Sommaire

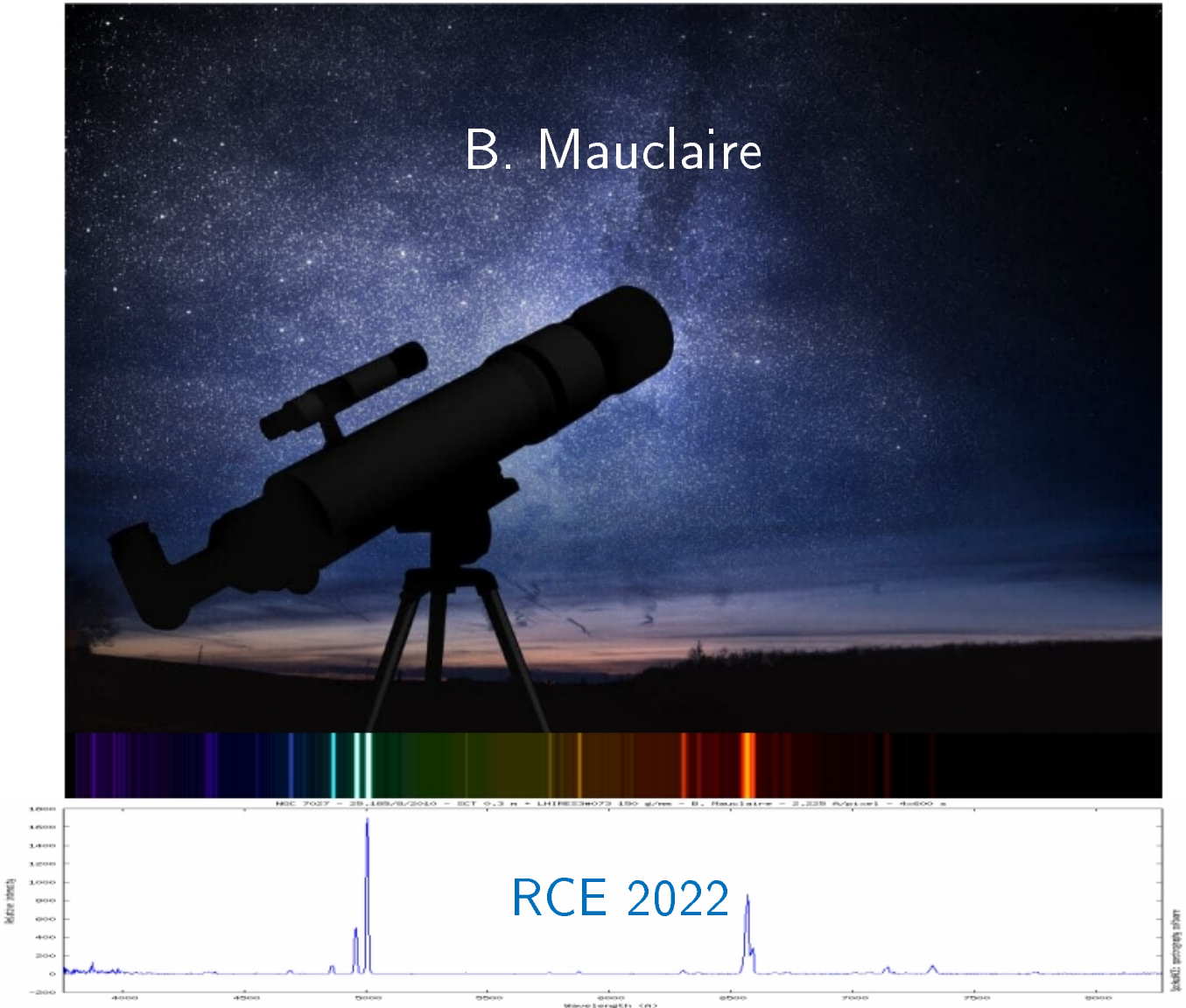
La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

Percer les secrets des étoiles avec votre télescope



La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

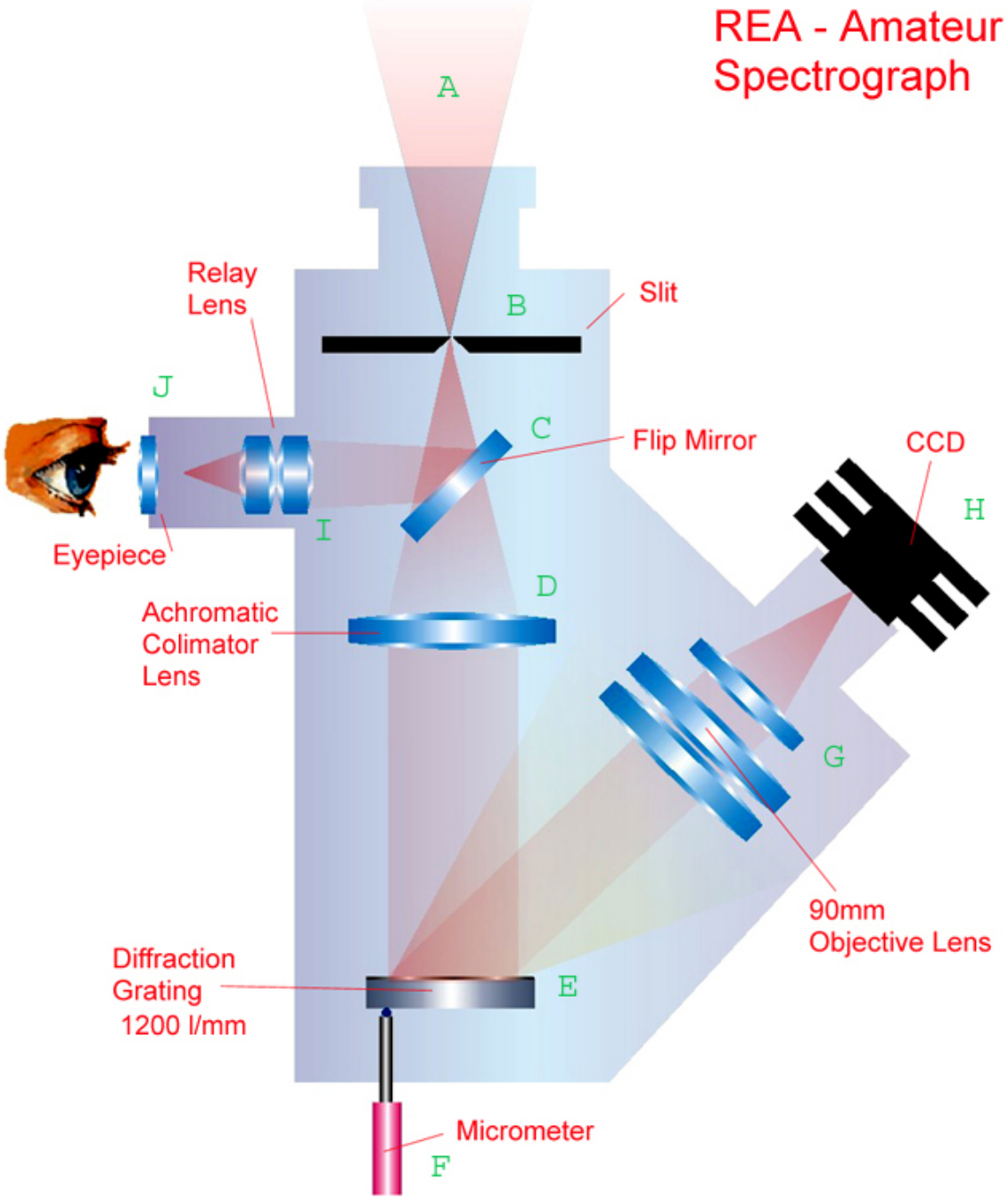
Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

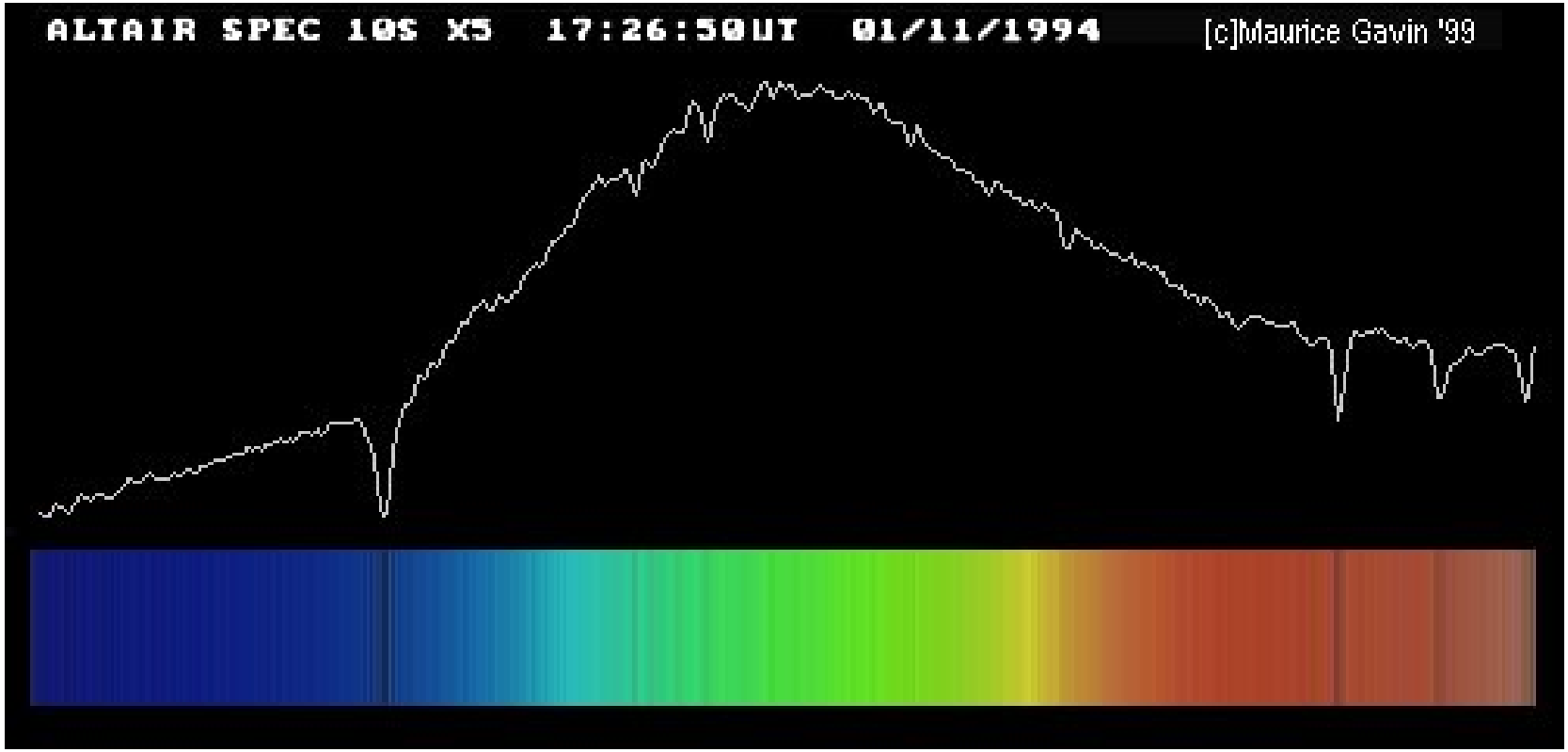
1. La spectro, késako ?

Décomposition la lumière blanche

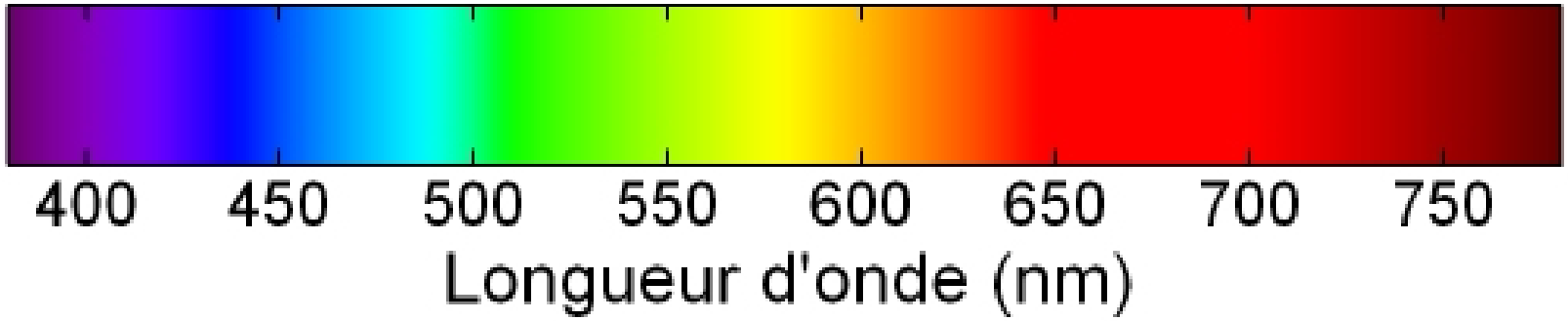
Spectrographe pour l'astronomie



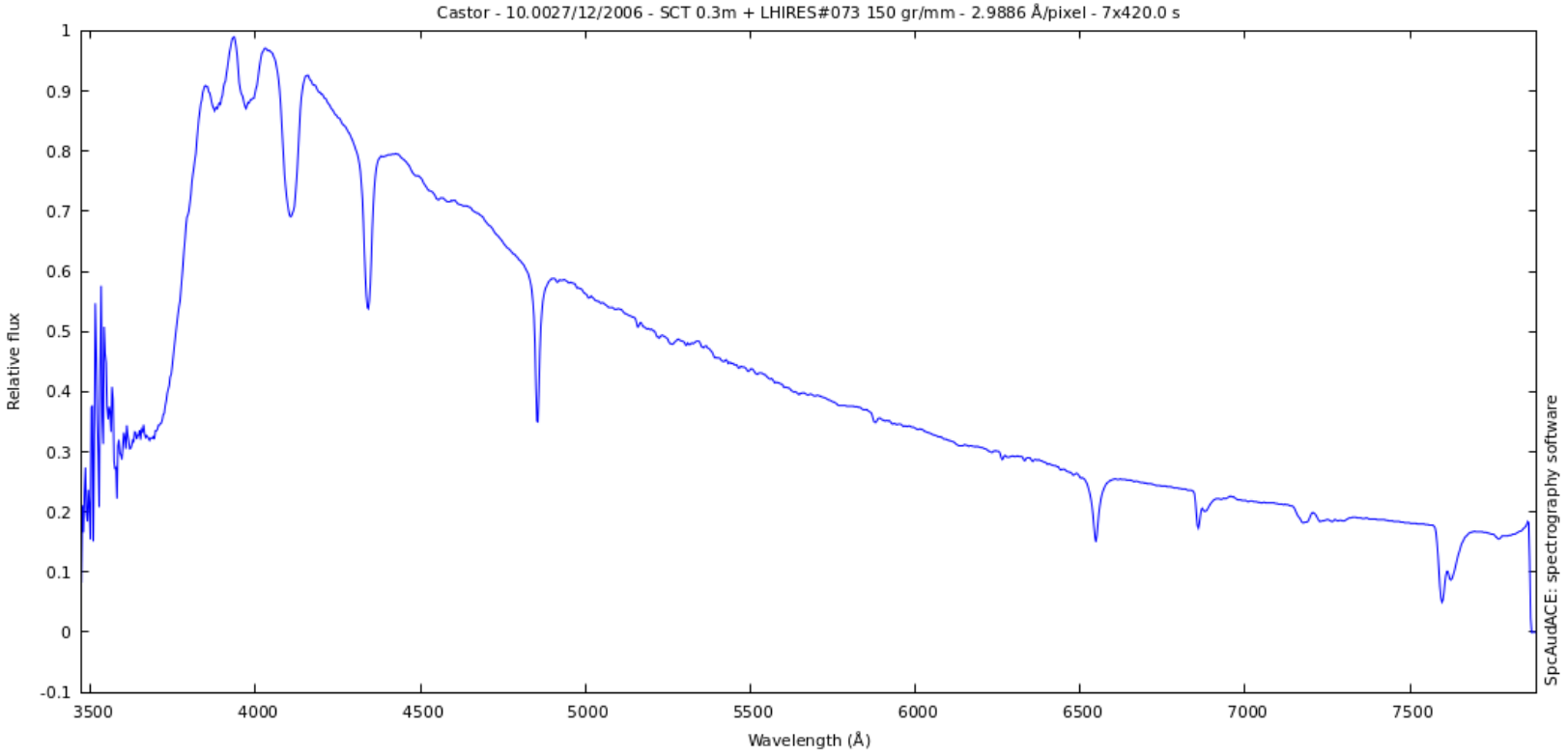
Cela marche aussi sur la lumière des étoiles



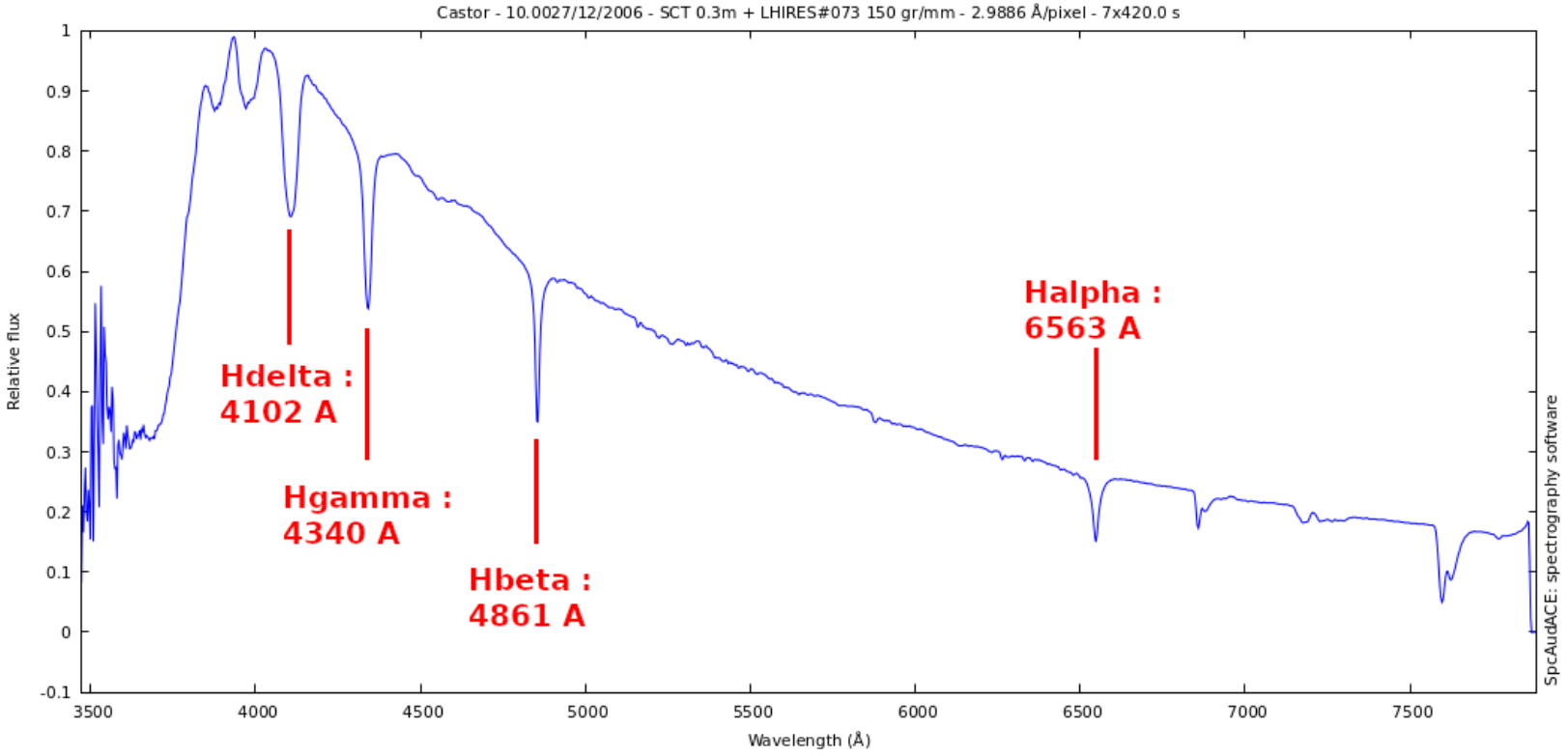
La longueur d'onde : repérage des couleurs



Profil de raies (spectre 1D)



Les raies de Balmer de l'hydrogène



Sommaire

La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

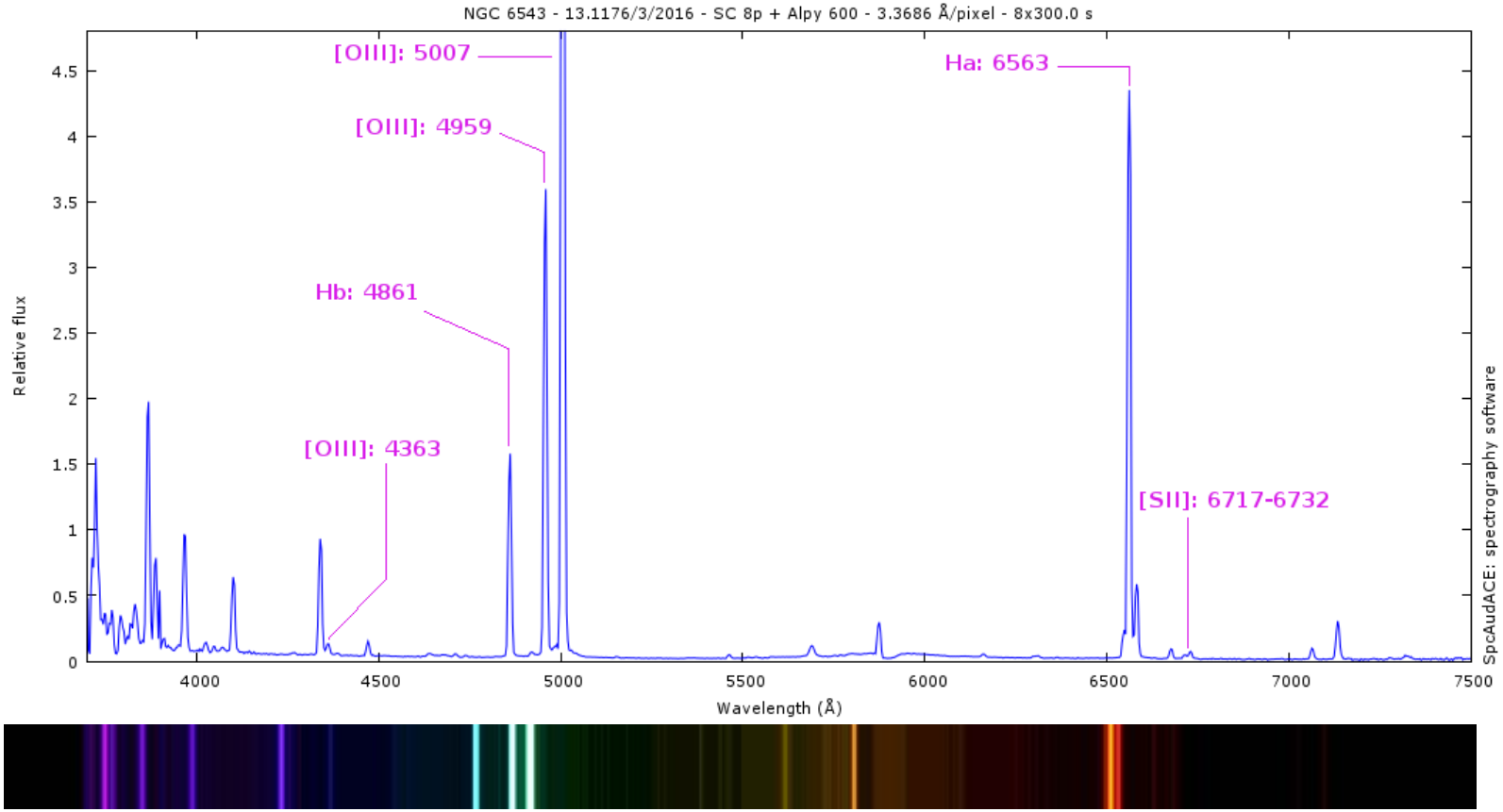
2. Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Le vert des nébuleuses planétaires

Mais aussi du rouge

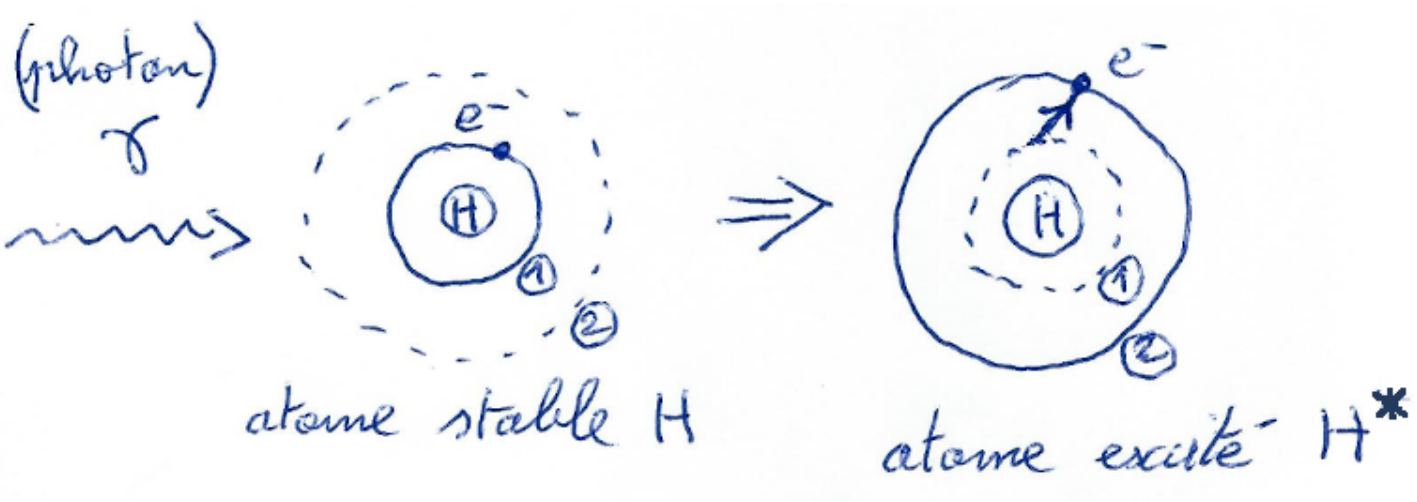
Révélation par le spectre

Identification des raies



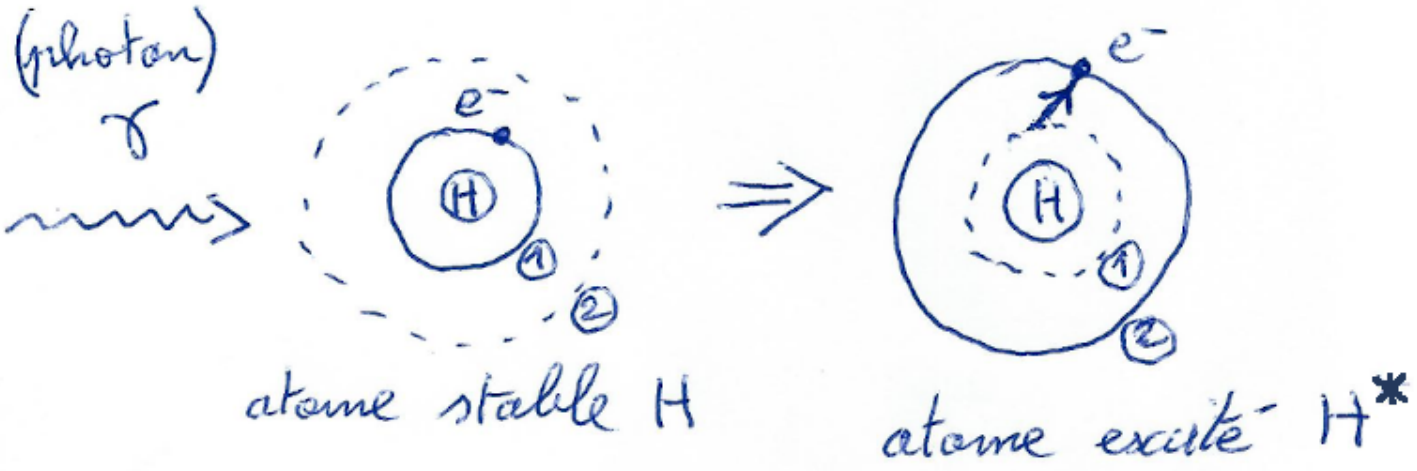
Excitation des atomes : 2 situations

- Subit un rayonnement (photons γ) :

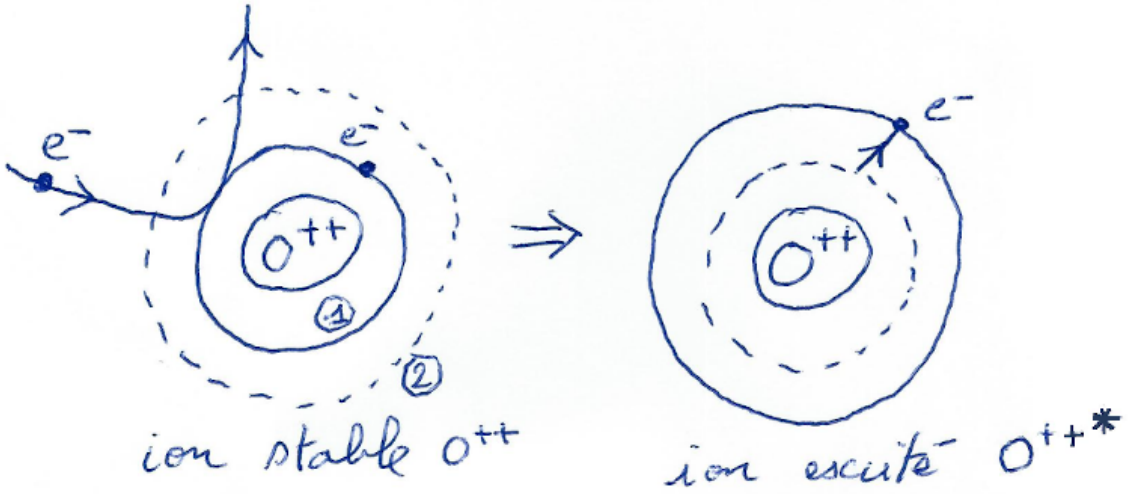


Excitation des atomes : 2 situations

- Subit un rayonnement (photons γ) :

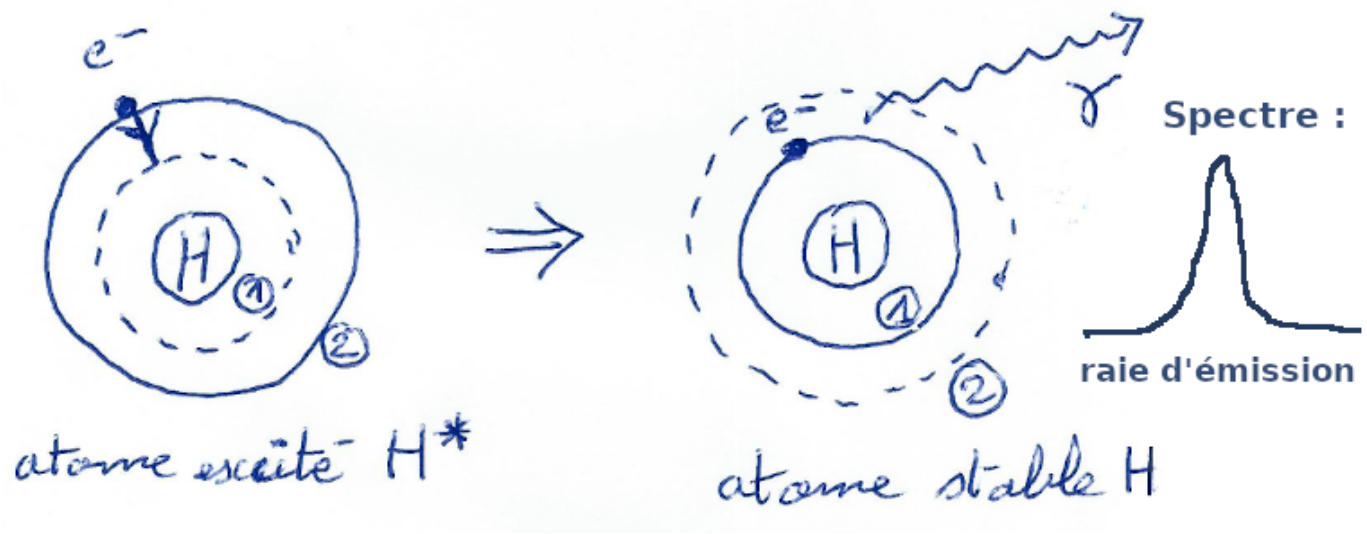


- Subit une collision d'un électron (e^-) :



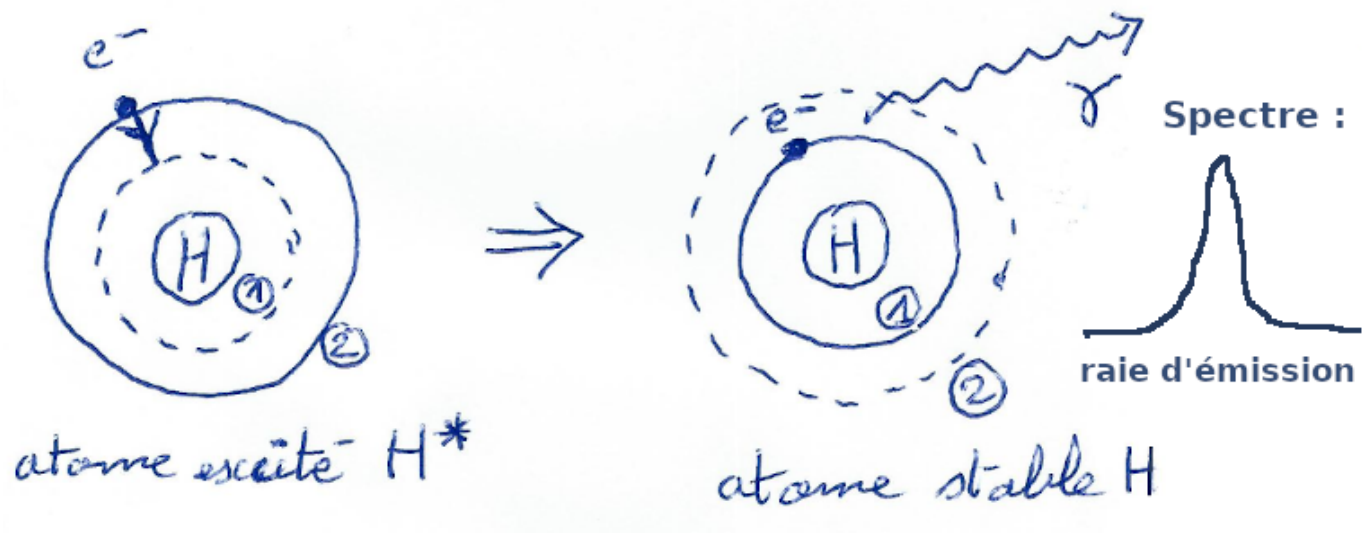
Désexcitation des atomes

- Retour à l'état stable : émission lumineuse.



Désexcitation des atomes

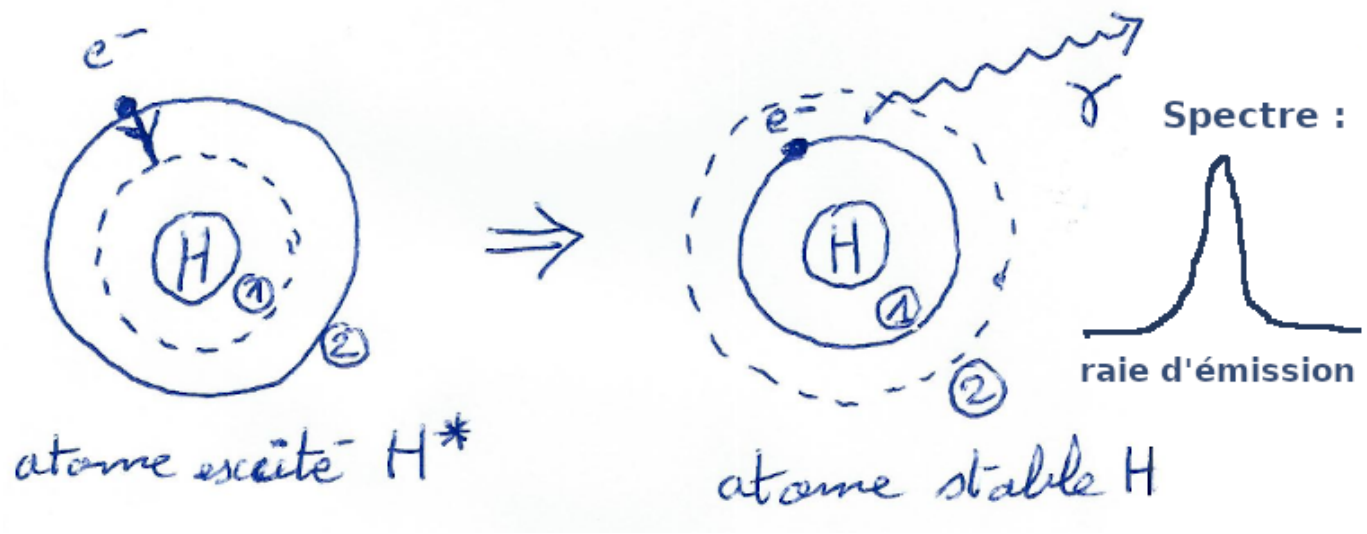
- Retour à l'état stable : émission lumineuse.



- Remarques :

Désexcitation des atomes

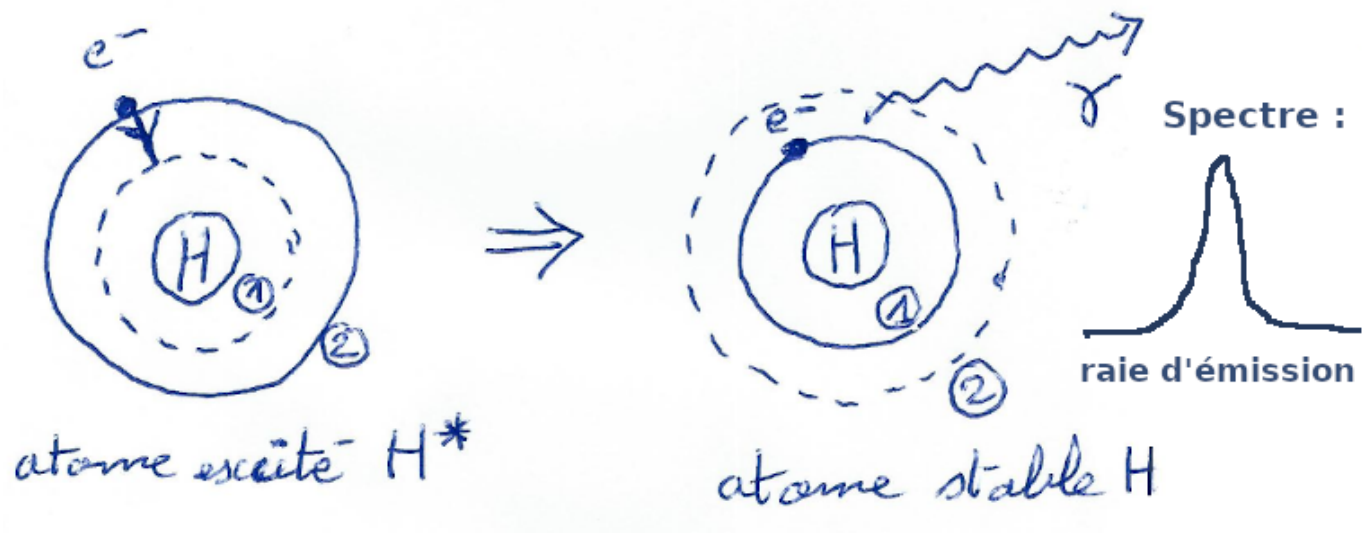
- Retour à l'état stable : émission lumineuse.



- Remarques :
  - Dans les nébuleuses : atomes et ions émettent des photons $\Longrightarrow$ raies d'émission.

Désexcitation des atomes

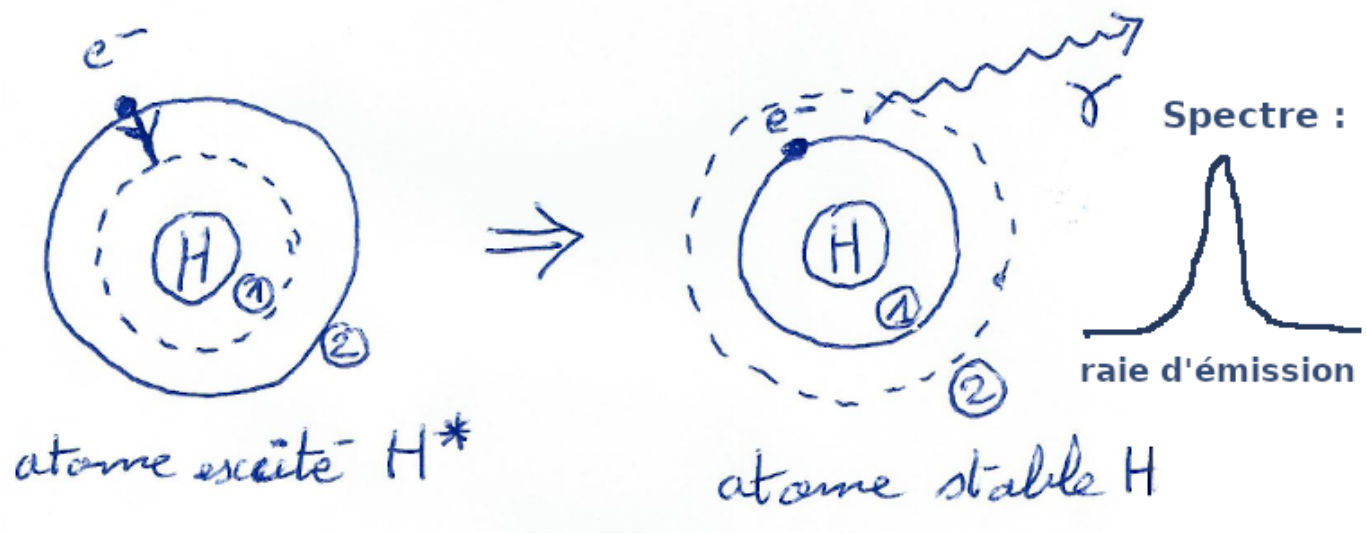
- Retour à l'état stable : émission lumineuse.



- Remarques :
  - Dans les nébuleuses : atomes et ions émettent des photons $\Longrightarrow$ raies d'émission.
  - Dans les étoiles usuelles : atomes et ions absorbent des photons $\Longrightarrow$ raies d'absorbtion.

Désexcitation des atomes

- Retour à l'état stable : émission lumineuse.



- Remarques :
  - Dans les nébuleuses : atomes et ions émettent des photons $\Longrightarrow$ raies d'émission.
  - Dans les étoiles usuelles : atomes et ions absorbent des photons $\Longrightarrow$ raies d'absorbtion.
  - La loi de Boltzmann dépend de la température et de la transition énergétique en jeu.

Raies d'émission de l'hydrogène

1. Le rayonnement UV de l'étoile centrale ionise les atomes d'hydrogène en H^+ et d'oxygène en O^{++}, idem pour former les ions N^+.

Raies d'émission de l'hydrogène

1. Le rayonnement UV de l'étoile centrale ionise les atomes d'hydrogène en H^+ et d'oxygène en O^{++}, idem pour former les ions N^+.
2. Les électrons libérés par H sont **capturés** par les ions H^+ : c'est une recombinaison.

$$H^+ + e^- \longrightarrow H^*$$

Raies d'émission de l'hydrogène

1. Le rayonnement UV de l'étoile centrale ionise les atomes d'hydrogène en H^+ et d'oxygène en O^{++}, idem pour former les ions N^+.
2. Les électrons libérés par H sont **capturés** par les ions H^+ : c'est une recombinaison.

$$H^+ + e^- \longrightarrow H^*$$

3. Les atomes excités H^* évacuent leur énergie par paliers en émettant des photons γ : production d'une série de raies d'émission HII = **série de Balmer** Hα, Hβ, ...

$$H^* \longrightarrow H + \gamma$$

Raies d'émission de l'oxygène

1. Les électrons libérés par H entrent aussi en **collision** (rebondissent) avec les ions O^{++} : c'est une excitation.

$$O^{++} + e^- \longrightarrow O^{++^*} + e^-$$

Raies d'émission de l'oxygène

1. Les électrons libérés par H entrent aussi en **collision** (rebondissent) avec les ions O^{++} : c'est une excitation.

$$O^{++} + e^- \longrightarrow O^{++^*} + e^-$$

2. Le plasma nébulaire étant peu dense, les ions O^{++} ont le temps d'évacuer spontanément l'énergie en quelques heures : émission de photons = raies [OIII].

$$O^{++^*} \longrightarrow O^{++} + \gamma$$

Raies d'émission de l'oxygène

1. Les électrons libérés par H entrent aussi en **collision** (rebondissent) avec les ions O^{++} : c'est une excitation.

$$O^{++} + e^- \longrightarrow O^{++^*} + e^-$$

2. Le plasma nébulaire étant peu dense, les ions O^{++} ont le temps d'évacuer spontanément l'énergie en quelques heures : émission de photons = raies [OIII].

$$O^{++^*} \longrightarrow O^{++} + \gamma$$

- Dans les vides obtenus en laboratoire il y a des recombinaisons électroniques désexcitant les ions O^{++} avant : les raies sont dites interdites notées [].

Raies d'émission de l'oxygène

1. Les électrons libérés par H entrent aussi en **collision** (rebondissent) avec les ions O^{++} : c'est une excitation.

$$O^{++} + e^- \longrightarrow O^{++^*} + e^-$$

2. Le plasma nébulaire étant peu dense, les ions O^{++} ont le temps d'évacuer spontanément l'énergie en quelques heures : émission de photons = raies [OIII].

$$O^{++^*} \longrightarrow O^{++} + \gamma$$

- Dans les vides obtenus en laboratoire il y a des recombinaisons électroniques désexcitant les ions O^{++} avant : les raies sont dites interdites notées [].
- Ces ions sont des agents de refroidissement en "ralentissant" les électrons libres.

Température *Te* et densité électronique *Ne*

L'étude des transitions énergétiques en physique quantique nous donne :

Température *Te* et densité électronique *Ne*

L'étude des transitions énergétiques en physique quantique nous donne :

- Lien entre raies de [OIII] et Te :

$$Te \simeq \frac{3,29 \cdot 10^4}{ln\left(\frac{1}{8,32} \cdot \frac{I_{\lambda_{4959}} + I_{\lambda_{5007}}}{I_{\lambda_{4363}}}\right)}$$

Température *Te* et densité électronique *Ne*

L'étude des transitions énergétiques en physique quantique nous donne :

- Lien entre raies de [OIII] et Te :

$$Te \simeq \frac{3,29 \cdot 10^4}{ln\left(\frac{1}{8,32} \cdot \frac{I_{\lambda_{4959}} + I_{\lambda_{5007}}}{I_{\lambda_{4363}}}\right)}$$

- Lien entre raies de [SII] et Ne :

$$Ne \simeq 100 \cdot \sqrt{Te} \cdot \frac{\frac{I_{6717}}{I_{6731}} - 1,49}{5,617 - 12,8 \cdot \frac{I_{6717}}{I_{6731}}}$$

Température *Te* et densité électronique *Ne*

L'étude des transitions énergétiques en physique quantique nous donne :

- Lien entre raies de [OIII] et Te :

$$Te \simeq \frac{3,29 \cdot 10^4}{ln\left(\frac{1}{8,32} \cdot \frac{I_{\lambda_{4959}} + I_{\lambda_{5007}}}{I_{\lambda_{4363}}}\right)}$$

- Lien entre raies de [SII] et Ne :

$$Ne \simeq 100 \cdot \sqrt{Te} \cdot \frac{\frac{I_{6717}}{I_{6731}} - 1,49}{5,617 - 12,8 \cdot \frac{I_{6717}}{I_{6731}}}$$

Source bibliographique : *Astronomie astrophysique, A. Acker, 2013*

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
   - `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
   - `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
   - La largeur est à mesurer sur la base de la raie.

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
   - `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
   - La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
2. Mesure de Te et Ne sur le spectre dérougit :

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
   - `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
   - La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
2. Mesure de Te et Ne sur le spectre dérougit :
   - `spc_tene spectre_derougit largeur_raies_4959-5007 largeur_raies_4363 largeur_6717 largeur_6732`

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
   - `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
   - La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
2. Mesure de Te et Ne sur le spectre dérougit :
   - `spc_tene spectre_derougit largeur_raies_4959-5007 largeur_raies_4363 largeur_6717 largeur_6732`
3. Comparer les valeurs à celles de la littérature en tenant compte de l'incertitude obtenue.

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
   - `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
   - La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
2. Mesure de Te et Ne sur le spectre dérougit :
   - `spc_tene spectre_derougit largeur_raies_4959-5007 largeur_raies_4363 largeur_6717 largeur_6732`
3. Comparer les valeurs à celles de la littérature en tenant compte de l'incertitude obtenue.

Commandes utilisées : issues du logiciel http://spcaudace.free.fr

Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
   - `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
   - La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
2. Mesure de Te et Ne sur le spectre dérougit :
   - `spc_tene spectre_derougit largeur_raies_4959-5007 largeur_raies_4363 largeur_6717 largeur_6732`
3. Comparer les valeurs à celles de la littérature en tenant compte de l'incertitude obtenue.

Commandes utilisées : issues du logiciel http://spcaudace.free.fr
Analyse détaillée : http://spcaudace.free.fr/news/403/#dered

Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit 22 15`

Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit 22 15`
- Résultat :

```
# Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;
Ha/Hb=3.48
# Dereddeded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A
# Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34_theoric=2.85
# Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;
E(B-V)=0.179193719499

# Dereddened spectrum: ngc_6543_20160313_1176_dered.fit
```

Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit 22 15`
- Résultat :

```
# Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;
Ha/Hb=3.48
# Dereddeded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A
# Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34_theoric=2.85
# Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;
E(B-V)=0.179193719499

# Dereddened spectrum: ngc_6543_20160313_1176_dered.fit
```

- Les recherches bibliographiques (notamment S. Hyung et al. - 2000) donnent : $c = 0.3 \pm 0.1$.

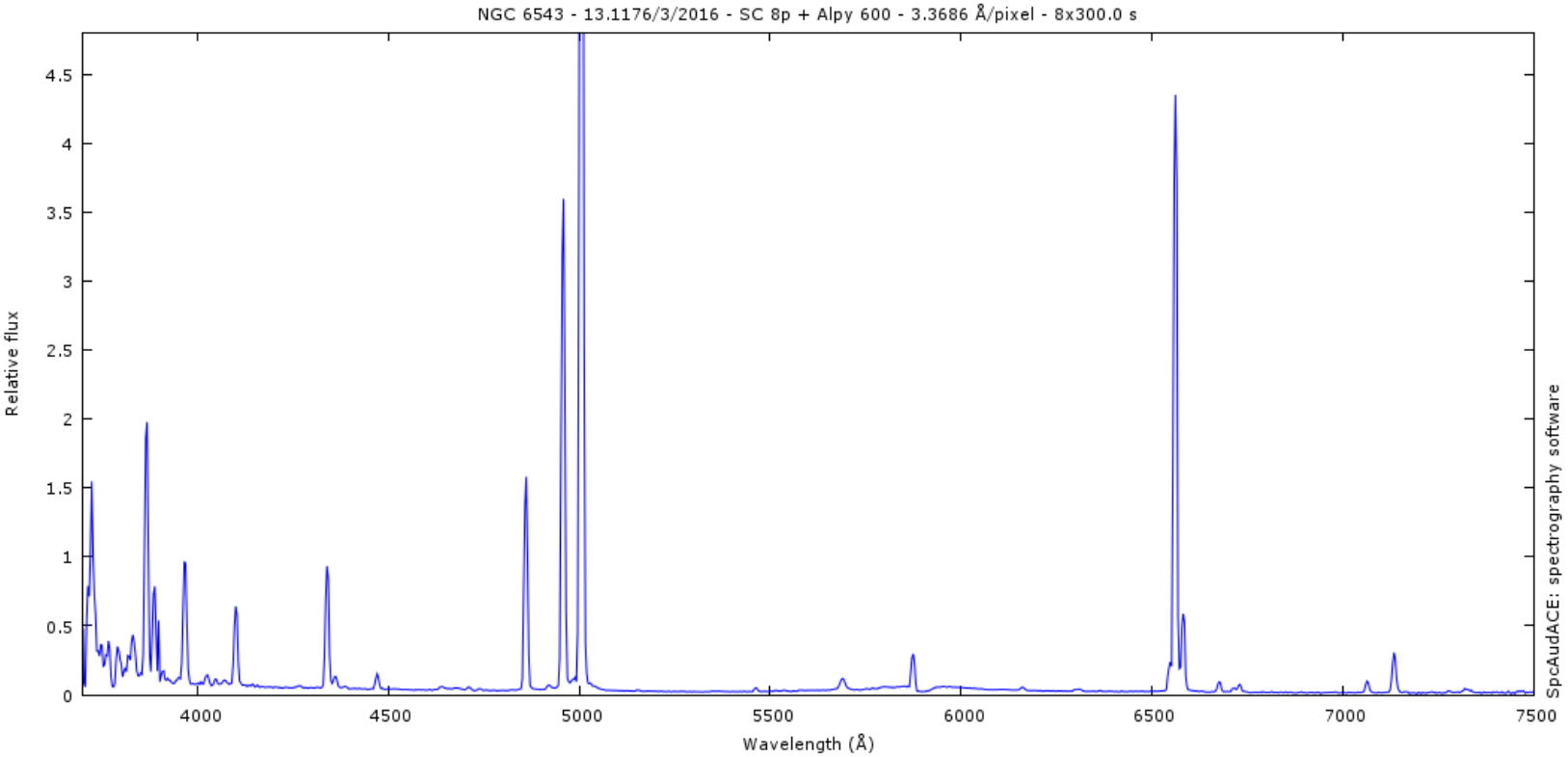
Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit 22 15`
- Résultat :

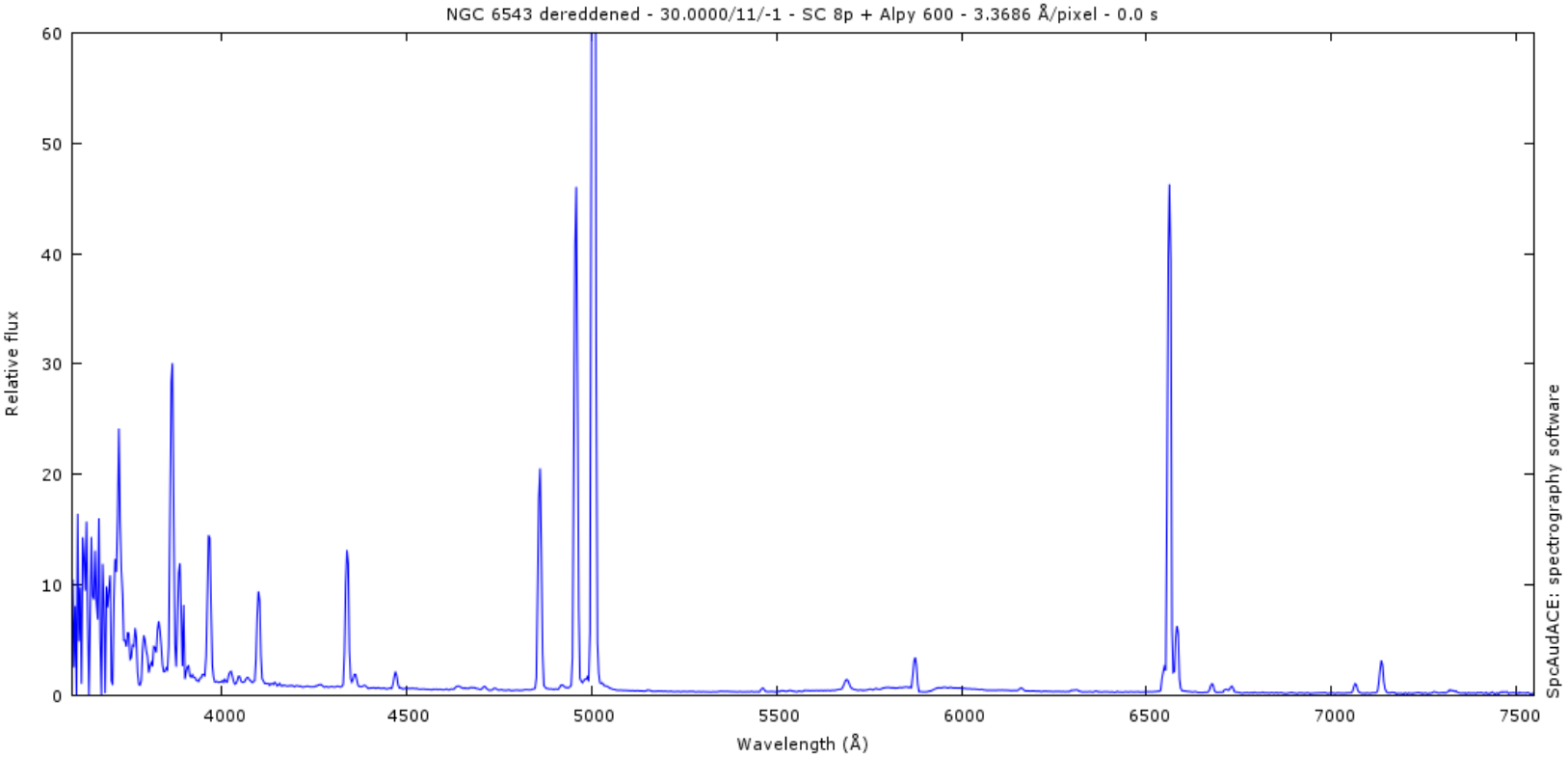
```
# Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;
Ha/Hb=3.48
# Dereddeded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A
# Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34_theoric=2.85
# Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;
E(B-V)=0.179193719499

# Dereddened spectrum: ngc_6543_20160313_1176_dered.fit
```

- Les recherches bibliographiques (notamment S. Hyung et al. - 2000) donnent : $c = 0.3 \pm 0.1$.
- Différence (par défaut) : 10%.

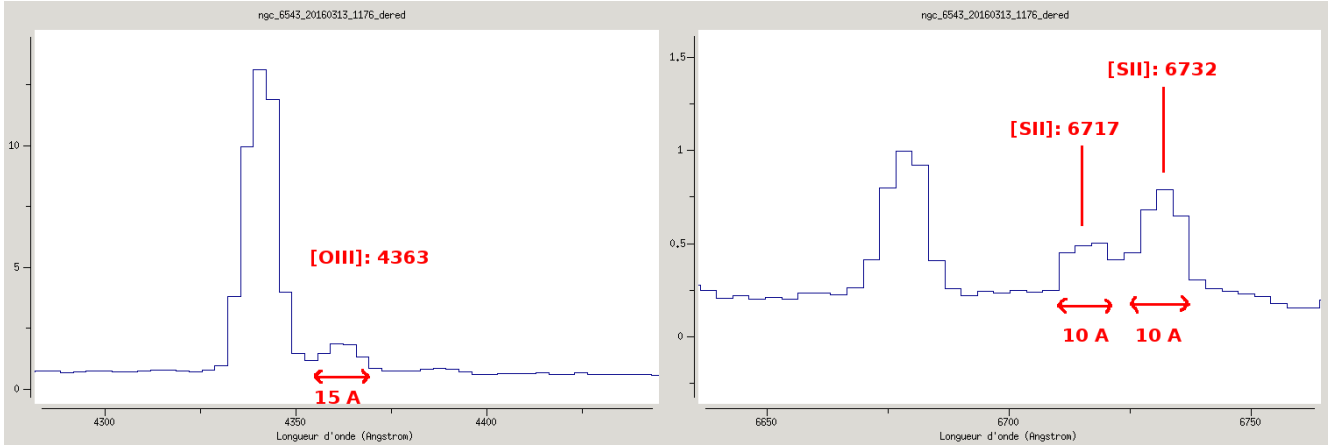
Spectre traité



Spectre traité, dérougi et normalisé

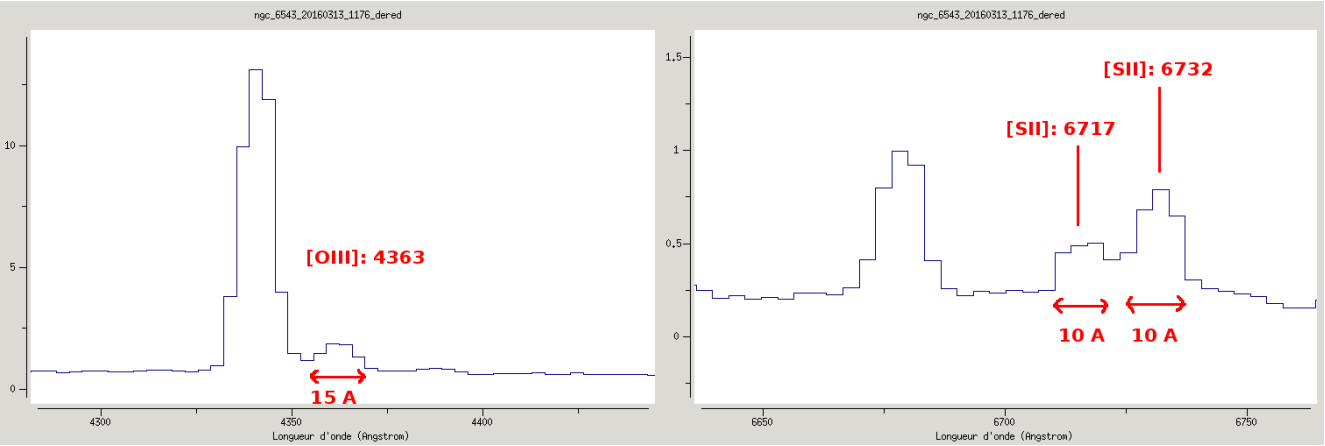


Température et densité électronique (NP)



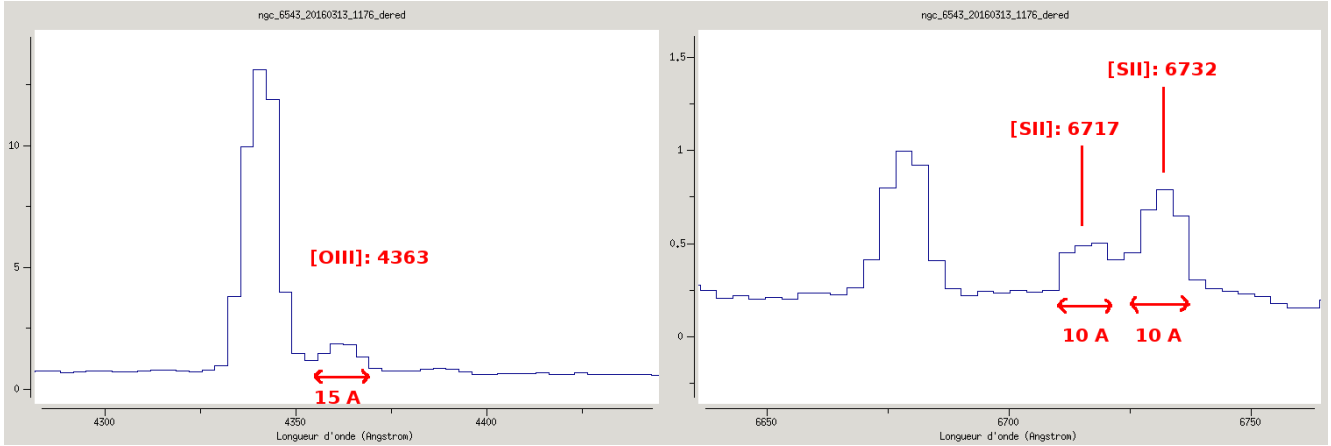
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 12 12`

Température et densité électronique (NP)



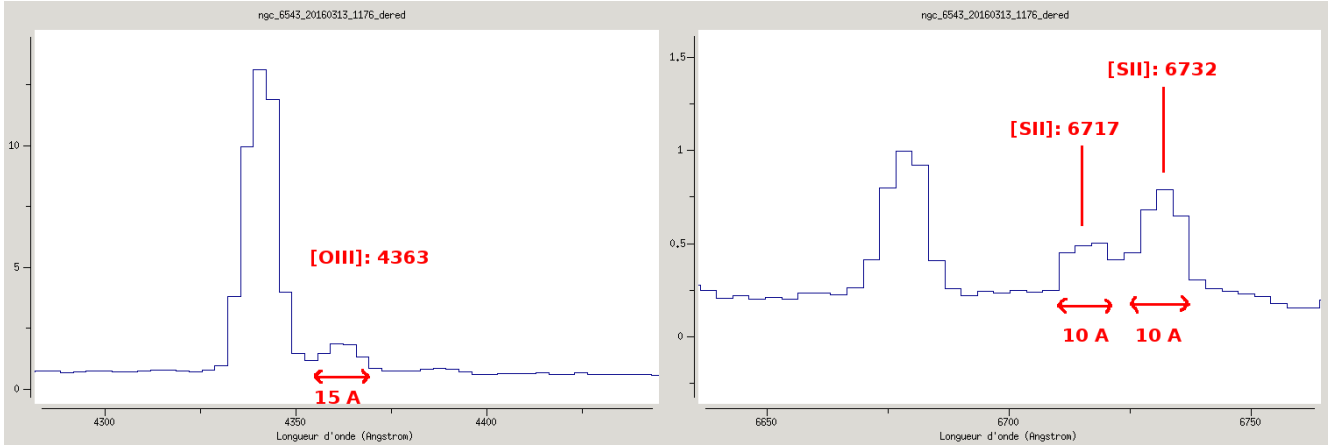
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 12 12`
- `# R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K`
  `# R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm^-3`

Température et densité électronique (NP)



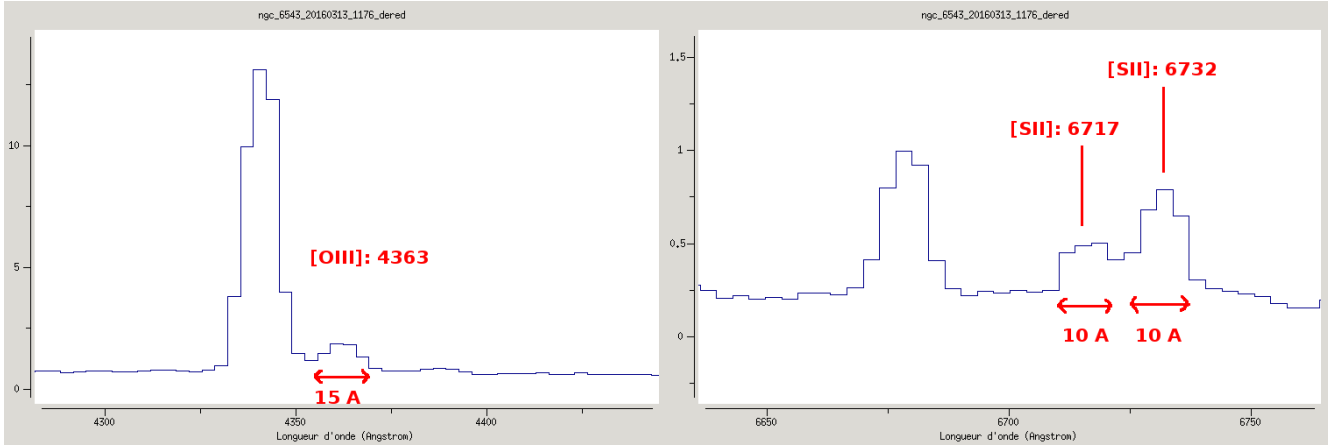
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 12 12`
- `# R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K`
  `# R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm^-3`
- 2b) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 10 10`

Température et densité électronique (NP)



- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 12 12`
- `# R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K`
  `# R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm^-3`
- 2b) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 10 10`
- `# R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K`
  `# R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 1610 cm^-3`

Température et densité électronique (NP)



- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 12 12`
- `# R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K`
  `# R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm^-3`
- 2b) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit 17 15 10 10`
- `# R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K`
  `# R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 1610 cm^-3`
- 3) S. Hyung et al. 2000 : $Te \in [8000; 10000]\ K$

  $Ne \in [6000; 8500]\ cm^{-3}$

Sommaire

La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

3. Presque tout connaître des étoiles binaires

Sommaire

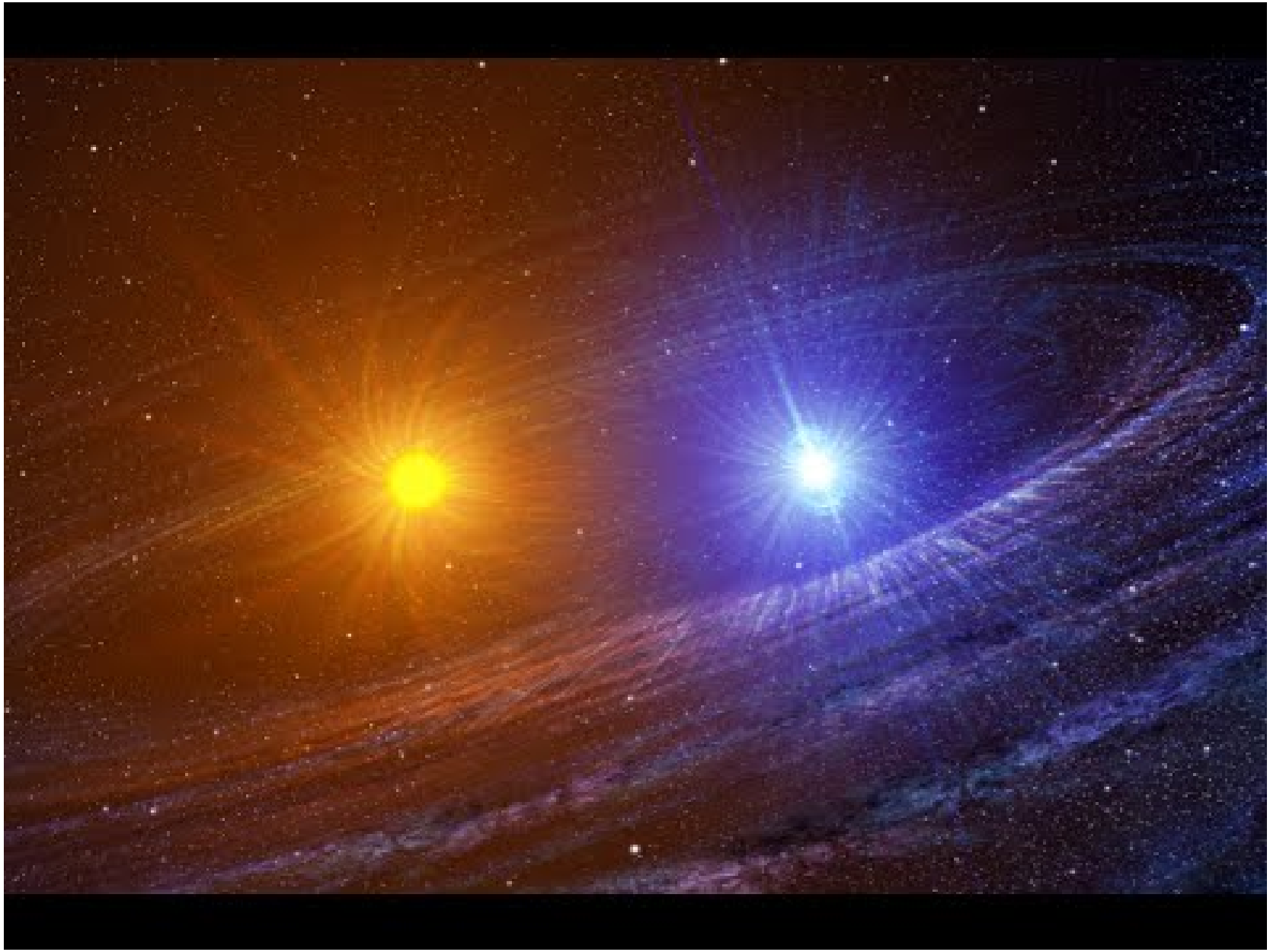
La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

Les étoiles binaires



Les types d'étoiles binaires

- Les étoiles binaires sont des systèmes d'étoiles sérrées.

Les types d'étoiles binaires

- Les étoiles binaires sont des systèmes d'étoiles sérrées.
- Lorsqu'on ne peut les distinguer visuellement (binaires spectroscopiques), seule l'étude du spectre permet d'obtenir des informations.

Les types d'étoiles binaires

- Les étoiles binaires sont des systèmes d'étoiles sérrées.
- Lorsqu'on ne peut les distinguer visuellement (binaires spectroscopiques), seule l'étude du spectre permet d'obtenir des informations.
- SB1=binaires à 1 spectre : seul le mouvement des raies de l'étoile la plus brillante peut être mesuré (étoiles hôtes d'exoplanètes).

Les types d'étoiles binaires

- Les étoiles binaires sont des systèmes d'étoiles sérrées.
- Lorsqu'on ne peut les distinguer visuellement (binaires spectroscopiques), seule l'étude du spectre permet d'obtenir des informations.
- SB1=binaires à 1 spectre : seul le mouvement des raies de l'étoile la plus brillante peut être mesuré (étoiles hôtes d'exoplanètes).
- SB2=binaires à 2 spectres : les raies spectrales des deux composantes sont vues.

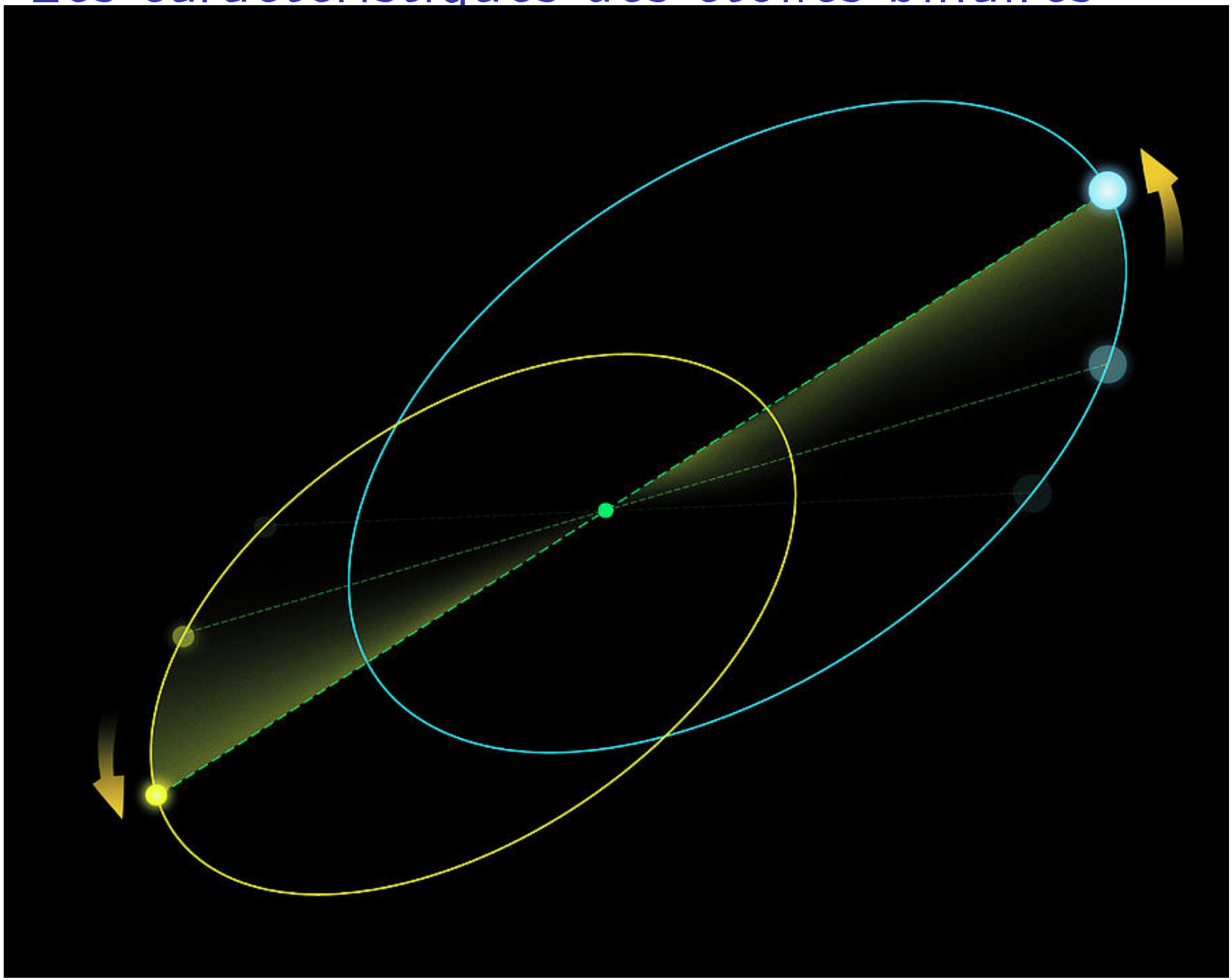
Les types d'étoiles binaires

- Les étoiles binaires sont des systèmes d'étoiles sérrées.
- Lorsqu'on ne peut les distinguer visuellement (binaires spectroscopiques), seule l'étude du spectre permet d'obtenir des informations.
- SB1=binaires à 1 spectre : seul le mouvement des raies de l'étoile la plus brillante peut être mesuré (étoiles hôtes d'exoplanètes).
- SB2=binaires à 2 spectres : les raies spectrales des deux composantes sont vues.
- SB3=systèmes à 3 composantes stellaires (rares).

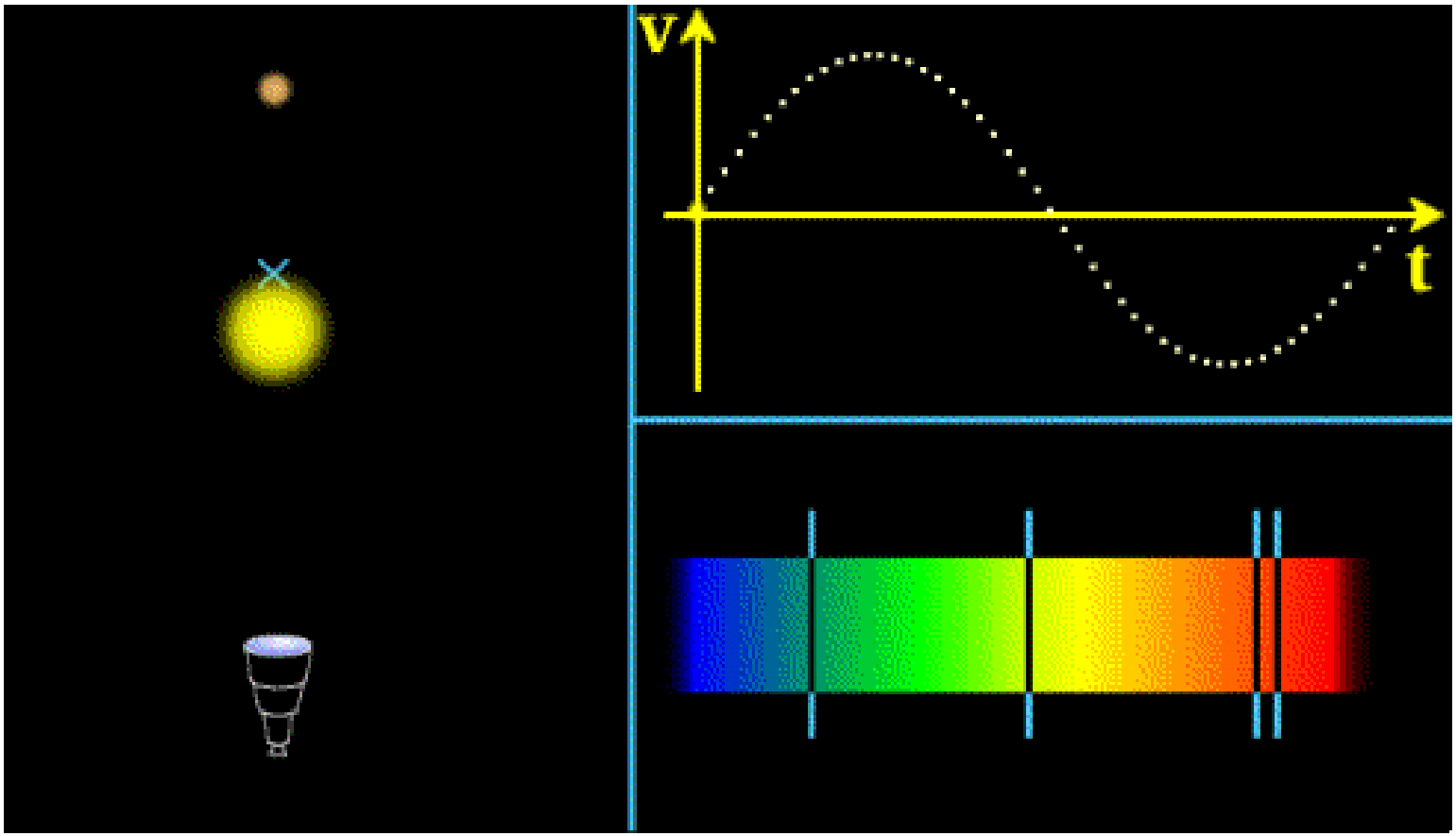
Les types d'étoiles binaires

- Les étoiles binaires sont des systèmes d'étoiles sérrées.
- Lorsqu'on ne peut les distinguer visuellement (binaires spectroscopiques), seule l'étude du spectre permet d'obtenir des informations.
- SB1=binaires à 1 spectre : seul le mouvement des raies de l'étoile la plus brillante peut être mesuré (étoiles hôtes d'exoplanètes).
- SB2=binaires à 2 spectres : les raies spectrales des deux composantes sont vues.
- SB3=systèmes à 3 composantes stellaires (rares).
- Nous étudirons les SB2 car le spectre contient les informations spectrales de deux étoiles.

Les caractéristiques des étoiles binaires

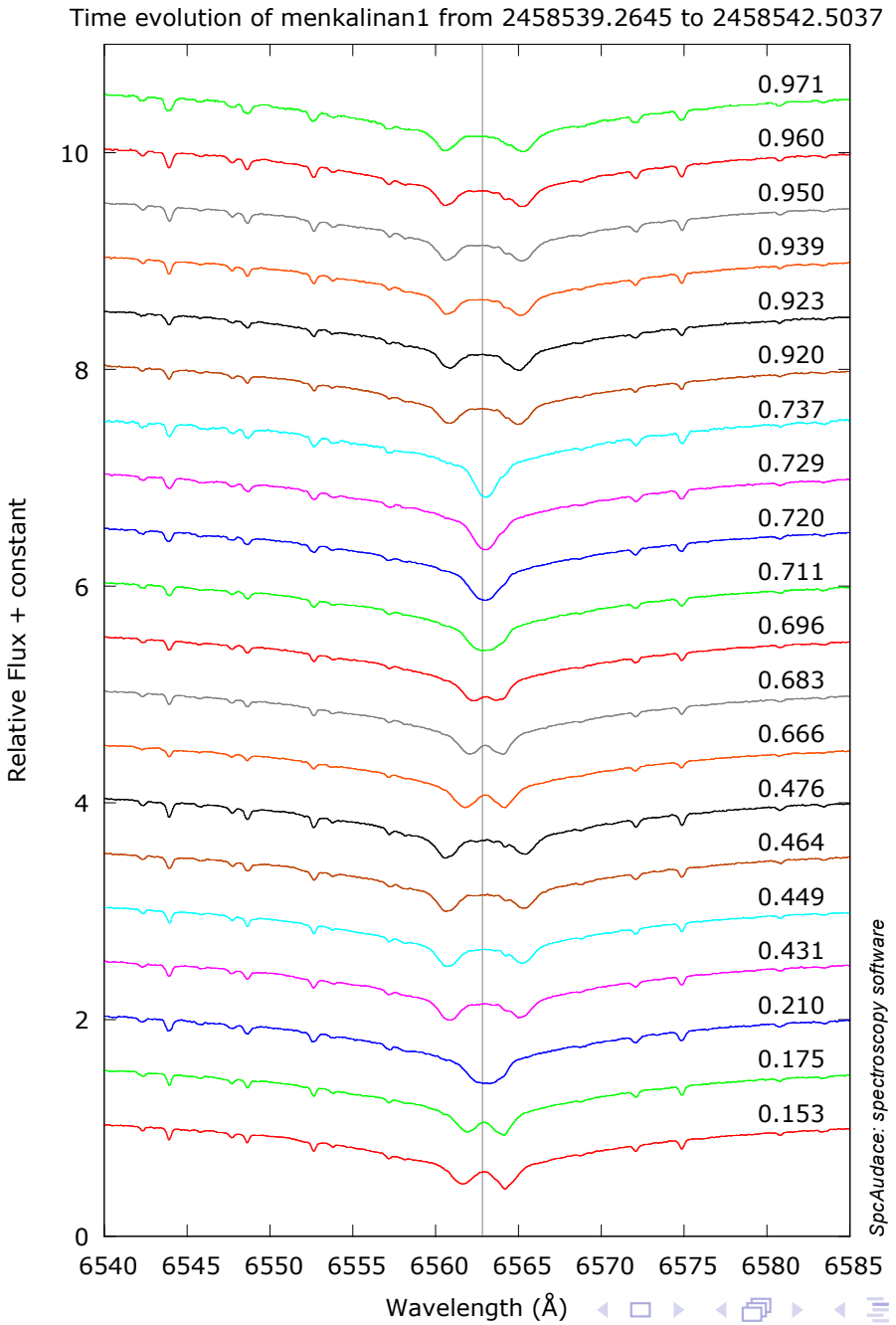


Évolution des raies spectrales

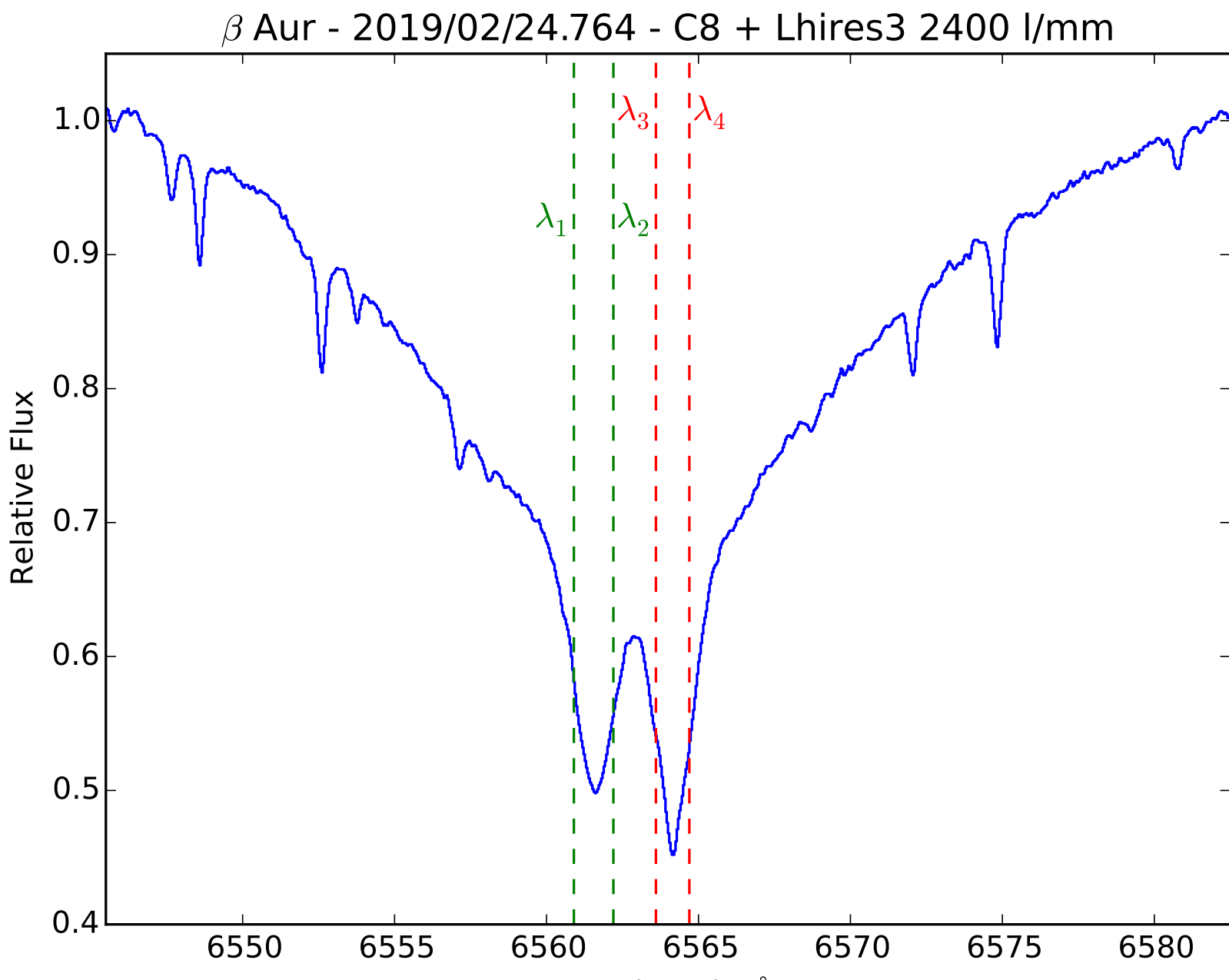


Crédit : http ://www.odyssespace.fr/

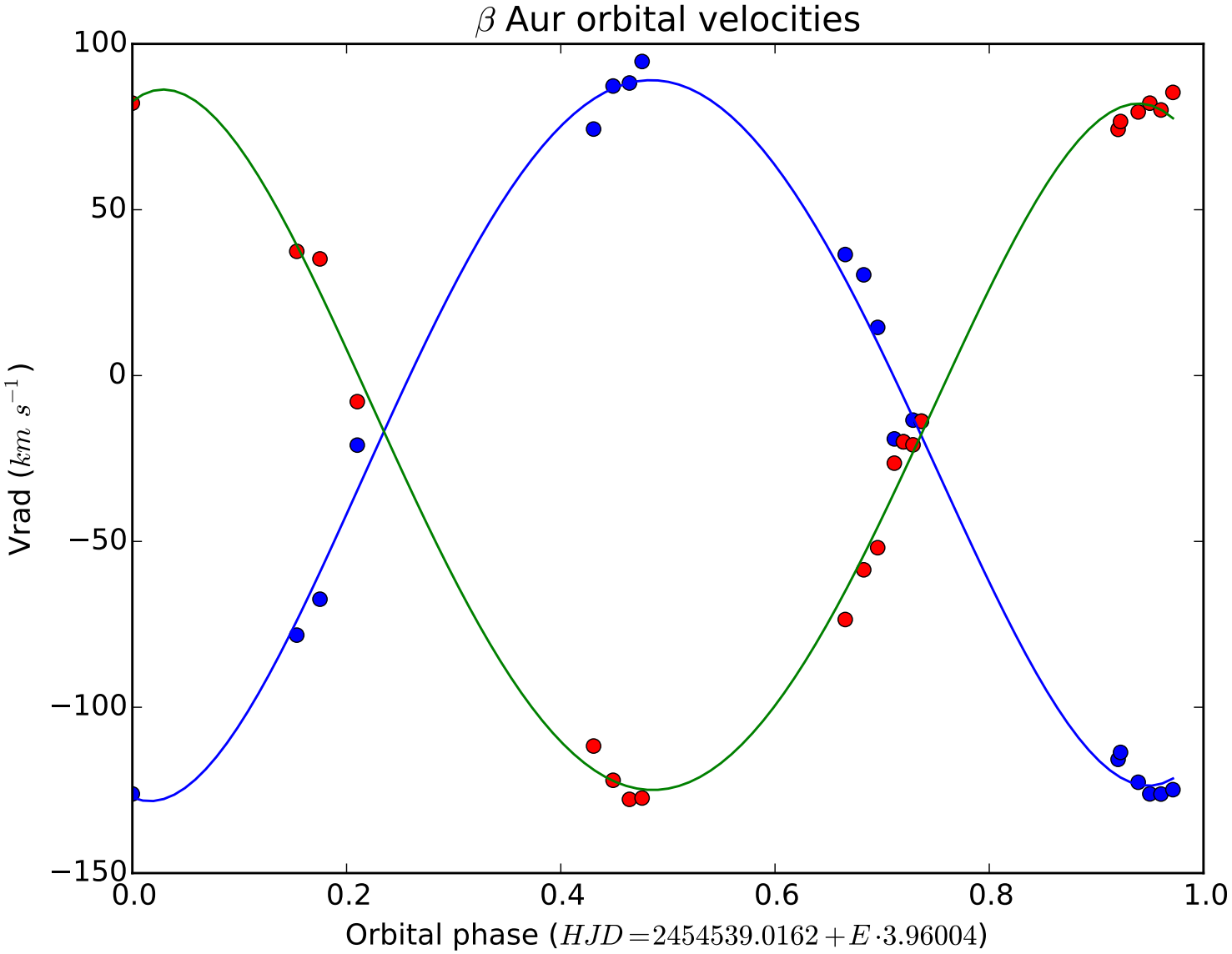
Évolution des raies spectrales



Mesure des vitesses des 2 composantes



Tracé de la vitesse des 2 étoiles



Les caractéristiques des étoiles binaires

- On mesure les vitesses radiales dans une raie pour les 2 composantes.

Les caractéristiques des étoiles binaires

- On mesure les vitesses radiales dans une raie pour les 2 composantes.
- On trace les 2 courbes $V = f(t)$ et l'on mesure leur amplitude K_A et K_B

Les caractéristiques des étoiles binaires

- On mesure les vitesses radiales dans une raie pour les 2 composantes.
- On trace les 2 courbes $V = f(t)$ et l'on mesure leur amplitude K_A et K_B
- Masse des 2 étoiles (composantes) :

$$M_A \sin^3 i = (K_A + K_B)^2 K_B \frac{(1 - e^2)^{\frac{3}{2}}}{2\pi G}$$

Les caractéristiques des étoiles binaires

- On mesure les vitesses radiales dans une raie pour les 2 composantes.
- On trace les 2 courbes $V = f(t)$ et l'on mesure leur amplitude K_A et K_B
- Masse des 2 étoiles (composantes) :

$$M_A \sin^3 i = (K_A + K_B)^2 K_B \frac{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}{2\pi G}$$

- Demi-grand axe a des 2 éllipses :

$$a_A \sin i = \frac{T}{2\pi}\sqrt{1-e^2}\, K_A$$

Les caractéristiques des étoiles binaires

- On mesure les vitesses radiales dans une raie pour les 2 composantes.
- On trace les 2 courbes $V = f(t)$ et l'on mesure leur amplitude K_A et K_B
- Masse des 2 étoiles (composantes) :

$$M_A \sin^3 i = (K_A + K_B)^2 K_B \frac{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}{2\pi G}$$

- Demi-grand axe a des 2 éllipses :

$$a_A \sin i = \frac{T}{2\pi}\sqrt{1-e^2}\, K_A$$

- 4 équations et 4 inconnues.

Les caractéristiques des étoiles binaires

- On mesure les vitesses radiales dans une raie pour les 2 composantes.
- On trace les 2 courbes $V = f(t)$ et l'on mesure leur amplitude K_A et K_B
- Masse des 2 étoiles (composantes) :

$$M_A \sin^3 i = (K_A + K_B)^2 K_B \frac{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}{2\pi G}$$

- Demi-grand axe a des 2 éllipses :

$$a_A \sin i = \frac{T}{2\pi}\sqrt{1-e^2}\, K_A$$

- 4 équations et 4 inconnues.
- Excentricité e et inclinaison i : par ajustement de $V = f(t)$ + hypothèse sur i

Les caractéristiques des étoiles binaires

- On mesure les vitesses radiales dans une raie pour les 2 composantes.
- On trace les 2 courbes $V = f(t)$ et l'on mesure leur amplitude K_A et K_B
- Masse des 2 étoiles (composantes) :

$$M_A \sin^3 i = (K_A + K_B)^2 K_B \frac{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}{2\pi G}$$

- Demi-grand axe a des 2 éllipses :

$$a_A \sin i = \frac{T}{2\pi}\sqrt{1-e^2}\, K_A$$

- 4 équations et 4 inconnues.
- Excentricité e et inclinaison i : par ajustement de $V = f(t)$ + hypothèse sur i
- Rayons et luminosités : par photométrie.

Calcul des masses et rayons orbitaux

```
./rv_analysis.py bet_aur_date_phase_vr.csv 4
**** Binary spectroscopic stars Analyser (B. Mauclaire - 2019) ****

Vr1 half amplitude : 106.609232936 km/s
Vr2 half amplitude : 103.084453756 km/s
Vrad mean (binary system) : -14.3660026545 km/s
Period = 3.89926080184 d.

*** Case of circular orbits with i~90:
M1 = 1.8314070425 Mo ; r1 = 0.0382107502172 a.u. = 8.216539989 Ro
M2 = 1.89402856474 Mo ; r2 = 0.0369474031964 a.u. = 7.94487975576 Ro
R = r1+r2 = 11243499.7164 km = 0.0751581534137 a.u. = 16.1614197448 R
M2/M1 = 1.0341931208 ; M1/M2= 0.966937392916

*** Case of elliptic orbit with given excentricity e:
Excentricity used for computation: 0
M1sini^3 = 1.8314070425 Mo
a1sini = 5716246.87035 km = 0.0382107502172 a.u. = 8.216539989 Ro
M2sini^3 = 1.89402856474 Mo
a2sini = 5527252.84608 km = 0.0369474031964 a.u. = 7.94487975576 Ro
M2/M1 = 1.0341931208 ; M1/M2= 0.966937392916
```

Comparaison aux valeurs de la littérature

Paramètres orbitaux	Cette étude (2018)	Nordström (1994)	Diff. (%)
K_1 (km s^{-1})	$103,08$	$107,75 \pm 0,40$	4
K_2 (km s^{-1})	$106,61$	$111,25 \pm 0,40$	4
M_1/M_2	$0,97$	$0,97 \pm 0,01$	0
V_γ (km s^{-1})	$-14,4$	$-17,0 \pm 0,4$	15
$2a \sin i$ ($R_\odot$)	$16,19$	$17,13 \pm 0,04$	6
$M_1 \sin^3 i$ ($M_\odot$)	$1,89$	$2,19 \pm 0,02$	14
$M_2 \sin^3 i$ ($M_\odot$)	$1,83$	$2,12 \pm 0,02$	14

Analyse détaillée :

http://wsdiscovery.free.fr/astronomie/publications/#bs

Sommaire

La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline.

Sommaire

La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline.
  J'ai utilisé (réduction et mesures) SpcAudace :
  http://spcaudace.free.fr

Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline.
  J'ai utilisé (réduction et mesures) SpcAudace :
  http://spcaudace.free.fr
- Les outils de mesure doivent produire **une estimation de l'incertitude.**

Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline.
  J'ai utilisé (réduction et mesures) SpcAudace :
  http://spcaudace.free.fr
- Les outils de mesure doivent produire **une estimation de l'incertitude.**
- Lire des publications sur la cible étudiée pour connaître la signification des grandeurs mesurées.

Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline.
  J'ai utilisé (réduction et mesures) SpcAudace :
  http://spcaudace.free.fr
- Les outils de mesure doivent produire **une estimation de l'incertitude.**
- Lire des publications sur la cible étudiée pour connaître la signification des grandeurs mesurées.
- Connaître quelques langages de scripting : Python, Audela, bash, ...

Sommaire

La spectro, késako ?

Pourquoi les nébuleuses planétaires sont-elles vertes ?

Presque tout connaître des étoiles binaires

Conclusion

Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline.
  J'ai utilisé (réduction et mesures) SpcAudace :
  http://spcaudace.free.fr
- Les outils de mesure doivent produire **une estimation de l'incertitude.**
- Lire des publications sur la cible étudiée pour connaître la signification des grandeurs mesurées.
- Connaître quelques langages de scripting : Python, Audela, bash, ...
- À vous de jouer !