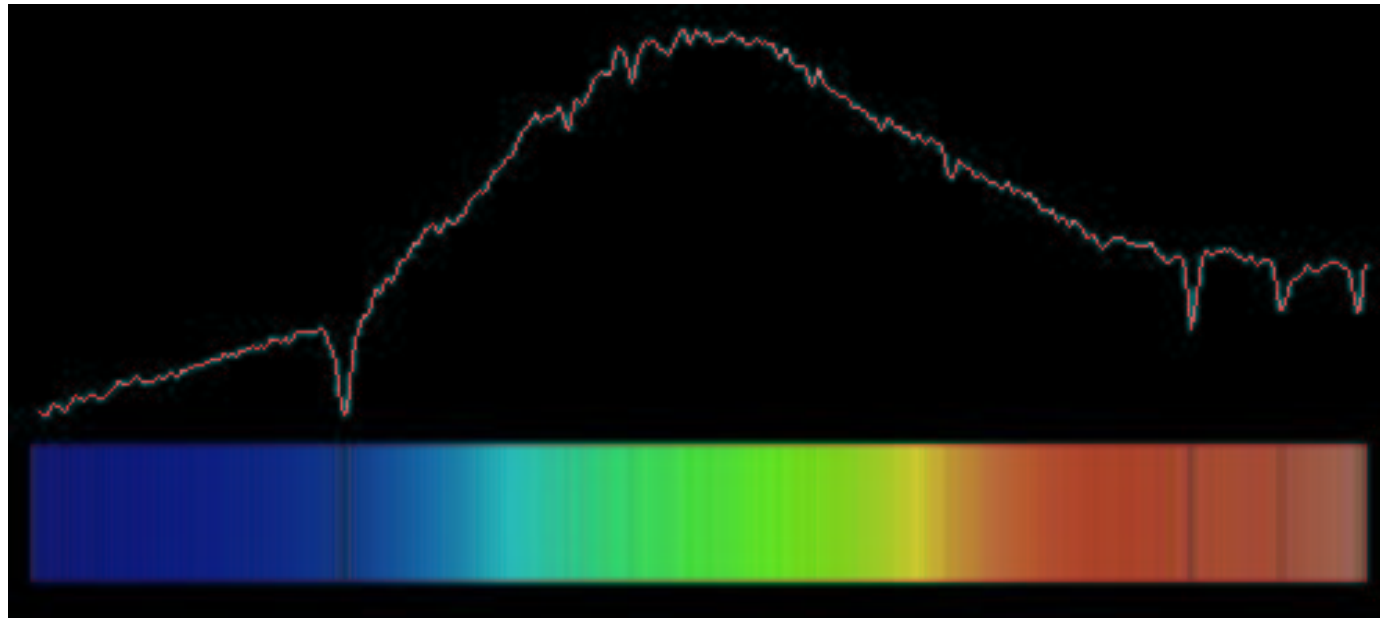


# La spectroscopie, késako ?

## La spectroscopie, késako ?



*Crédit photo : M. Gavin*

*Benjamin MAUCLAIRE*

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

● Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

# Introduction

# Introduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

● Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Les astronomes ont toujours voulu étudier les caractéristiques physiques des astres observés.

# Introduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

● Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Les astronomes ont toujours voulu étudier les caractéristiques physiques des astres observés.
- Mais, les astres en général ne sont pas atteignables et seul leur rayonnement parvient à nous.

# Introduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

● Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Les astronomes ont toujours voulu étudier les caractéristiques physiques des astres observés.
- Mais, les astres en général ne sont pas atteignables et seul leur rayonnement parvient à nous.
- Les astronomes ont donc dû se résoudre à faire parler la lumière :

# Introduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

● Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Les astronomes ont toujours voulu étudier les caractéristiques physiques des astres observés.
- Mais, les astres en général ne sont pas atteignables et seul leur rayonnement parvient à nous.
- Les astronomes ont donc dû se résoudre à faire parler la lumière :
  - ◆ Pourquoi un astre est-il lumineux ?

# Introduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

● Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Les astronomes ont toujours voulu étudier les caractéristiques physiques des astres observés.
- Mais, les astres en général ne sont pas atteignables et seul leur rayonnement parvient à nous.
- Les astronomes ont donc dû se résoudre à faire parler la lumière :
  - ◆ Pourquoi un astre est-il lumineux ?
  - ◆ Quelle est la relation entre la matière et la lumière ?

# Introduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

● Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Les astronomes ont toujours voulu étudier les caractéristiques physiques des astres observés.
- Mais, les astres en général ne sont pas atteignables et seul leur rayonnement parvient à nous.
- Les astronomes ont donc dû se résoudre à faire parler la lumière :
  - ◆ Pourquoi un astre est-il lumineux ?
  - ◆ Quelle est la relation entre la matière et la lumière ?
- Nous verrons ensuite les applications directes de la spectroscopie à l'astronomie.





● La spectroscopie, késako ?

Introduction

---

La loi du bout de métal chaud

- Le fer rougoyant
- Déduction

Qu'est-ce qu'un spectre ?

---

Les types de spectres

---

Utilisation des spectres

---

Conclusion

---

# La loi du bout de métal chaud

# Le fer rougoyant

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

● Le fer rougoyant

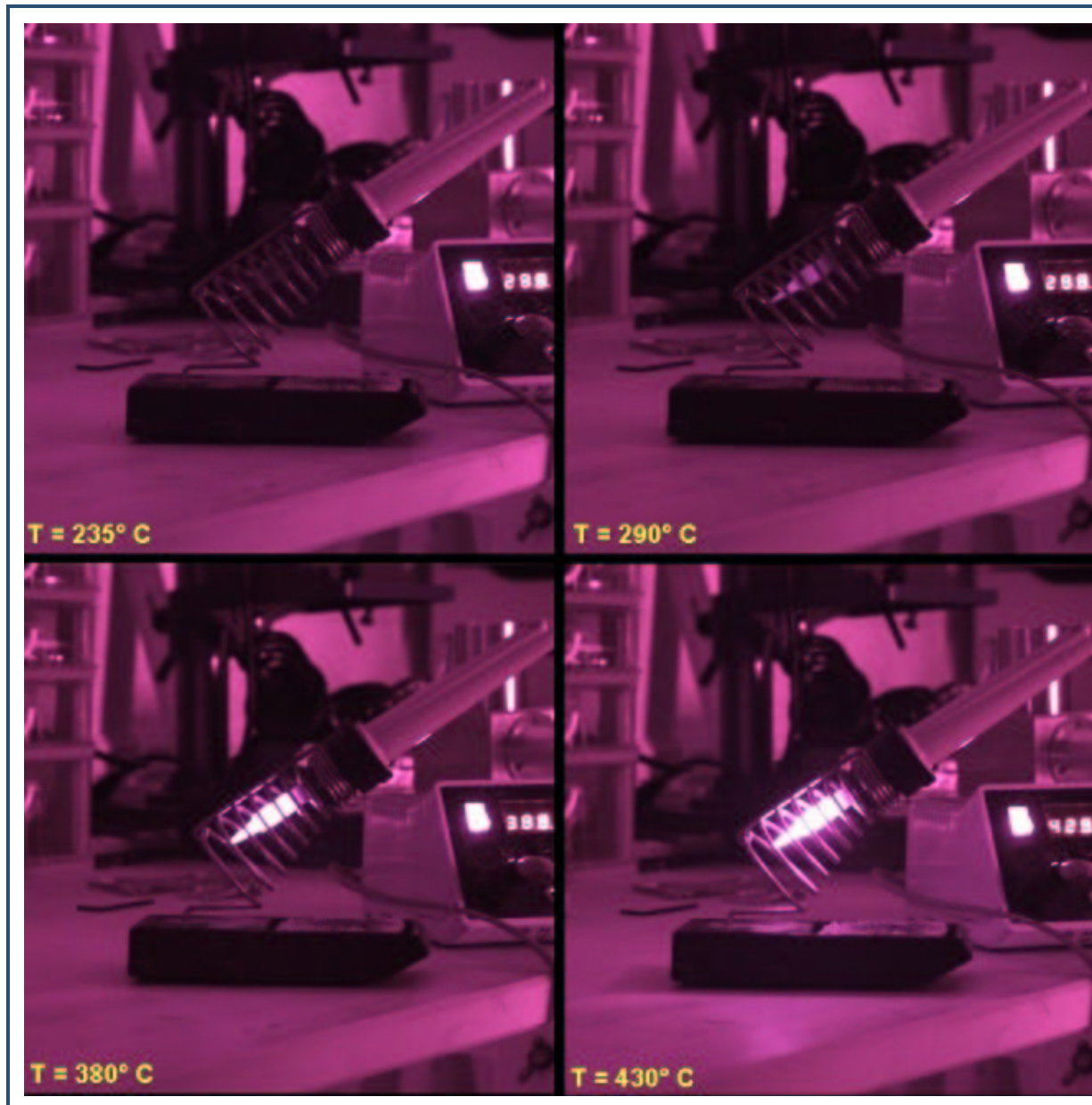
● Déduction

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion



# Déduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

---

La loi du bout de métal chaud

---

● Le fer rougoyant

● Déduction

Qu'est-ce qu'un spectre ?

---

Les types de spectres

---

Utilisation des spectres

---

Conclusion

---

■ Idem avec les braises dans le feu :

# Déduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

● Le fer rougoyant

● Déduction

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Idem avec les braises dans le feu :
  - ◆ Jaune-blanches pendant la combustion.

# Déduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

● Le fer rougoyant

● Déduction

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Idem avec les braises dans le feu :
  - ◆ Jaune-blanches pendant la combustion.
  - ◆ Rouge-pourpres dans les cendres.

# Déduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

● Le fer rougoyant

● Déduction

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Idem avec les braises dans le feu :
  - ◆ Jaune-blanches pendant la combustion.
  - ◆ Rouge-pourpres dans les cendres.
- Les physiciens établirent alors une loi du "bout de métal chaud" dont la généralisation est la loi du corps noir :

# Déduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

● Le fer rougoyant

● **Déduction**

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Idem avec les braises dans le feu :
  - ◆ Jaune-blanches pendant la combustion.
  - ◆ Rouge-pourpres dans les cendres.
- Les physiciens établirent alors une loi du "bout de métal chaud" dont la généralisation est la loi du corps noir :
- **La couleur renseigne sur la température d'un corps qui est source de lumière.**

# Déduction

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

● Le fer rougoyant

● **Déduction**

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- Idem avec les braises dans le feu :
  - ◆ Jaune-blanches pendant la combustion.
  - ◆ Rouge-pourpres dans les cendres.
- Les physiciens établirent alors une loi du "bout de métal chaud" dont la généralisation est la loi du corps noir :
- **La couleur renseigne sur la température d'un corps qui est source de lumière.**
- Comment cela se passe-t-il lorsque les objets ne sont pas suffisamment chauds ?





● La spectroscopie, késako ?

Introduction

---

La loi du bout de métal chaud

---

Qu'est-ce qu'un spectre ?

- L'effet arc-en-ciel
- Décomposition de la lumière
- Décomposition de la lumière
- Le spectroscope

Les types de spectres

---

Utilisation des spectres

---

Conclusion

---

# Qu'est-ce qu'un spectre ?

# L'effet arc-en-ciel

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

● L'effet arc-en-ciel

● Décomposition de la lumière

● Décomposition de la lumière

● Le spectroscope

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion



# Décomposition de la lumière

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

● L'effet arc-en-ciel

● **Décomposition de la lumière**

● Décomposition de la lumière

● Le spectroscope

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- La lumière du Soleil traversant puis réfléchiée par les gouttellettes d'eau sous un certain angle est décomposée en une **infinité de couleur**.

# Décomposition de la lumière

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

● L'effet arc-en-ciel

● Décomposition de la lumière

● Décomposition de la lumière

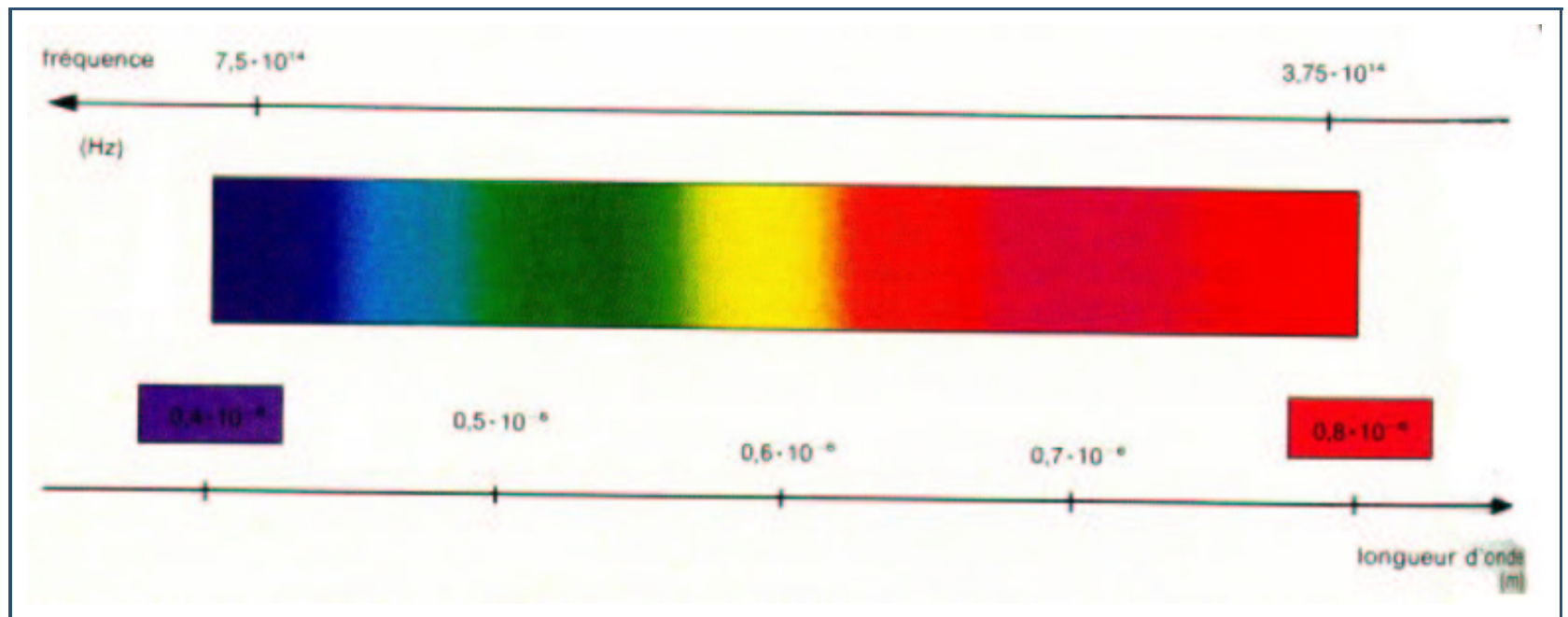
● Le spectroscope

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- La lumière du Soleil traversant puis réfléchiée par les gouttelletes d'eau sous un certain angle est décomposée en une **infinité de couleur**.
- Le spectre de la lumière blanche :



# Décomposition de la lumière

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

● L'effet arc-en-ciel

● Décomposition de la lumière

● Décomposition de la lumière

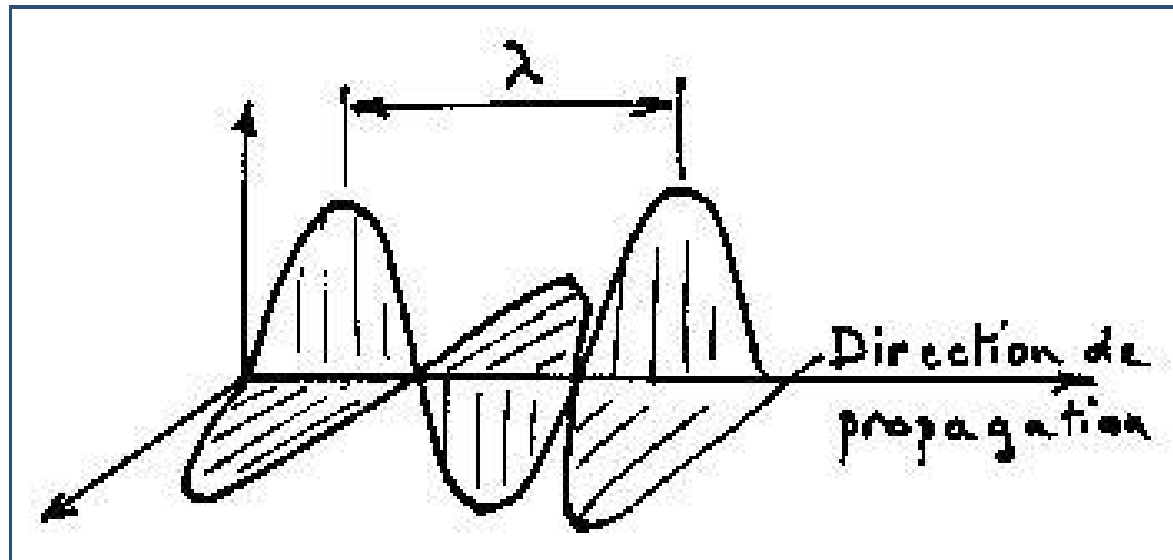
● Le spectroscope

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- À chaque couleur est associée un nombre pour la repérer : c'est la **longueur d'onde** noté  $\lambda$  et mesurée en mètre ou angström Å.



# Décomposition de la lumière

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

● L'effet arc-en-ciel

● Décomposition de la lumière

● Décomposition de la lumière

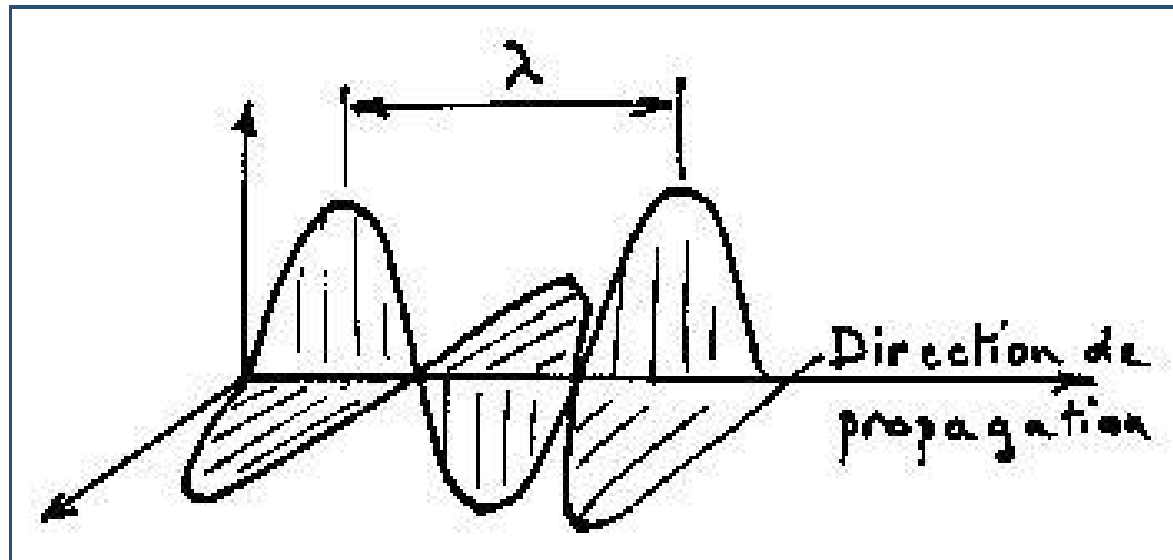
● Le spectroscope

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

- À chaque couleur est associée un nombre pour la repérer : c'est la **longueur d'onde** noté  $\lambda$  et mesurée en mètre ou angström Å.



- Cela va nous servir tout au long de l'exposé.

# Décomposition de la lumière

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

● L'effet arc-en-ciel

● Décomposition de la lumière

● Décomposition de la lumière

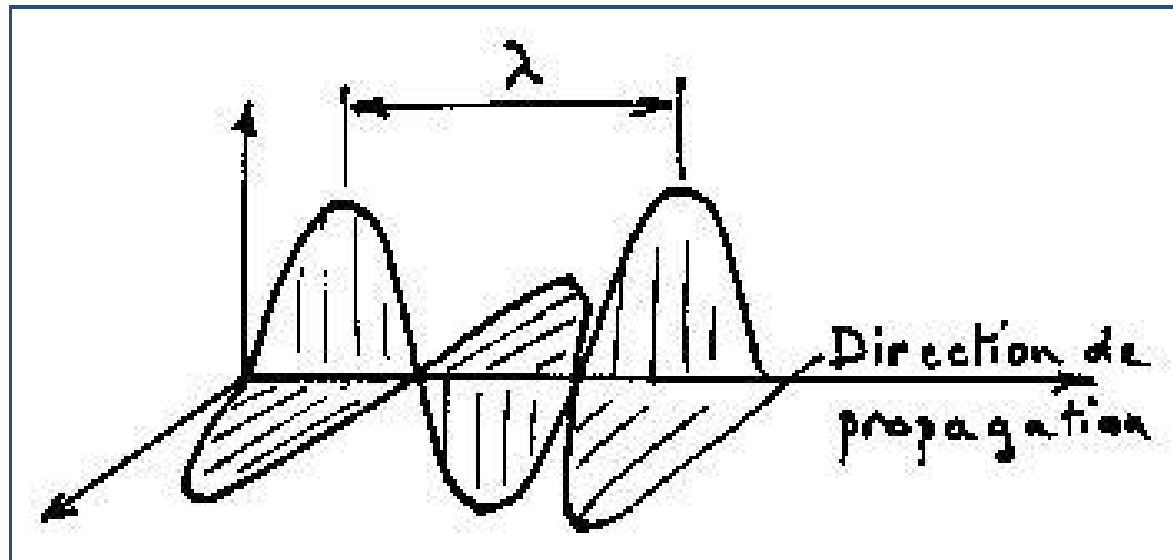
● Le spectroscope

Les types de spectres

Utilisation des spectres

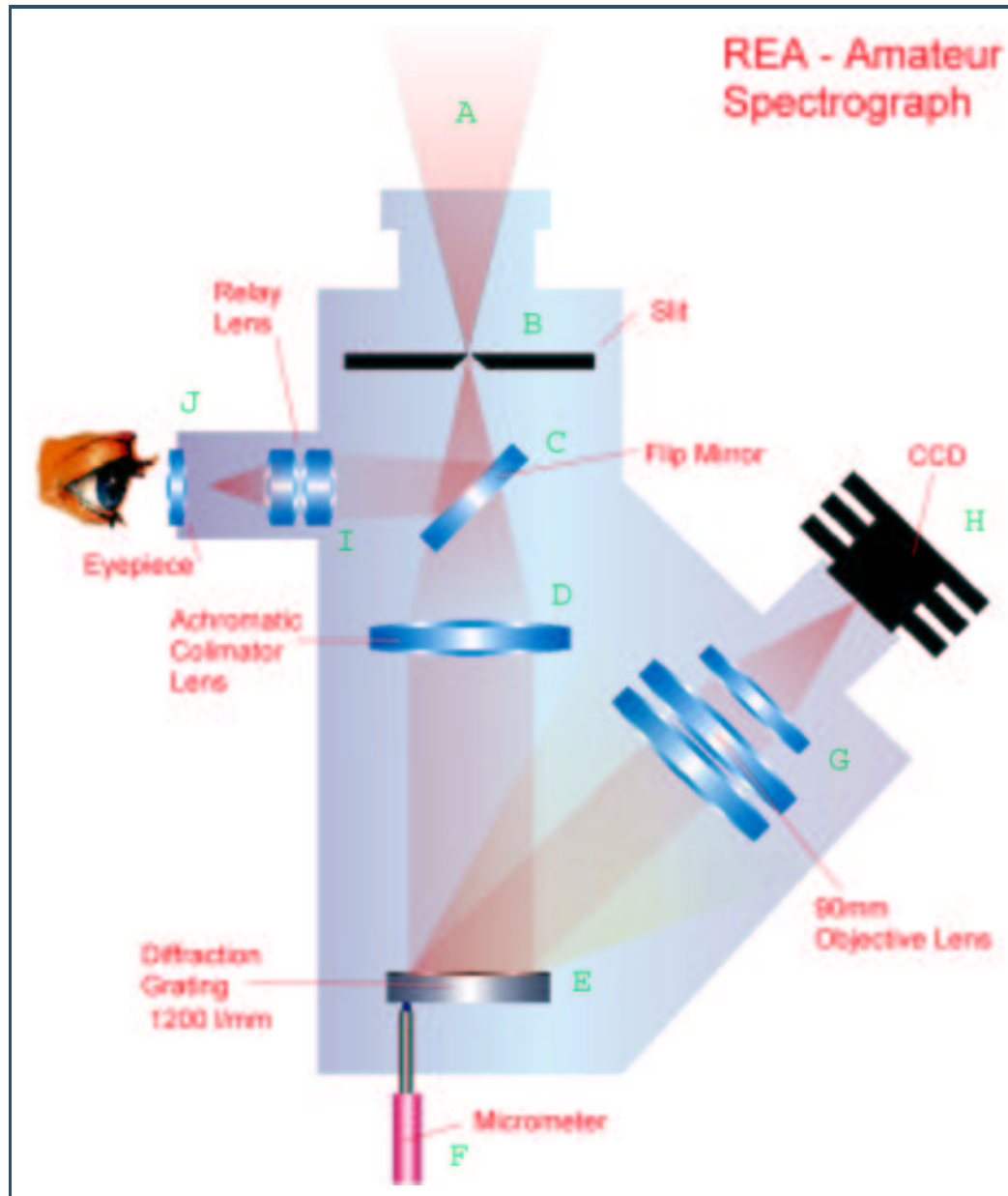
Conclusion

- À chaque couleur est associée un nombre pour la repérer : c'est la **longueur d'onde** noté  $\lambda$  et mesurée en mètre ou angström Å.



- Cela va nous servir tout au long de l'exposé.
- On obtient à volonté un spectre grâce à un spectroscope :

# Le spectroscope



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

- L'effet arc-en-ciel
- Décomposition de la lumière
- Décomposition de la lumière
- Le spectroscope

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion





● La spectroscopie, késako ?

Introduction

---

La loi du bout de métal chaud

---

Qu'est-ce qu'un spectre ?

---

Les types de spectres

- Les spectres continus d'émission
- Les spectres de raies et de bandes d'absorption
- Les spectres de raies d'émission
- Récapitulation

Utilisation des spectres

---

Conclusion

---

# Les types de spectres

# Les spectres continus d'émission

## ■ Conditions de création :



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● **Les spectres continus d'émission**

● Les spectres de raies et de bandes d'absorption

● Les spectres de raies d'émission

● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres continus d'émission

## ■ Conditions de création :



## ■ Une source chaude lumineuse émet un continuum de rayonnement.

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● Les spectres de raies et de  
bandes d'absorption

● Les spectres de raies d'émission

● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres continus d'émission

## ■ Conditions de création :



- **Une source chaude lumineuse émet un continuum de rayonnement.**
- Exemple : le spectre de la lumière émise par une lampe à incandescence est constituée de toutes couleurs (radiations).

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● **Les spectres continus d'émission**

● Les spectres de raies et de bandes d'absorption

● Les spectres de raies d'émission

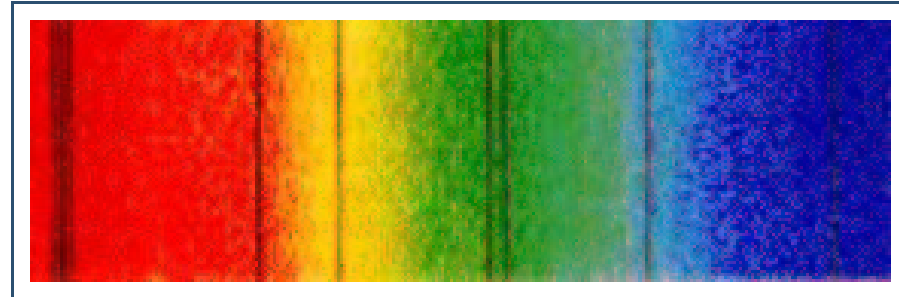
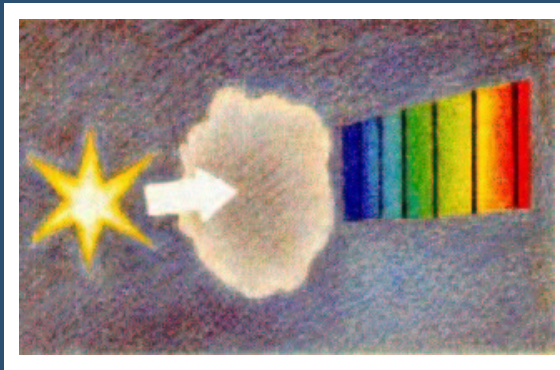
● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres de raies et de bandes d'absorption

## ■ Conditions de création :



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● **Les spectres de raies et de bandes d'absorption**

● Les spectres de raies d'émission

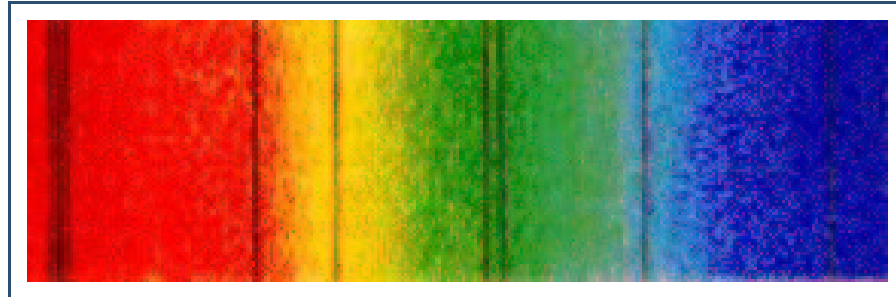
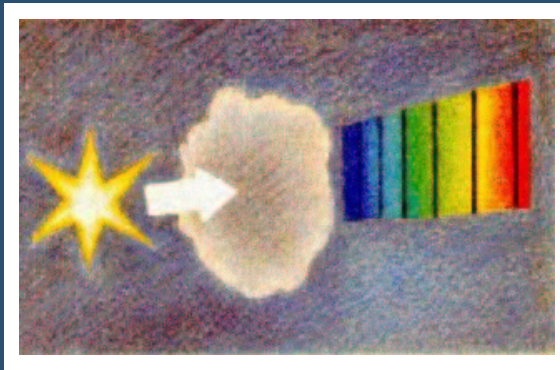
● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres de raies et de bandes d'absorption

## ■ Conditions de création :



- **Quand la lumière d'une source lumineuse traverse un gaz peu dense (composé de molécules et/ou atomes), un plasma (composé d'ions) ou un liquide, certaines longueurs d'onde discrètes sont enlevées du continuum provoquant les raies d'absorption foncées.**

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● **Les spectres de raies et de bandes d'absorption**

● Les spectres de raies d'émission

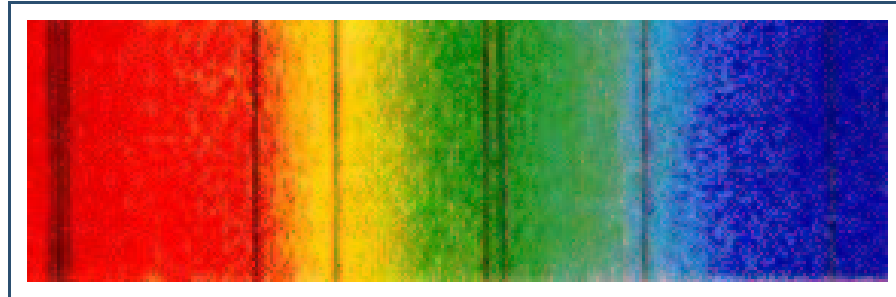
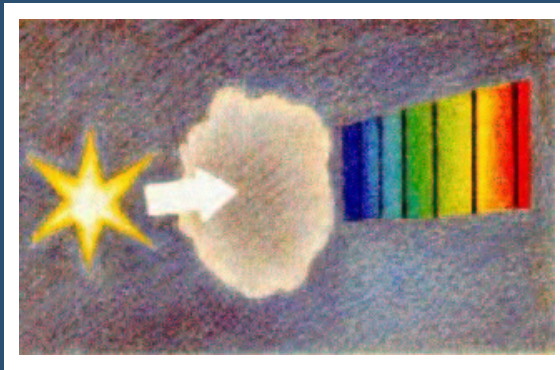
● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres de raies et de bandes d'absorption

## ■ Conditions de création :



- **Quand la lumière d'une source lumineuse traverse un gaz peu dense (composé de molécules et/ou atomes), un plasma (composé d'ions) ou un liquide, certaines longueurs d'onde discrètes sont enlevées du continuum provoquant les raies d'absorption foncées.**

## ■ Exemple :

La lumière d'une étoile passant par les couches externes de l'atmosphère de l'étoile provoquent cet effet.

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● **Les spectres de raies et de bandes d'absorption**

● Les spectres de raies d'émission

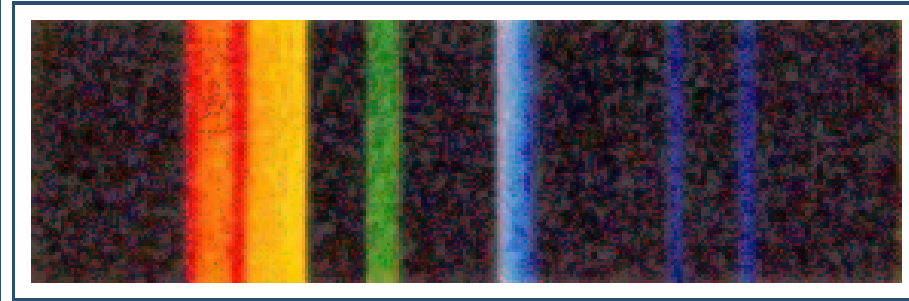
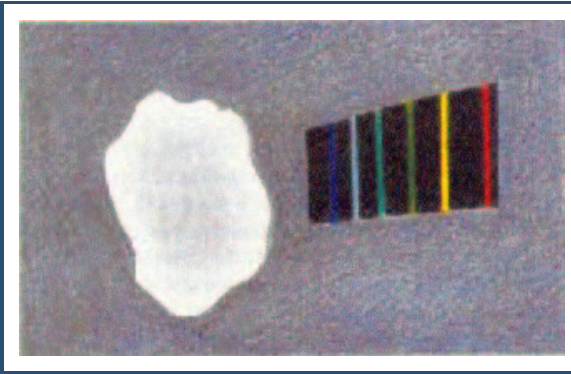
● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres de raies d'émission

## ■ Conditions de création :



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● Les spectres de raies et de bandes d'absorption

● **Les spectres de raies d'émission**

● Récapitulation

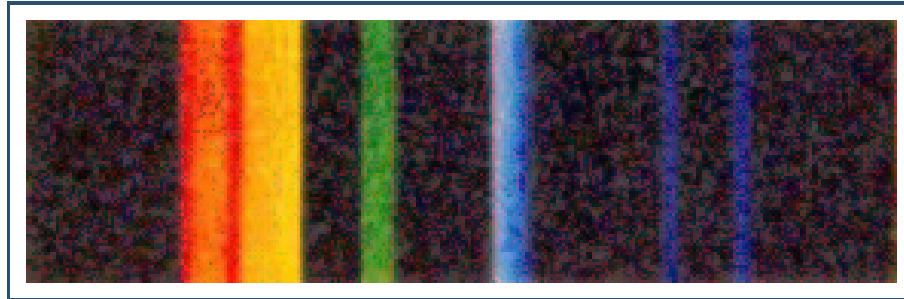
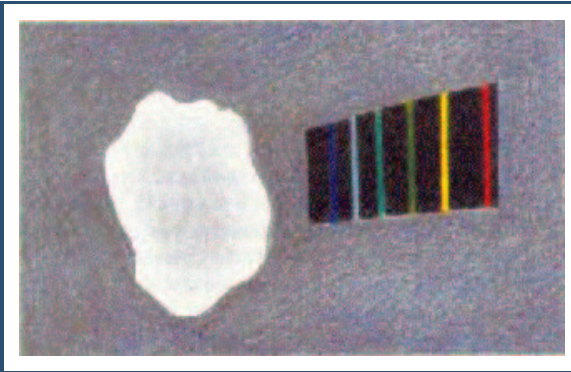
Utilisation des spectres

Conclusion



# Les spectres de raies d'émission

## ■ Conditions de création :



- **Quand des ions et/ou des molécules d'un gaz peu dense est excité d'une façon quelconque (collisionnelle, électriquement, chaleur ou par la lumière elle-même), le gaz émet certaines longueurs d'onde discrètes. Certain nebuleuses gazeuses ou les nebuleuses planétaires sont de bons exemples de ceci.**

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● Les spectres de raies et de bandes d'absorption

● **Les spectres de raies d'émission**

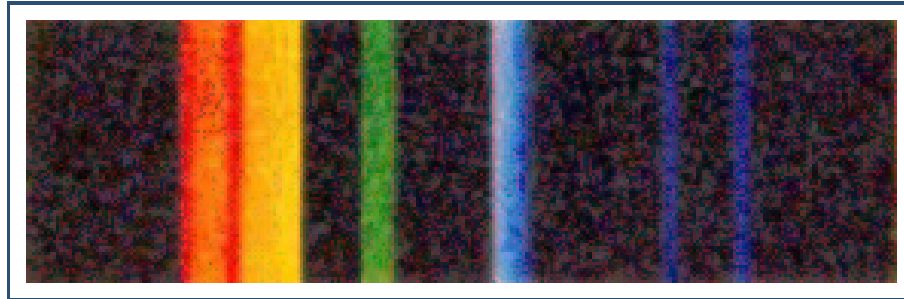
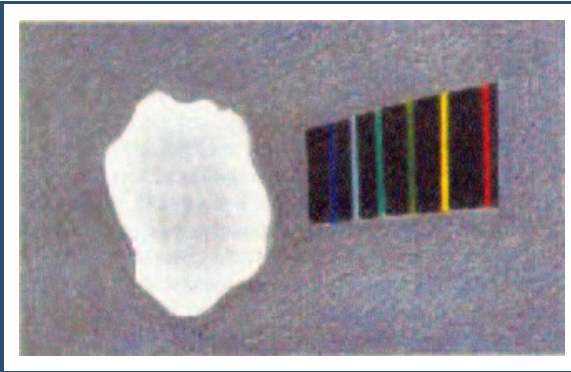
● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres de raies d'émission

## ■ Conditions de création :



- **Quand des ions et/ou des molécules d'un gaz peu dense est excité d'une façon quelconque (collisionnelle, électriquement, chaleur ou par la lumière elle-même), le gaz émet certaines longueurs d'onde discrètes. Certain nebuleuses gazeuses ou les nebuleuses planétaires sont de bons exemples de ceci.**

## ■ Exemple :

Les régions HII, les nébuleuses planétaires, les lampes à sodium des parkings.

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● Les spectres de raies et de bandes d'absorption

● **Les spectres de raies d'émission**

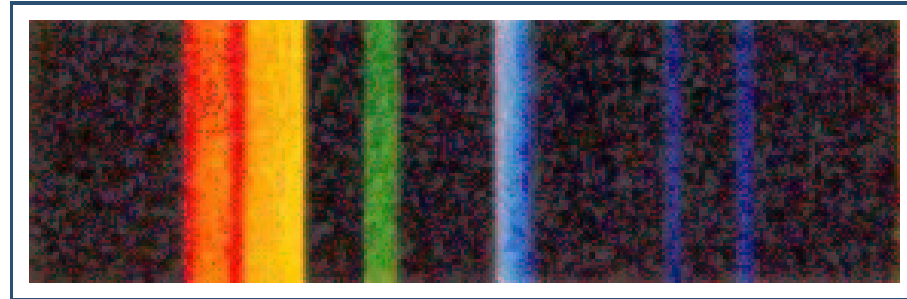
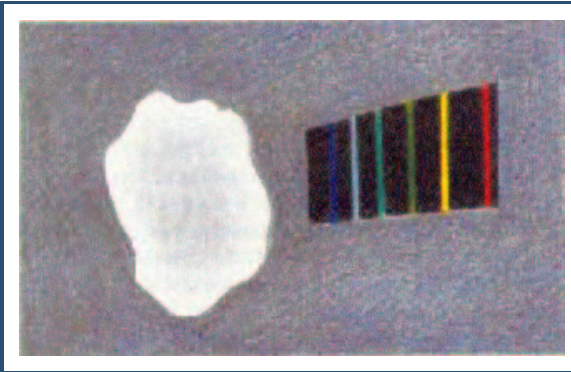
● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion

# Les spectres de raies d'émission

## ■ Conditions de création :



- **Quand des ions et/ou des molécules d'un gaz peu dense est excité d'une façon quelconque (collisionnelle, électriquement, chaleur ou par la lumière elle-même), le gaz émet certaines longueurs d'onde discrètes. Certain nebuleuses gazeuses ou les nebuleuses planétaires sont de bons exemples de ceci.**

## ■ Exemple :

Les régions HII, les nébuleuses planétaires, les lampes à sodium des parkings.

## ■ Remarque :

Comme la température du gaz est bien inférieure à celle de la source S, il émet bien moins qu'il n'absorbe et ses raies paraissent obscures, par contraste.

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● Les spectres de raies et de bandes d'absorption

● **Les spectres de raies d'émission**

● Récapitulation

Utilisation des spectres

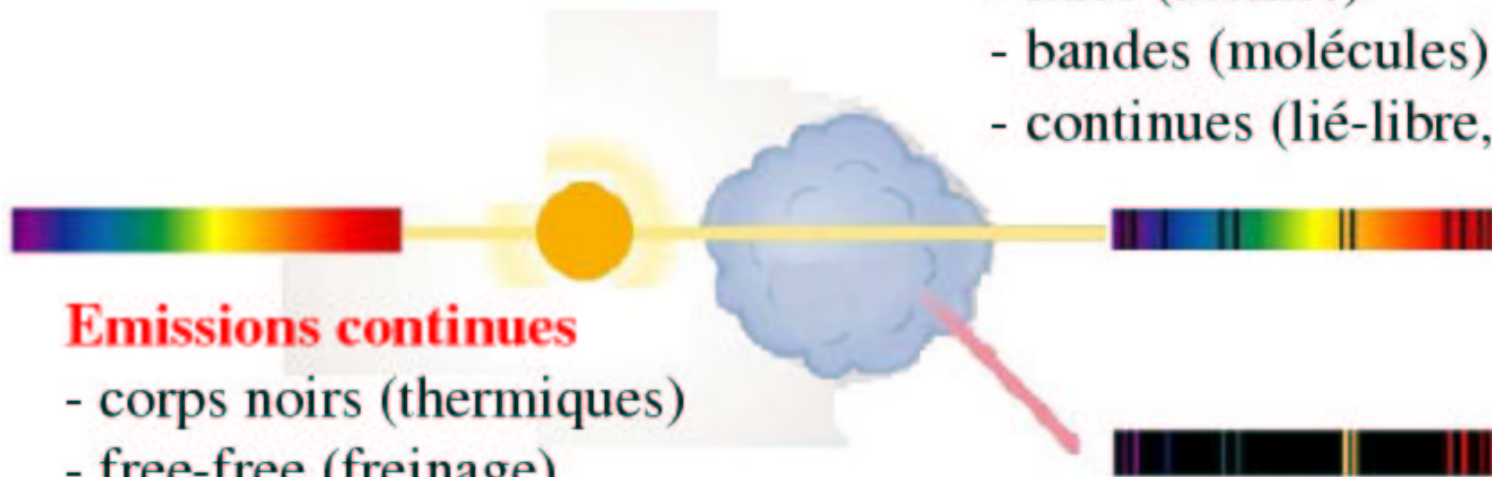
Conclusion

## Emissions et absorptions

rappel

### Absorptions

- raies (atomes)
- bandes (molécules)
- continues (lié-libre, poussières)



### Emissions continues

- corps noirs (thermiques)
- free-free (freinage)
- synchrotron (magnétisme)

### Emissions discrètes

- raies (atomes)
- bandes (molécules)

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

● Les spectres continus d'émission

● Les spectres de raies et de bandes d'absorption

● Les spectres de raies d'émission

● Récapitulation

Utilisation des spectres

Conclusion



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

---

La loi du bout de métal chaud

---

Qu'est-ce qu'un spectre ?

---

Les types de spectres

---

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

---

# Utilisation des spectres

# Le profil de raie, outil des astrophysiciens

## ■ Spectre obtenu par l'appareil photo :



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

● **Le profil de raie, outil des astrophysiciens**

● Le type spectral des étoiles

● Le type spectral des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● Constitution des étoiles selon leur type spectral

● L'analyse chimique des nébuleuses planétaires

● L'analyse chimique des comètes (noyau)

● L'analyse chimique des comètes (queue)

● L'analyse chimique des comètes

● Mesure de la vitesse radiale

● Température et densité électronique des nébuleuses

● Température et densité électronique des nébuleuses

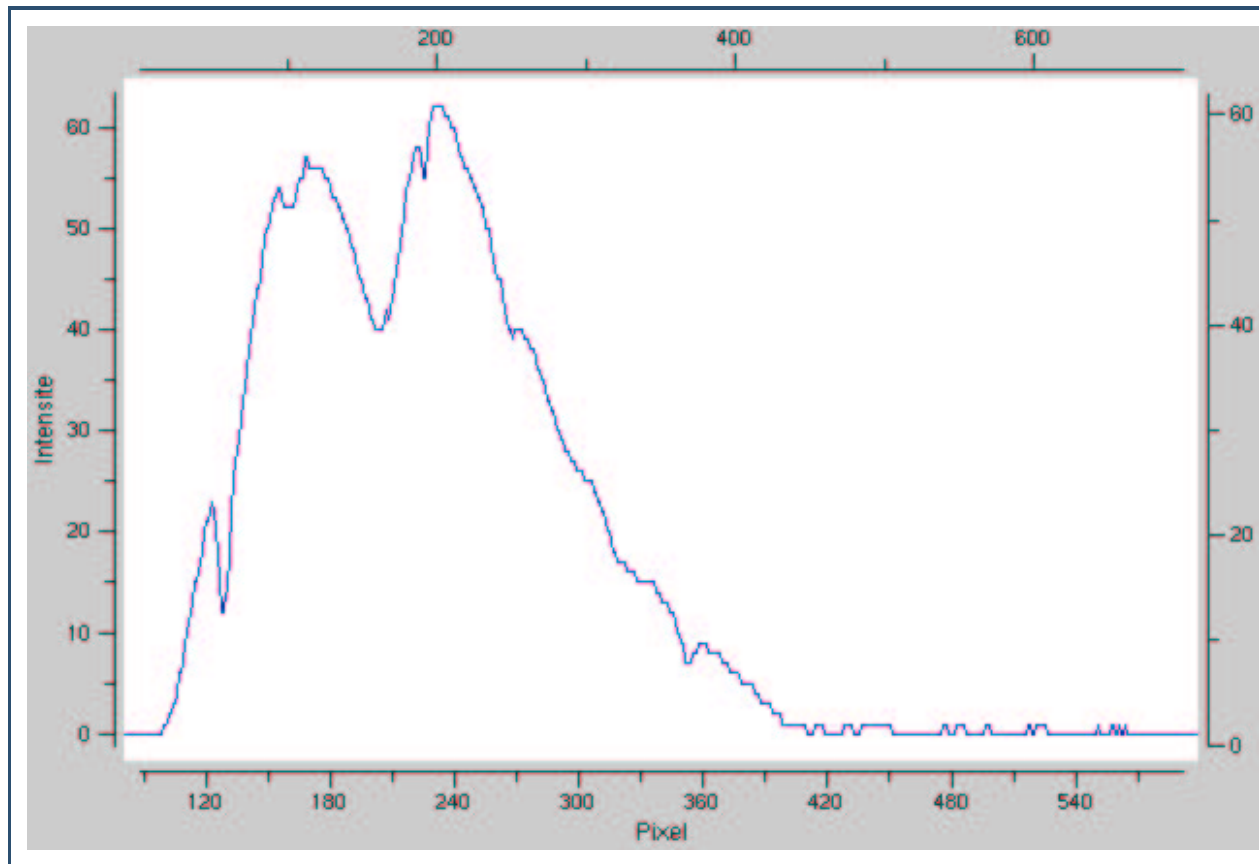
Conclusion

# Le profil de raie, outil des astrophysiciens

## ■ Spectre obtenu par l'appareil photo :



## ■ Tracé du profil de raie :



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

● **Le profil de raie, outil des astrophysiciens**

● Le type spectral des étoiles

● Le type spectral des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● Constitution des étoiles selon leur type spectral

● L'analyse chimique des nébuleuses planétaires

● L'analyse chimique des comètes (noyau)

● L'analyse chimique des comètes (queue)

● L'analyse chimique des comètes

● Mesure de la vitesse radiale

● Température et densité électronique des nébuleuses

● Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

# Le type spectral des étoiles

- Rappel : la couleur renseigne sur la température.

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

---

La loi du bout de métal chaud

---

Qu'est-ce qu'un spectre ?

---

Les types de spectres

---

Utilisation des spectres

---

● Le profil de raie, outil des  
astrophysiciens

● **Le type spectral des étoiles**

● Le type spectral des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● Constitution des étoiles selon  
leur type spectral

● L'analyse chimique des  
nébuleuses planétaires

● L'analyse chimique des comètes  
(noyau)

● L'analyse chimique des comètes  
(queue)

● L'analyse chimique des comètes

● Mesure de la vitesse radiale

● Température et densité  
électronique des nébuleuses

● Température et densité  
électronique des nébuleuses

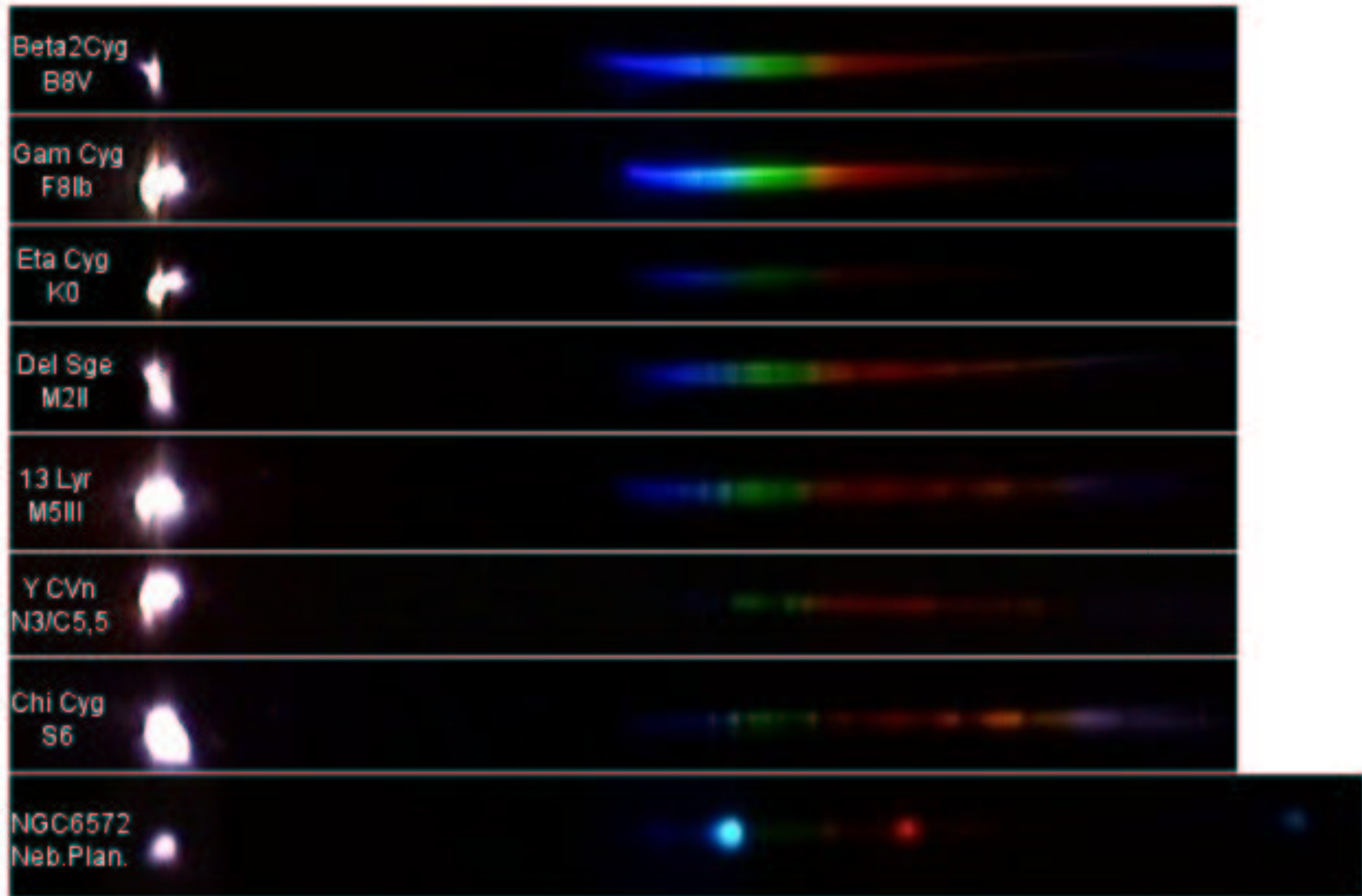
Conclusion

---



# Le type spectral des étoiles

- Rappel : la couleur renseigne sur la température.
- Quant est-il pour les étoiles ?



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

● Le profil de raie, outil des astrophysiciens

● Le type spectral des étoiles

● Le type spectral des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● Constitution des étoiles selon leur type spectral

● L'analyse chimique des nébuleuses planétaires

● L'analyse chimique des comètes (noyau)

● L'analyse chimique des comètes (queue)

● L'analyse chimique des comètes

● Mesure de la vitesse radiale

● Température et densité électronique des nébuleuses

● Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

# Le type spectral des étoiles

- On a donc classé les étoiles d'après leur température :

*W* — *O* — *B* — *A* — *F* — *G* — *K* — *M*  
*Willie,*   *Oh*   *Be*   *A*   *Fine*   *Girl*   *Kiss*   *Me !*

- La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

# L'analyse chimique des étoiles

- La spectroscopie, késako ?

Introduction

---

La loi du bout de métal chaud

---

Qu'est-ce qu'un spectre ?

---

Les types de spectres

---

Utilisation des spectres

---

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

---

- **À chaque raie d'absorption ou d'émission correspond une espèce chimique.**

# L'analyse chimique des étoiles

- La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

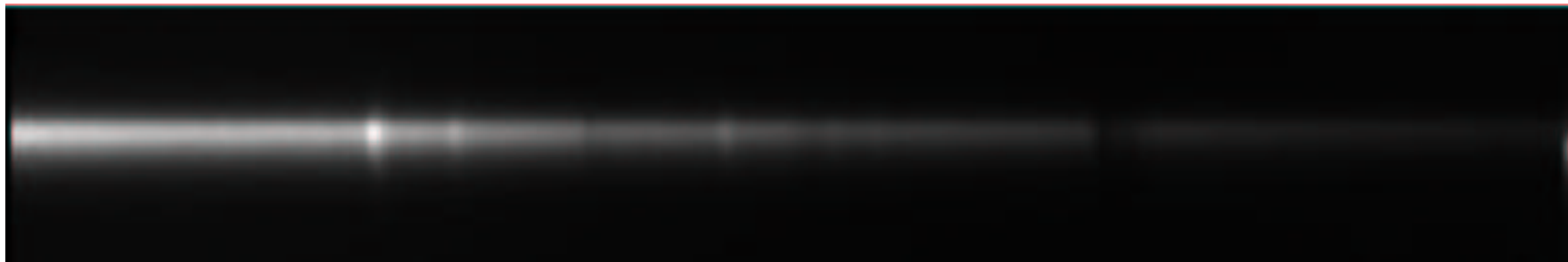
Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

- À chaque raie d'absorption ou d'émission correspond une espèce chimique.
- Spectre obtenu de l'étoile  $\beta$  de la Lyre :



# L'analyse chimique des étoiles

- La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

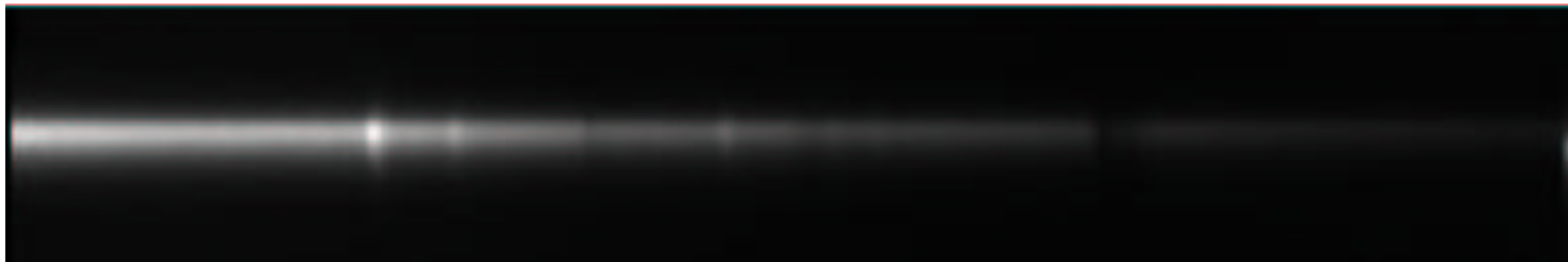
Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

- À chaque raie d'absorption ou d'émission correspond une espèce chimique.
- Spectre obtenu de l'étoile  $\beta$  de la Lyre :



- On trace ensuite le profil de raie et on l'étalonne en longueur d'onde pour retrouver les espèces chimiques associées aux raies :

# L'analyse chimique des étoiles

- La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

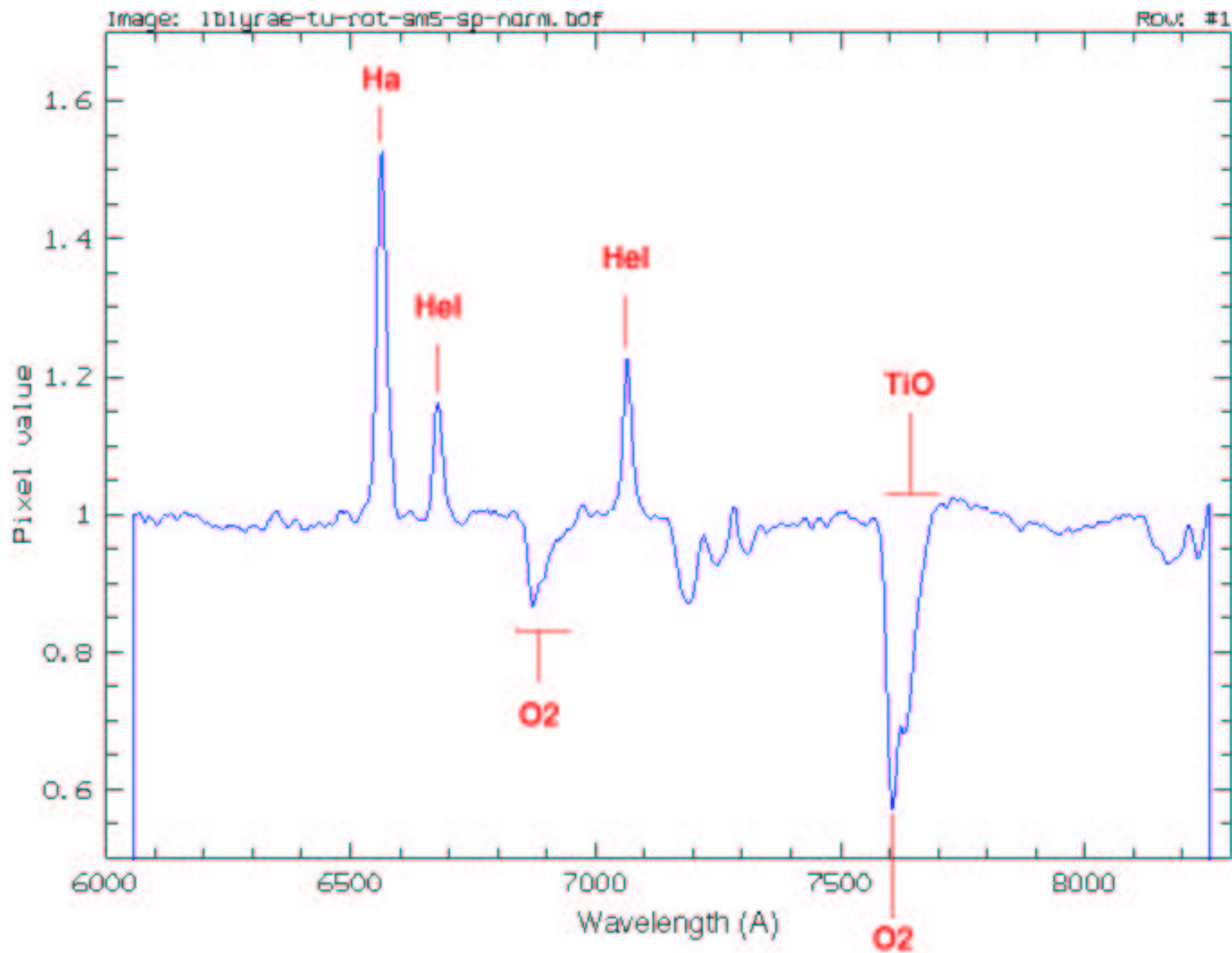
Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion



esao-midas version: 04FEB date: No. 17 Jan 2005 15:38

User: maurclair

# Constitution des étoiles selon leur type spectral

Type spectral	Couleur	T (K)	Espèces atomiques	Exemples
<b>O</b>	bleu-blanc	30 000	peu de raies en absorption, $\text{He}^+$ , $\text{X}^{3+}$ , H très faible	<i>Naos</i>
<b>B</b>	bleu-blanc	12 000 - 25 000	He, H	<i>Rigel</i> , <i>Spica</i>
<b>A</b>	bleu-blanc	7 500 – 11 000	H fort, $\text{Mg}^+$ , $\text{Si}^+$ , $\text{Fe}^+$ , $\text{Ti}^+$ , $\text{Ca}^+$ , métaux neutres.	<i>Sirius</i> , <i>Vega</i>
<b>F</b>	blanc	6 000 – 7 500	H, métaux <sup>+</sup> et neutres	<i>Canopus</i> , <i>Procyon</i>
<b>G</b>	blanc-jaune	5 000 – 6 000	$\text{Ca}^+$ , métaux <sup>+</sup> et neutres	<i>Soleil</i> , <i>Capella</i>
<b>K</b>	jaune-orange	3 500 – 5 000	métaux neutres	<i>Acturus</i> , <i>Aldébaran</i>
<b>M</b>	rouge	3 500	métaux neutres et molécules	<i>Bételgeuse</i> , <i>Antarès</i>

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

● Le profil de raie, outil des astrophysiciens

● Le type spectral des étoiles

● Le type spectral des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● L'analyse chimique des étoiles

● Constitution des étoiles selon leur type spectral

● L'analyse chimique des nébuleuses planétaires

● L'analyse chimique des comètes (noyau)

● L'analyse chimique des comètes (queue)

● L'analyse chimique des comètes

● Mesure de la vitesse radiale

● Température et densité électronique des nébuleuses

● Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

# L'analyse chimique des nébuleuses planétaires

- La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

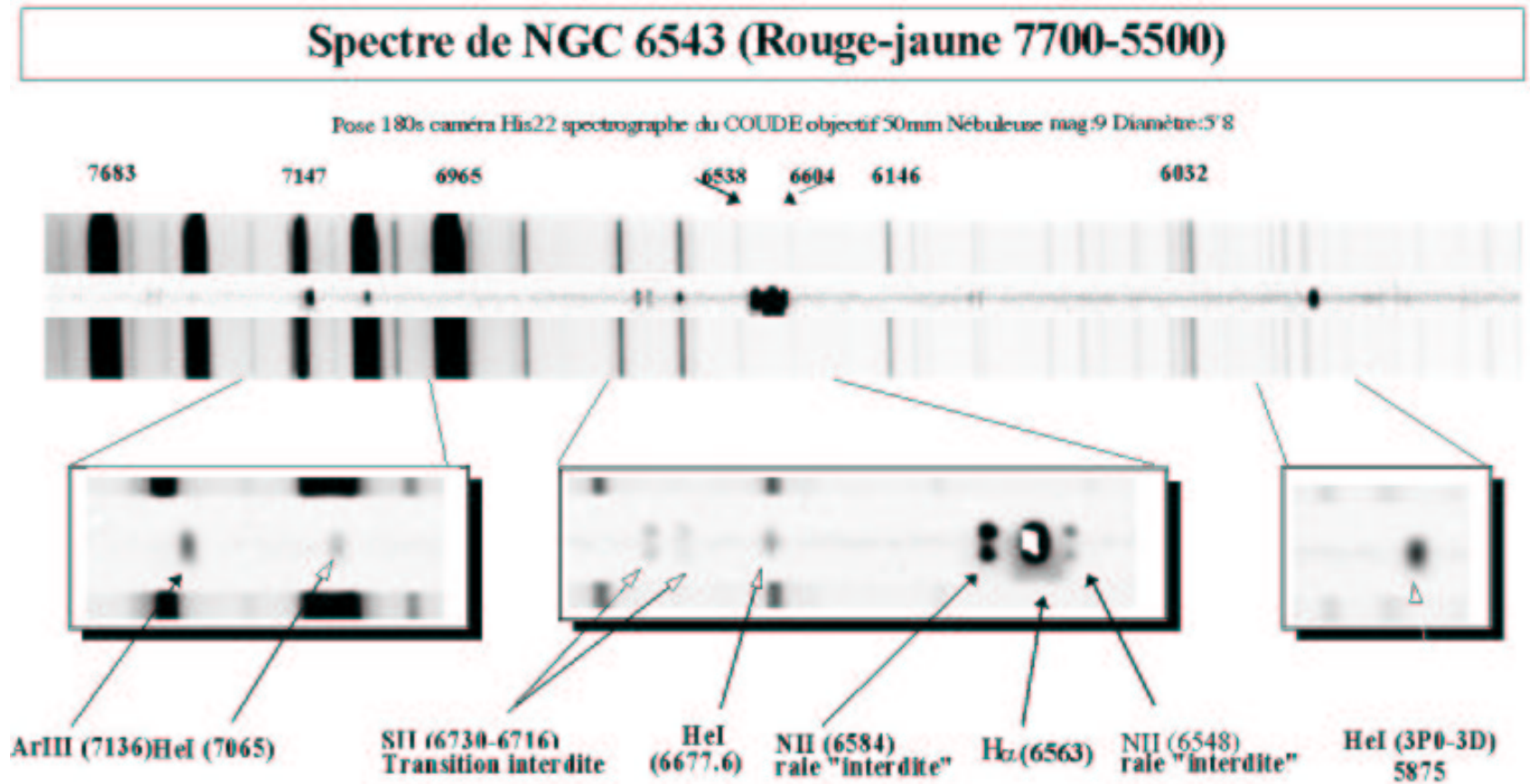
Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

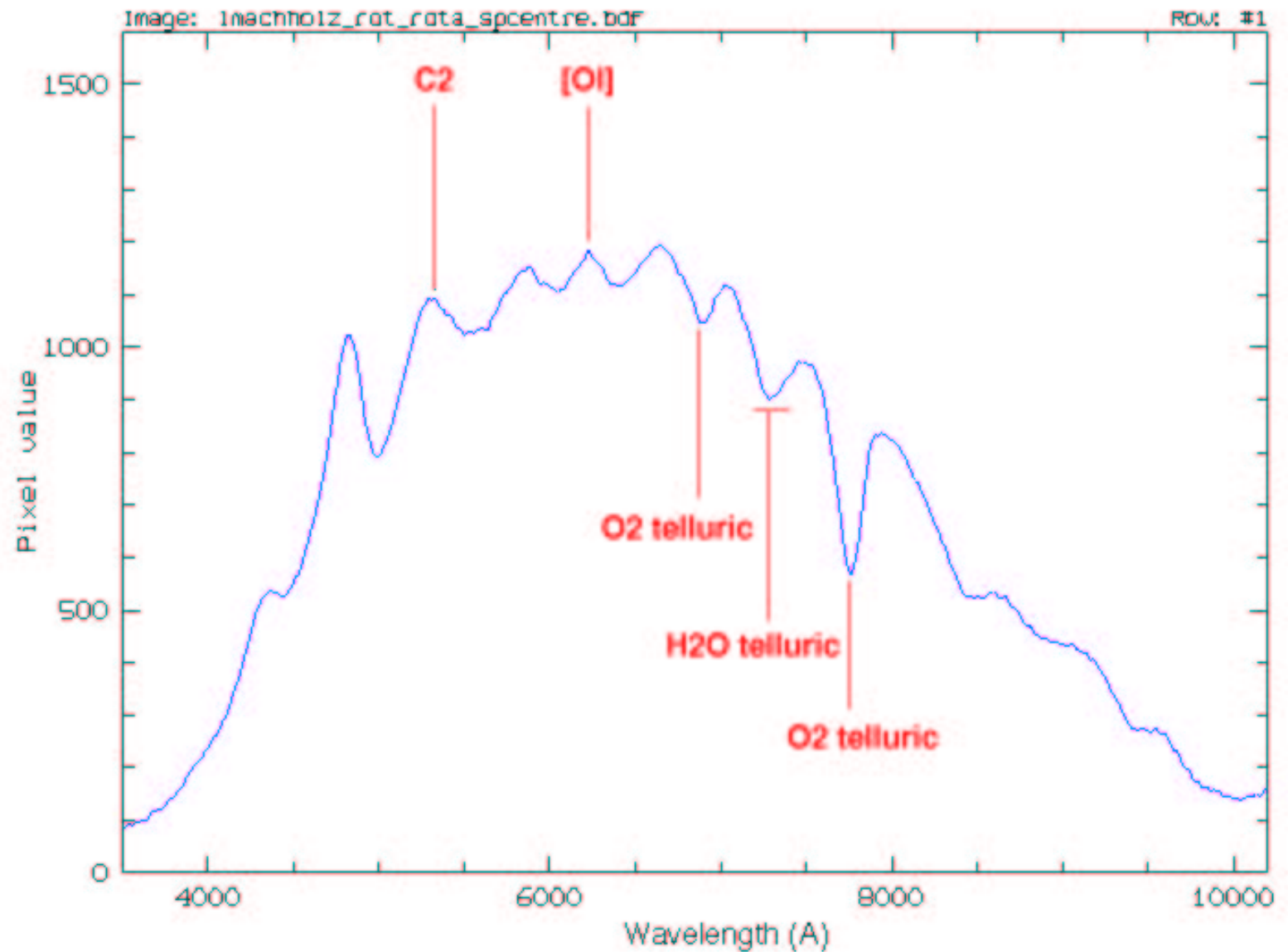
- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion





# L'analyse chimique des comètes (noyau)



esao/idas version: 04FEB date: Tu, 11 Jan 2005 15:29 User: maucclair

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

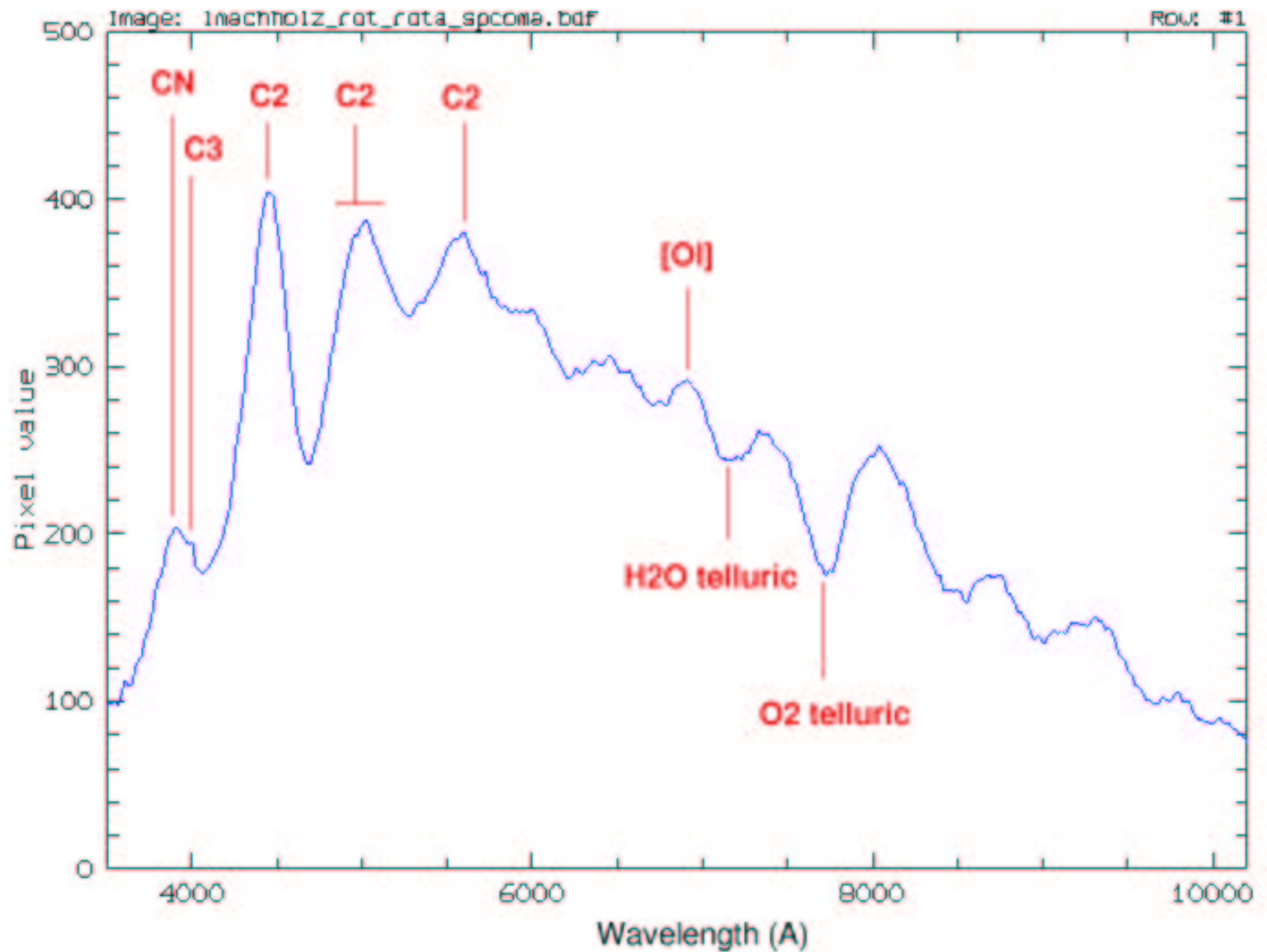
Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- **L'analyse chimique des comètes (noyau)**
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

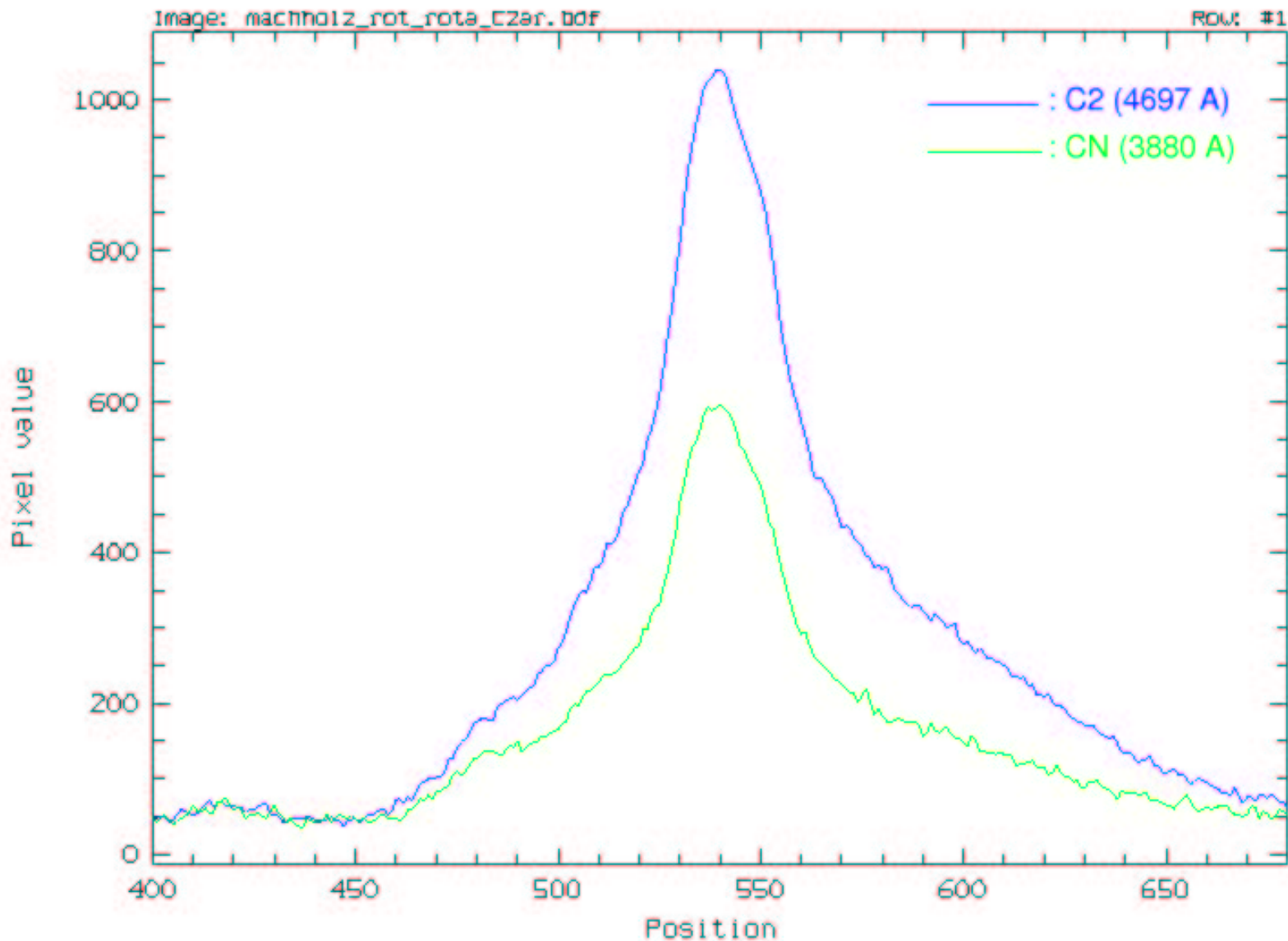
# L'analyse chimique des comètes (queue)



eso-midas version: 04FEB date: Tu, 11 Jan 2005 15:07 User: maucclair

- La spectroscopie, késako ?
- Introduction
- La loi du bout de métal chaud
- Qu'est-ce qu'un spectre ?
- Les types de spectres
- Utilisation des spectres
- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- **L'analyse chimique des comètes (queue)**
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Conclusion

# L'analyse chimique des comètes



esao-midas version: 04FEB date: Wed, 19 Jan 2005 16:13 User: maucclair

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

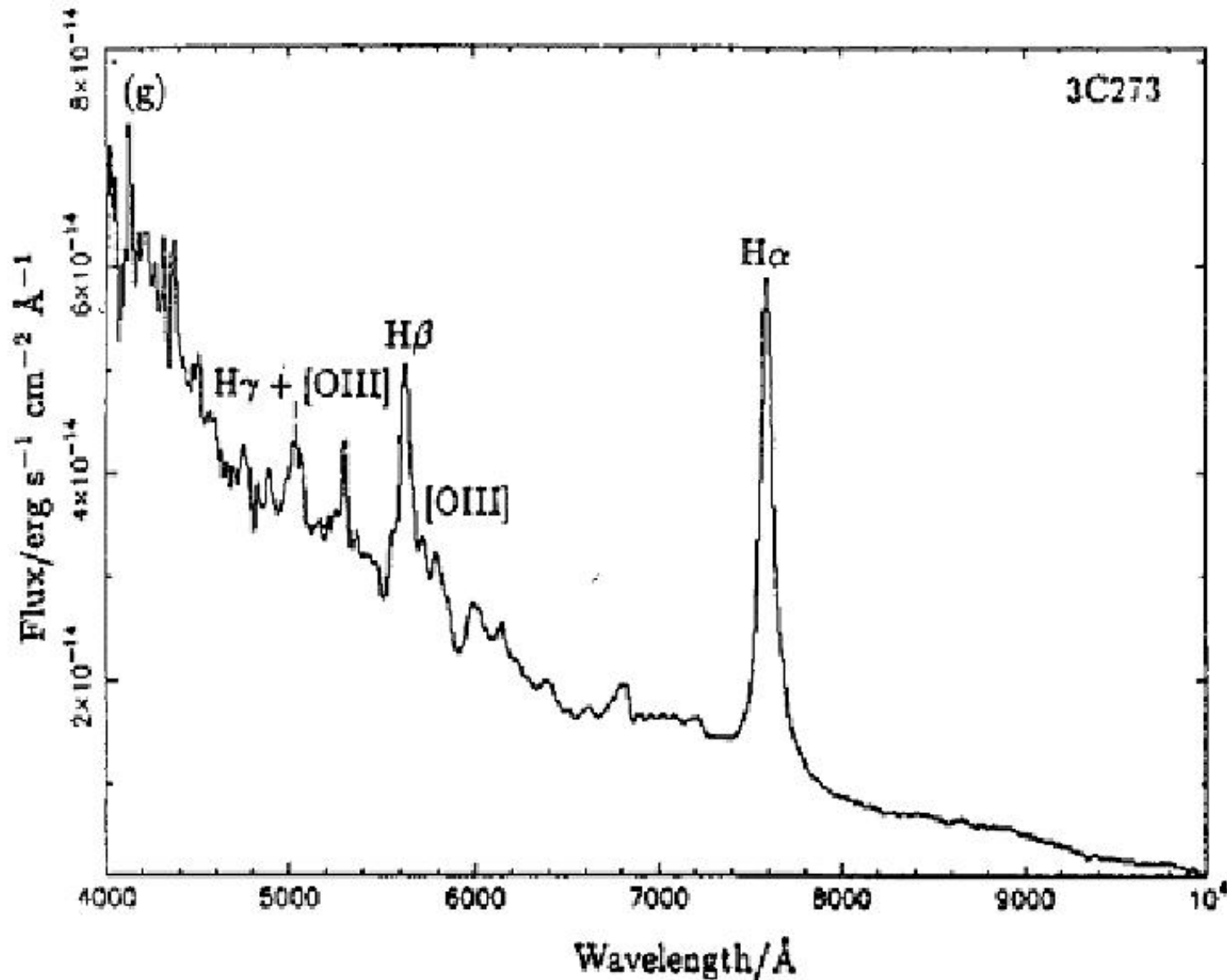
Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- **L'analyse chimique des comètes**
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

# Mesure de la vitesse radiale



● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

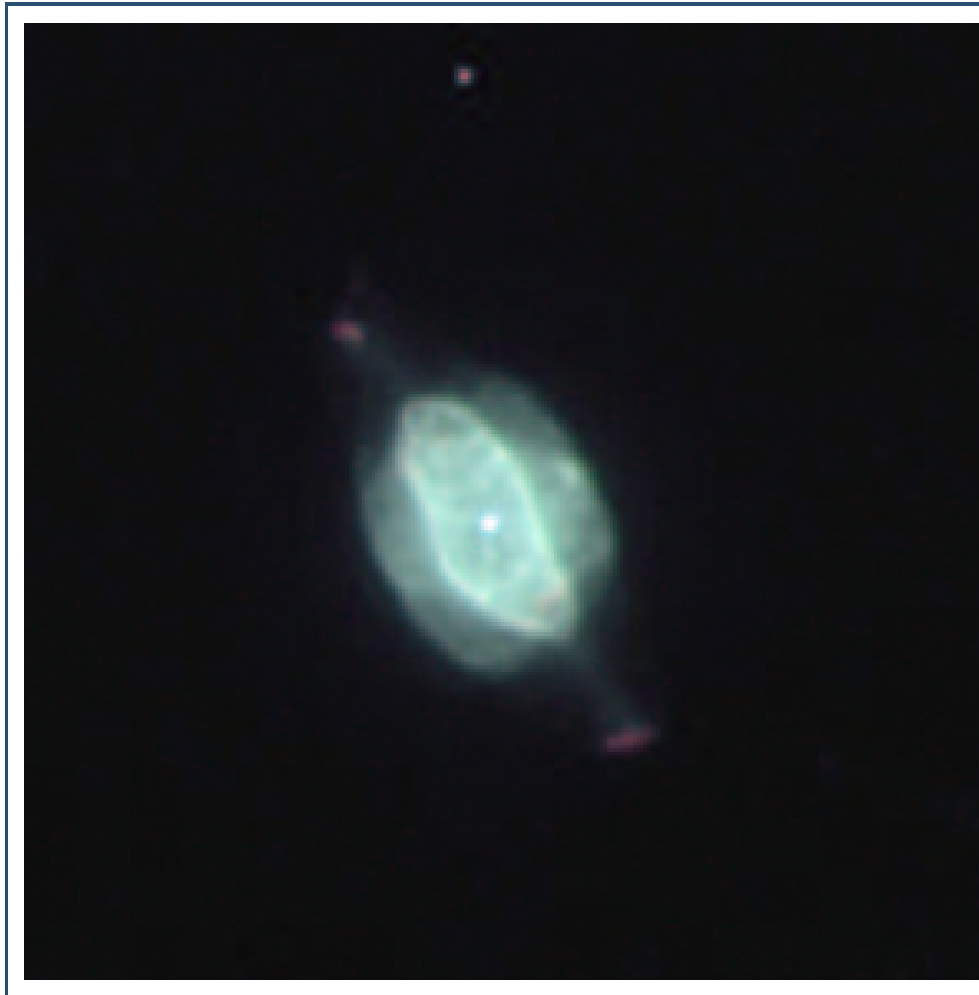
Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

# Température et densité électronique des nébuleuses



$$\frac{I_{\lambda 4959} + I_{\lambda 5007}}{I_{\lambda 4363}} = f(T_e, N_e) \text{ et } \frac{I_{\lambda 6548} + I_{\lambda 6584}}{I_{\lambda 5755}} = g(T_e, N_e)$$

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- **Température et densité électronique des nébuleuses**
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion

# Température et densité électronique des nébuleuses

- La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

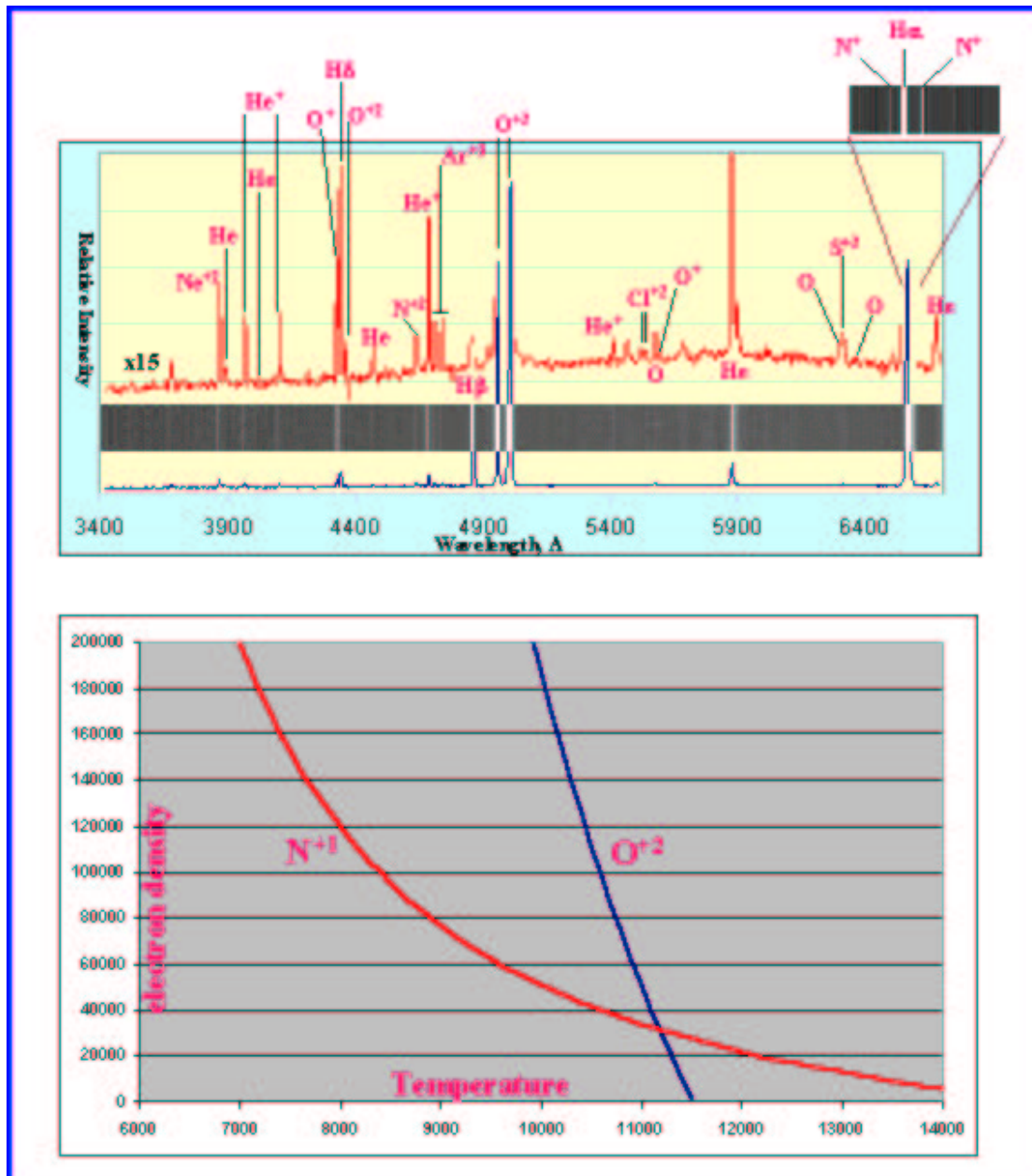
Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

- Le profil de raie, outil des astrophysiciens
- Le type spectral des étoiles
- Le type spectral des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- L'analyse chimique des étoiles
- Constitution des étoiles selon leur type spectral
- L'analyse chimique des nébuleuses planétaires
- L'analyse chimique des comètes (noyau)
- L'analyse chimique des comètes (queue)
- L'analyse chimique des comètes
- Mesure de la vitesse radiale
- Température et densité électronique des nébuleuses
- Température et densité électronique des nébuleuses

Conclusion





● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

**Conclusion**

● Pour aller plus loin

# Conclusion

# Pour aller plus loin

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

● Pour aller plus loin

- Jeux optiques avec des disques compacts :  
[http ://astro.u-strasbg.fr/ koppen/spectro/spectrof.html](http://astro.u-strasbg.fr/koppen/spectro/spectrof.html)

*Document réalisé avec LaTeX.*



# Pour aller plus loin

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

● Pour aller plus loin

- Jeux optiques avec des disques compacts :  
<http://astro.u-strasbg.fr/koppen/spectro/spectrof.html>
- Débuter en spectro, étapes par étapes de A à Z :  
<http://www.astrosurf.com/buil/us/stage/tutorial.htm>

*Document réalisé avec LaTeX.*

# Pour aller plus loin

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

● Pour aller plus loin

- Jeux optiques avec des disques compacts :  
<http://astro.u-strasbg.fr/koppen/spectro/spectrof.html>
- Débuter en spectro, étapes par étapes de A à Z :  
<http://www.astrosurf.com/buil/us/stage/tutorial.htm>
- Page des spectres de M. Gavin :  
<http://www.astroman.fsnet.co.uk/spectro.htm>

*Document réalisé avec LaTeX.*

# Pour aller plus loin

● La spectroscopie, késako ?

Introduction

La loi du bout de métal chaud

Qu'est-ce qu'un spectre ?

Les types de spectres

Utilisation des spectres

Conclusion

● Pour aller plus loin

- Jeux optiques avec des disques compacts :  
<http://astro.u-strasbg.fr/koppen/spectro/spectrof.html>
- Débuter en spectro, étapes par étapes de A à Z :  
<http://www.astrosurf.com/buil/us/stage/tutorial.htm>
- Page des spectres de M. Gavin :  
<http://www.astroman.fsnet.co.uk/spectro.htm>
- Introduction à l'analyse spectrale :  
<http://bmauclaire.free.fr/astronomie/spectro/>

*Document réalisé avec LaTeX.*