

# La spectroastronomie : c'est simple

Jean-Jacques



9 novembre 2018

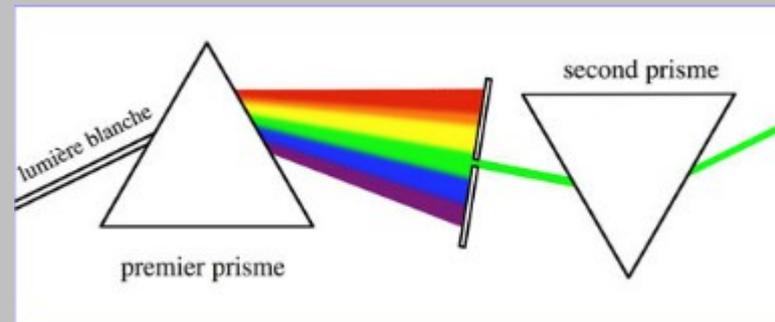
1



# Principe de la spectroscopie



Newton - 1665



Inconvénient du prisme :

Indice de réfraction varie selon la longueur d'onde : le bleu est plus dévié que le rouge

$$n(\lambda) = a + b/\lambda^2$$

$n$  indice de réfraction

$\lambda$  longueur d'onde



# Réseau

- Méthode de diffraction : l'onde lumineuse réagit sur un objet ou une fente
- Réseau : plaque avec des traits dessus (ne pas y mettre les doigts)
- Principe :

$$\theta = \arcsin(k.n.l) \quad \text{donc déviation linéaire}$$

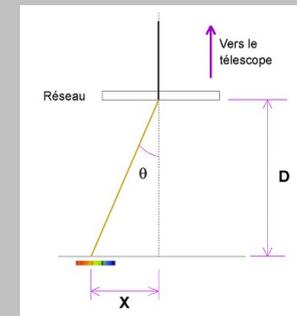
k ordre

n nombre de traits au mm. Ex : 600 l/mm

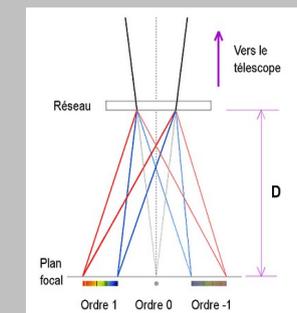
- Réseau blazé : la gravure est faite pour favoriser un ordre, en général l'ordre 1
- Ordre 0 : toutes les longueurs d'onde ensemble



Source : Shelyak



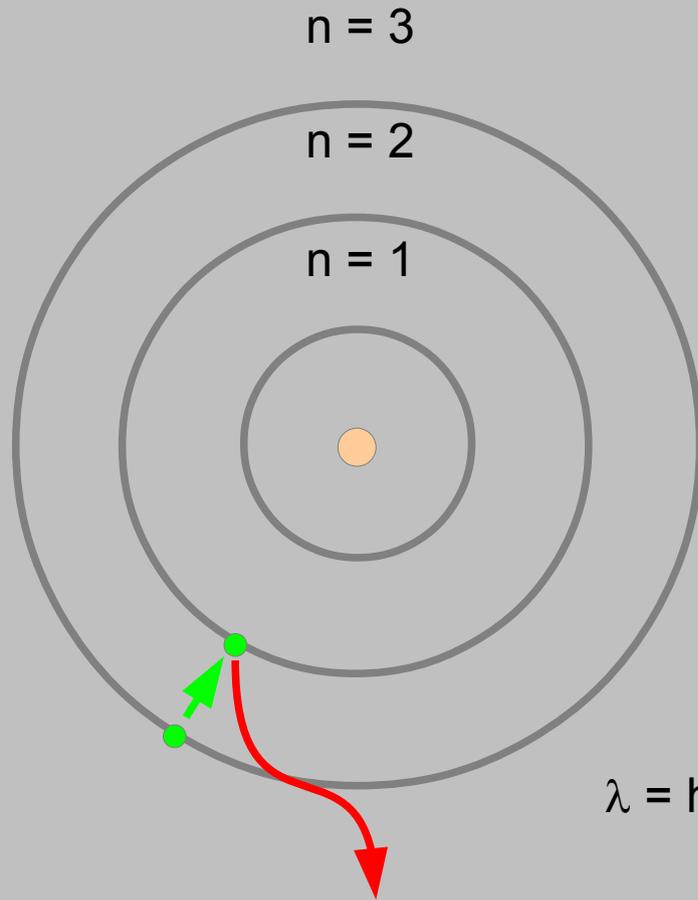
Source : Ch. Buil



Source : Ch. Buil



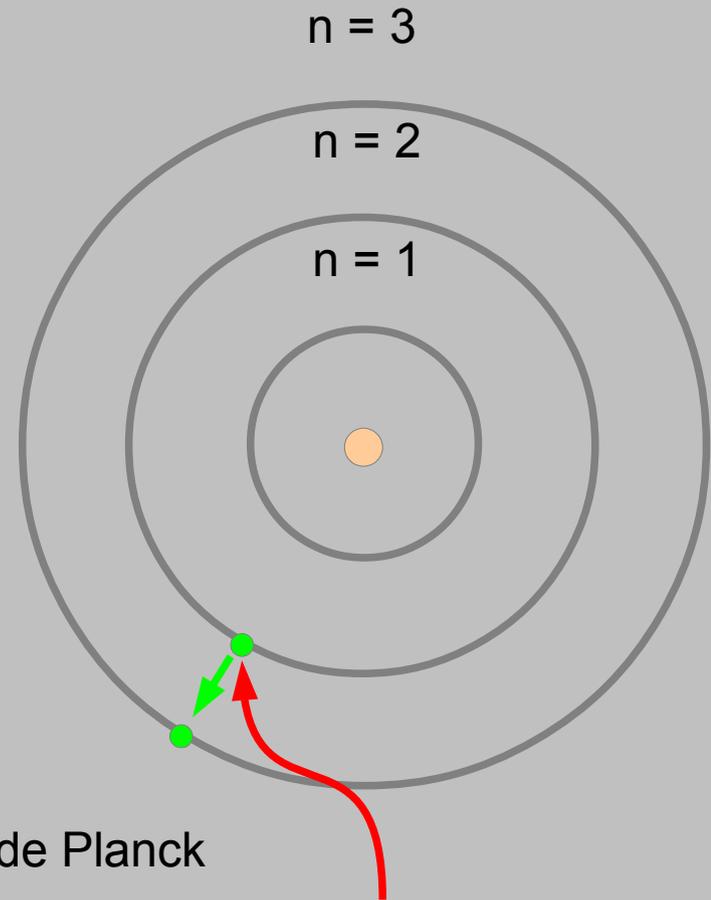
# Un peu de mécanique quantique !



Emission d'un photon

$$\lambda = hc/\Delta E$$

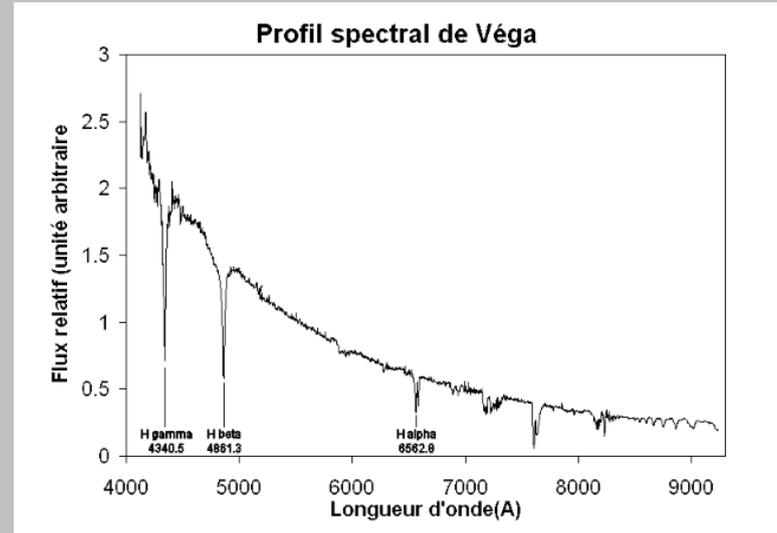
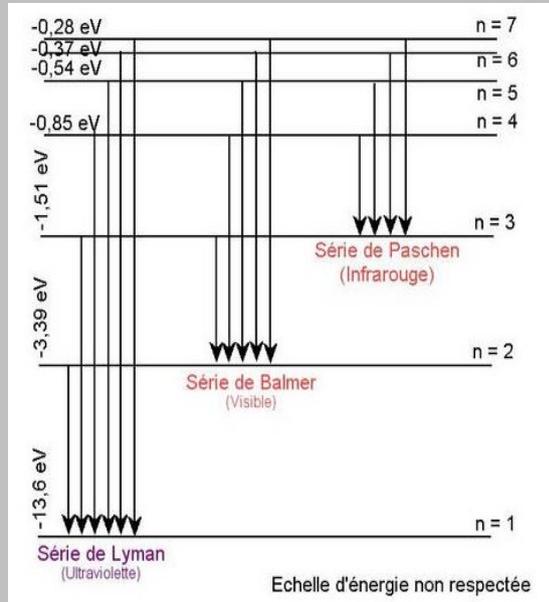
$h$ : constante de Planck



Réception d'un photon



# Série de Balmer



Source : O. Thizy

Série de Balmer :

$H\alpha = 6563 \text{ \AA}$

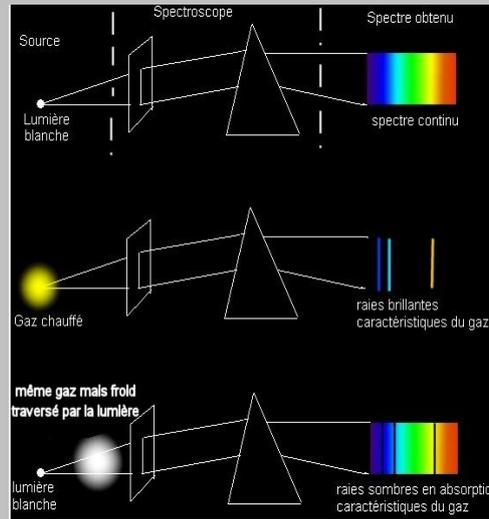
$H\beta = 4861 \text{ \AA}$

$H\gamma = 4341 \text{ \AA}$

$H\delta = 4041 \text{ \AA}$



# Lois de Kirchoff



Source : Creative Commons

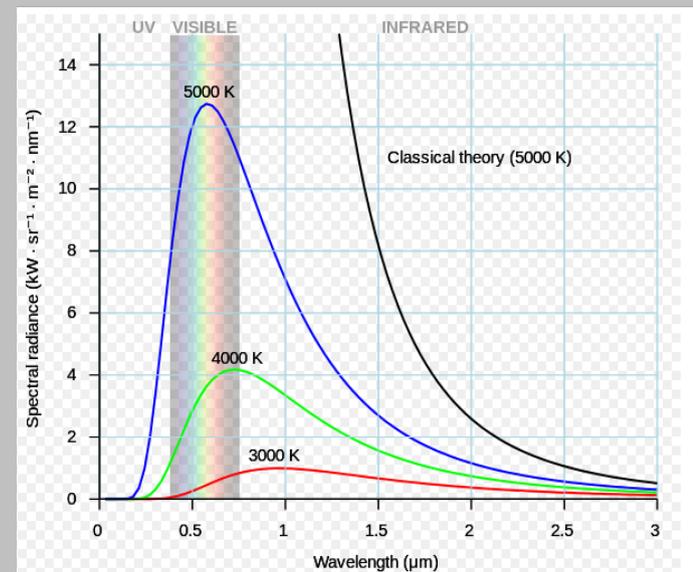
- Un objet chaud, à pression élevée, incandescend produit un spectre continu  
Ex : lampe à filament
- Un gaz, basse densité, incandescend, a des raies en émission  
Ex : nébuleuse planétaire
- Un gaz, basse densité, froid, recevant de la lumière, a des raies en absorption  
Ex : atmosphère autour de l'étoile



# Loi de Planck

Définit la répartition de l'énergie électromagnétique (c-à-d la densité de photons) rayonnée à une température donnée.

1ere information de la spectrométrie :  
Le continuum du spectre va indiquer la  
courbe de température de l'objet.  
On pourra en déduire sa température



Source : Wikipedia



# Paramètres mesurables avec un spectre

**Température** : en rapprochant le profil du spectre de la fonction de Planck

**Présence des éléments chimiques** : en identifiant les raies propres à chaque élément

**Abondance des éléments** : en mesurant l'intensité des raies d'un élément par rapport à un autre élément

**Pression dans la zone absorbante** : en mesurant l'élargissement des raies

**Présence d'un champ électrique ou magnétique** : par analyse du doublement ou du triplement des raies ( effet Zeeman ou Stark)

**Rotation de l'objet** : En étudiant l'inclinaison des raies de l'objet (effet Doppler)

**Rapprochement ou éloignement de l'objet** : décalage vers le rouge (redshift) ou vers le bleu  
Utilisé pour mettre en évidence l'expansion de l'univers



# Spectroscope sans fente



Source : O. Thizy

Star Analyzer :  
100 ou 200 traits/mm, monture circulaire  
31,75 mm  
Puissance de résolution ~ 100

$$R = \lambda / \Delta\lambda$$

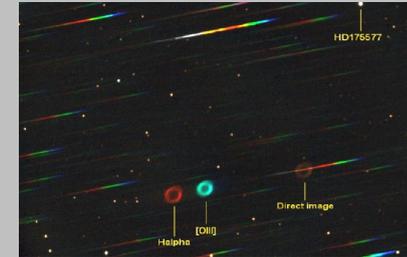
$\Delta\lambda$  : distance résolvable entre deux raies

Disponible au club



Source : Shelyak

Sur APN



Source : Shelyak

spectre de la nébuleuse M57



Source : O. Thizy

Sur caméra CCD



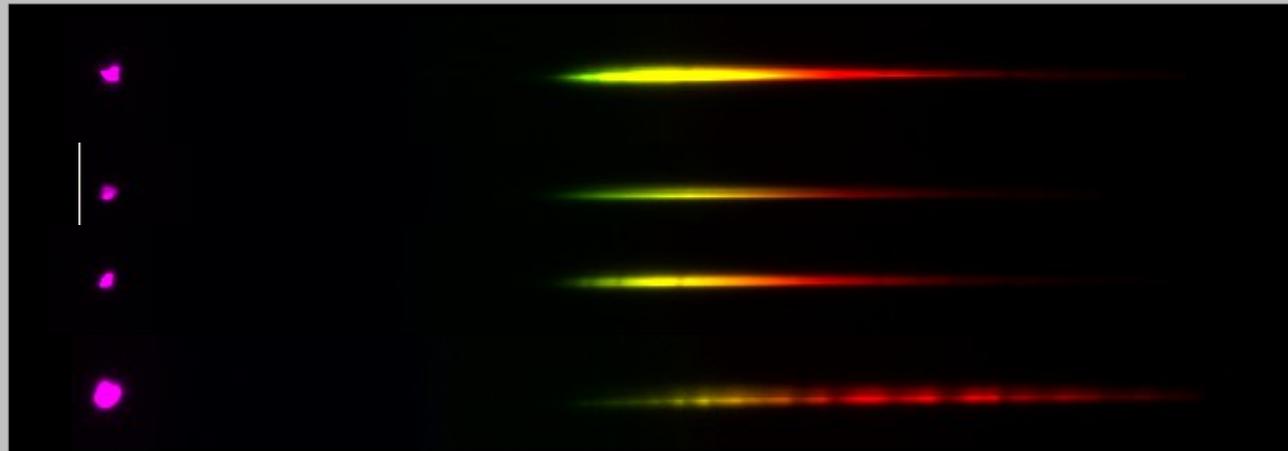
# Exemples de spectres pris au SA 100



Source : Ch. Buil

Capella

G5/G0



Source : JJ Broussat

Vega

A0

Altair

A7

Deneb

A2

Mira

M7

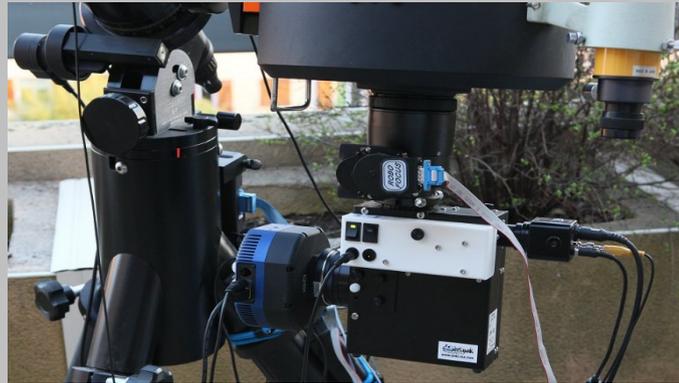


# Spectroscopes avec fente



Alpy 600

R ~ 600



LISA

R ~ 950



LHIRES III

R ~ 18 000

Disponible au club

Avantages :

- Meilleure résolution
- Isolation de l'objet dans la fente
- Moins de perturbation à cause de la pollution lumineuse

Il n'y a pas de spectroscopes passe-partout

9 novembre 2018

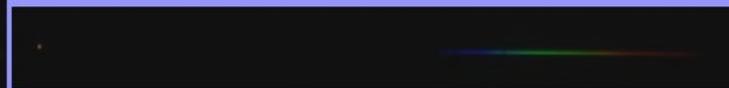
11



# CCD vs APN ?



- › **Dynamique 16-bits**
- › **Monochrome**
- › **Sensibilité, contrôle de temp.**



- › **Plus faible dynamique: 12-bits**
- › **Couleur (matrice Bayer → Pb)**
- › **Assez bruité**

Source : O. Thizy

Concurrence des caméras CMOS de plus en plus forte

9 novembre 2018

12



# Lunette ou télescope



C9 + alpy 600



C9 + Lhires III



Lunette Televue 85 mm  
+ alpy 600

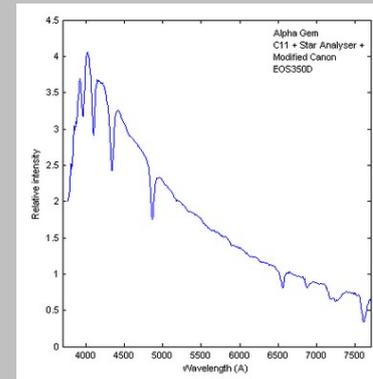
# Logiciels : D'où et vers quoi ?

- Star Analyzer :

Ex : Castor



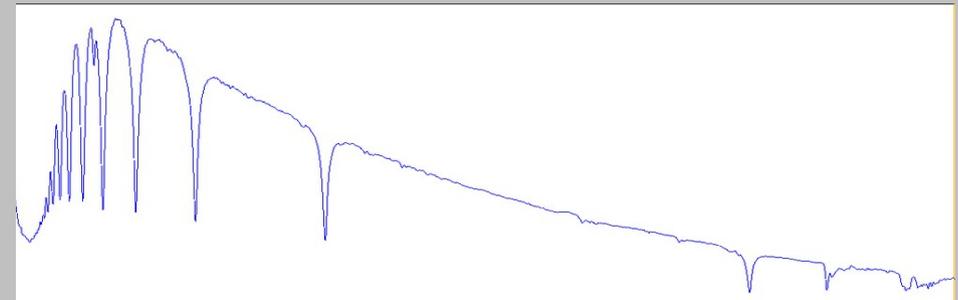
Source : Ch. Buil



Source : Ch. Buil

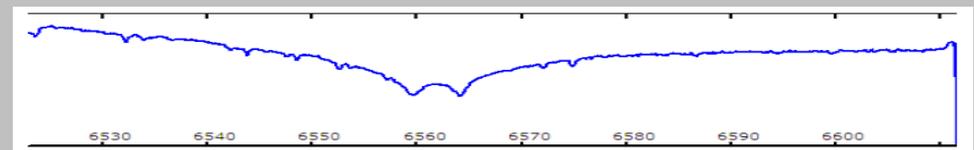
- Alpy 600 :

Ex : HD 19640, type A2V



Source : Ch. Buil

- Lhires III :



Source : Shelyak



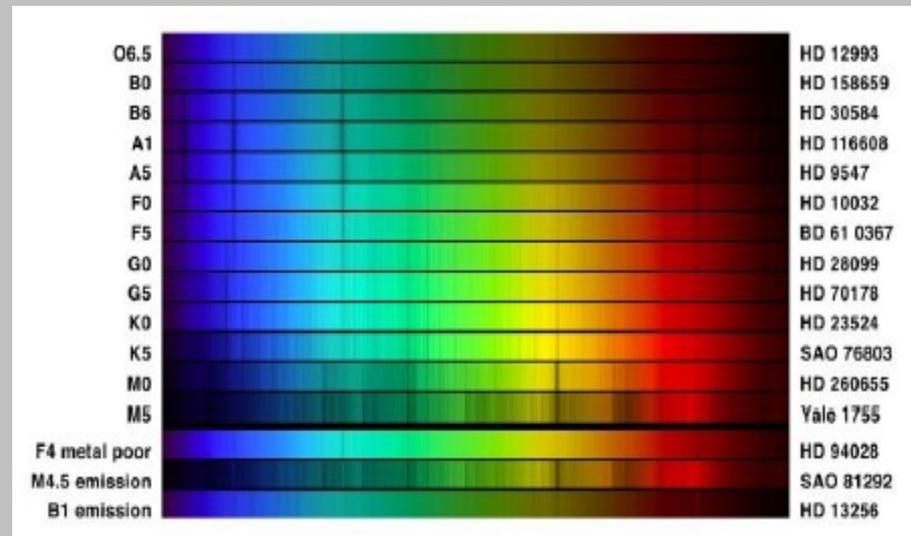
# Logiciels : lesquels ?

- Pilotage monture :
  - Carte du ciel, Stellarium, Kstars      gratuits
  - Prism, MaximDL      payants
- Besoin d'autoguidage ; poses unitaires peuvent durer 10mn
- Acquisition :
  - AuDela, Kstars      gratuits
  - Prism, MaximDL      payants
- Besoin de générer des fichiers FITS ayant des noms XXX-1.fits, XXX-2.fits  
offsets, darks, flats (boîtes à flats interdites car trop de bleu)
- Traitements : ISIS, VisualSpec, Demetra (pour l'Alpy 600)      gratuits



# Quoi ? Classification des étoiles

- O B A F G K M
- O : les plus chaudes (30 000 K)
- M : les plus froides (5 000 K)



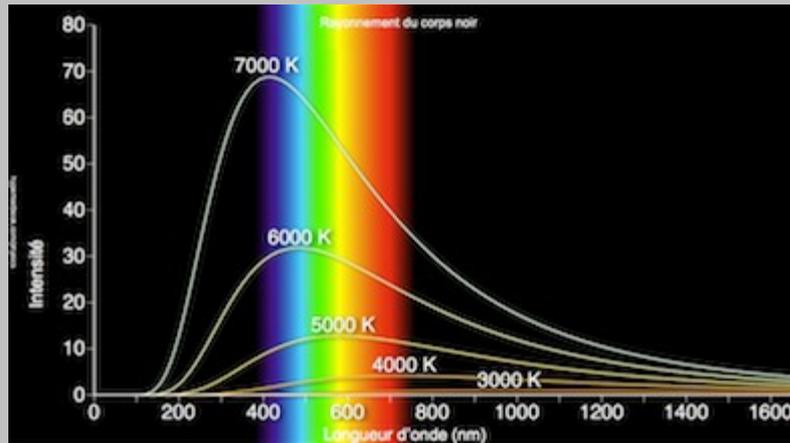
Source : Shelyak

- Avec SA 100 ou 200, Alpy 600

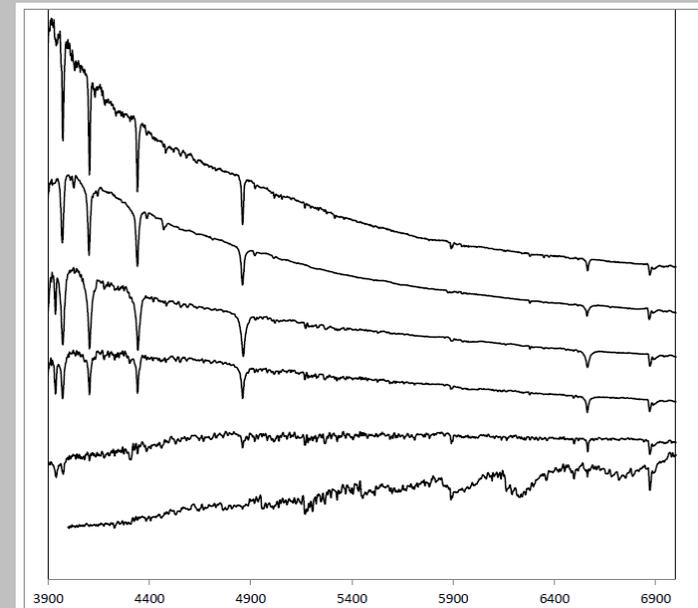


# Quoi ? Mesure de températures

- Loi de Planck



Source : Observatoire de Paris



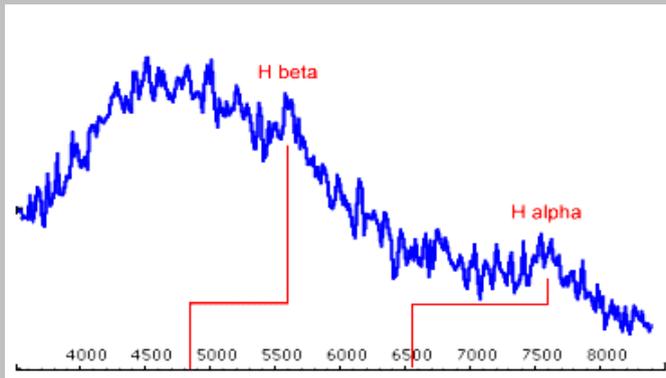
Source : F. Teyssier

Avec SA 100 ou 200, Alpy 600



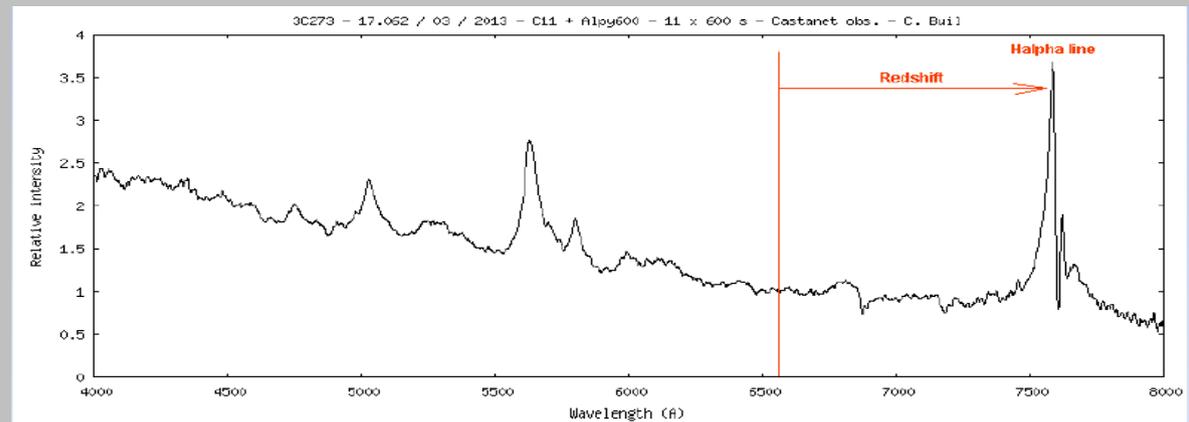
# Quoi ? Redshift

- Utilise l'effet Doppler
- Par exemple avec le quasar 3C273 (galaxie avec noyau actif)  
mag 13



Source : Paton Hawksley

Avec Star Analyzer



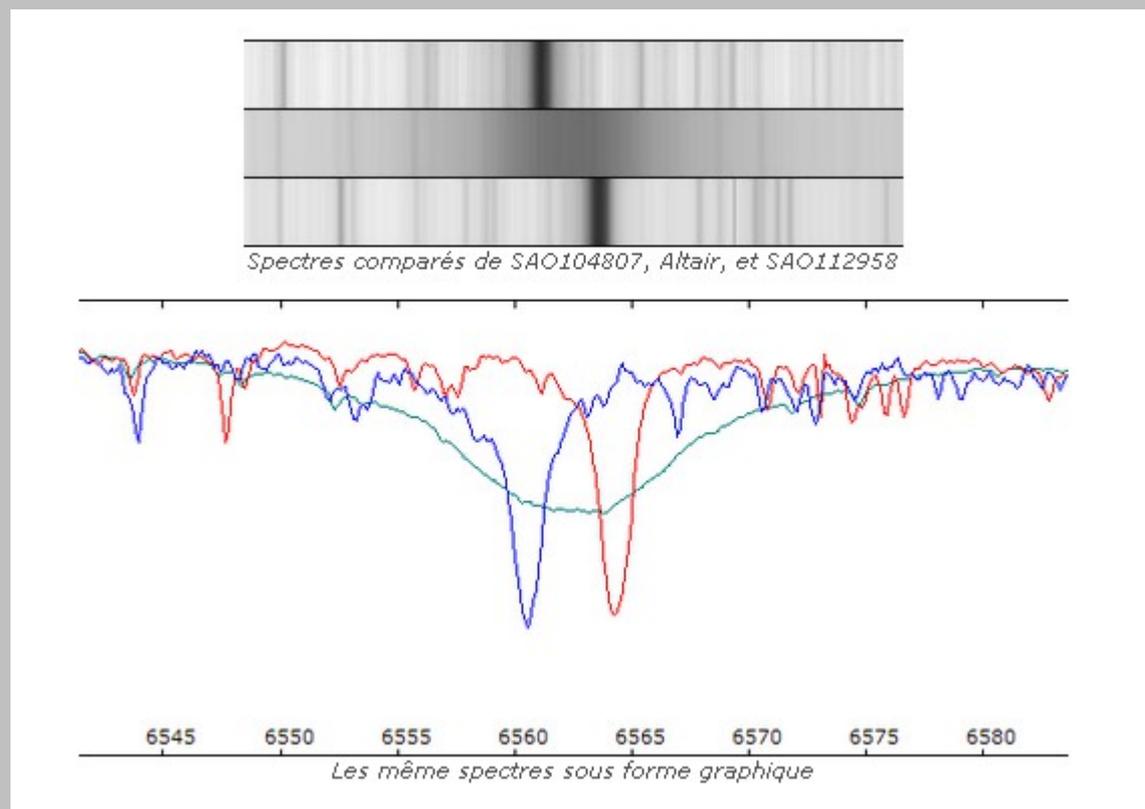
Source : Ch. Buil

Avec Alpy 600



# Quoi ? Vitesse radiale

- C'est-à-dire la vitesse dans l'axe de visée
- Utilise l'effet Doppler
- Lhires III



Source : Ch. Buil

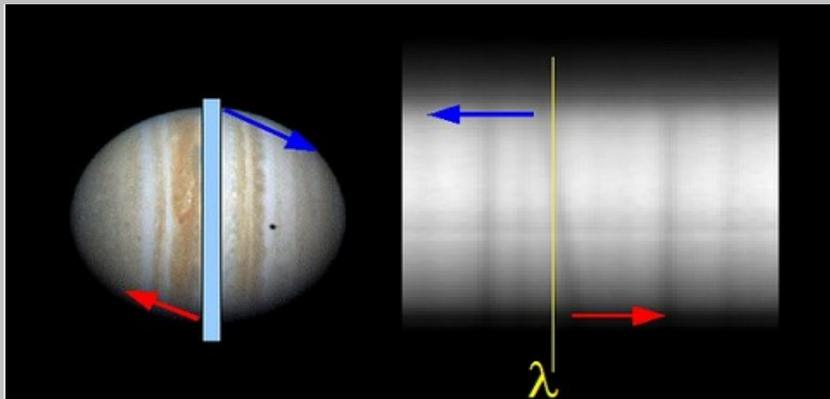
9 novembre 2018

19

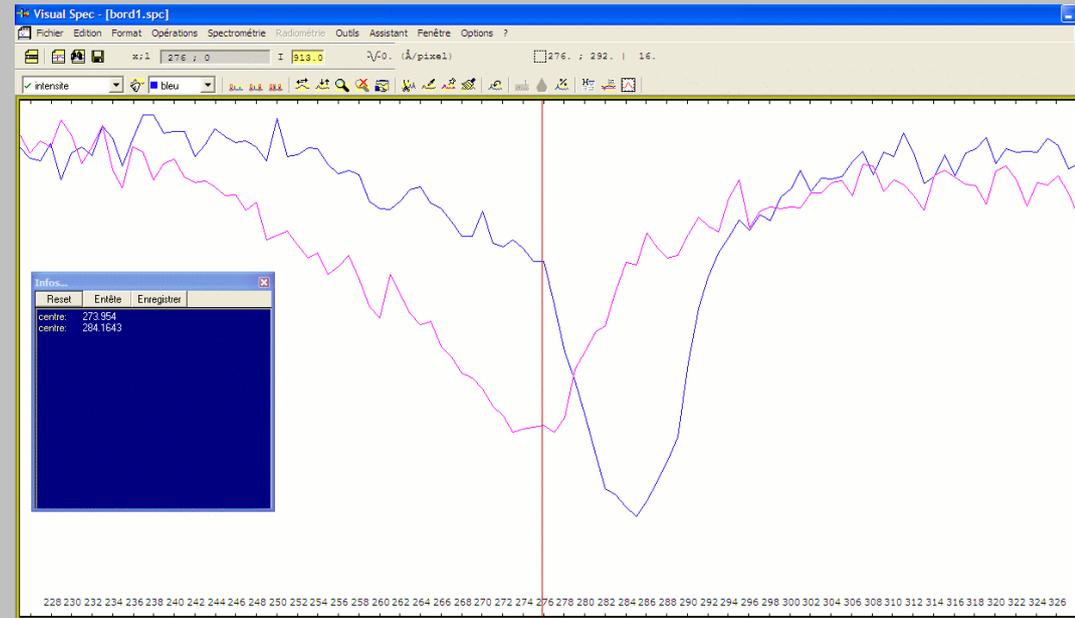


# Quoi ? Vitesse de rotation des planètes

- Avec Jupiter, Saturne
- Utilise l'effet Doppler
- Lhires III



Source : Shelyak

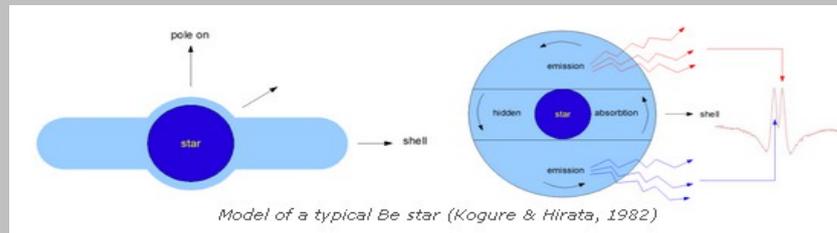


Source : Shelyak

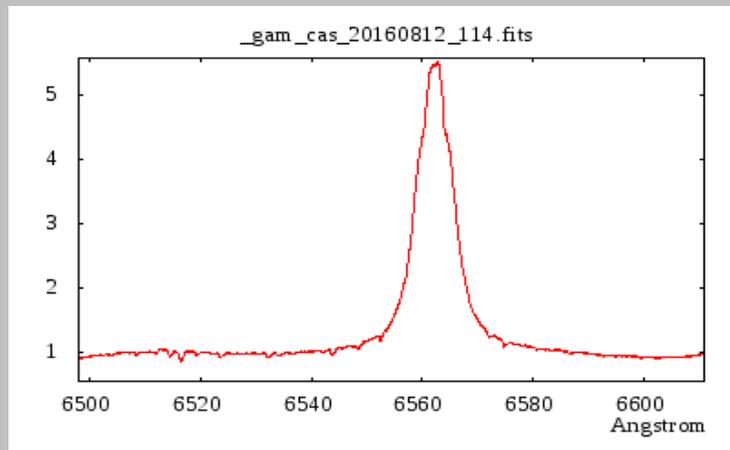


# Quoi ? Etoiles Be

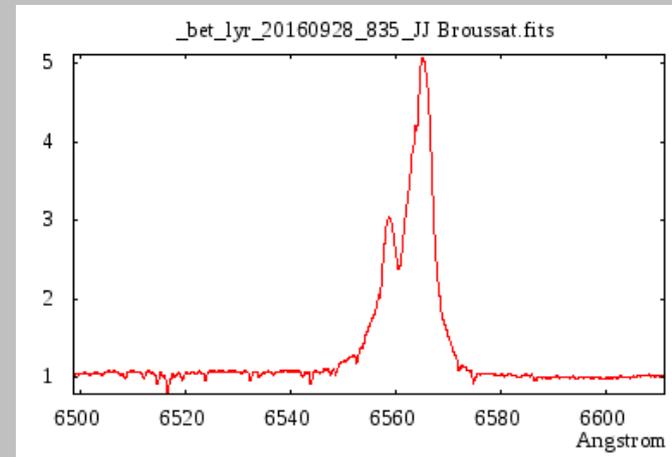
- Etoiles de type B avec un disque de matière en rotation autour de l'étoile
- Star Analyzer, Alpy 600, Lhires III



Source : Shelyak



Source : Jean-Jacques B.

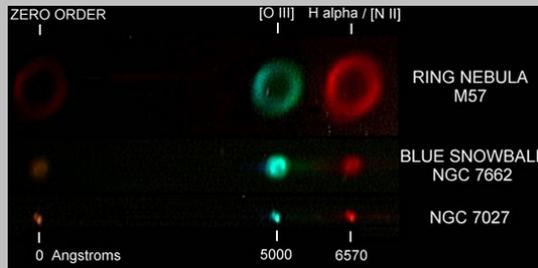


Source : Jean-Jacques B.

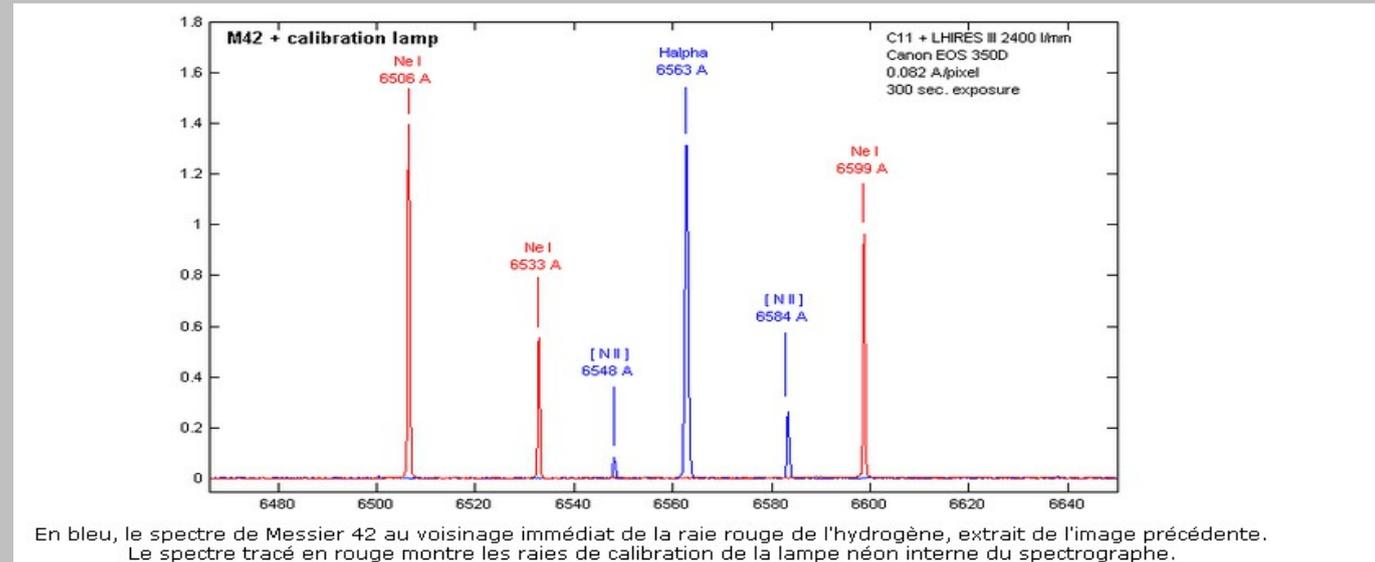


# Quoi ? Nébuleuses planétaires

- SA 100, alpy 600, Lhires III



Source : Sheliak



Source : Ch. Buil

- Les spectroscopes sont utilisés pour caractériser les NP (cf Pascal Le Dû et Agnès Acker)

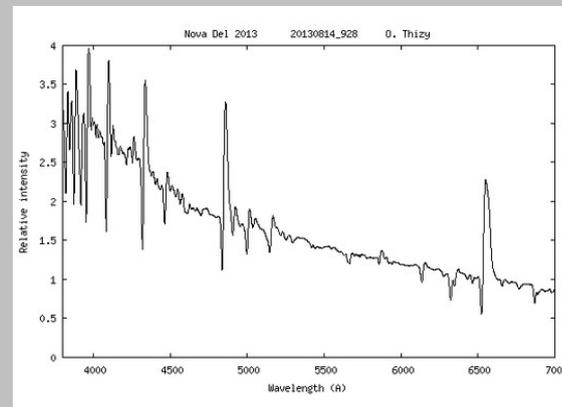


# Quoi ? Variables éruptives

- Système binaire : 2 étoiles proches l'une de l'autre (étoiles symbiotiques [géante froide + naine blanche] ou cataclysmiques [naine rouge + naine blanche])
- Echange de matière entre les étoiles
- Dans certaines conditions : explosions à la surface (novae), outbursts



Source : F. Teysier



Nova Del 2013

Source : O. Thizy, avec un alpy600



# Méthodologie

- De jour :
  - Choix des cibles
  - Choix des étoiles de référence pour calculer la courbe de réponse instrumentale
  - Focalisation caméra de guidage et caméra d'acquisition
  - Offsets et darks (dans le frigidaire)
  - Monter tout le système : monture, tube, spectroscopie, caméras, et tester
- De nuit :
  - poses de calibration
  - poses étoiles de référence
  - poses étoiles cibles
  - traiter la première pose pour s'assurer que le signal est correct
  - flats



# Projets professionnels/amateurs

- Participation à des projets de collaboration professionnel/amateur :
  - Bess/Arasbeam pour les Be
  - Astronomical Ring for Access to Spectroscopy (ARAS)
  - ...
- Demandes professionnelles actuelles :

V442 And	mag 6.8	Bess
RR Lyr	mag 7.1	Etoile variable
CH Cyg	mag 5.6	système binaire
...		



# Bess / Arasbeam



Be Star Spectra Database

Menu

- Accueil
- Etoiles Be
- Spectres
- Fiches
- S'enregistrer
- Outils
- Aide
- Statistiques
- Publications
- Crédits

Zone Membre

Observateur

Mot de passe

Valider Effacer

Bess

HD 191378	191378	+20 08 08.4	+37 00 25.4	8.99	A5e	4	1	0	2018-08-27 20:53:35	365
28 Cyg	191610	+20 09 25.6	+36 50 22.6	4.93	B2.5Ve	254	109	37	2018-11-03 18:01:52	3
V372 Sge	191531	+20 09 39.6	+21 04 43.6	8.34	B0.5IIIe	5	1	0	2018-07-14 22:39:56	365
20 Vul	192044	+20 12 00.7	+26 28 43.7	5.90	B7Ve	36	3	1	2018-09-10 02:52:03	365
HD 192445	192445	+20 13 33.0	+36 19 42.2	7.23	B0.5IIIe	24	3	0	2018-09-08 20:38:53	90
HD 228438	228438	+20 13 50.3	+36 37 22.5	8.37	B0.5IIIe	5	1	1	2018-09-26 18:34:34	365
QR Vul	192685	+20 15 15.9	+25 35 31.1	4.76	B3Ve	358	80	26	2018-11-03 16:55:44	7
V2113 Cyg	193009	+20 16 48.2	+32 22 47.4	7.16	B1Vnnpe	17	2	0	2018-07-22 22:33:51	365
LZ Del	192954	+20 17 09.8	+15 52 21.6	7.47	B9e	13	2	0	2018-08-07 21:00:40	365

Arasbeam





ARAS Spectroscopy Forum

Search... Search  
Advanced search

# ARAS Spectroscopy Forum

[Board index](#) [Retourner sur le Site](#)

[FAQ](#) [Register](#) [Login](#)

It is currently Fri Nov 09, 2018 11:15 am

[View unanswered posts](#) • [View new posts](#) • [View active topics](#)

FORUM PRESENTATION	TOPICS	POSTS	LAST POST
<b>Forum Description and General announcements</b>	4	4	by <b>admin</b> Thu Jul 26, 2018 10:20 am
<b>General Topics, Annouements, Forum Life</b>	69	179	by Ernst Pollmann Fri Oct 12, 2018 7:02 pm
<b>Petites Annonces</b> Achat, Vente, Echange de matériel en relation avec la spectroscopie	3	4	by <b>admin</b> Wed Oct 03, 2018 7:08 pm

FORUM	TOPICS	POSTS	LAST POST
<b>Current Campaigns</b> Subforums: <a href="#">Be Stars survey</a> , <a href="#">Novae</a> , <a href="#">Planetary Nebulae</a> , <a href="#">Be Search</a> , <a href="#">CH Cygni</a>	305	1441	by Ernst Pollmann Sat Nov 03, 2018 9:49 pm
<b>Outbursts and alerts</b> Information about outbursts of eruptive stars, Be activity, ... Subforums: <a href="#">Novae</a> , <a href="#">Symbiotic Stars</a> , <a href="#">Supernovae</a> , <a href="#">Cataclysmic Stars</a> , <a href="#">Be Stars</a> , <a href="#">Comets</a> , <a href="#">Miscellaneous</a>	195	2765	by Francois Teyssier Mon Nov 05, 2018 9:44 pm
<b>Spectra, results, information on activity ...</b> Show your spectra, your results ...	517	2437	by Francois Teyssier Tue Nov 06, 2018 9:38 am
<b>Spectroscopes and Softwares</b> Design, construction, tuning of spectroscopes Information and discussion about softwares (telescope remote, autoguiding, acquisition, spectral processing ...) Subforum: <a href="#">MatLab</a>	462	2648	by Valerie Desnoux Sun Nov 04, 2018 10:36 am
<b>Astrophysics, Theory, Publications ...</b>	27	77	by Benjamin Mauclaire Tue Sep 18, 2018 3:58 pm
<b>Beginners corner</b> Ask your questions, show your results	193	1060	by Robin Leadbeater Tue Oct 30, 2018 11:47 pm
<b>Introduction / Présentation</b> New on the forum? Please, introduce yourself Présentation des nouveaux inscrits sur le Forum	114	338	by James Foster Mon Oct 29, 2018 9:52 pm
<b>What are you observing tonight ?</b> On line discussions about observations and so on (even for cloudy nights !) Subforums: <a href="#">OHP 2014</a> , <a href="#">OHP 2013</a> , <a href="#">OHP 2012</a>	185	668	by Franck Houpert Tue Oct 23, 2018 10:32 pm



# Comment apprendre ?

- Stage spectroscopie à l'Observatoire de Haute Provence  
Tous les ans, en juillet ou août  
(2 au 7 août 2019)



- Guide pratique pour débuter en spectroscopie astronomique de F.Cochard
- Dans les clubs :  
Le CAA dispose d'un Star Analyser et d'un Lhires III
- Dans les forums :  
ARAS, groupe Yahoo spectro-I
- Sur les sites :  
<http://www.astrosurf.com/buil/index.html>  
<http://astrosurf.com/vdesnoux/>  
<http://www.astronomie-amateur.fr/>

9 novembre 2018

28

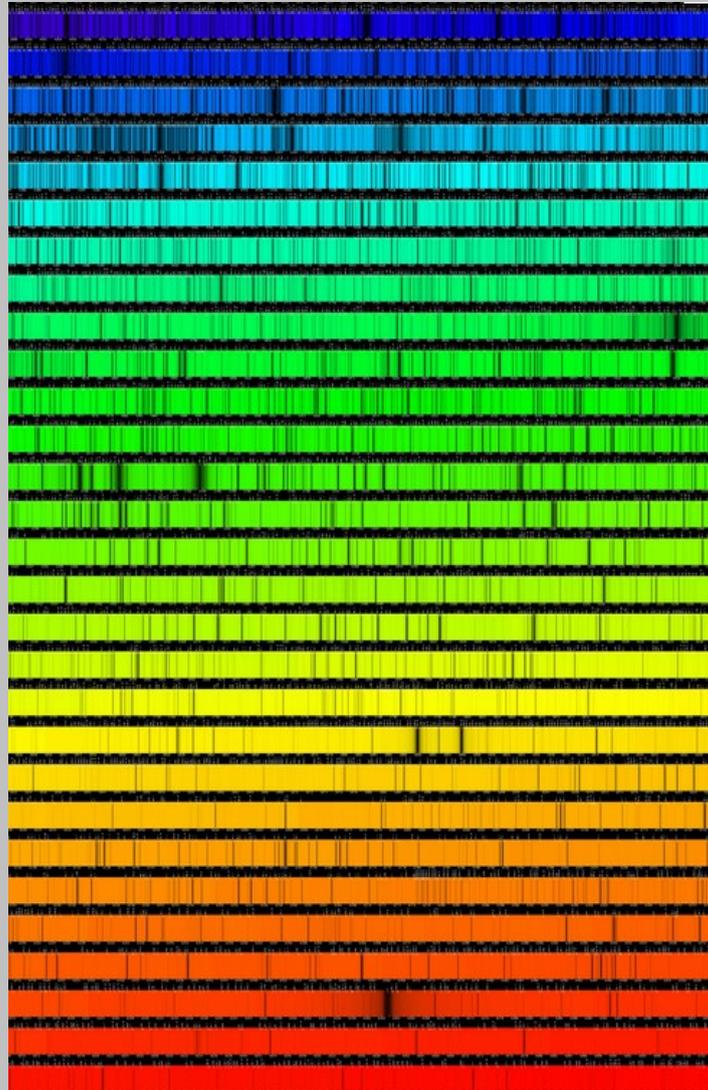


# Questions à se poser ?

- Magnitude de l'objet
- Quelle résolution a-t-on besoin ?
- Quel domaine spectral couvrir ?
- Quel temps de pose ?
- D'autres contraintes : temps, lieu, ...



# Questions ?



9 novembre 2018

30

