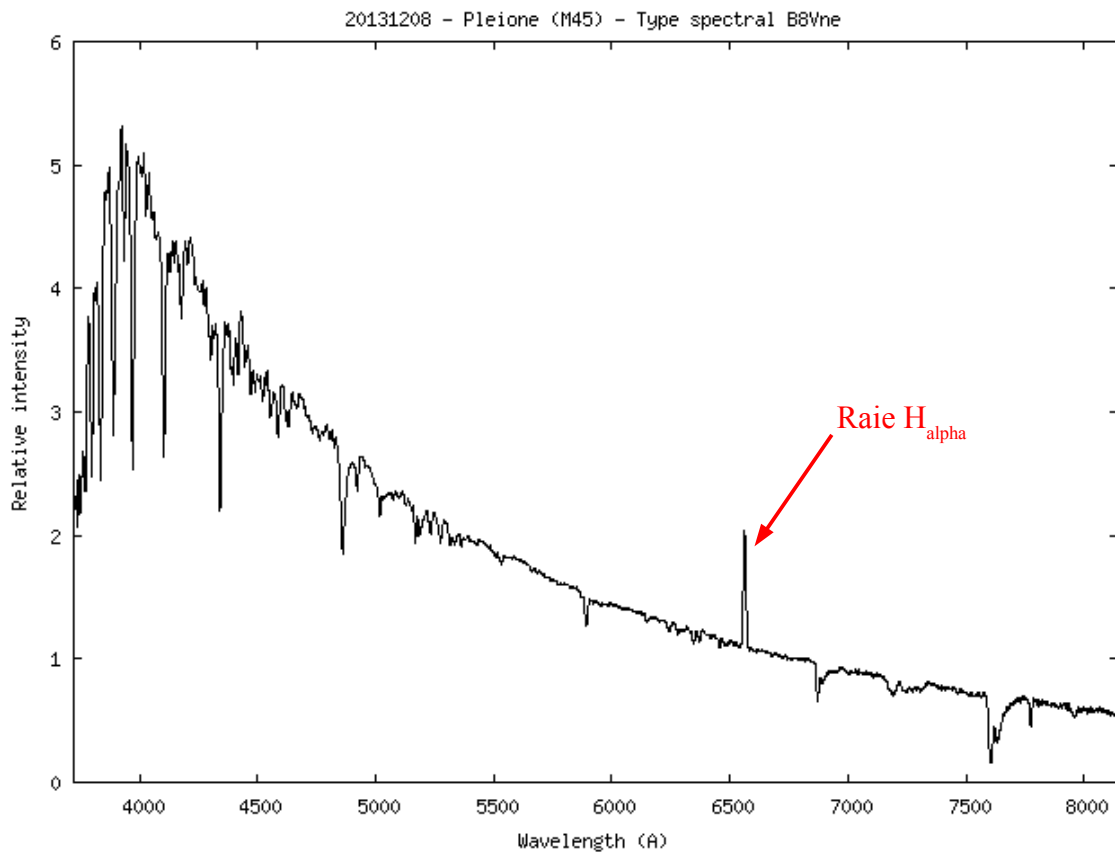
Profil spectral (spectre 1D)



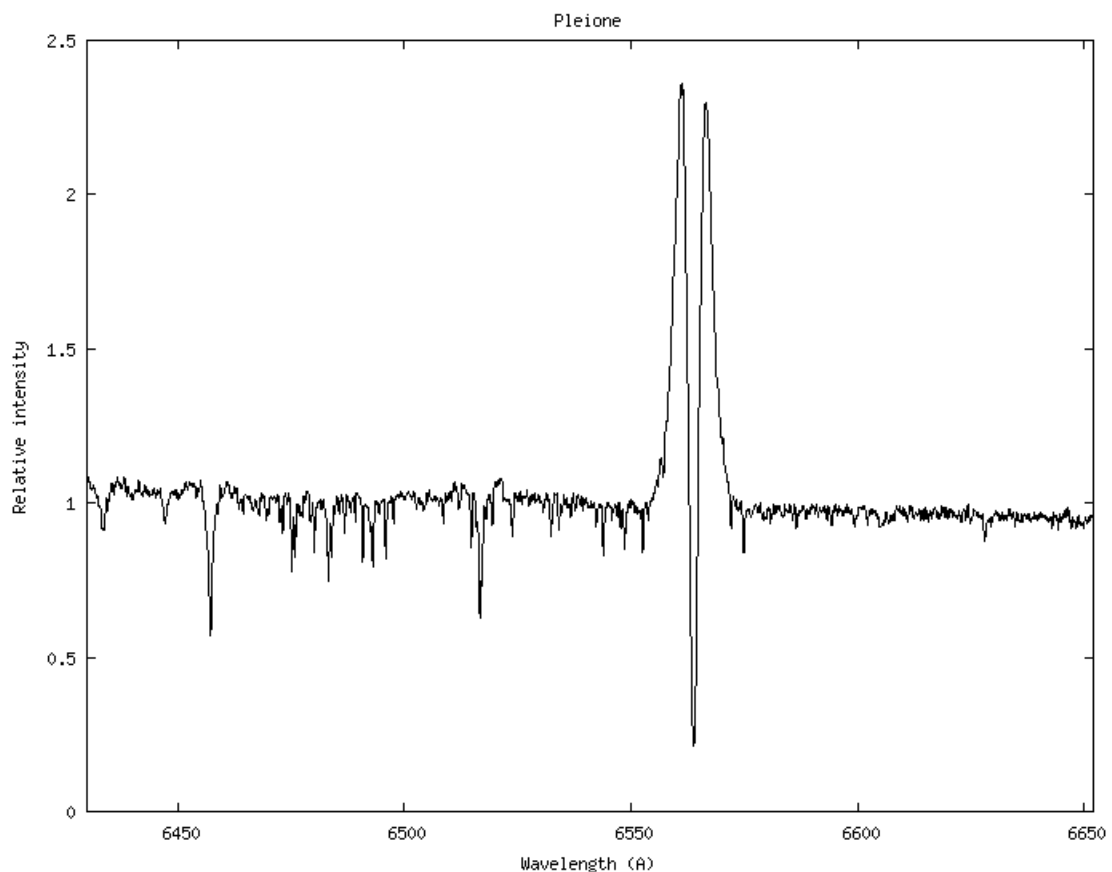
2- Exemple de l'étoile Pléione dans l'amas des Pléiades M45

- On peut aussi étudier des étoiles particulières comme les étoiles Be ; étoiles de type spectral O ou B présentant ou ayant présenté des raies d'émission.

- Profil basse résolution (spectromètre Alpy 600 résolution 600)



- Profil haute résolution de la raie d'émission H alpha (spectromètre Lhires III résolution 17000)



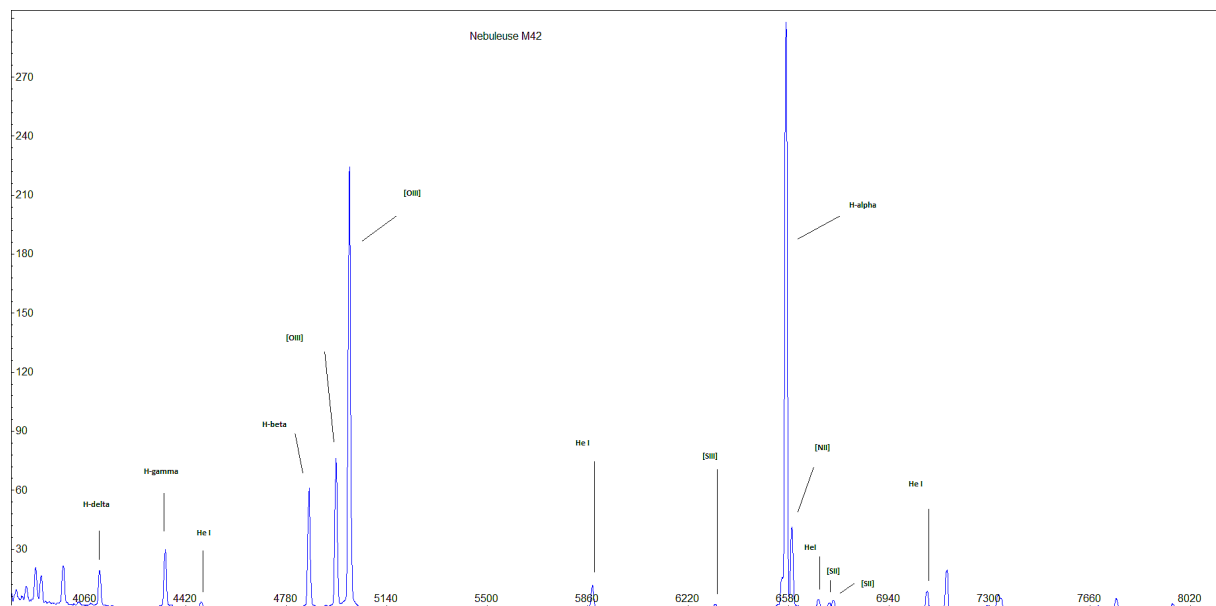
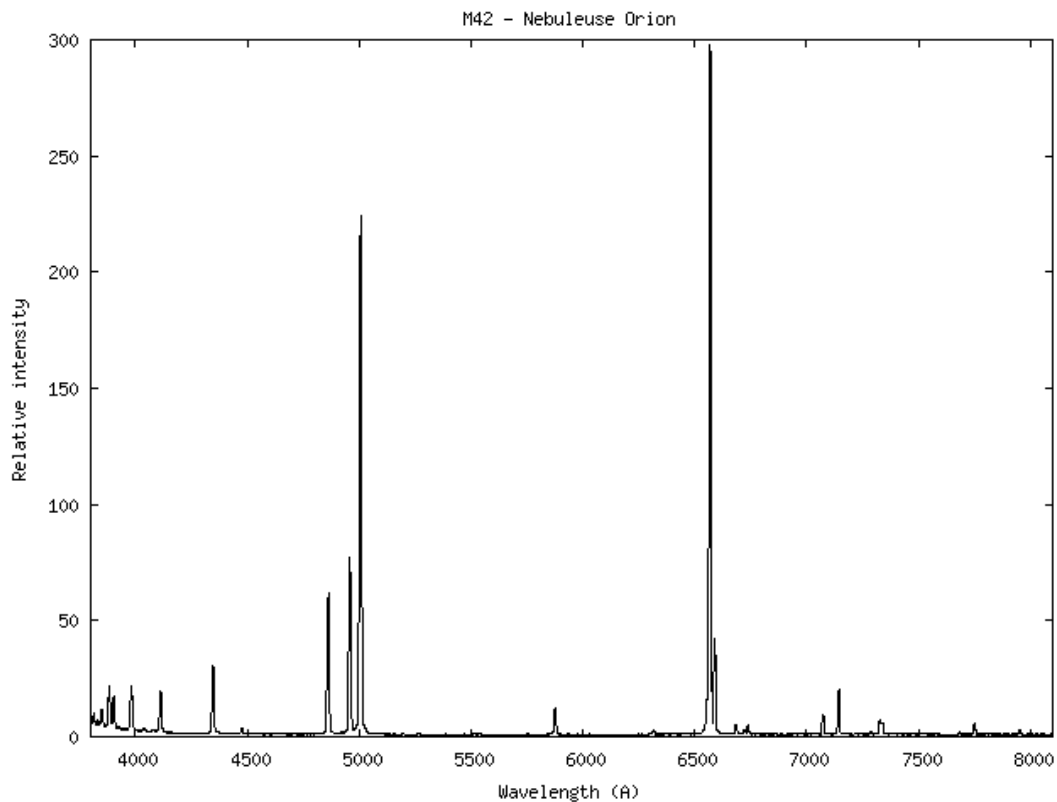
- D - Spectres de nébuleuses

1- NGC 1976 ou M42

Nébuleuse d'émission/réflexion
Constellation d'Orion
Distance 1350 al
Découverte en 1610 par Nicolas-Claude Fabri de Peresc

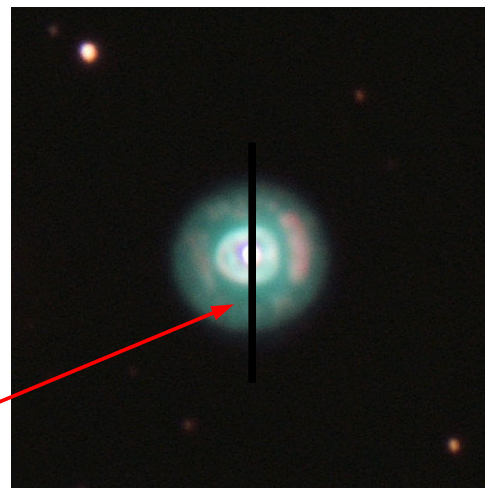


Fente du spectromètre



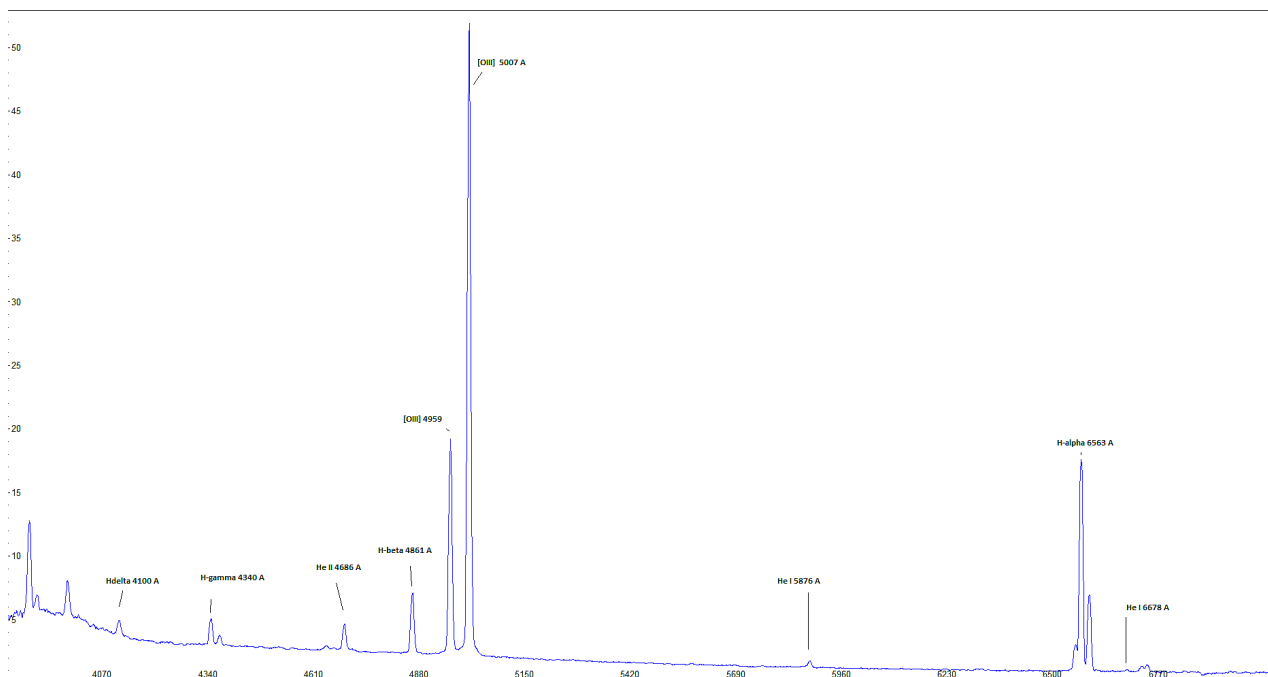
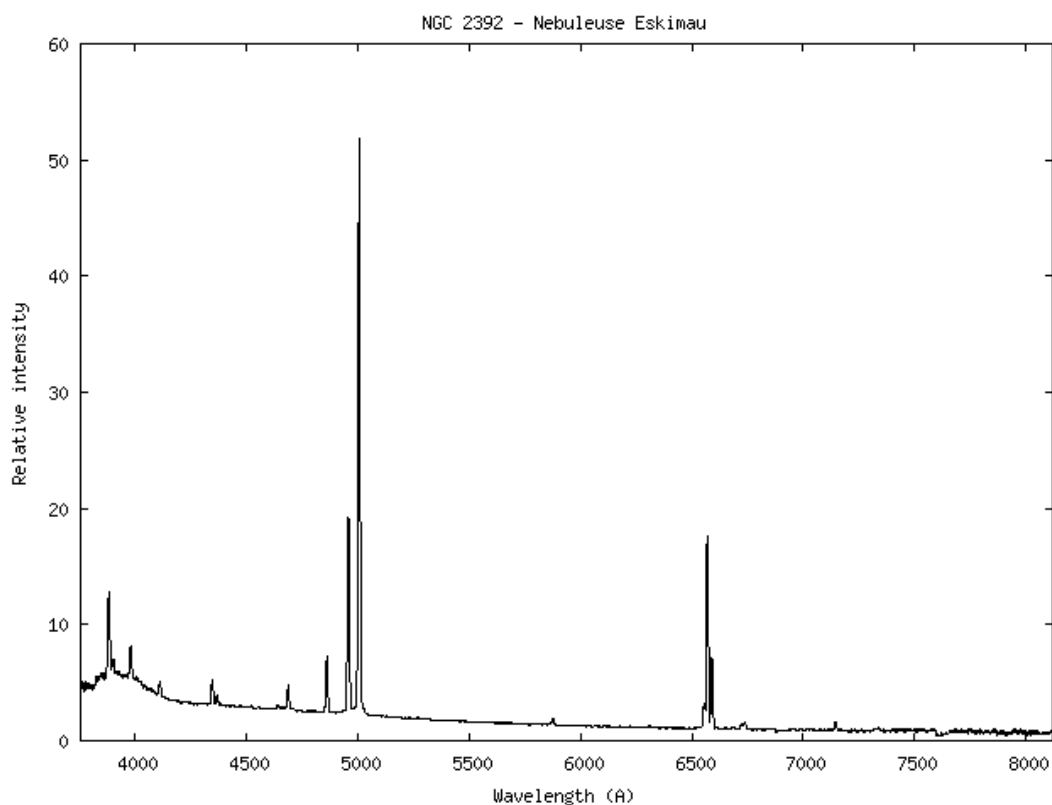
2- NGC 2392 (nébuleuse de l'Eskimau)

Nébuleuse planétaire
Constellation des Gémeaux
Distance 3750 al
Découverte par William Herschel en 1787



Fente du spectromètre

Photo : S. Heterier et al



- E - Conclusion

- Cette instrumentation, cette technique et les logiciels qui les accompagnent permettent aux astronomes amateurs d'accéder à de nombreuses activités scientifiques autrefois réservées aux seuls astronomes professionnels.
- Compte tenu de la qualité du matériel accessible aux amateurs, il se développe de nombreuses et actives collaborations entre amateurs et professionnels.