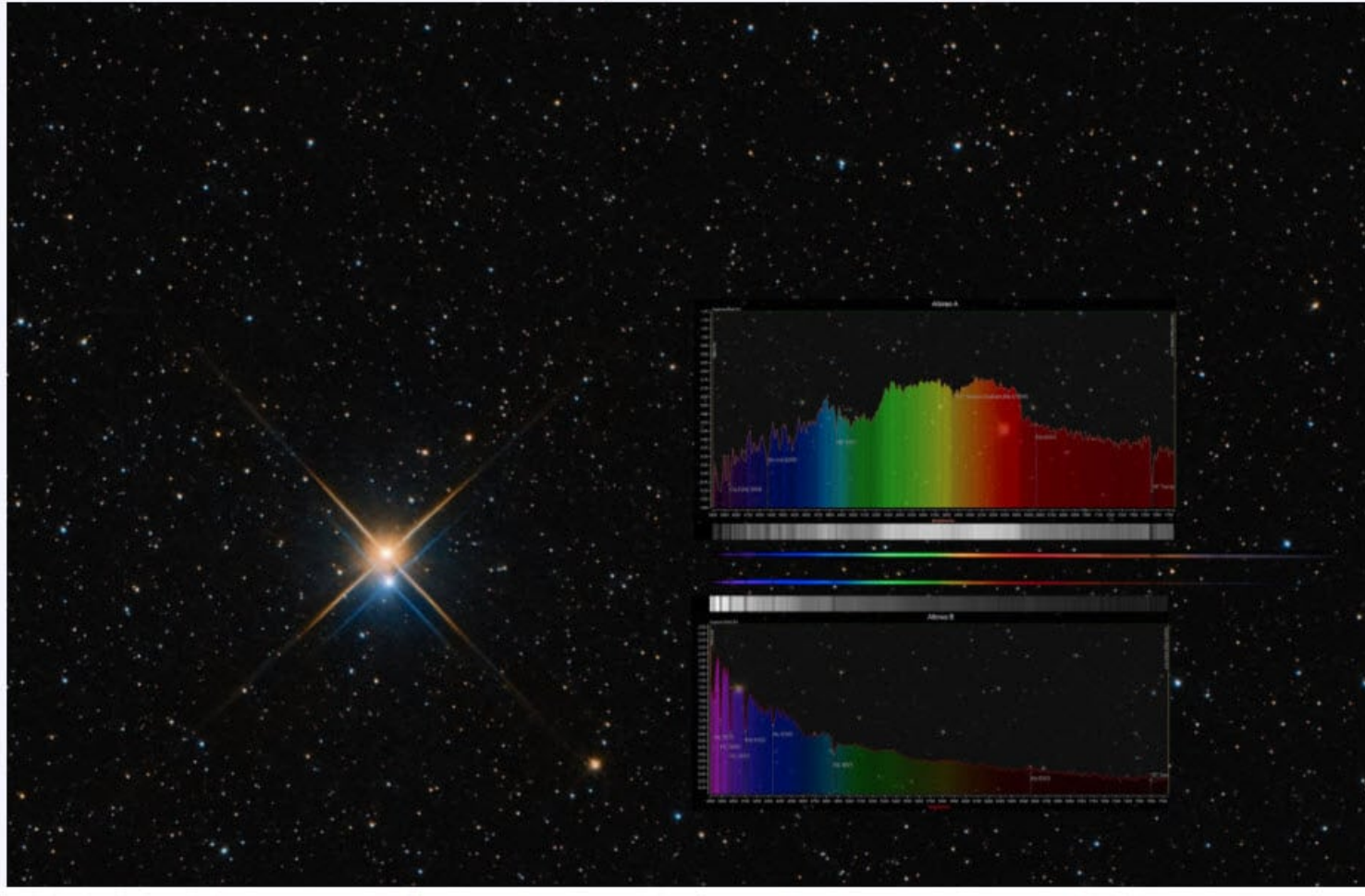


# *La spectroscopie stellaire en basse résolution*

## Astronomy Picture of the Day



## *La spectroscopie stellaire en basse résolution*

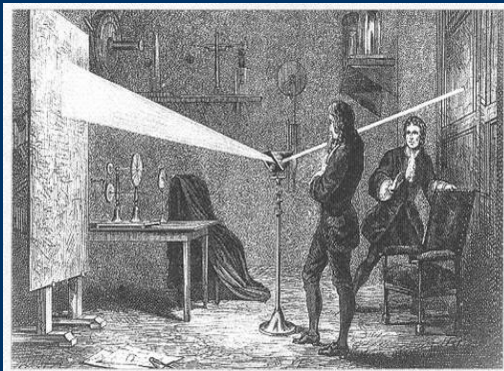


- Un peu d'histoire : les grands précurseurs, de l'arc en ciel au prémices de l'astrophysique...
- Les techniques d'observation : les instruments utilisables, le prisme, les réseaux, les imageurs et l'acquisition...
  - L'analyse des images : les logiciels utiles, quelles informations exploiter?
- Plus loin encore : observations du ciel profond, haute-résolution

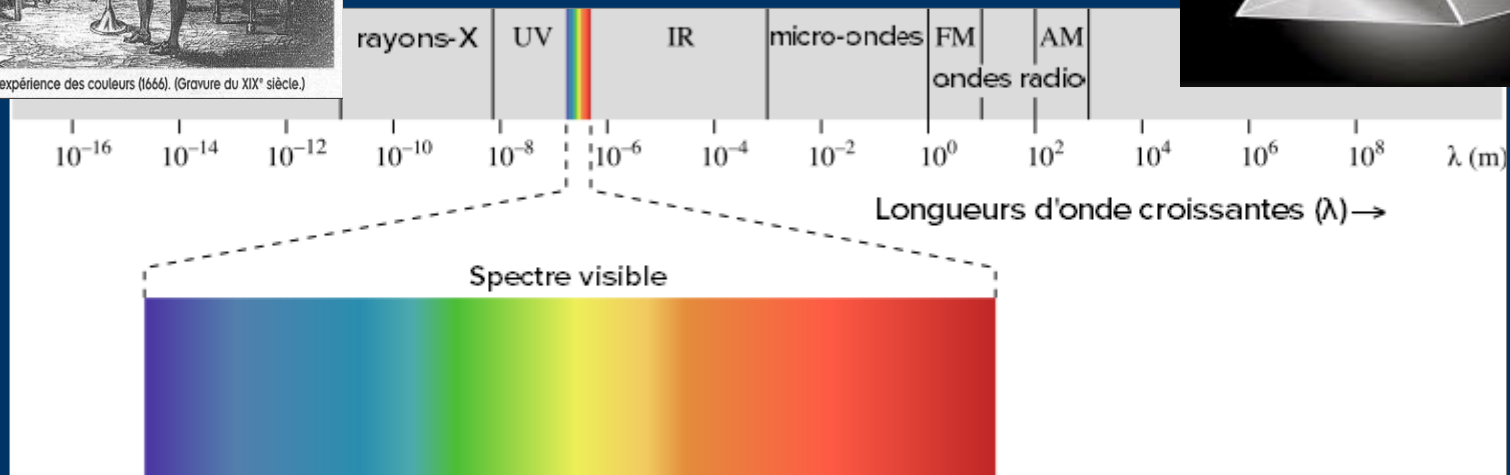
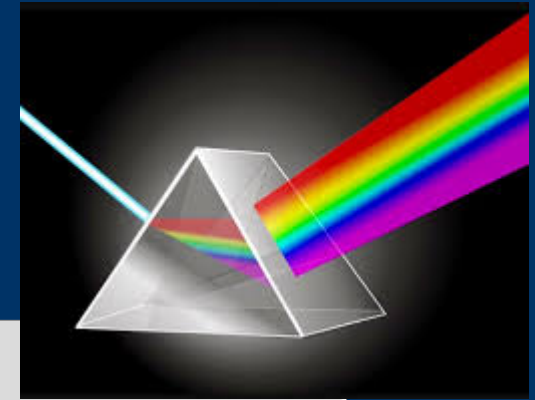
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Un peu d'histoire...

Newton (1642-1727) : l'expérience de décomposition de la lumière blanche en couleurs de l'arc en ciel à l'aide d'un prisme



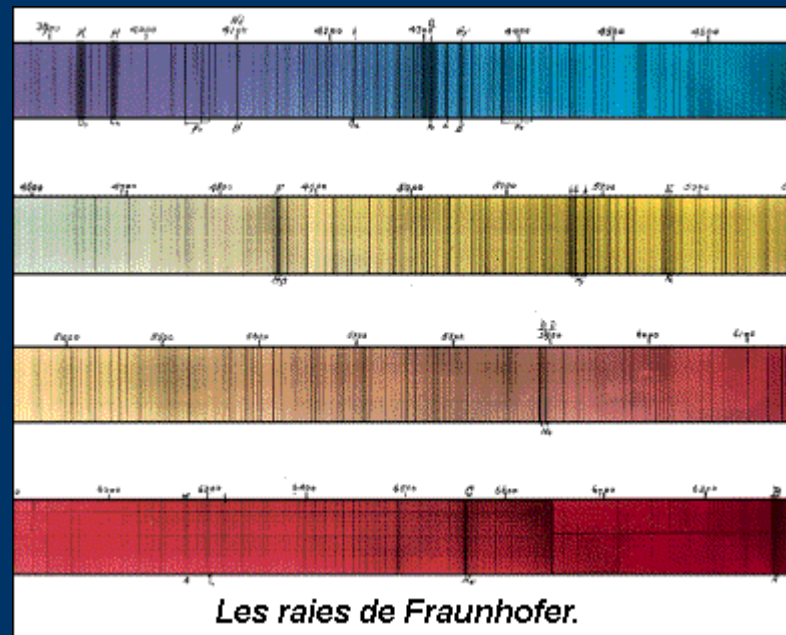
Newton en train de réaliser l'expérience des couleurs (1666). (Gravure du XIX<sup>e</sup> siècle.)



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Un peu d'histoire...

William Wollaston (1766-1828) et Joseph Fraunhofer (1787-1826) :  
Découverte de lignes sombres sur le spectre solaire en utilisant une fente fine.



# La spectroscopie stellaire en basse résolution



## Un peu d'histoire...

Gustav Kirchhoff (1824-1887) : Formulation des trois lois empiriques de la spectroscopie, identification d'éléments comme le fer en laboratoire puis dans le spectre solaire.

### - Spectre continu :

*Un gaz à pression élevée, un liquide ou un solide, s'ils sont chauffés, émettent un rayonnement continu qui contient toutes les couleurs.*

### - Spectre de raies d'émission :

*Un gaz chaud, à basse pression, émet un rayonnement uniquement pour certaines couleurs bien spécifiques : le spectre de ce gaz présente des raies d'émission.*

### - Spectre de raies d'absorption :

*Un gaz froid, à basse pression, éclairé par une source de rayonnement continu, absorbe certaines couleurs, produisant ainsi dans le spectre des raies d'absorption. Ce gaz absorbe les mêmes couleurs qu'il émettrait s'il était chaud .*

---

---

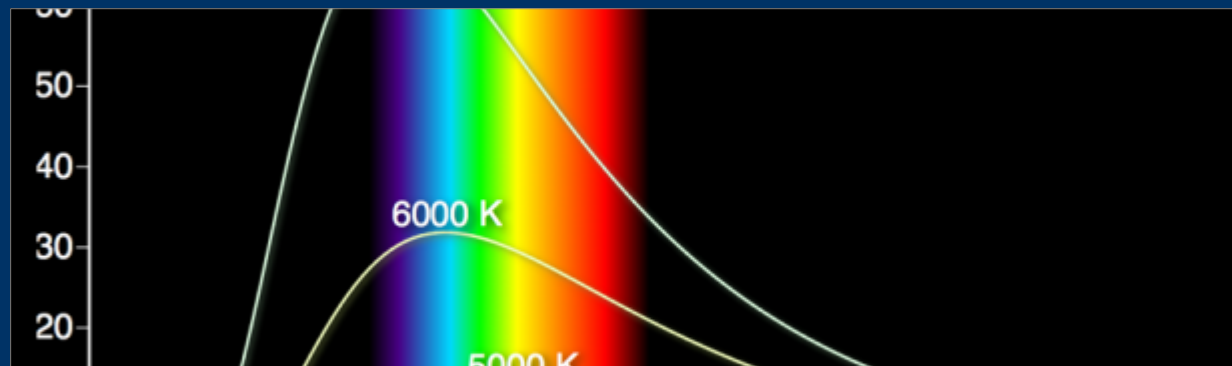
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

## Un peu d'histoire...

Sir William Huggins (1824-1910) : Identification de neufs éléments dans l'étoile Aldébaran, spectre en émission d'une nébuleuse planétaire, principe du spectre de comparaison permettant une calibration précise en longueur d'onde. Mesure de la vitesse radiale de Sirius...

En 1889 Antonia Maury découvrit par le dédoublement périodique que Mizar était une étoile binaire, début de la classification spectrale par le père Secchi à partir de 1863,

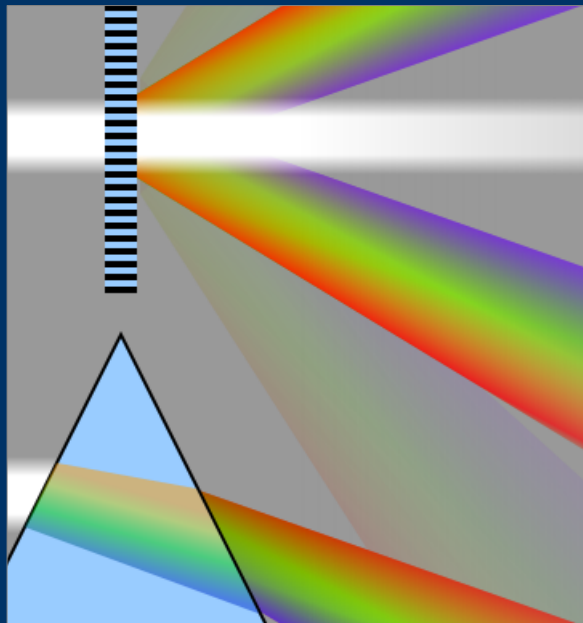
Loi de Planck (1853-1947) : Spectre continu du corps noir, Loi de Wien (1864-1928), Loi de Stefan-Boltzmann, l'effet Doppler-Fizeau, rendu célèbre en astronomie par Hubble avec le célèbre décalage vers le rouge...La spectroscopie est donc devenue un des outils incontournables de l'astrophysique.



# *La spectroscopie stellaire en basse résolution*

## Les techniques d'observation

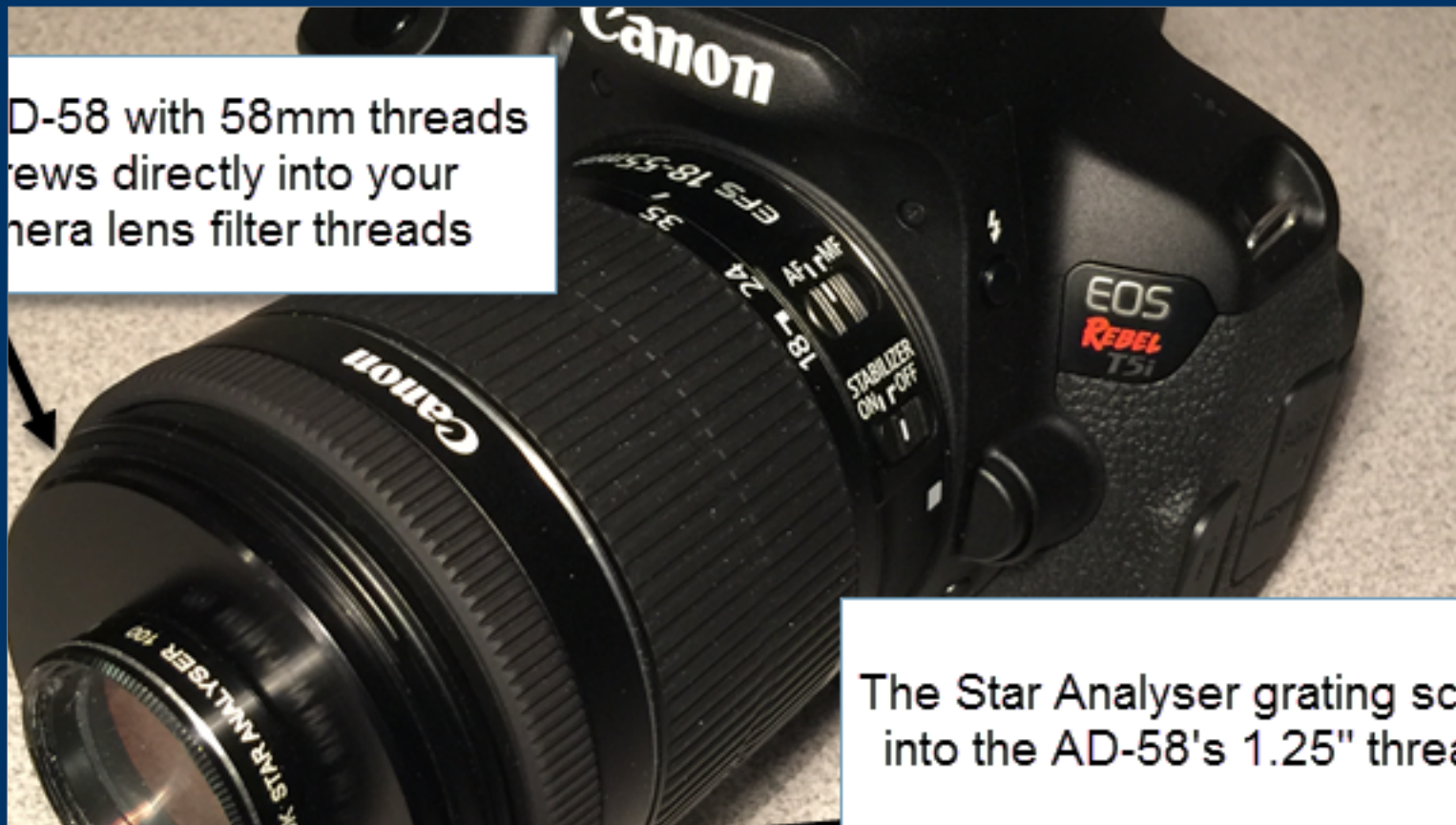
Le prisme à longtemps été utilisé jusqu'au développement des réseaux par Henry Rowland en 1882, un outil largement utilisé de nos jours avec une meilleure résolution, un meilleur étalement et maintenant accessible à des prix abordables pour la communauté amateur. La possibilité d'utiliser des capteurs sensibles numériques comme une webcam, un APN, une caméra vidéo, des logiciels de post-traitement dédiés, démocratisent cette discipline auprès des amateurs.



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

## Les techniques d'observation

Tous les instruments sont utilisables comme un APN avec un réseau de transmission tel le Star Analyser 100 fixé devant l'objectif.



# *La spectroscopie stellaire en basse résolution*

## Les techniques d'observation

Tous les types de télescopes ou lunettes (de préférence apochromatiques) sont utilisables avec le réseau vissé sur l'embout de la caméra ou de l'APN placé au foyer de l'instrument. Il est indispensable d'orienter le réseau horizontalement par rapport au capteur pour obtenir la résolution maximale. La résolution d'un réseau à transmission sans fente est limitée par la taille de l'étoile au foyer, la turbulence, la taille des pixels. Faire attention aux instruments à focales supérieures à 2 mètres, un réducteur de focale est utilisable dans ce cas.



# *La spectroscopie stellaire en basse résolution*

## Les techniques d'observation

Bien entendu une bonne mise en station et un suivi motorisé en AD permettront d'allonger le temps de pose nécessaire pour compenser l'étalement des photons (environ 5-6 fois plus longs que sans réseau ).

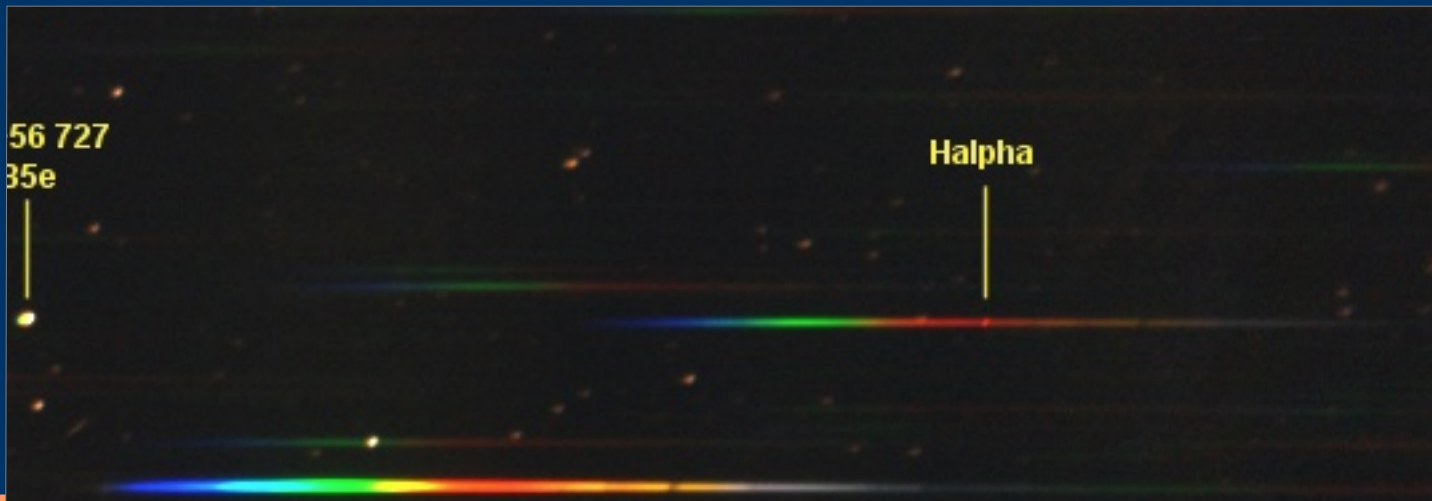
Les étoiles brillantes ( $< \text{Mag } 3-4$ ) sont accessibles en moins d'une seconde avec une caméra monochrome sensible au foyer d'un instrument de 90 mm par exemple.



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

## L'acquisition des images

- Il est important de cadrer à la fois l'étoile à l'ordre 0 et l'ordre 1, le plus brillant, avec la partie rouge du spectre à droite, ceci permettra une calibration plus simple par la suite.
- Une résolution de 1280X960 est suffisante Soigner la mise au point sur un détail du spectre, utiliser le zoom du logiciel d'acquisition, adapter le temps d'exposition. Utiliser un format non compressé (raw pour les APN).
- Une fois l'acquisition d'une série d'images ou d'un film sauvegardé, sélectionner ou extraire la ou les meilleures prises. Il est à noter que les techniques habituelles de traitement pour améliorer le rapport S/B peuvent-être appliquées telles l'empilage et la soustraction du dark pour les poses supérieures à 1 secondes.



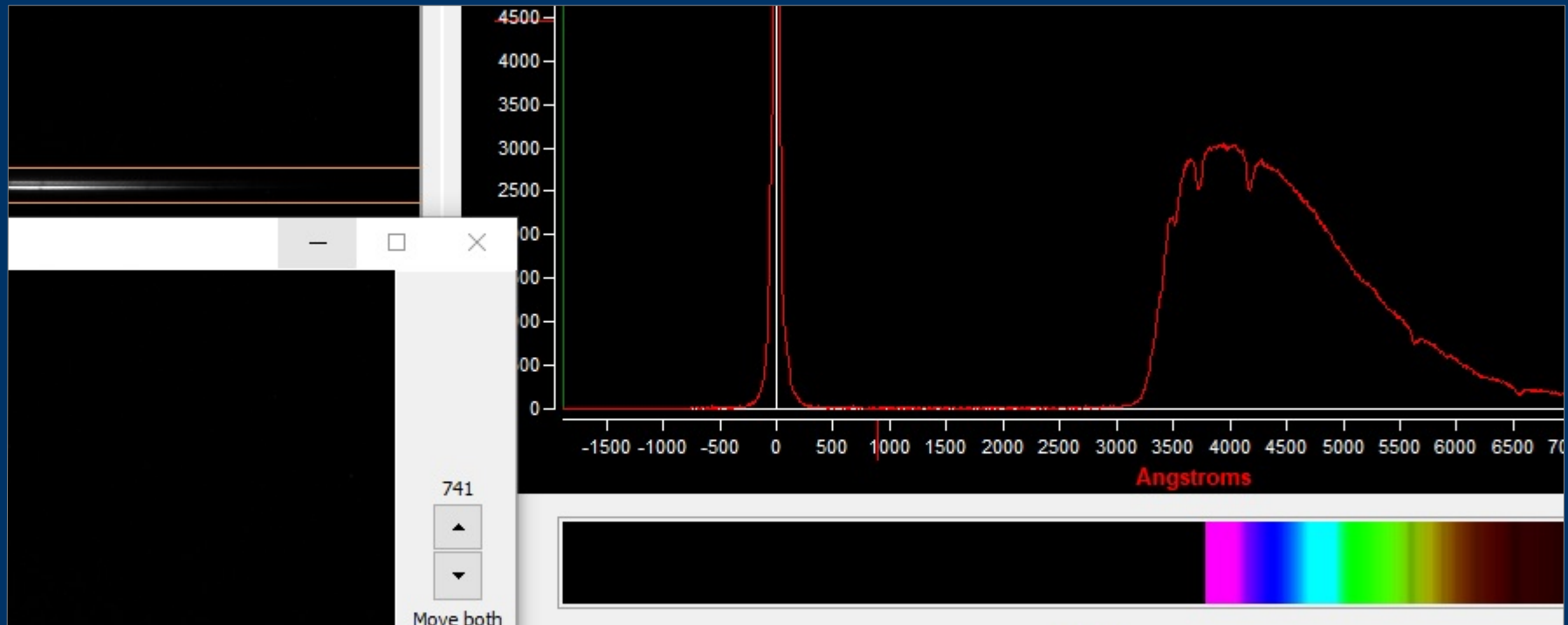
# La spectroscopie stellaire en basse résolution



## L'analyse des images

Plusieurs logiciels libres ou commerciaux peuvent aider à calibrer simplement les spectres obtenus et les convertir en graphiques utiles à l'interprétation :

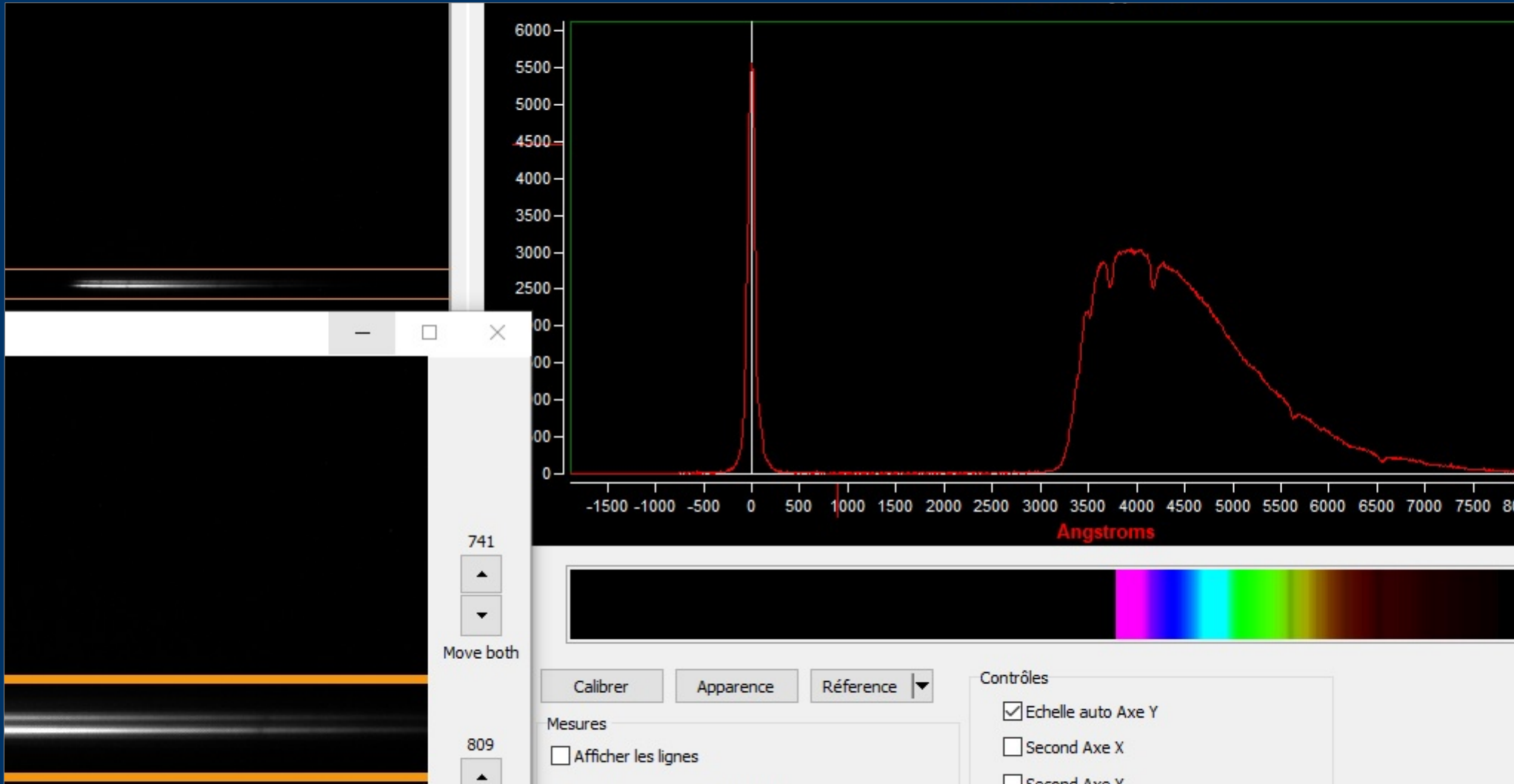
- VisualSpec de Valérie Desnoux, un des plus anciens
- Isis de Christian Buil, récent mais plus adapté à la haute-résolution
- Rspec de Tom Field, payant mais le plus intuitif et fiable pour débiter



# La spectroscopie stellaire en basse résolution



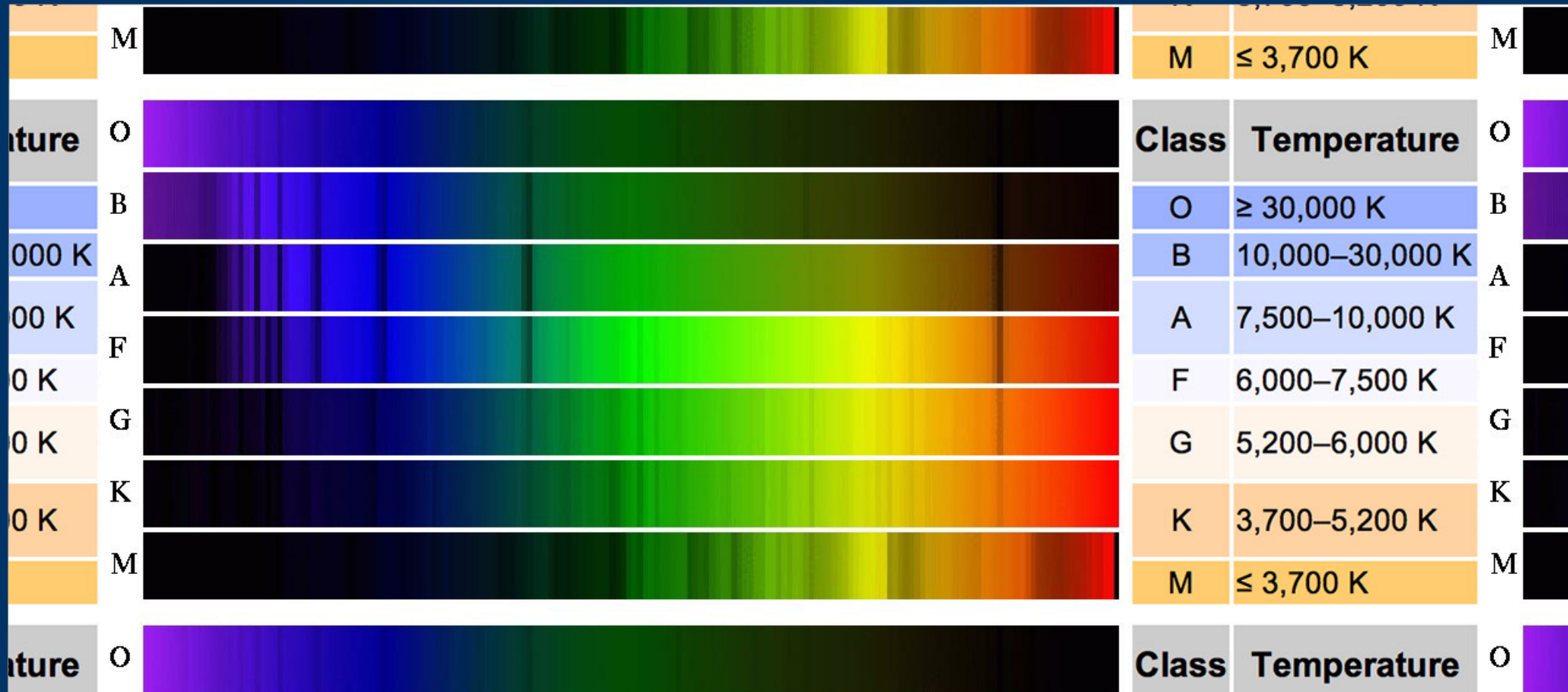
## L'analyse des images



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

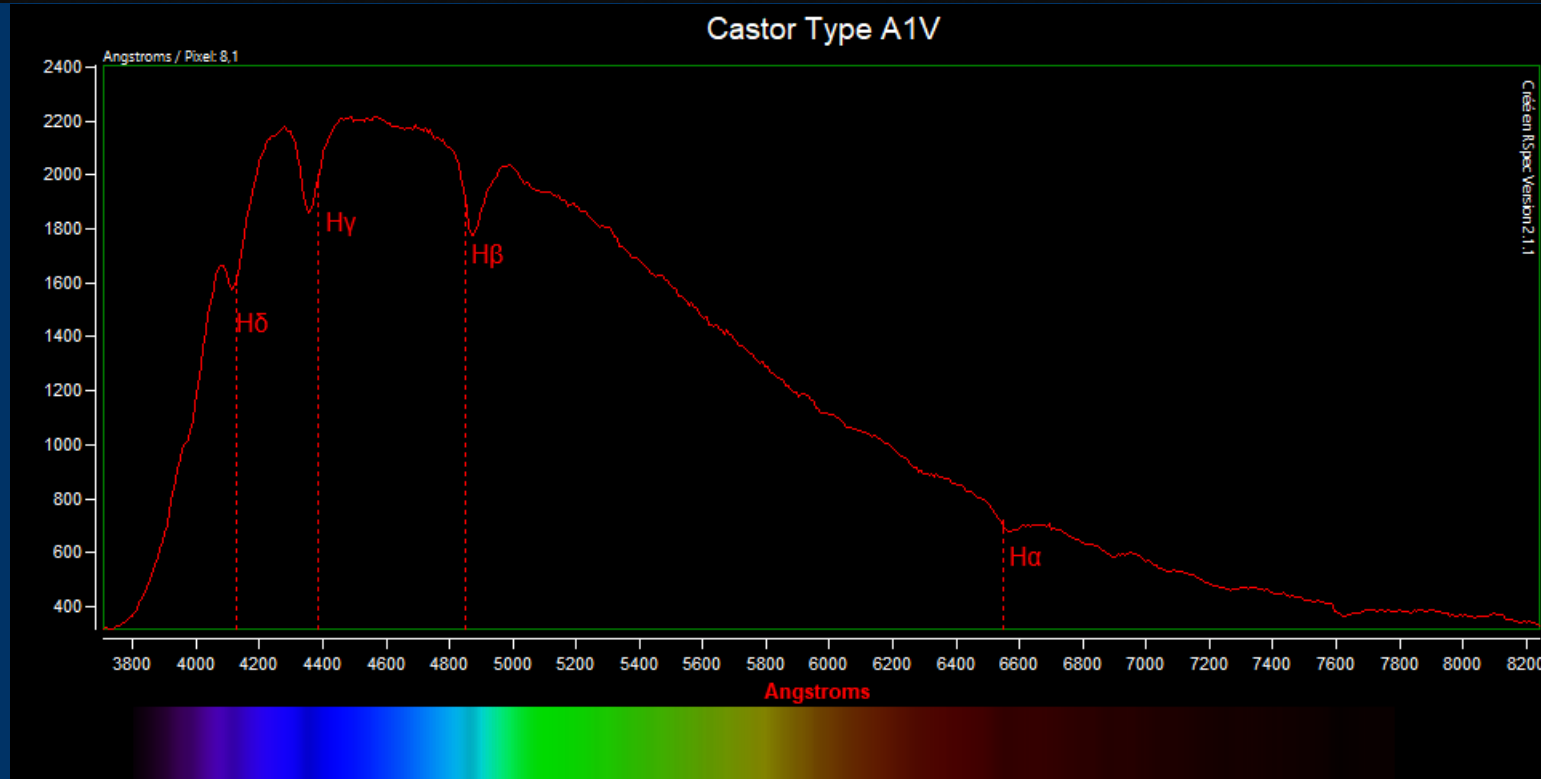
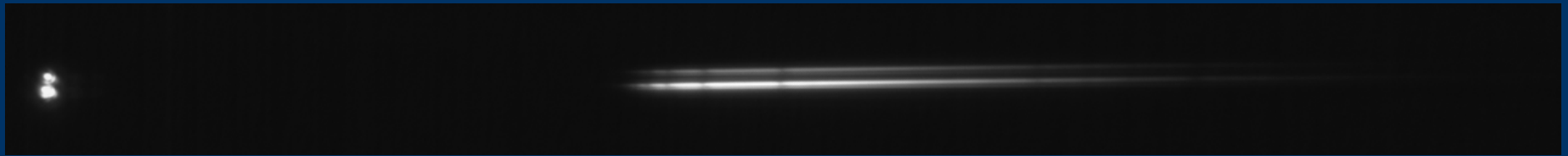


## L'analyse des images



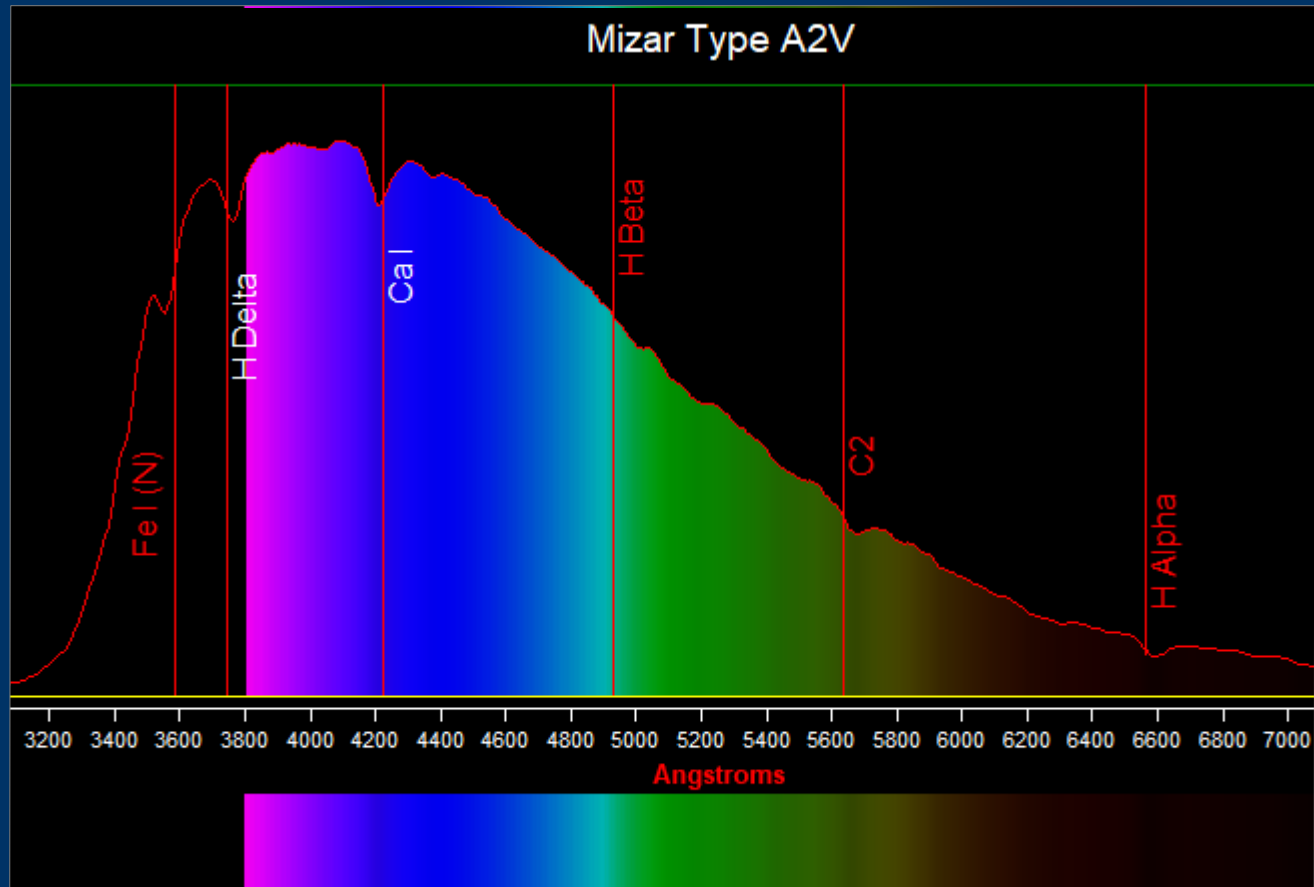
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

## L'analyse des images



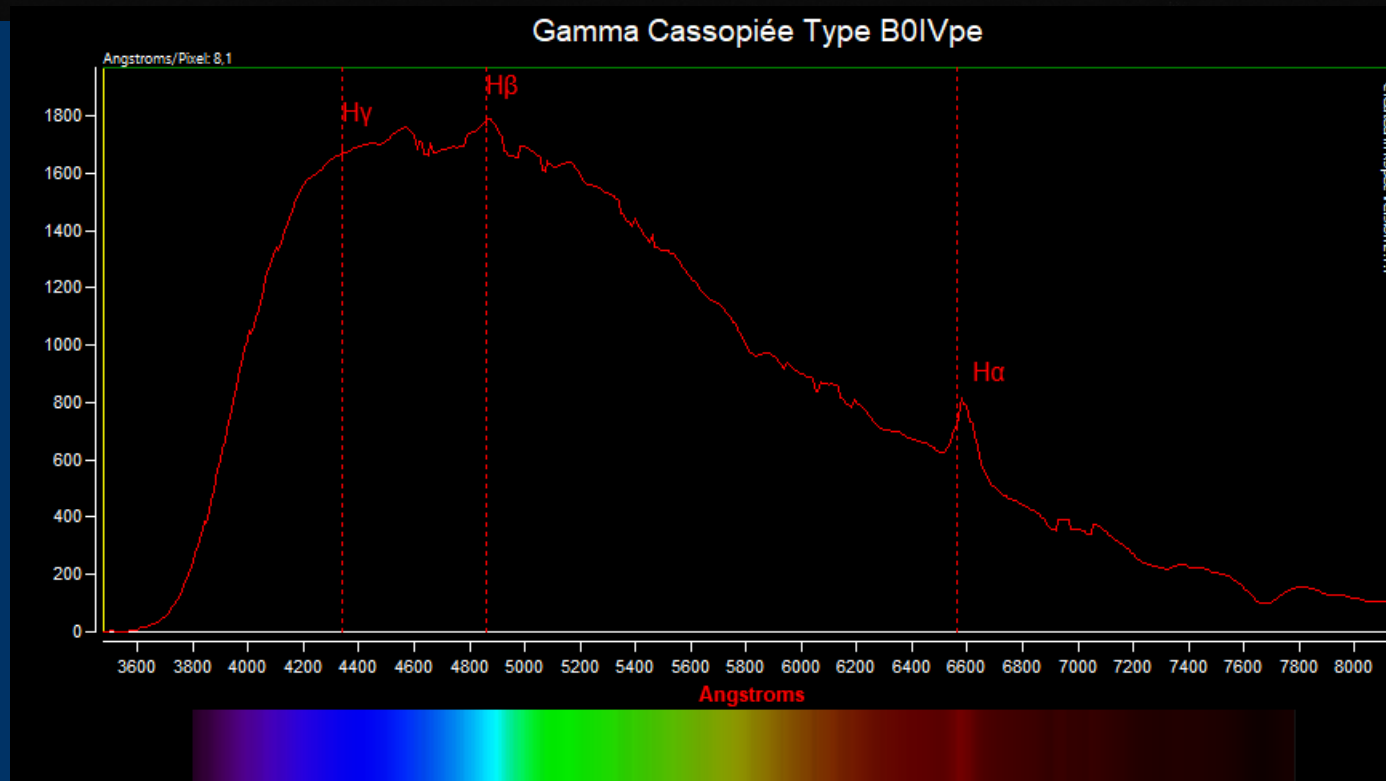
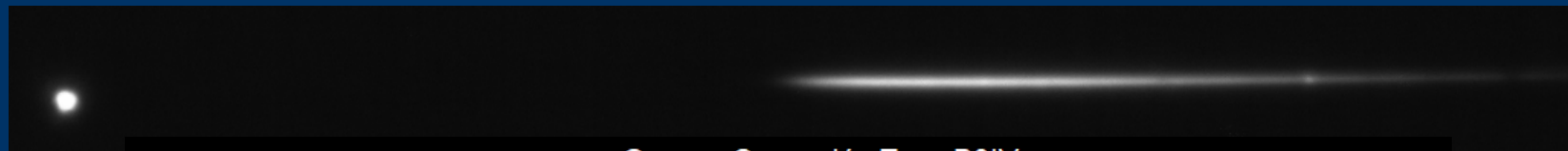
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

## L'analyse des images



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

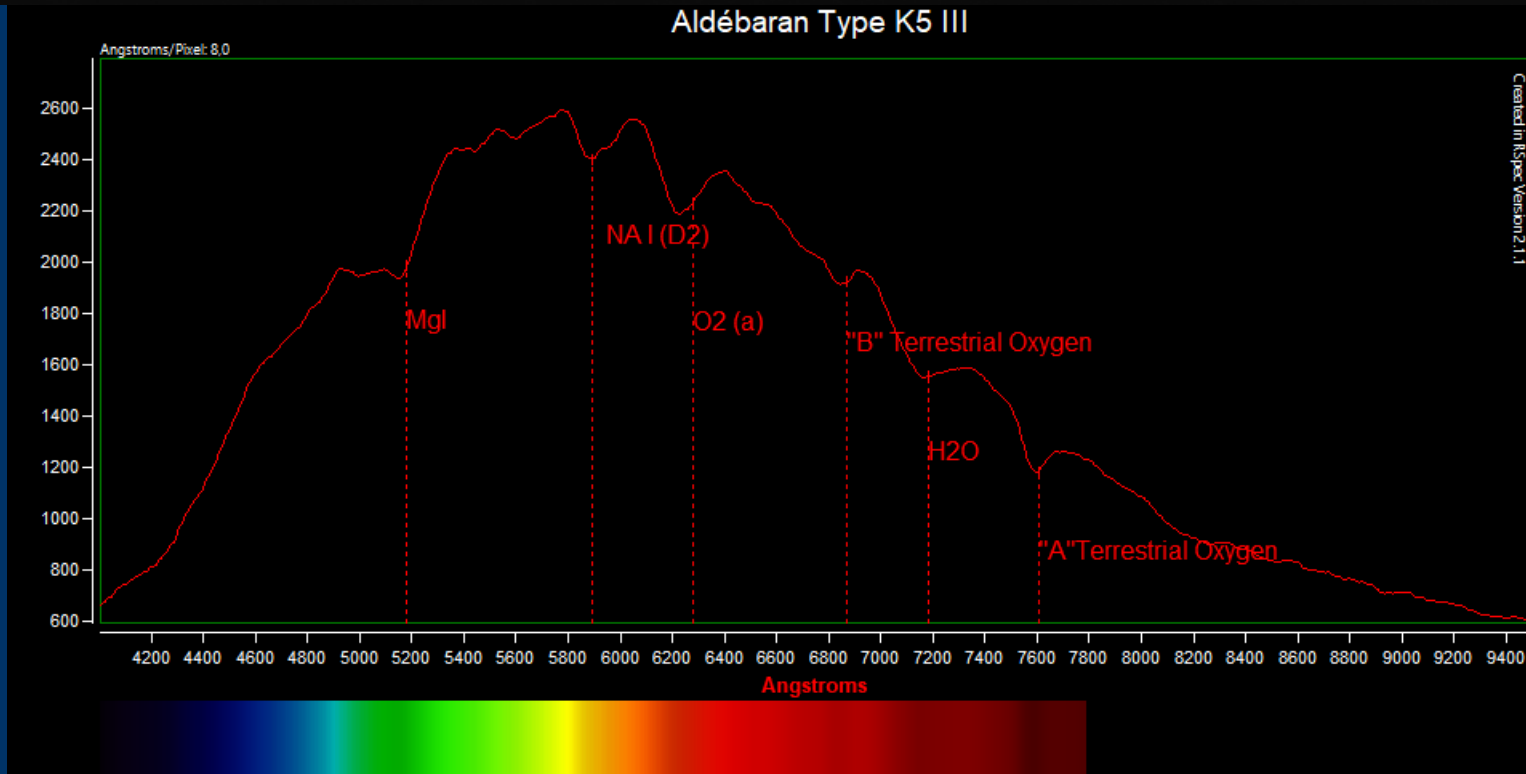
## L'analyse des images



# La spectroscopie stellaire en basse résolution



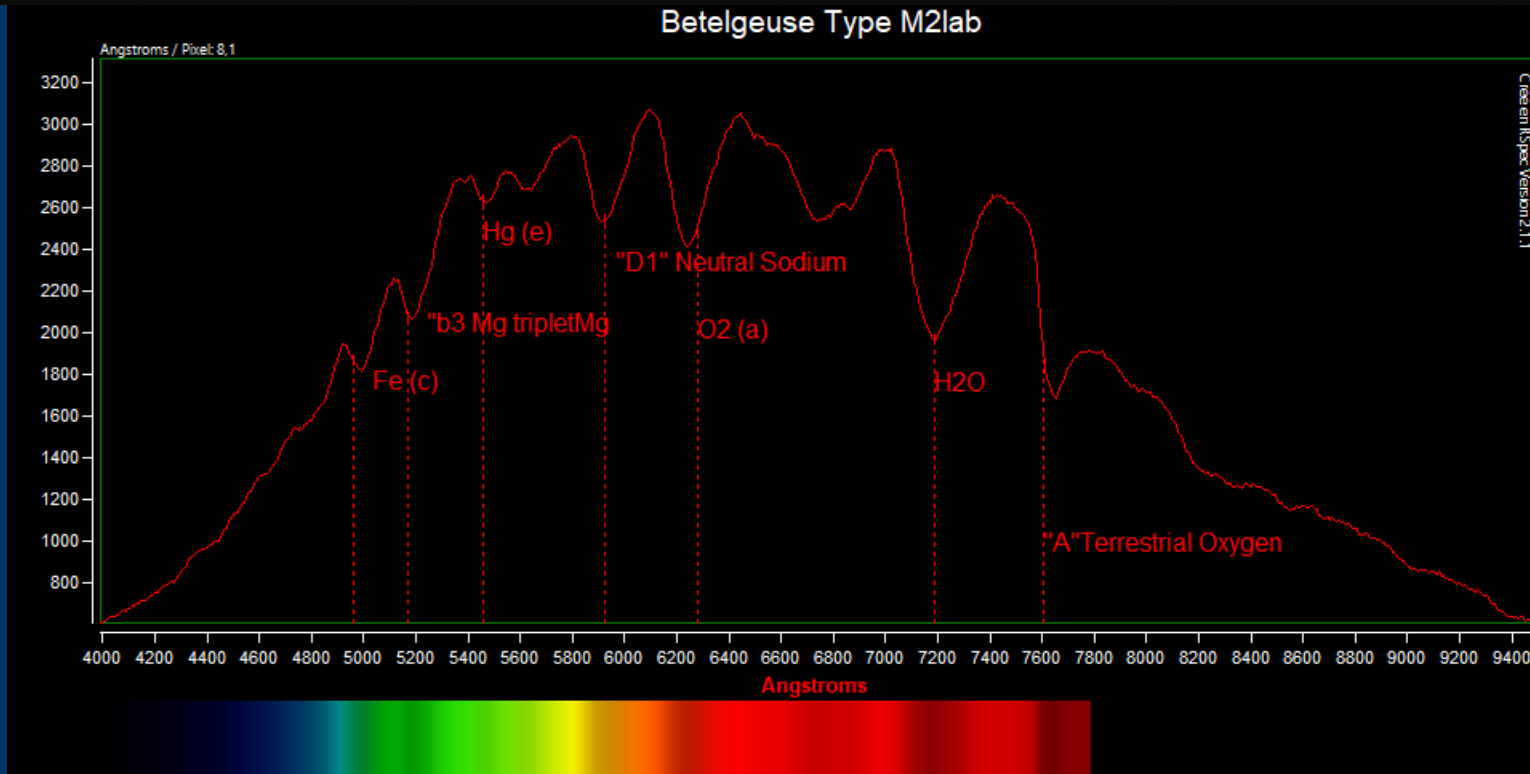
## L'analyse des images



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

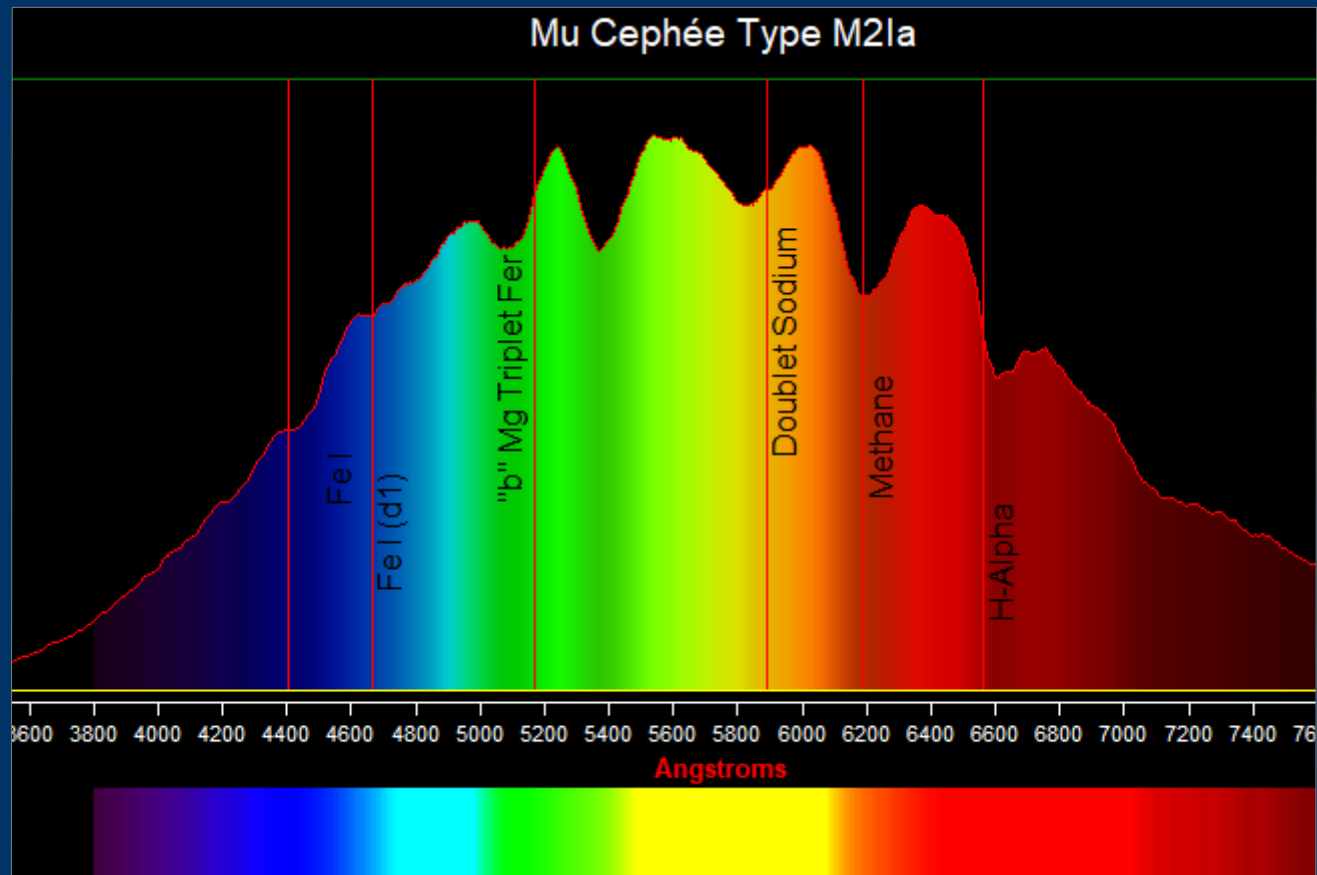


## L'analyse des images



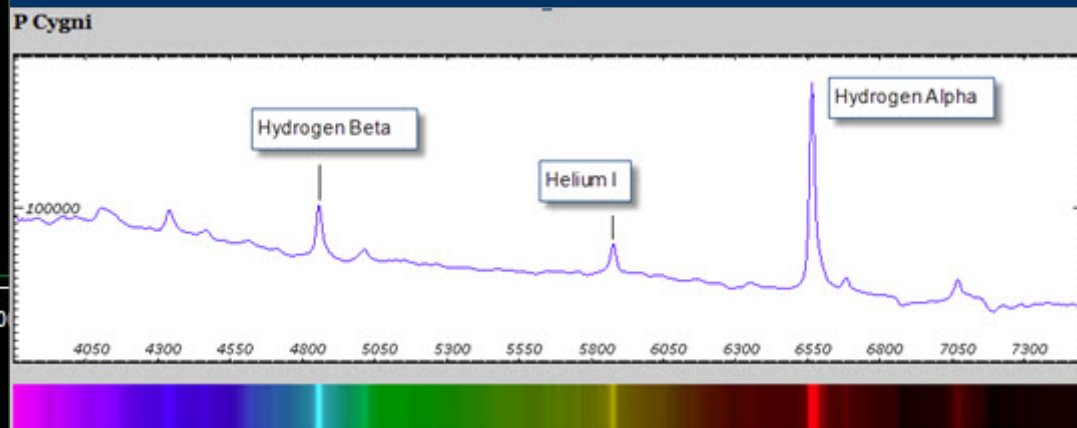
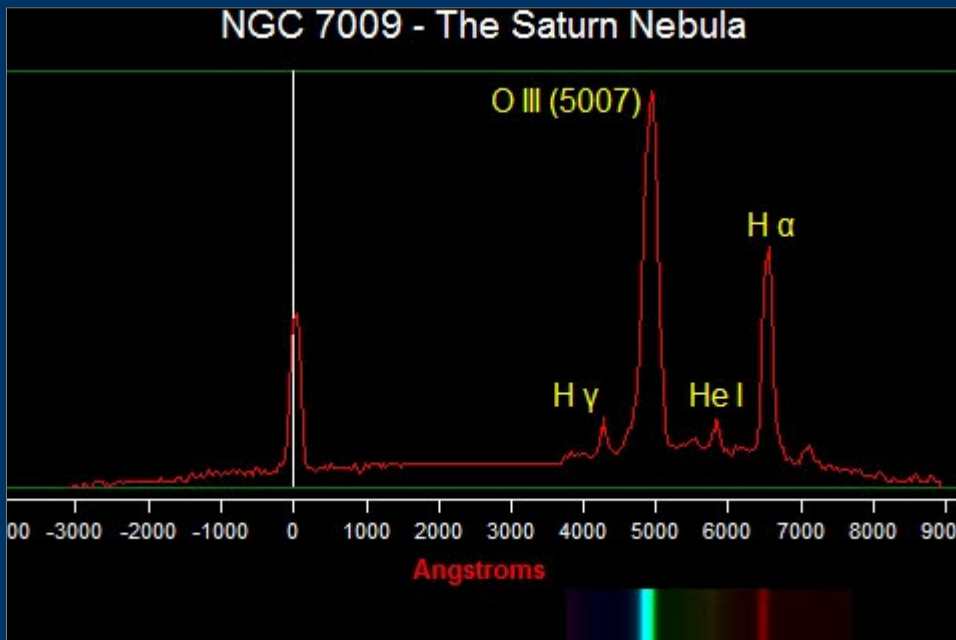
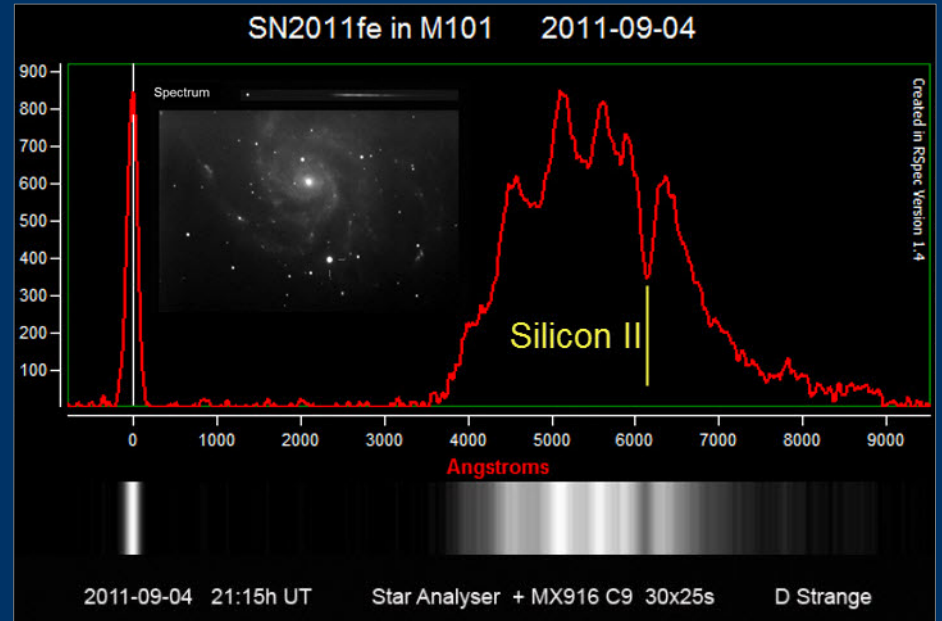
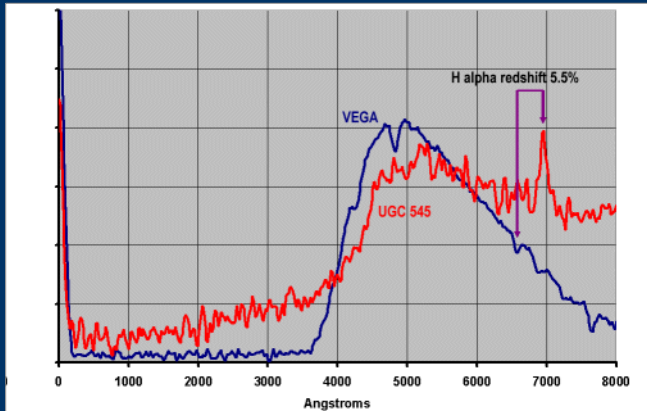
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

## L'analyse des images



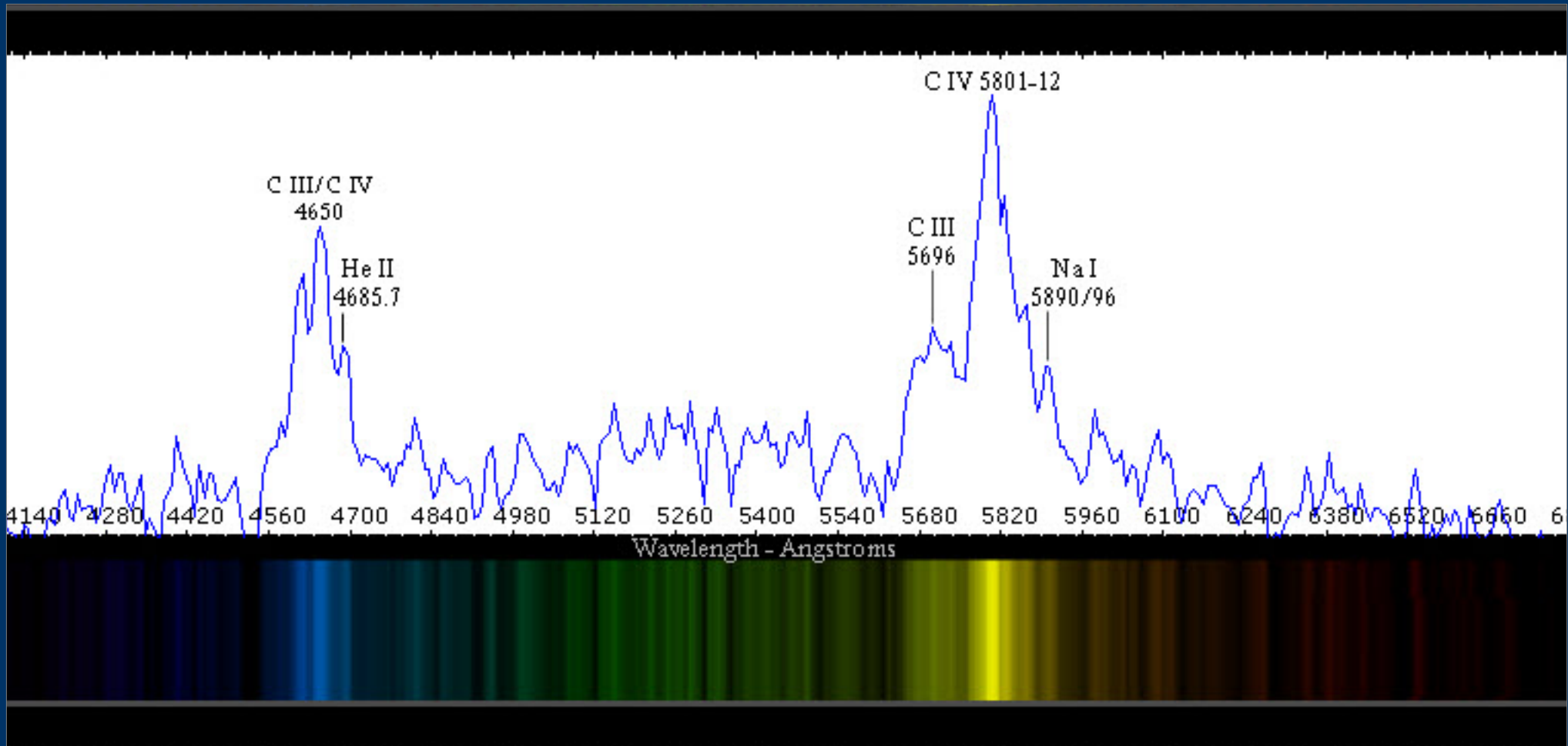
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Plus loin encore...



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Plus loin encore...



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Plus loin encore...



# *La spectroscopie stellaire en basse résolution*

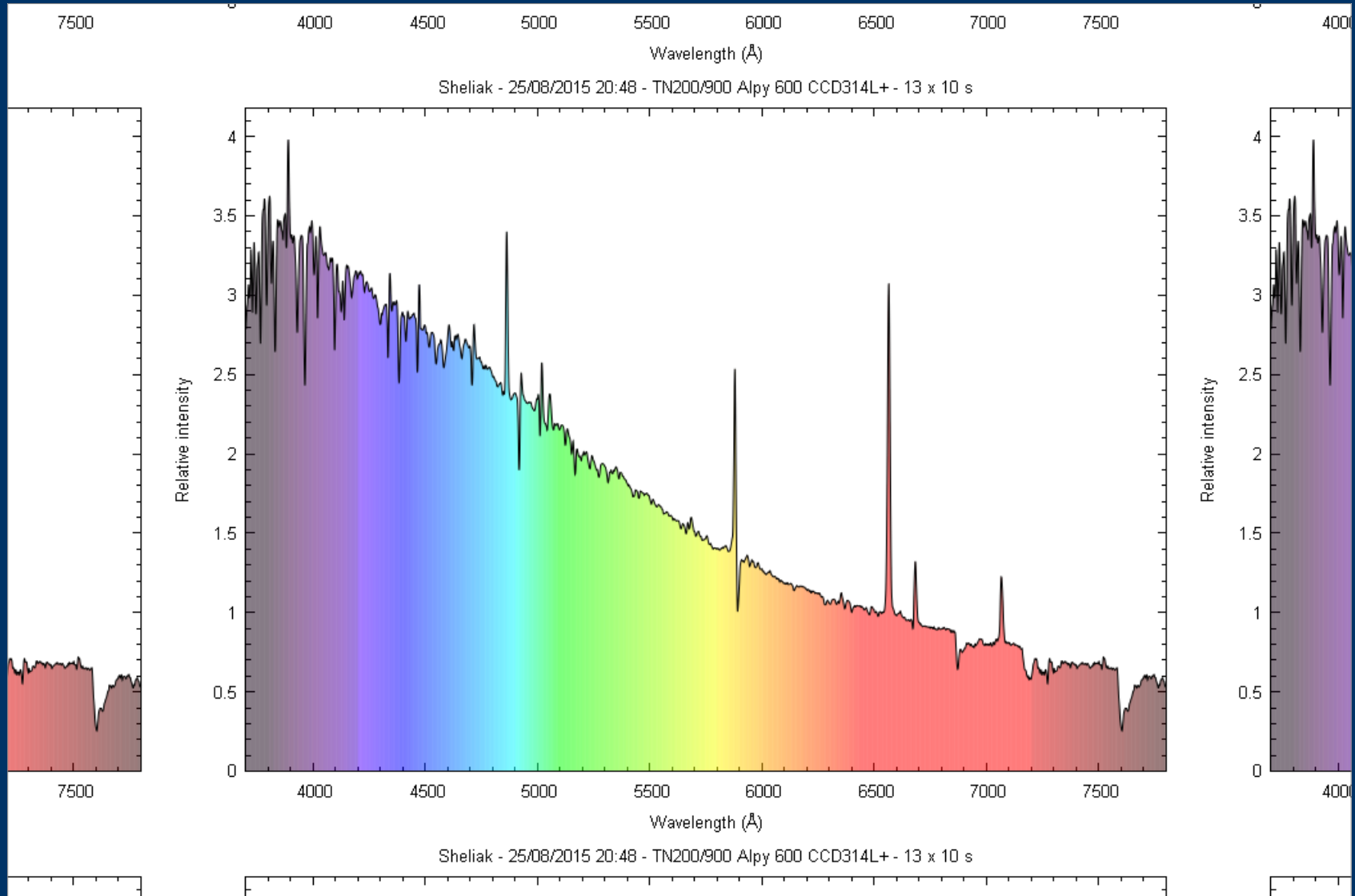
Plus loin encore...



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

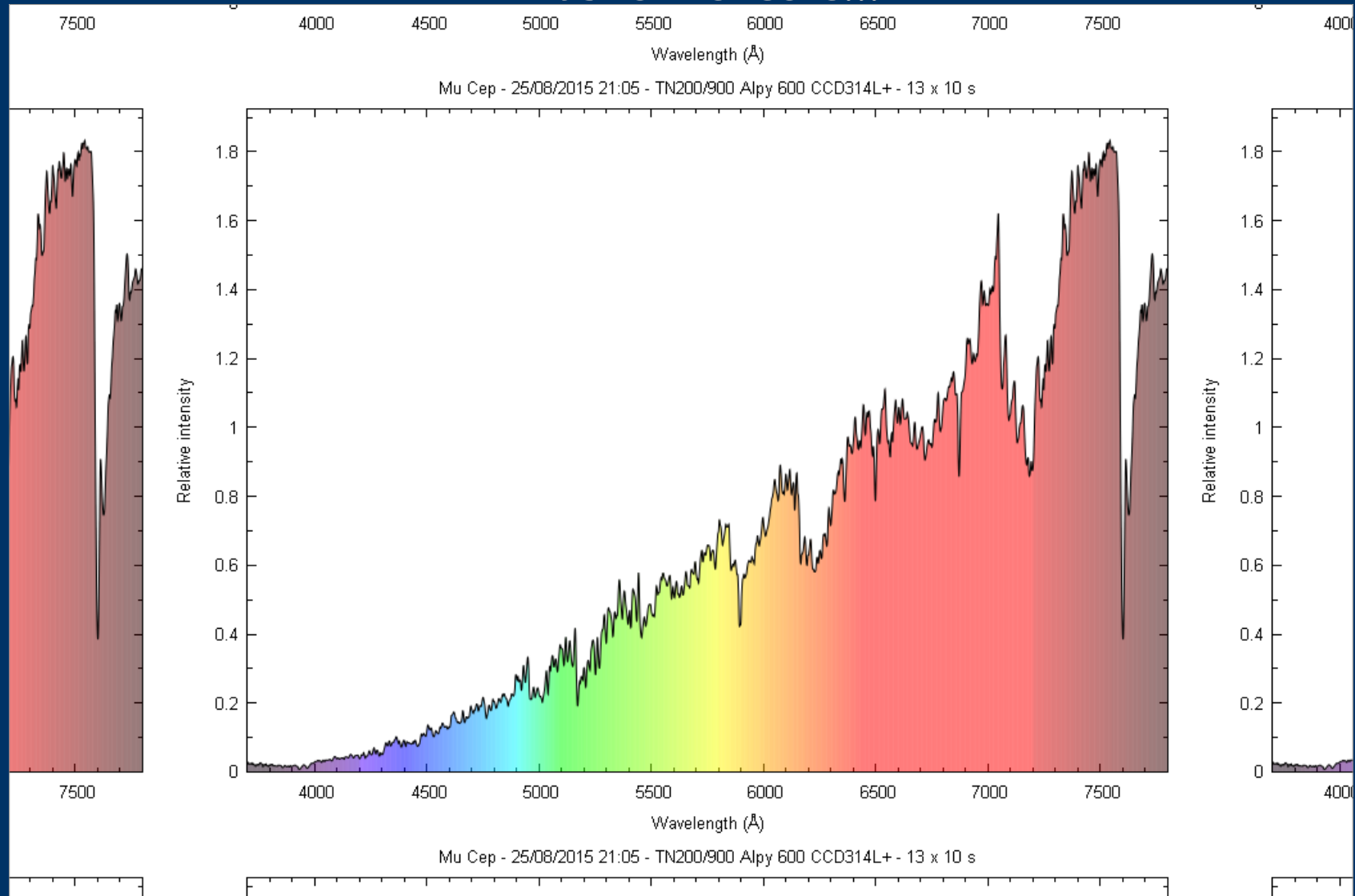


Plus loin encore...



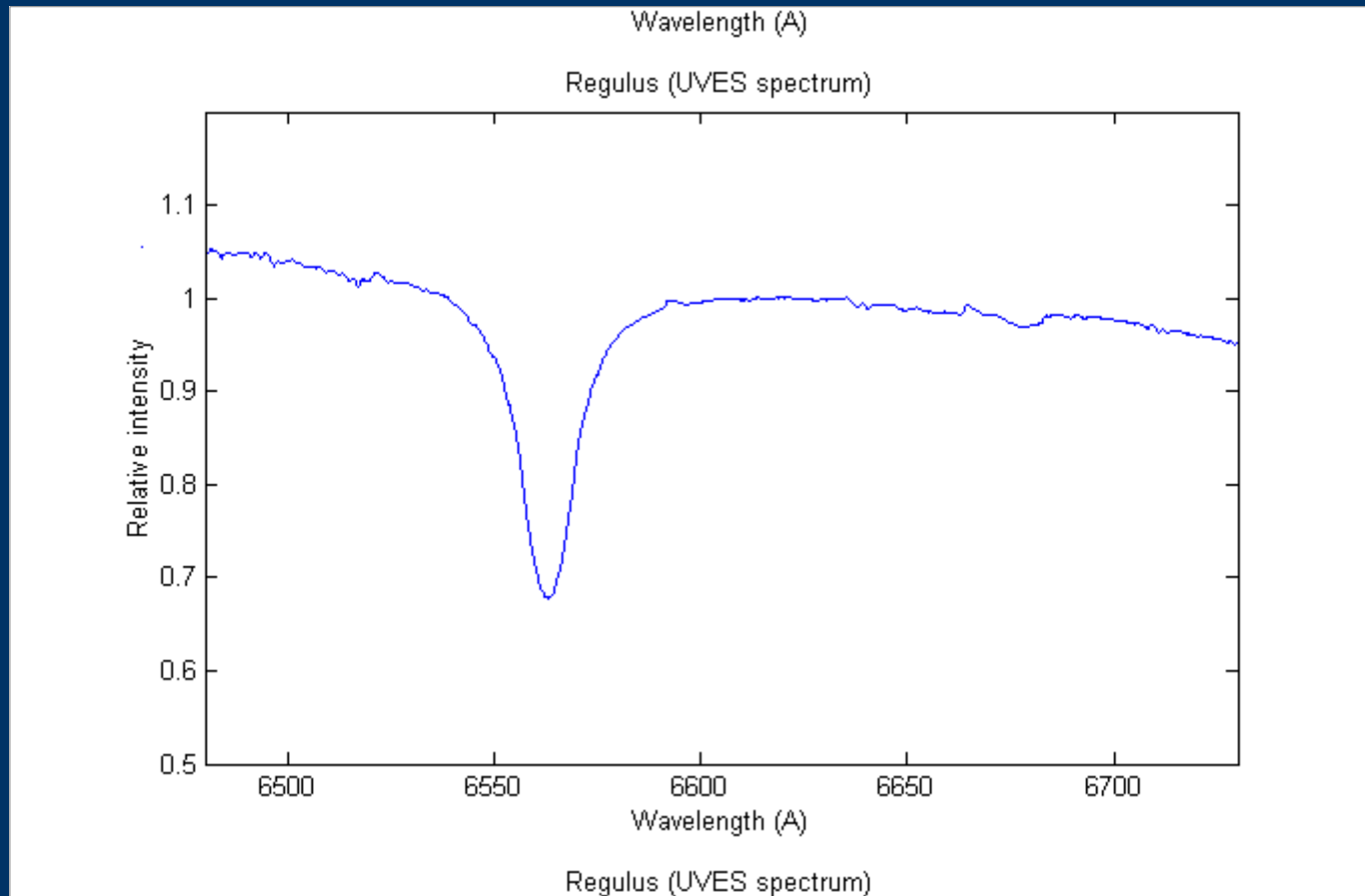
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Plus loin encore...



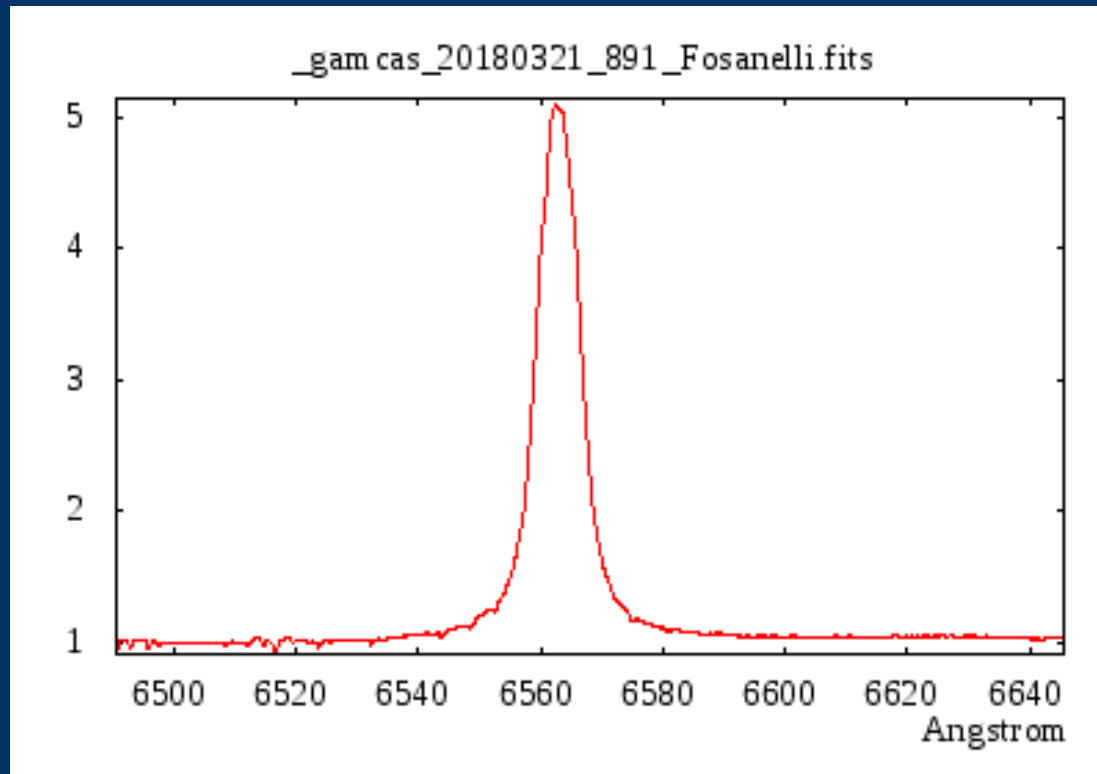
# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Plus loin encore...



# La spectroscopie stellaire en basse résolution

Plus loin encore...



# *La spectroscopie stellaire en basse résolution*



## Conclusions...

- La spectroscopie en basse résolution est abordable et pédagogique mais permet néanmoins des mesures impossibles en haute-résolution pour les amateurs comme la classification spectrale, l'identification des novae, la mesure du redshift de galaxies ou de quasars, les nébuleuse, les comètes, ou la composition chimique des planètes gazeuses (avec fente dans ces trois cas).
- Comme souvent en instrumentation astronomique, il n'existe pas d'instrument idéal, Il faut parfois faire des compromis en fonction de ses objectifs et de ses moyens.
- La haute-résolution nécessite plus de moyens et de technicité mais offre la possibilité de collaboration pro-am comme les programmes de surveillance des étoiles Be ou des variables. Des mesures précises de vitesses radiales, d'abondance d'éléments deviennent accessibles et permettent de réaliser des travaux scientifiques.

A vous maintenant !

Laurent Cambon, Balcon des étoiles

---

---