

# La lumière, messagère cosmique

*Bienvenue!*

*Nous allons commencer dans quelques minutes.*

# À la découverte de l'Univers

## Programme de formation en astronomie pour les enseignants et animateurs

- ★ **GRATUIT**, en français et anglais
- ★ **Disponible partout au Canada et dans le monde!**

### Merci à:



Dunlap Institute for  
Astronomy & Astrophysics  
**UNIVERSITY OF TORONTO**



**CRAQ**  
Comprendre l'Univers

# Prochaines formations



**Webinaire: Voyage interstellaire  
vers de nouveaux mondes  
- 8 mai 2018**



**Formations en personne à  
Toronto (28 avril) et Victoria (23  
et 24 mai)**

À la découverte de l'Univers

# Contact

[www.decouvertedelunivers.ca](http://www.decouvertedelunivers.ca)

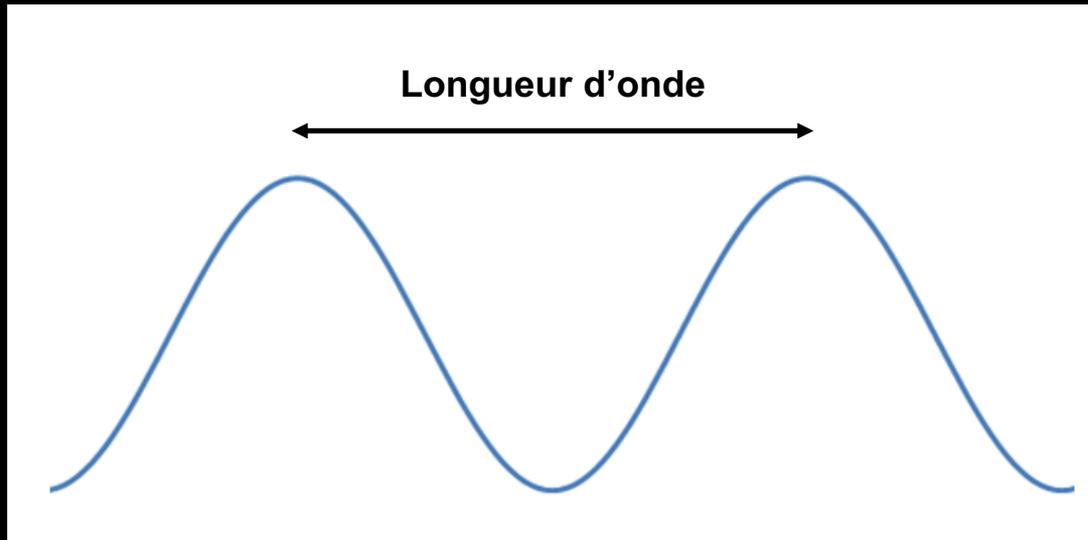


# La lumière, messagère cosmique

# Qu'est-ce que la lumière?

# Qu'est-ce que la lumière?

★ La lumière est une onde électromagnétique...



★ ET une particule (photon).

# Vitesse de la lumière

- ★ Dans le vide, la lumière voyage à 300 000 km/s.
- ★ Selon la théorie de relativité d'Einstein, rien ne peut voyager plus vite que la lumière.
- ★ La vitesse de la lumière est utilisée pour calculer les distances en astronomie:
  - une année-lumière est la distance parcourue par la lumière en un an.

*La lumière, messagère cosmique*

# **Télescope = machine à voyager dans le temps**

**La lumière voyage vite, mais pas infiniment vite.**

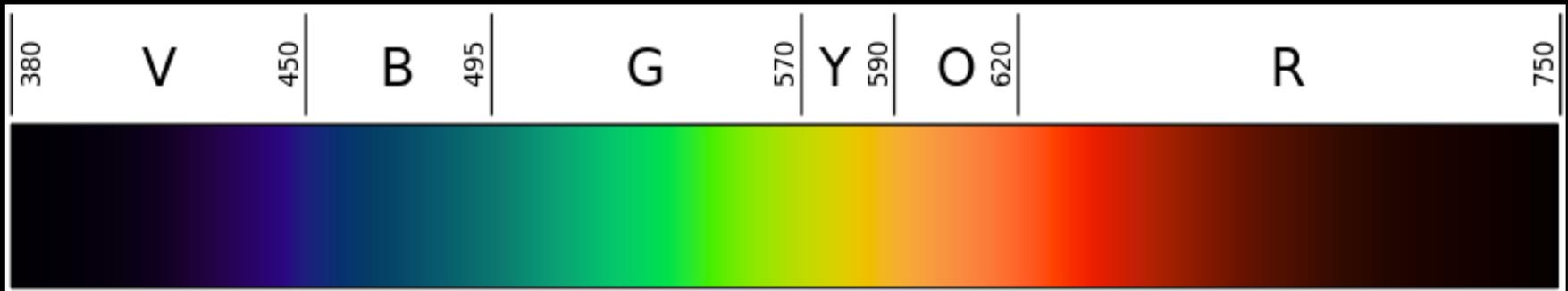
**Lorsque nous regardons un objet situé à 100 années-lumière, nous le voyons tel qu'il était il y a 100 ans.**

**Certaines des galaxies dans cette image sont à des milliards d'années-lumière de nous.**



# Lumière visible

Nos yeux perçoivent les différentes longueurs d'onde de la lumière sous différentes couleurs. Nous voyons les longueurs d'onde entre 400 et 700 nm environ.



**1 nm = 1 nanomètre =  $10^{-9}$  m = un millionième de mm**

*La lumière, messagère cosmique*

# Lumière visible

**La lumière blanche est composée de toutes les couleurs du spectre visible.**

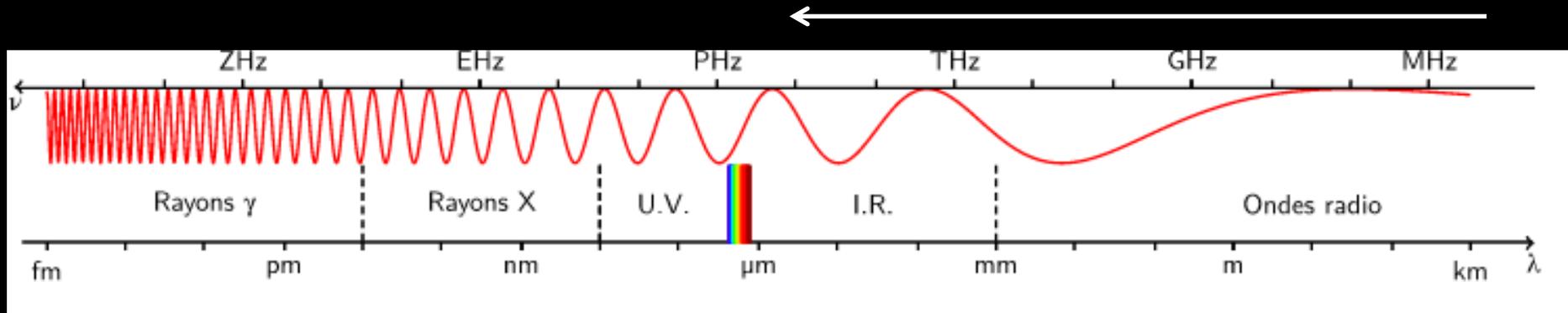


La lumière, messagère cosmique

# Spectre électromagnétique

La lumière visible est une toute petite partie de tout le spectre électromagnétique.

Fréquence augmente  
Énergie augmente



Longueur d'onde augmente

# Spectre électromagnétique

- ★ Rayons gamma
- ★ Rayons X
- ★ Ultraviolet
- ★ Infrarouge
- ★ Micro-ondes
- ★ Ondes radio

« Couleurs » que nos yeux ne peuvent pas percevoir.

**Radiation (rayonnement) : émission ou transmission d'énergie (pas nécessairement dangereux!)**

**Comment les différents types de lumière peuvent-ils nous renseigner sur les objets?**

*La lumière, messagère cosmique*

# Infrarouge



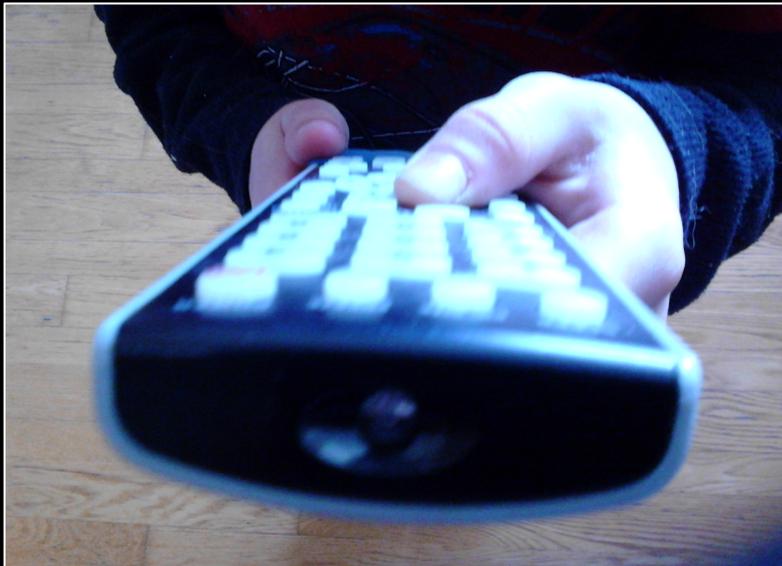
*La lumière, messagère cosmique*

# Infrarouge

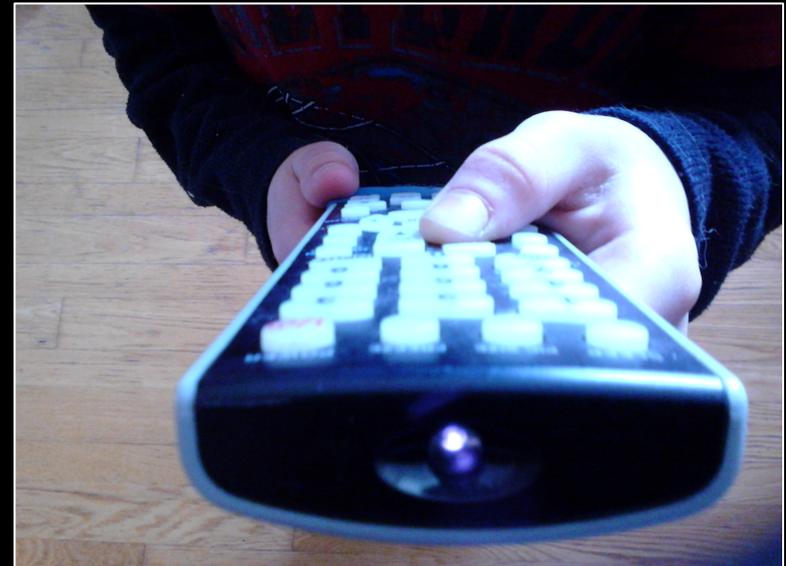


# Infrarouge - Expérience

**Les caméras numériques sont un peu sensibles à l'infrarouge et peuvent détecter les signaux émis par les télécommandes.**



**À l'œil**



**À travers une caméra**

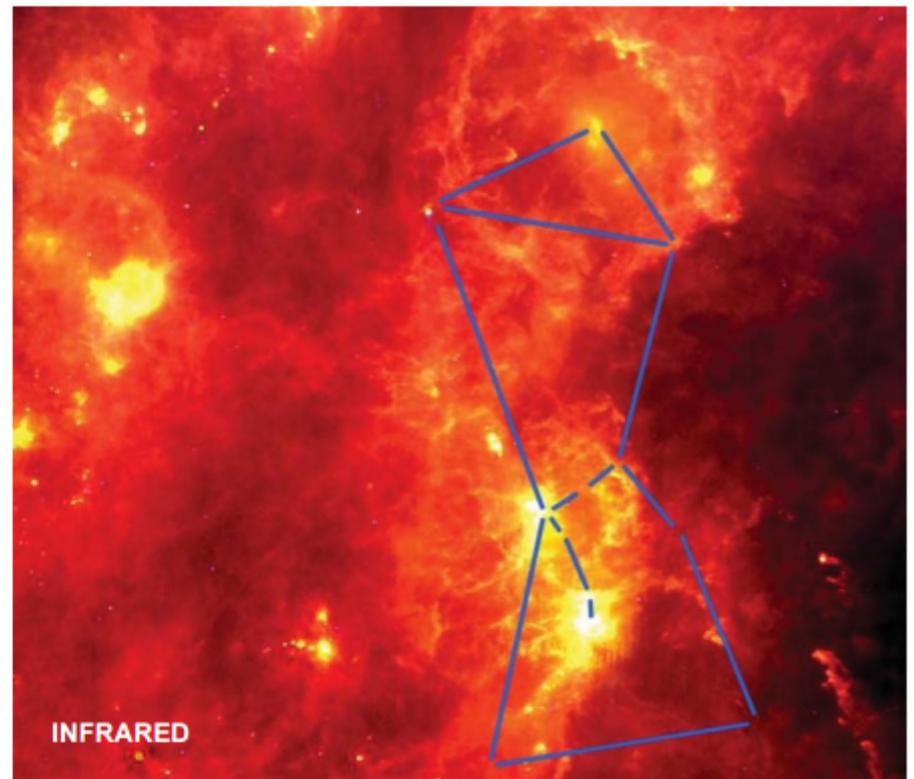
# **Infrarouge - Expérience**

**Vous pouvez l'essayer en classe ou avec un groupe.**

**Pour une fois, demandez à vos élèves de sortir leurs cellulaires, iPod, tablettes ou autre gadget électronique avec caméra!**

**Le signal peut être assez faible: demandez aux élèves de s'approcher et de bien s'aligner avec la lumière de la télécommande.**

*La lumière, messagère cosmique*  
**Ciel en infrarouge**



*La lumière, messagère cosmique*

# Ultraviolet



La lumière, messagère cosmique

# Le Soleil en visible et ultraviolet – Helioviewer.org

The screenshot displays the Helioviewer.org web application interface. At the top left is the logo and name "Helioviewer.org". To its right are several navigation icons (home, search, help, etc.) and a status bar showing coordinates "x: 2469'' y: 1118''".

The left sidebar contains several control panels:

- Observation Date:** Includes a date field set to "2017/09/05" and a time field set to "03:15:10 UTC". There is also a "NEWEST" button and a "Jump:" dropdown set to "1 Day".
- Images:** Features an "Add Layer" button and a list of image parameters: "HMI Int" (2017/09/05 03:14:50 UTC), "Opacity:" (slider), "Observatory:" (SDO), "Instrument:" (HMI), "Measurement:" (continuum), and "Difference" (No difference ima).
- Features and Events:** Includes a "HEK" section with a date "2017/09/05 03:15:10 UTC" and buttons for "check all" and "check none". Below this is a list of solar features with checkboxes: Active Regions (10), NOAA SWPC Observer (5), SPoCA (5), Coronal Cavities, Coronal Dimmings, Coronal Holes (3), SPoCA (3), Coronal Jets, and CMEs (0).

The main viewing area shows two side-by-side solar images. The left image is a white-light (visible) image of the Sun, showing dark sunspots. The right image is an ultraviolet image, showing the solar corona and various active regions in yellow and orange. A small "Earth Scale" box is visible above the right image.

La lumière, messagère cosmique

# Le Soleil en ultraviolet et visible – Helioviewer.org

Helioviewer.org x: 2120 " y: 19 "

Observation Date  
Date: 2017/09/05 03:15:10 UTC ○ NEWEST  
Jump: 1 Day

Images Add Layer

**AIA 171** 2017/09/05 03:14:57 UTC  
Opacity:   
Observatory: SDO  
Instrument: AIA  
Measurement: 171  
Difference: No difference ima

**HMI Int** 2017/09/05 03:14:50 UTC  
Opacity:   
Observatory: SDO  
Instrument: HMI  
Measurement: continuum  
Difference: No difference ima

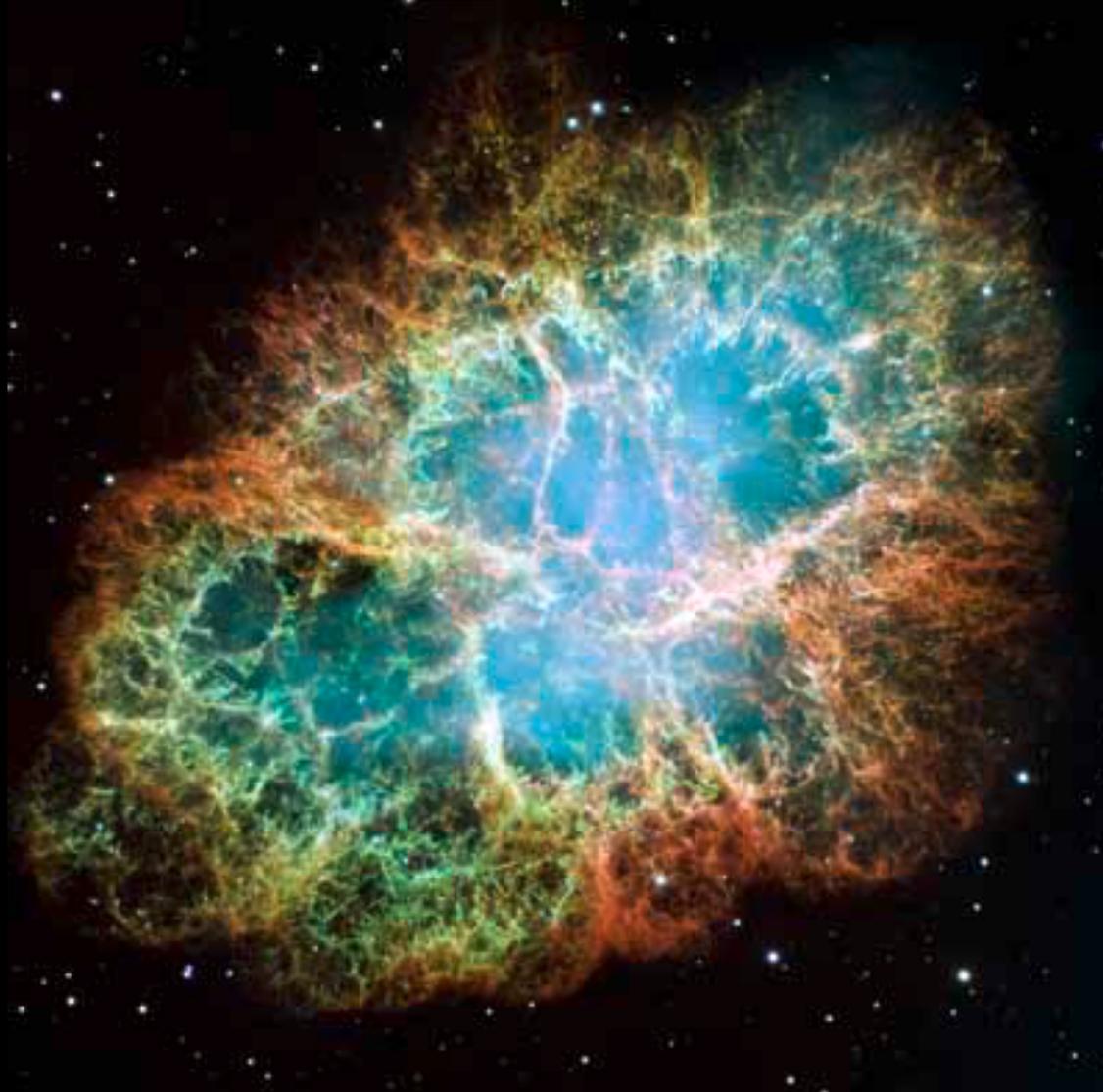
Features and Events  
**HEK** 2017/09/05 03:15:10 UTC  
 check all  check none  
Active Regions (10)

Data Sources

Earth Scale

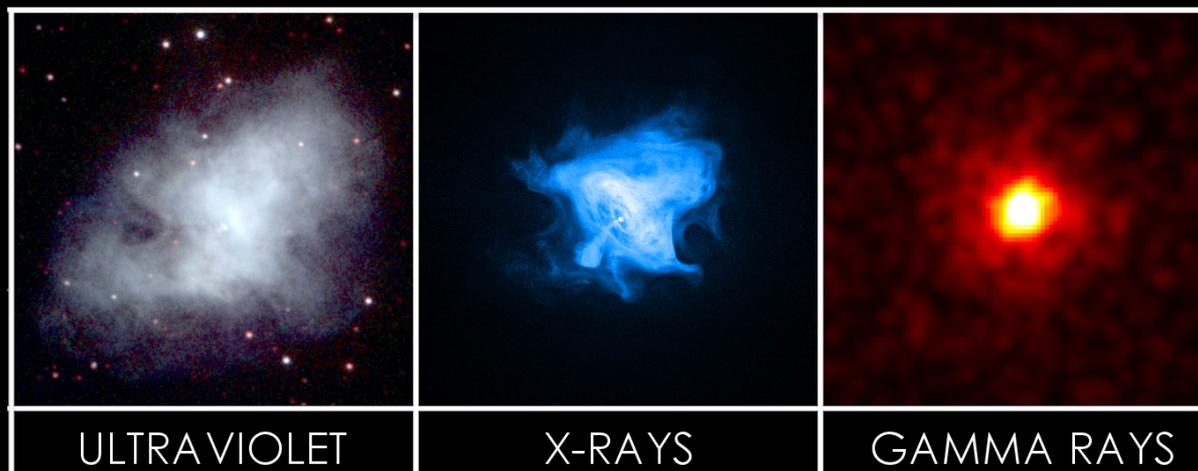
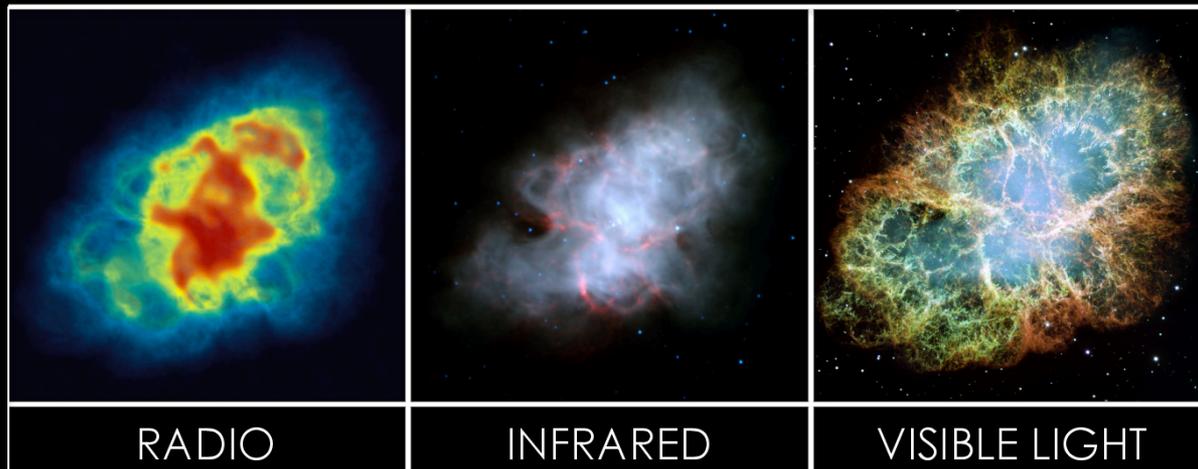
*La lumière, messagère cosmique*

# Nébuleuse du Crabe – M1



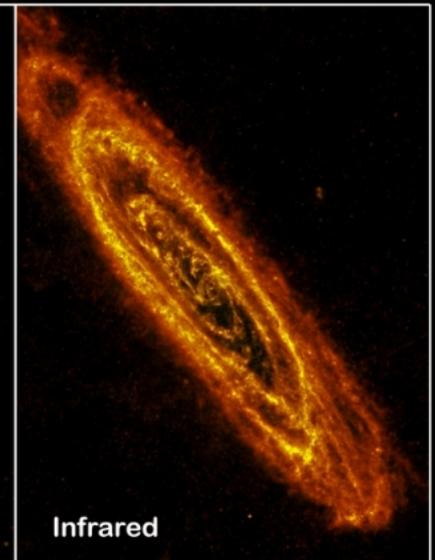
*La lumière, messagère cosmique*

# Nébuleuse du Crabe – M1



*La lumière, messagère cosmique*

# Galaxie d'Andromède



*La lumière, messagère cosmique*

# M51 – Galaxie du Tourbillon

Lumière visible

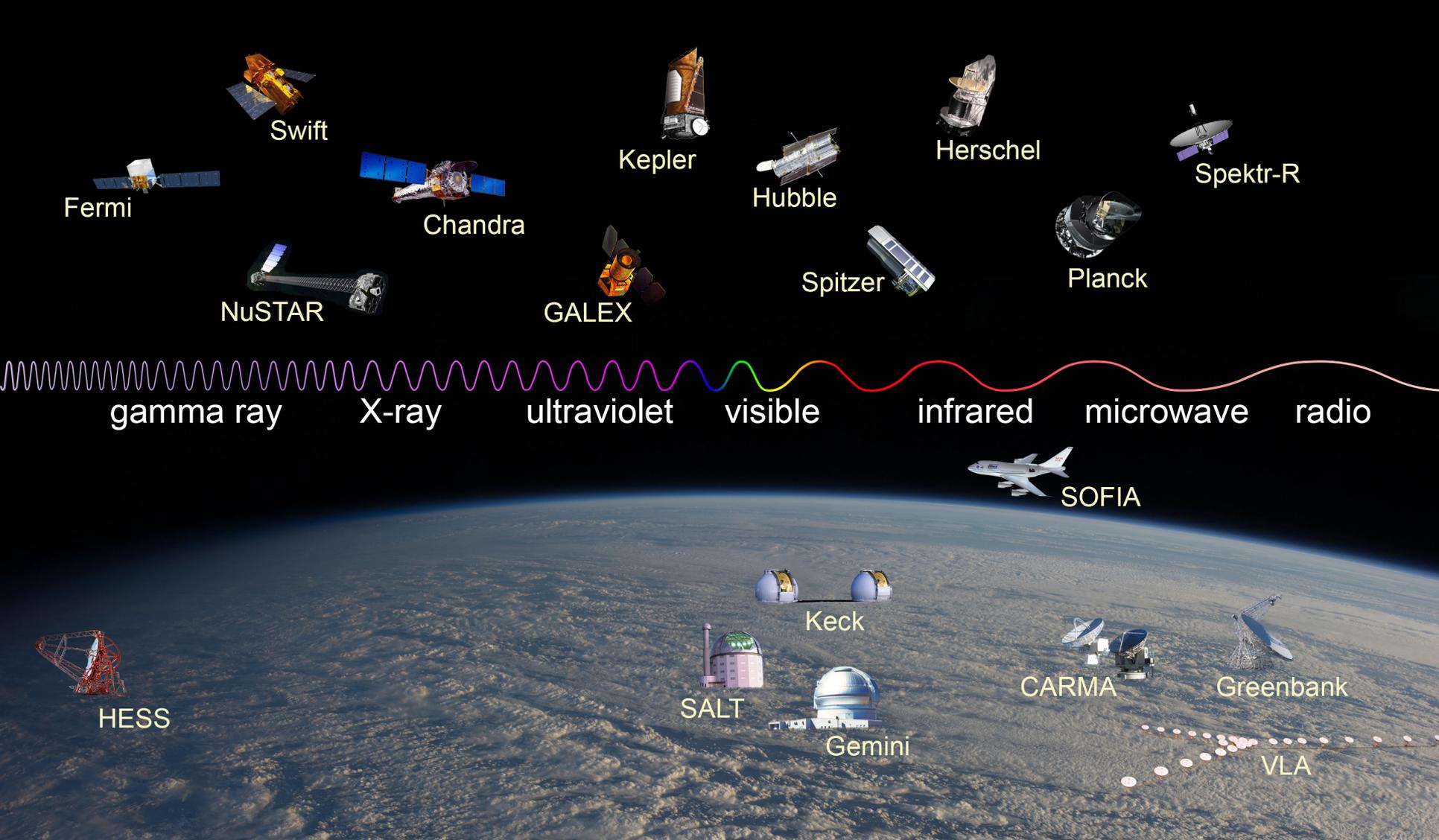


Rayons X

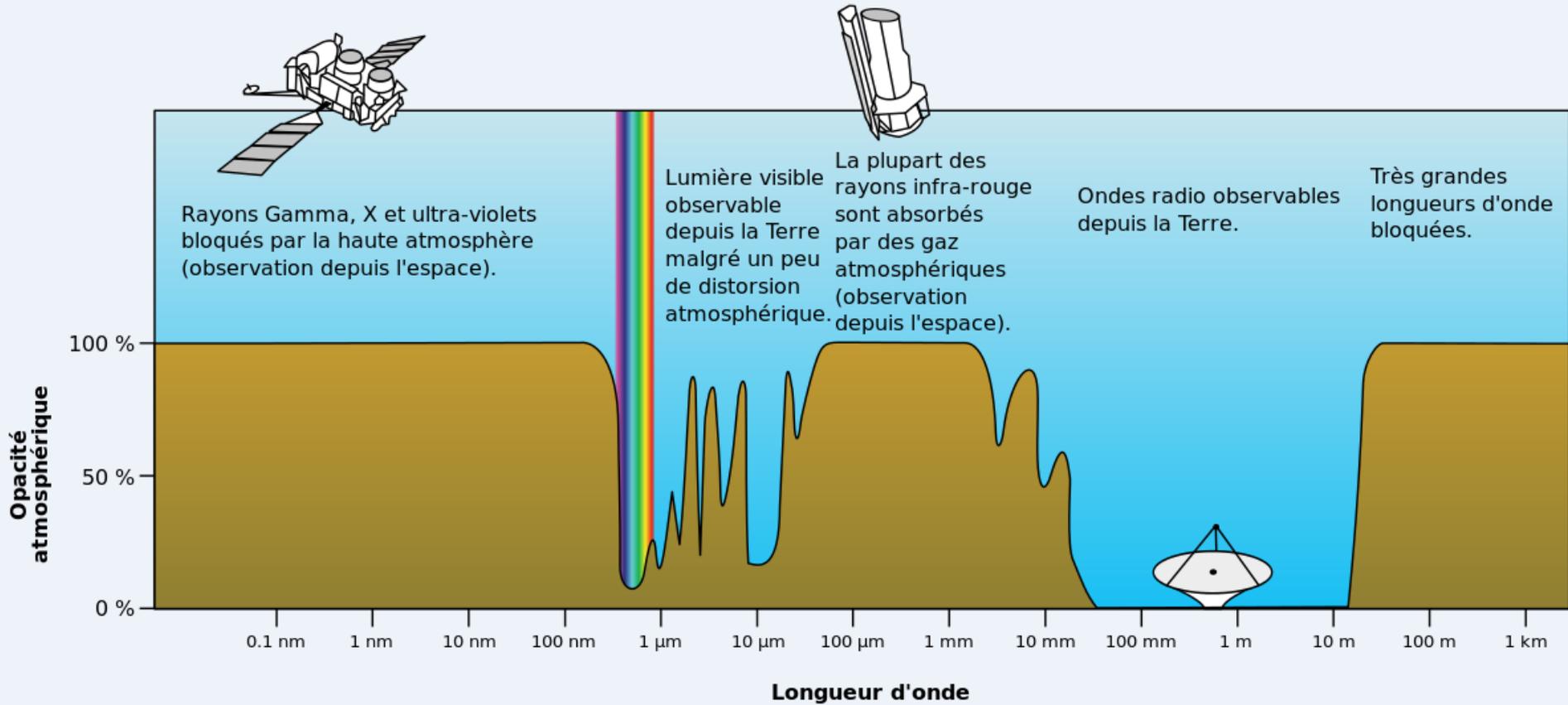


La lumière, messagère cosmique

# Télescopes



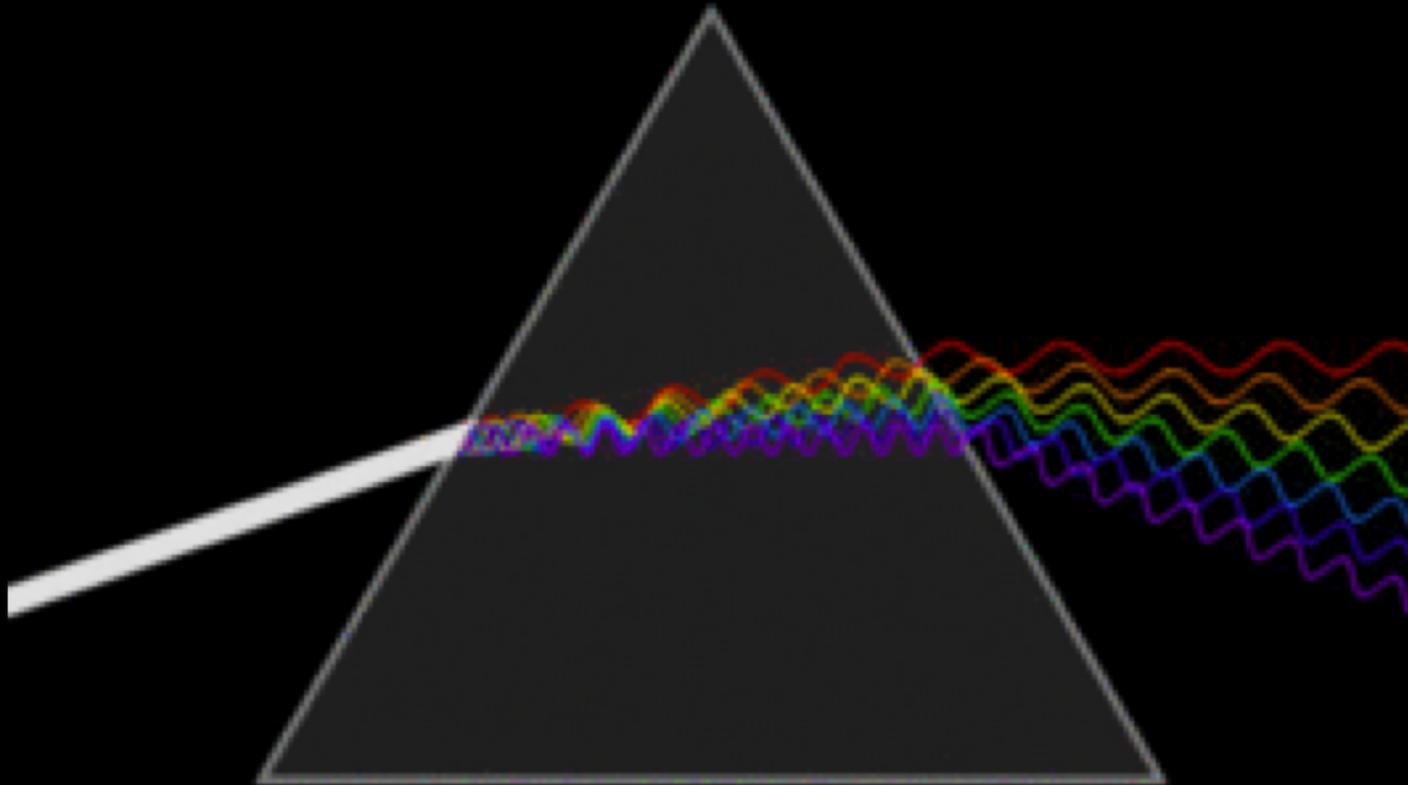
# Transparence de l'atmosphère



# La spectroscopie: décoder la lumière

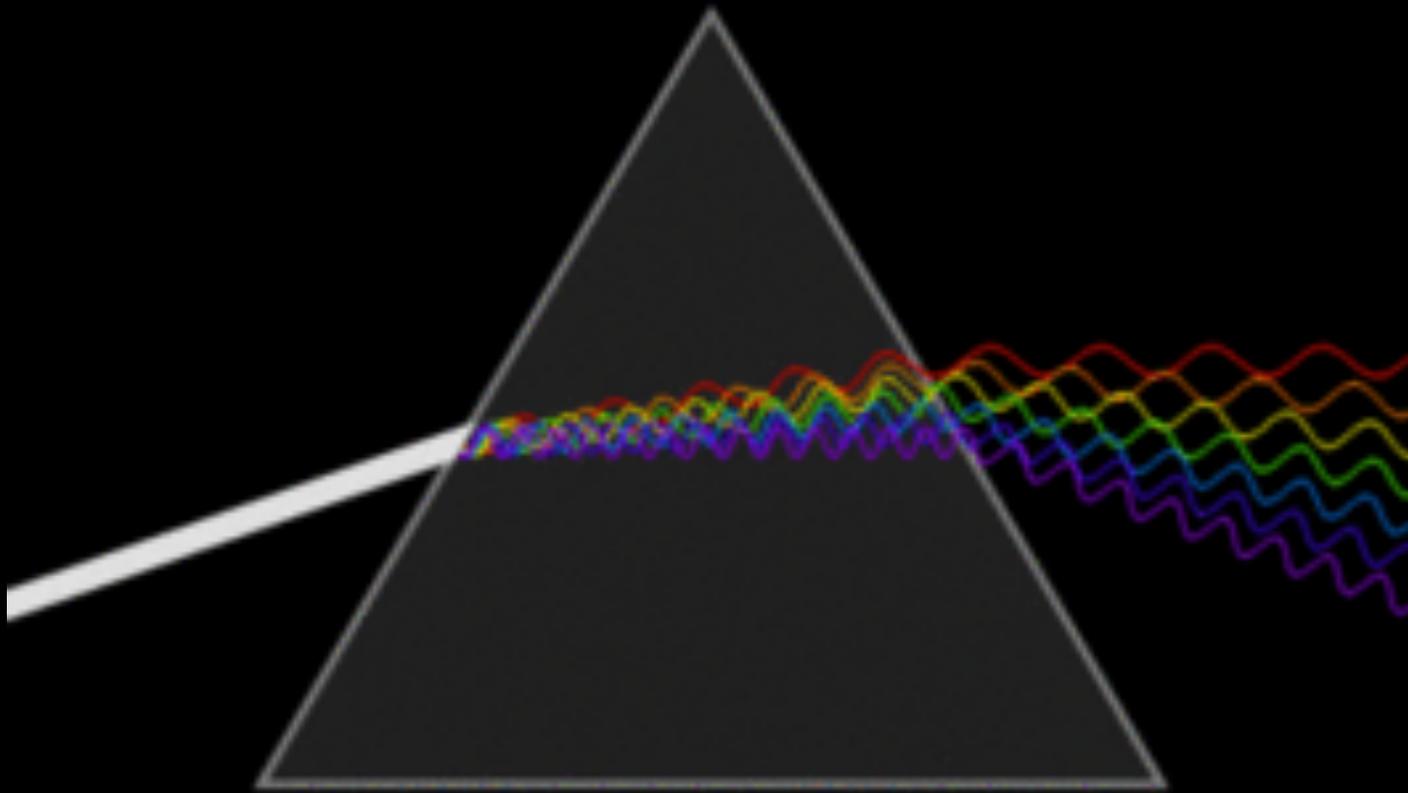
*La lumière, messagère cosmique*

# Spectroscopie



*La lumière, messagère cosmique*

# Spectroscopie



# Types de spectres

**Spectre continu**  
(produit par un objet  
chaud)



**Spectre d'émission**  
(produit par un gaz  
excité)



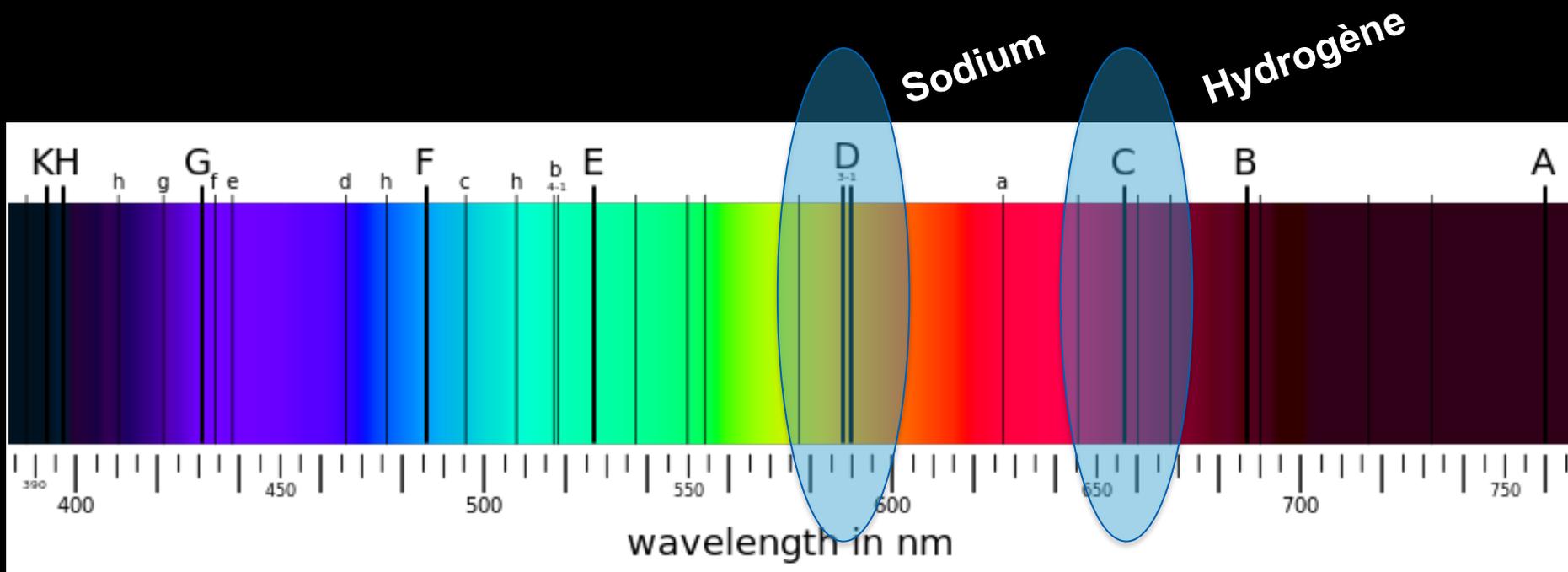
**Spectre d'absorption**  
(produit par un gaz  
illuminé par une source  
chaude)



**le plus utilisé en astronomie**

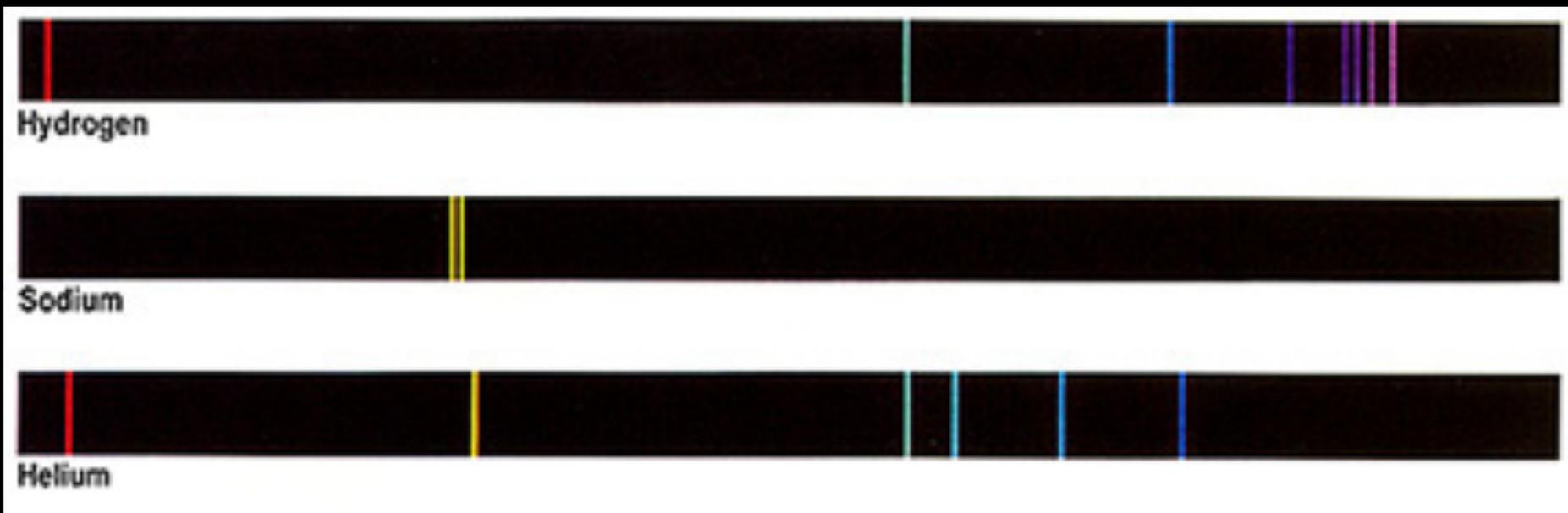
# Composition des objets

*La lumière, messagère cosmique*  
**Spectre du Soleil**



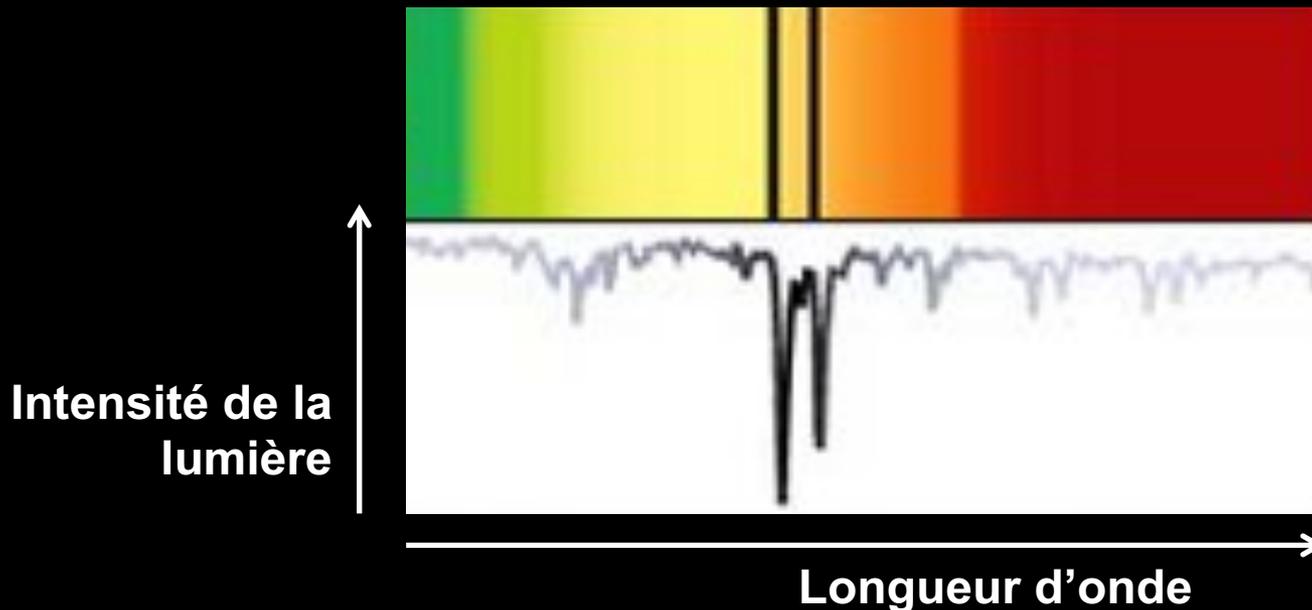
# Analyse des spectres

**Chaque élément ou molécule a son propre spectre.  
Ce sont les empreintes digitales nous permettant  
d'identifier la composition des objets.**

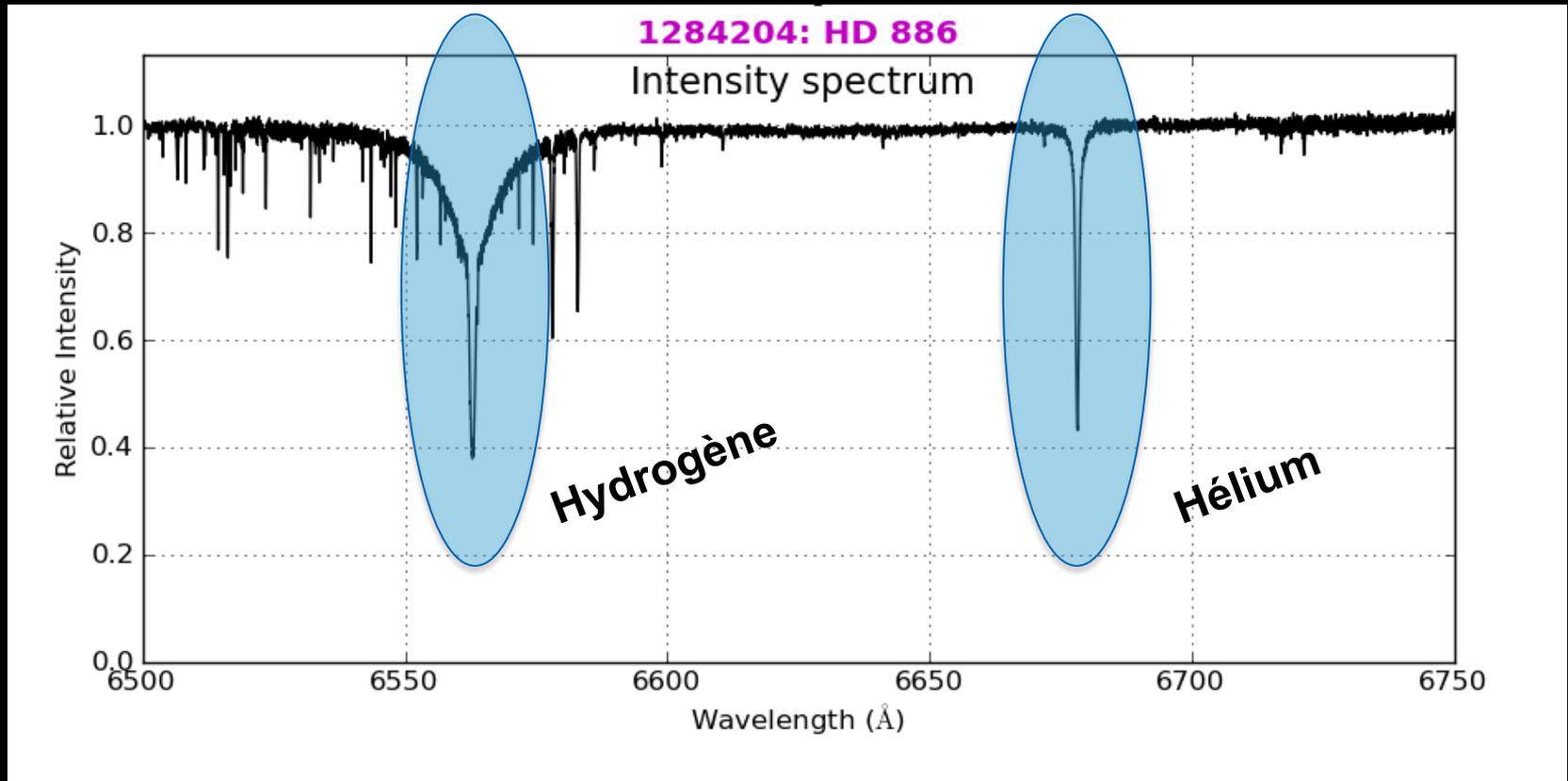


# Analyse des spectres

En pratique, les astronomes utilisent un graphique montrant l'intensité de la lumière en fonction de la longueur d'onde (couleur).

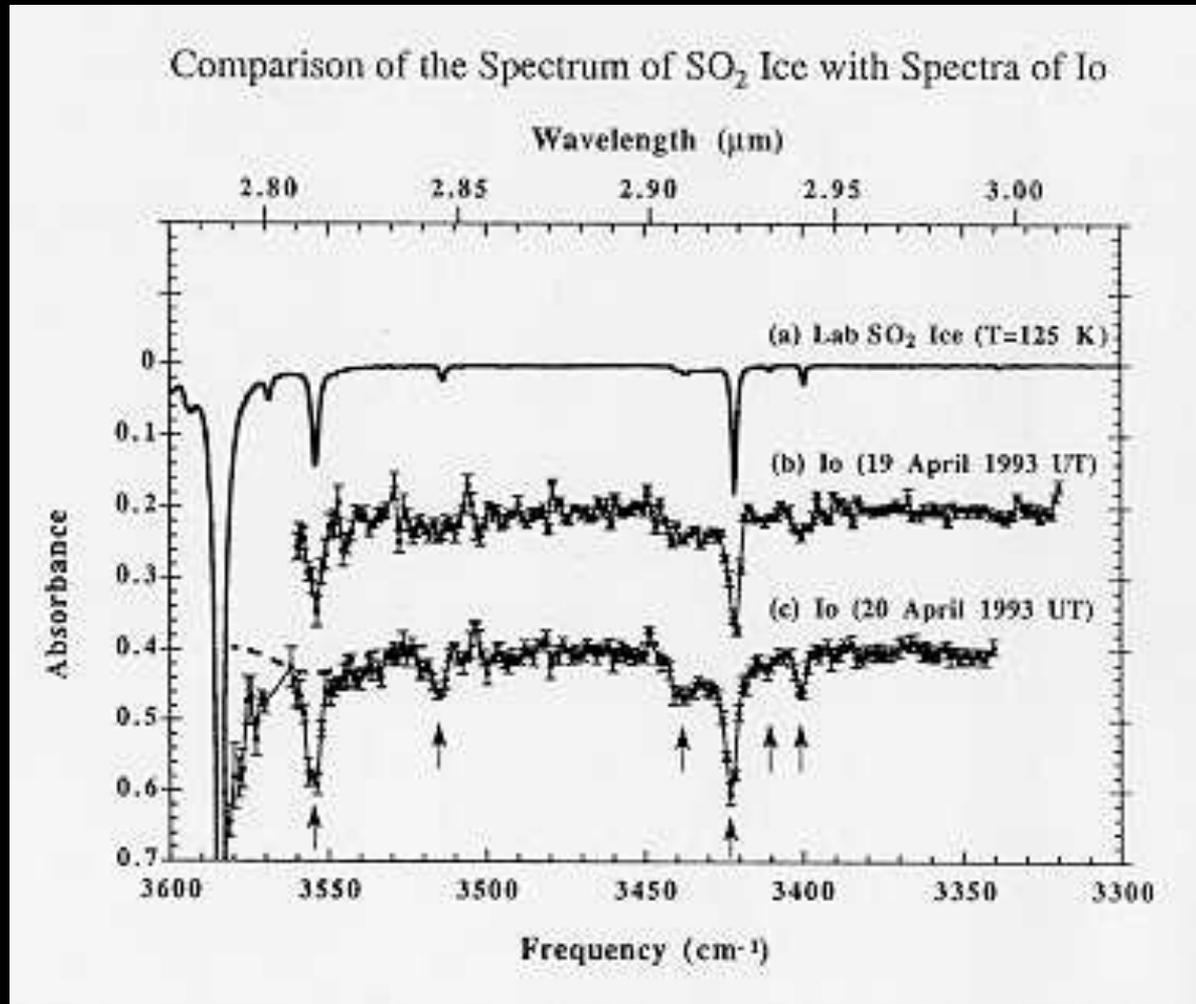


# Analyse des spectres



Données du télescope Canada-France-Hawaii

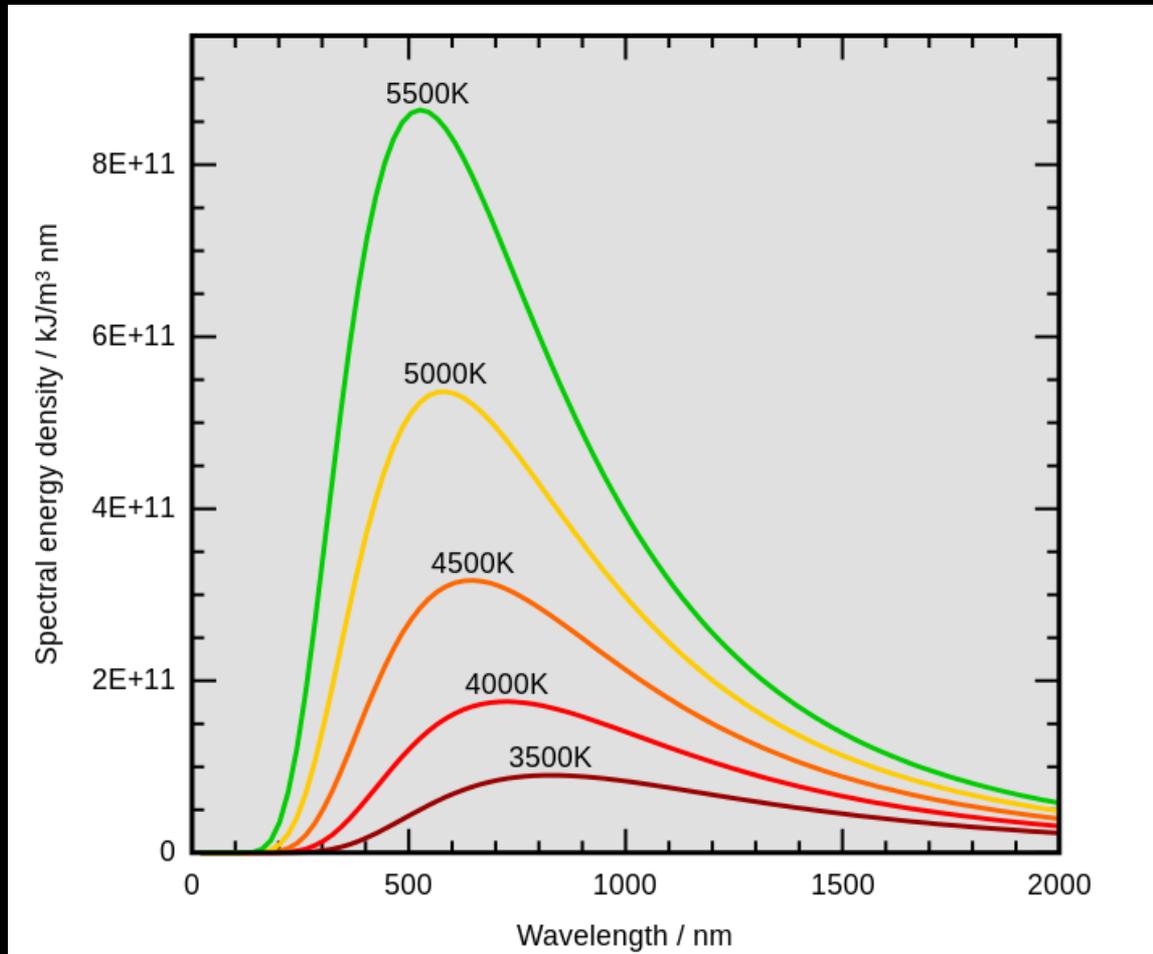
# Composition d'un objet – Io, lune de Jupiter



# Température des objets

# Température d'un objet

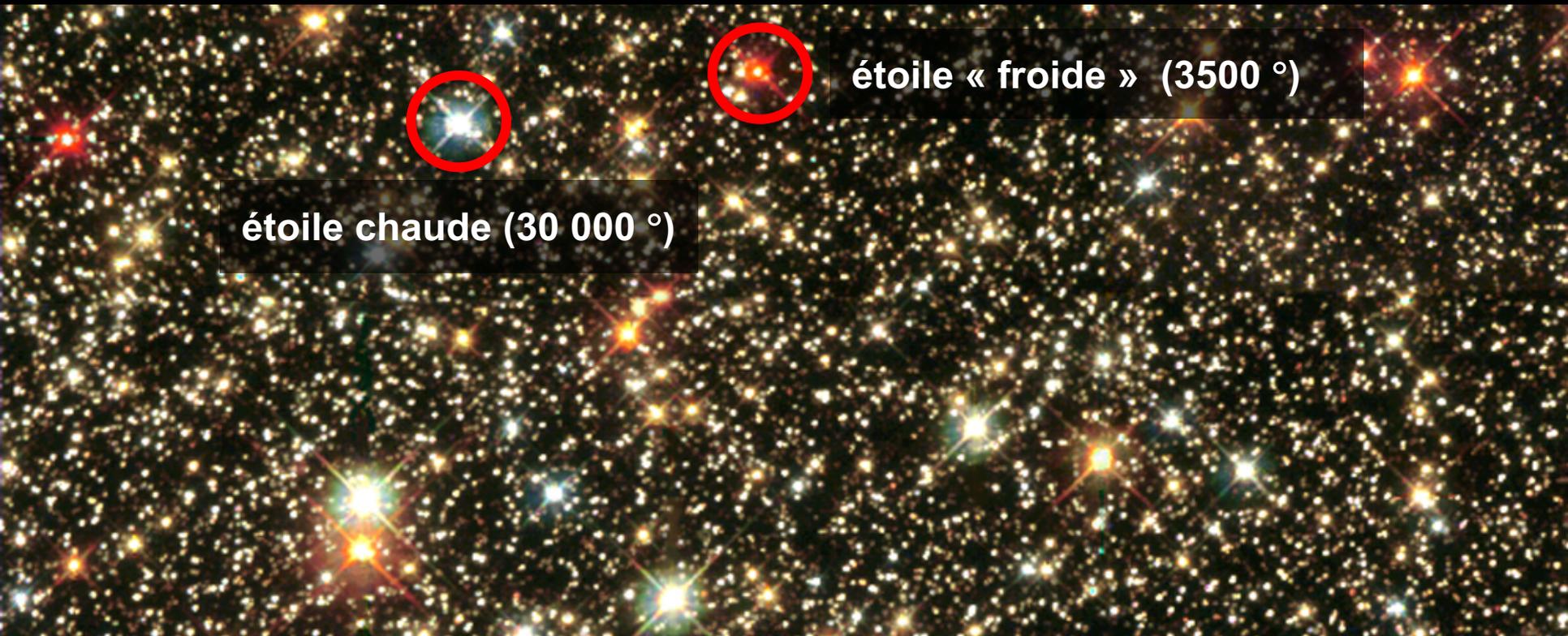
Plus un objet est chaud, plus il émet de radiation et plus cette radiation est vers les longueurs d'onde courtes (bleu, UV...)



La lumière, messagère cosmique

# Température d'un objet

La couleur des étoiles nous renseigne donc sur leur température.

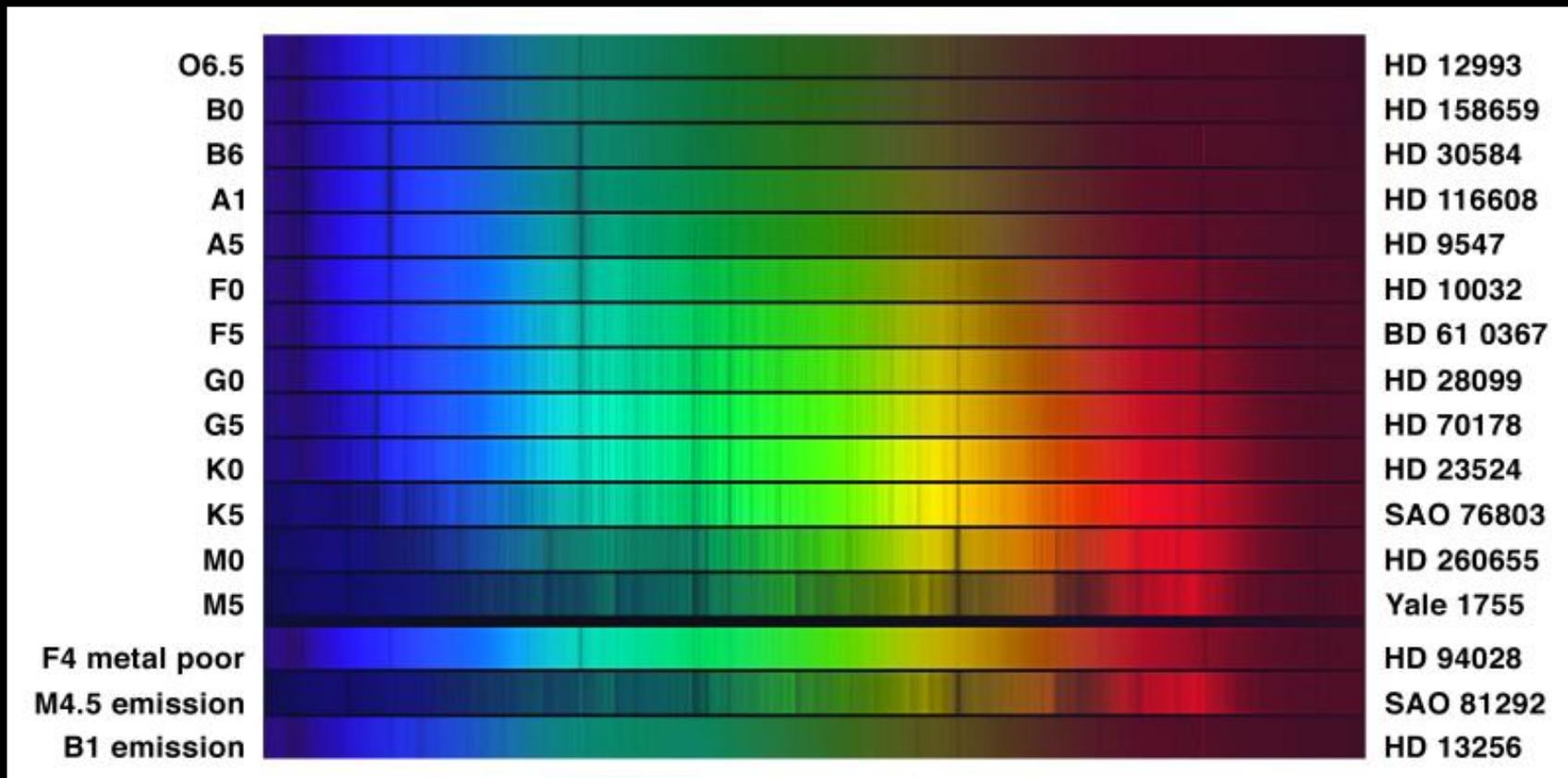


étoile chaude (30 000 °)

étoile « froide » (3500 °)

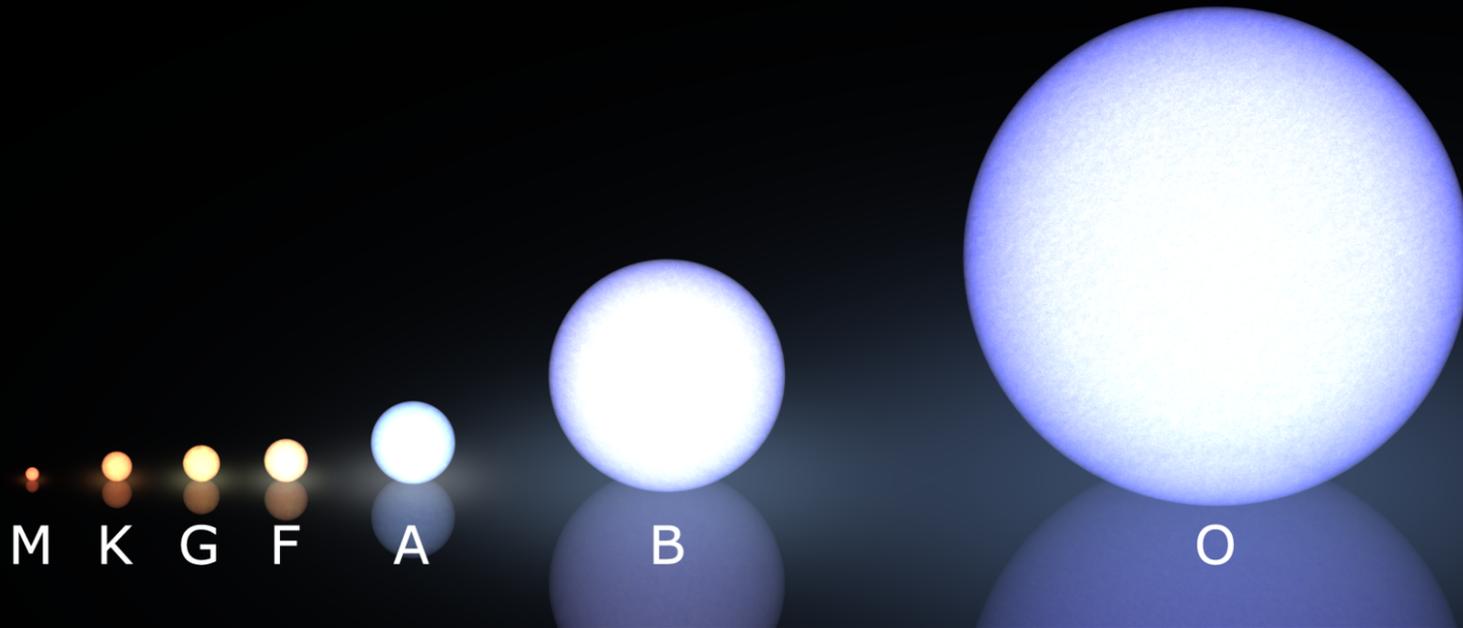
La lumière, messagère cosmique

# Spectres des étoiles



*La lumière, messagère cosmique*

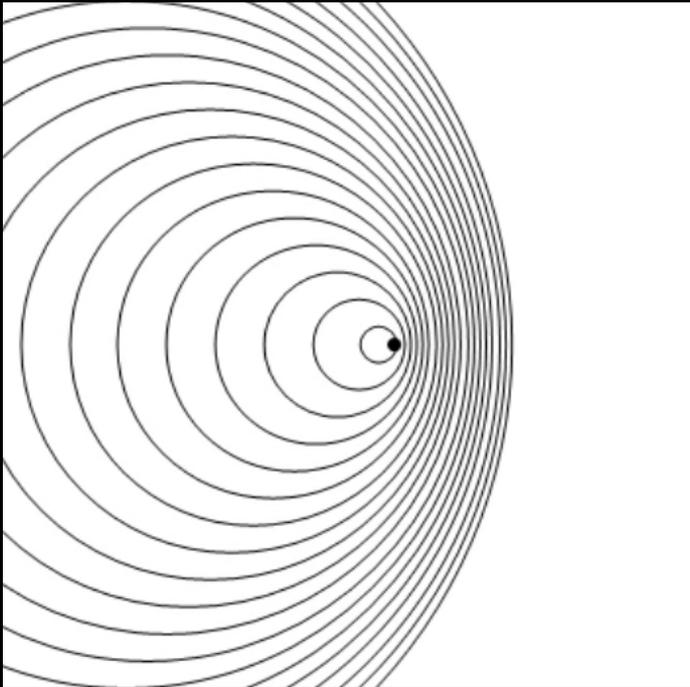
# Spectres des étoiles



# Vitesse des objets

# Effet Doppler

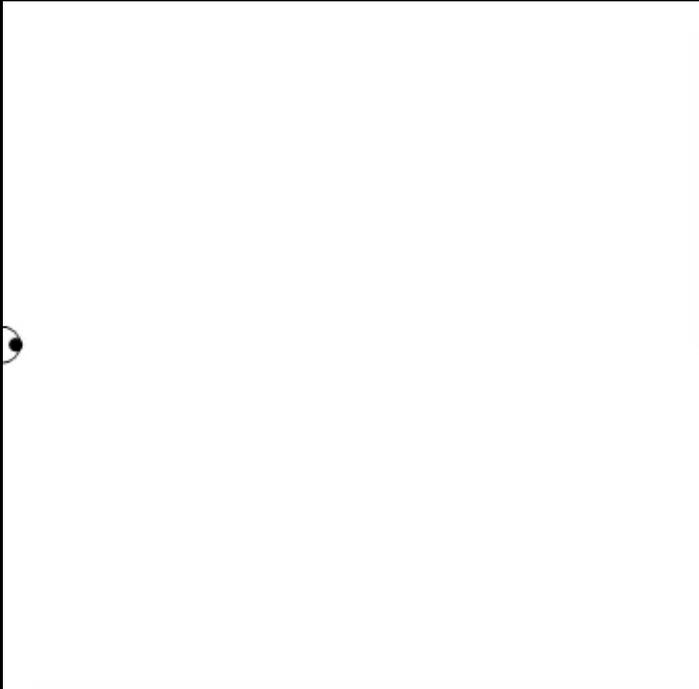
**La vitesse d'un objet (qui s'approche ou s'éloigne de nous) peut être déterminée dans son spectre grâce à l'effet Doppler.**



- ★ Si l'objet s'approche de nous, la lumière est décalée vers des longueurs d'onde plus courtes (bleu).
- ★ Si l'objet s'éloigne de nous, sa lumière est décalée vers des longueurs d'onde plus longues (rouge).

# Effet Doppler

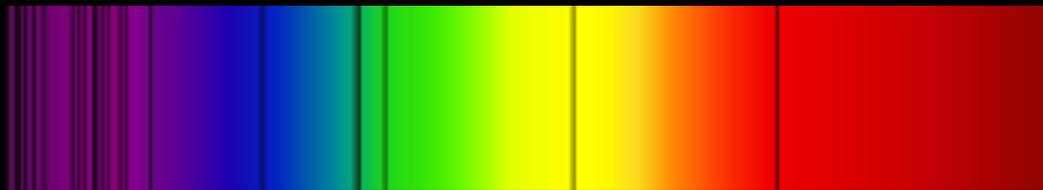
**La vitesse d'un objet (qui s'approche ou s'éloigne de nous) peut être déterminée dans son spectre grâce à l'effet Doppler.**



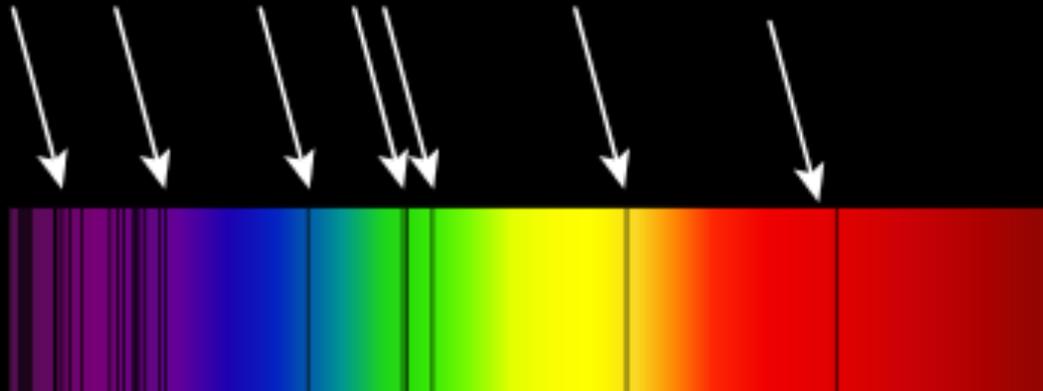
- ★ Si l'objet s'approche de nous, la lumière est décalée vers des longueurs d'onde plus courtes (bleu).
- ★ Si l'objet s'éloigne de nous, sa lumière est décalée vers des longueurs d'onde plus longues (rouge).

# Effet Doppler

Spécifiquement, les bandes spectrales sont alors décalées soit vers le rouge (l'objet s'éloigne de nous) ou vers le bleu (l'objet s'approche).



Spectre de référence  
(Soleil)

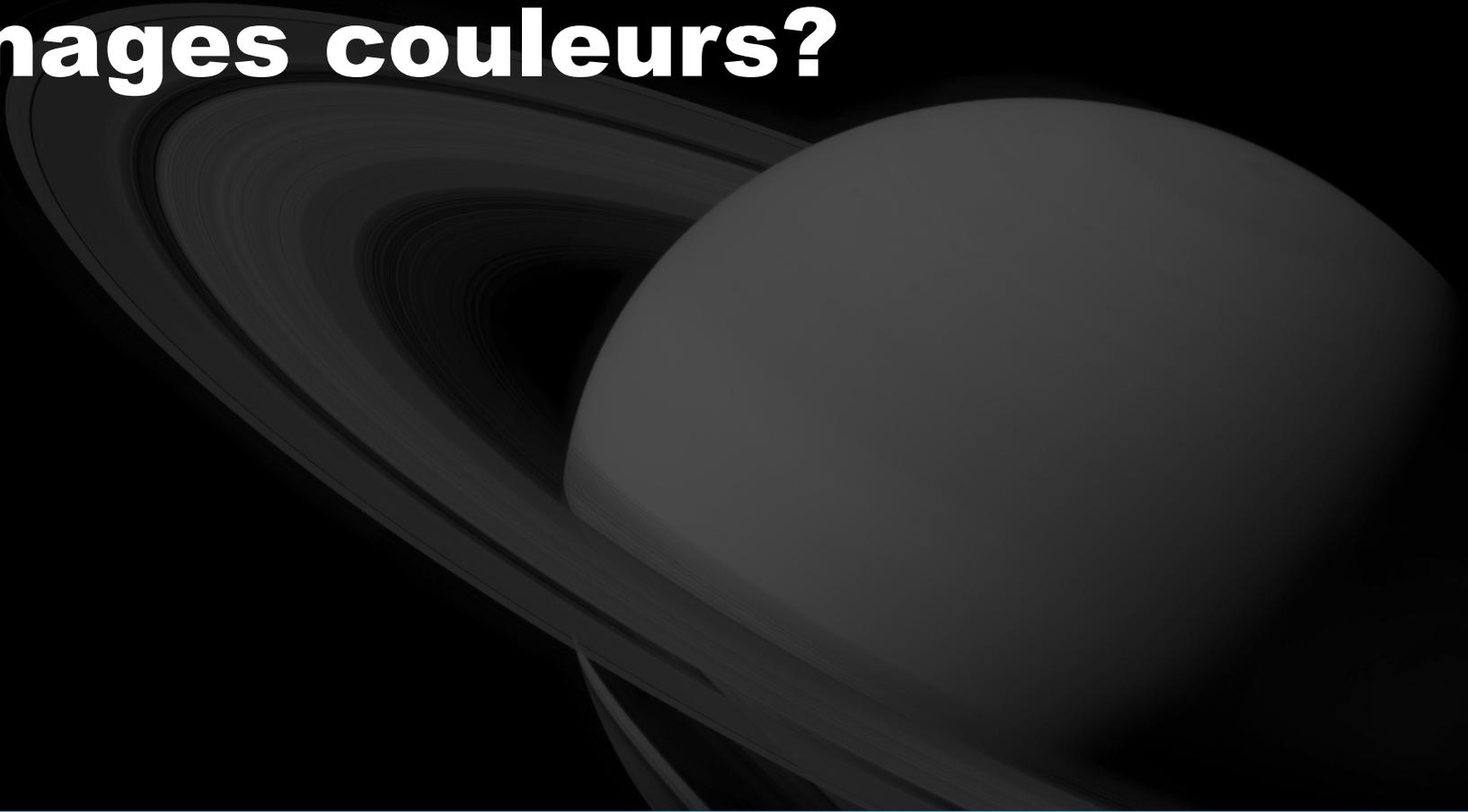


Spectre d'un amas de  
galaxies

# Information cachée dans la lumière

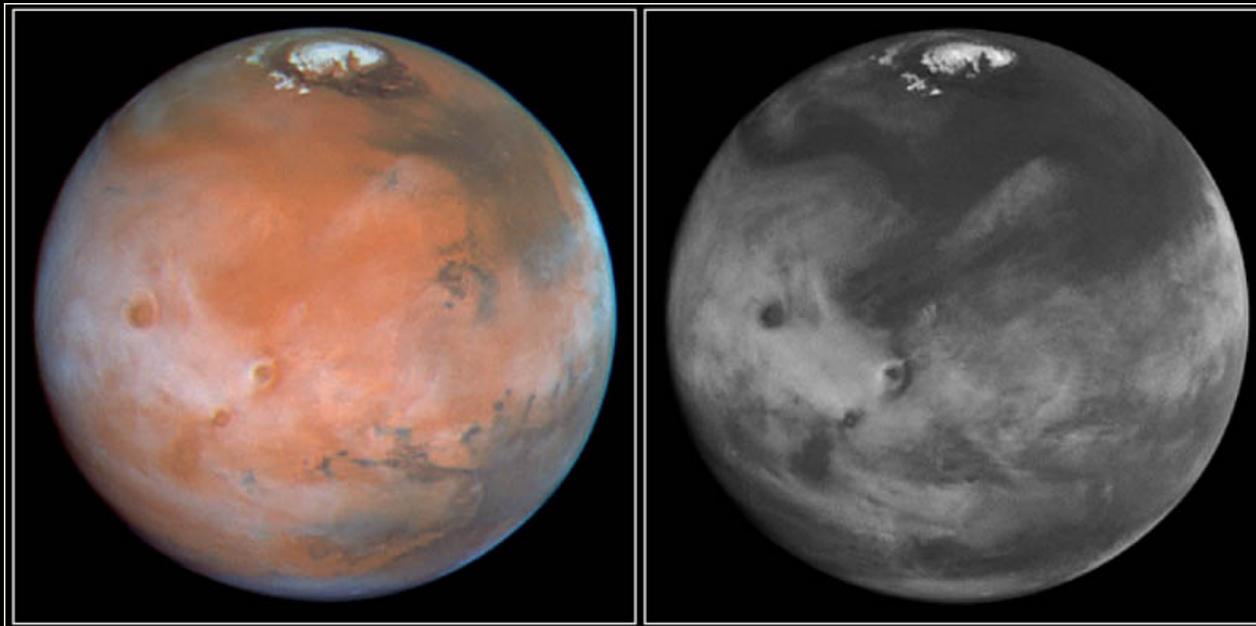
- ★ type d'objet → type de spectre (émission, absorption...) et images à plusieurs longueurs d'ondes
- ★ température de l'objet → spectre ou couleur (longueur d'onde) dominante
- ★ sa composition → bandes spectrales
- ★ sa vitesse → effet Doppler sur les bandes spectrales
- ★ et plus... (rotation, présence d'exoplanètes autour d'une étoile...)

# Comment fait-on les belles images couleurs?



# Images en couleurs

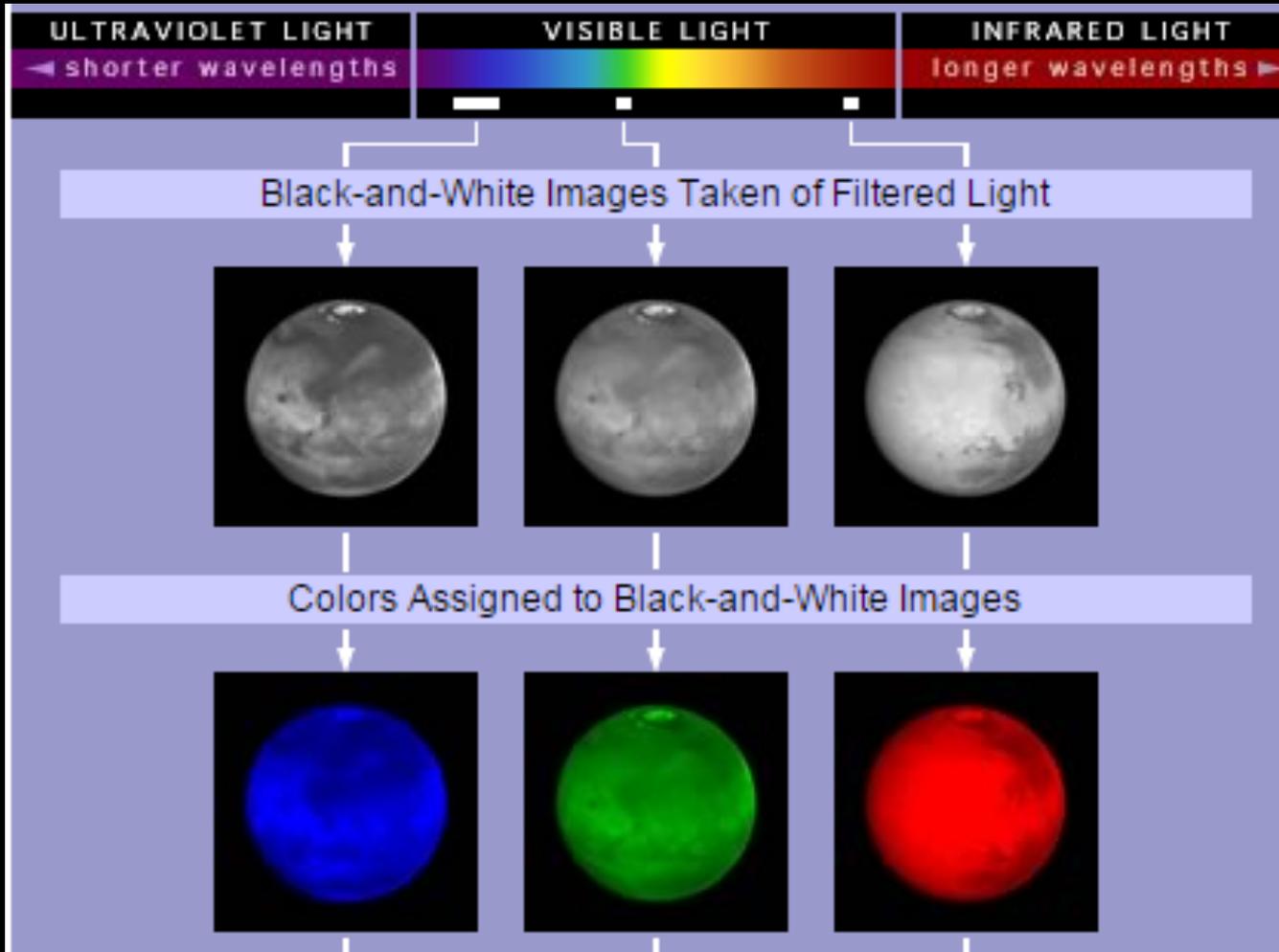
**Les caméras sensibles des télescopes prennent des images en noir et blanc. Comment obtient-on les belles images couleurs?**



**Mars,  
photographiée  
par le Télescope  
spatial Hubble**

La lumière, messagère cosmique

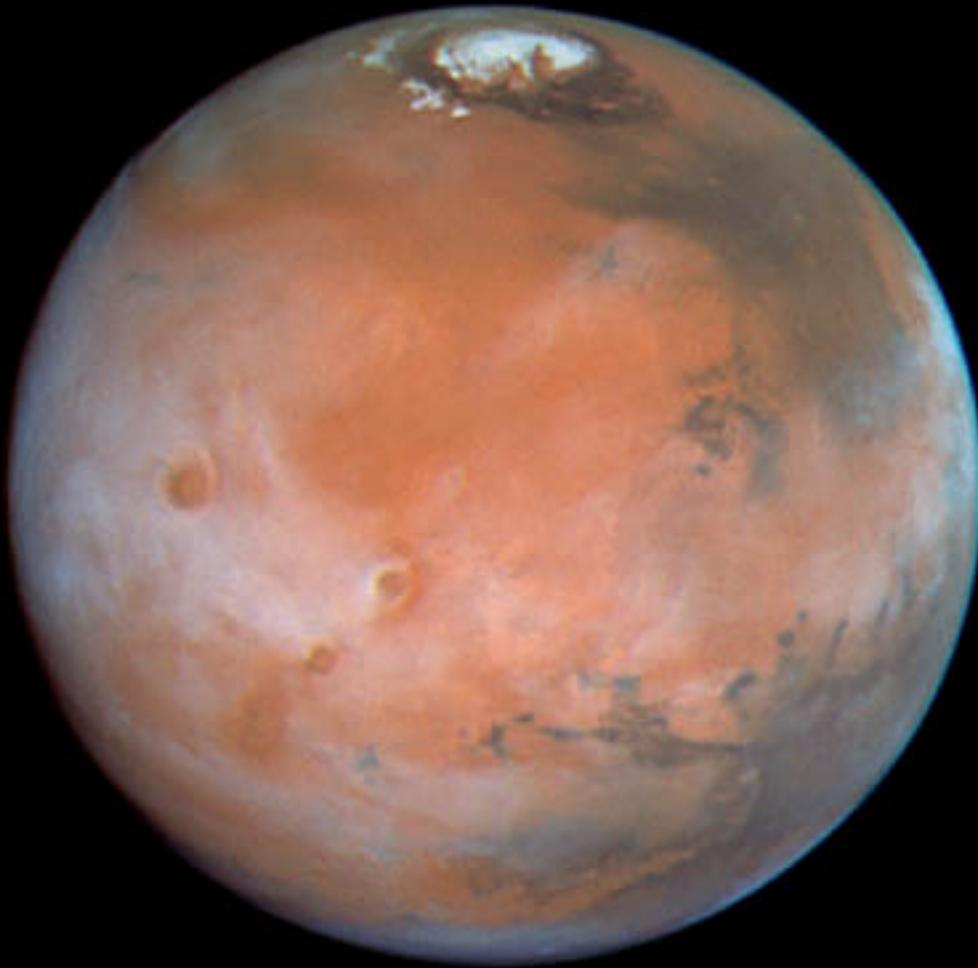
# Images en couleurs



**Il faut prendre 3 images, avec trois filtres différents, et ensuite colorer et recombinaer les images.**

*La lumière, messagère cosmique*

# Images en couleurs



**Image en lumière  
visible, couleurs  
naturelles**

La lumière, messagère cosmique

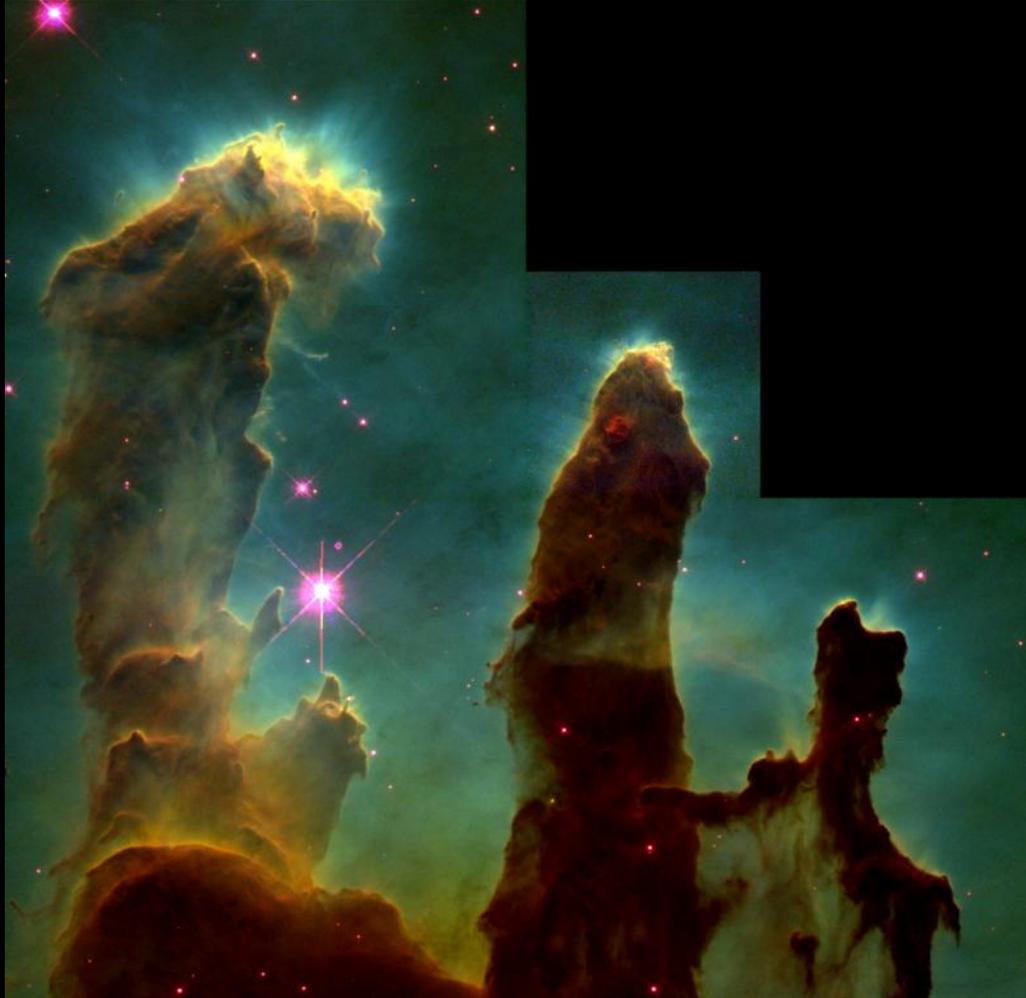
# Images en couleurs



Parfois, on assigne des couleurs à des images spécifiques (ici, lumière émise par des éléments précis).

*La lumière, messagère cosmique*

# Images en couleurs



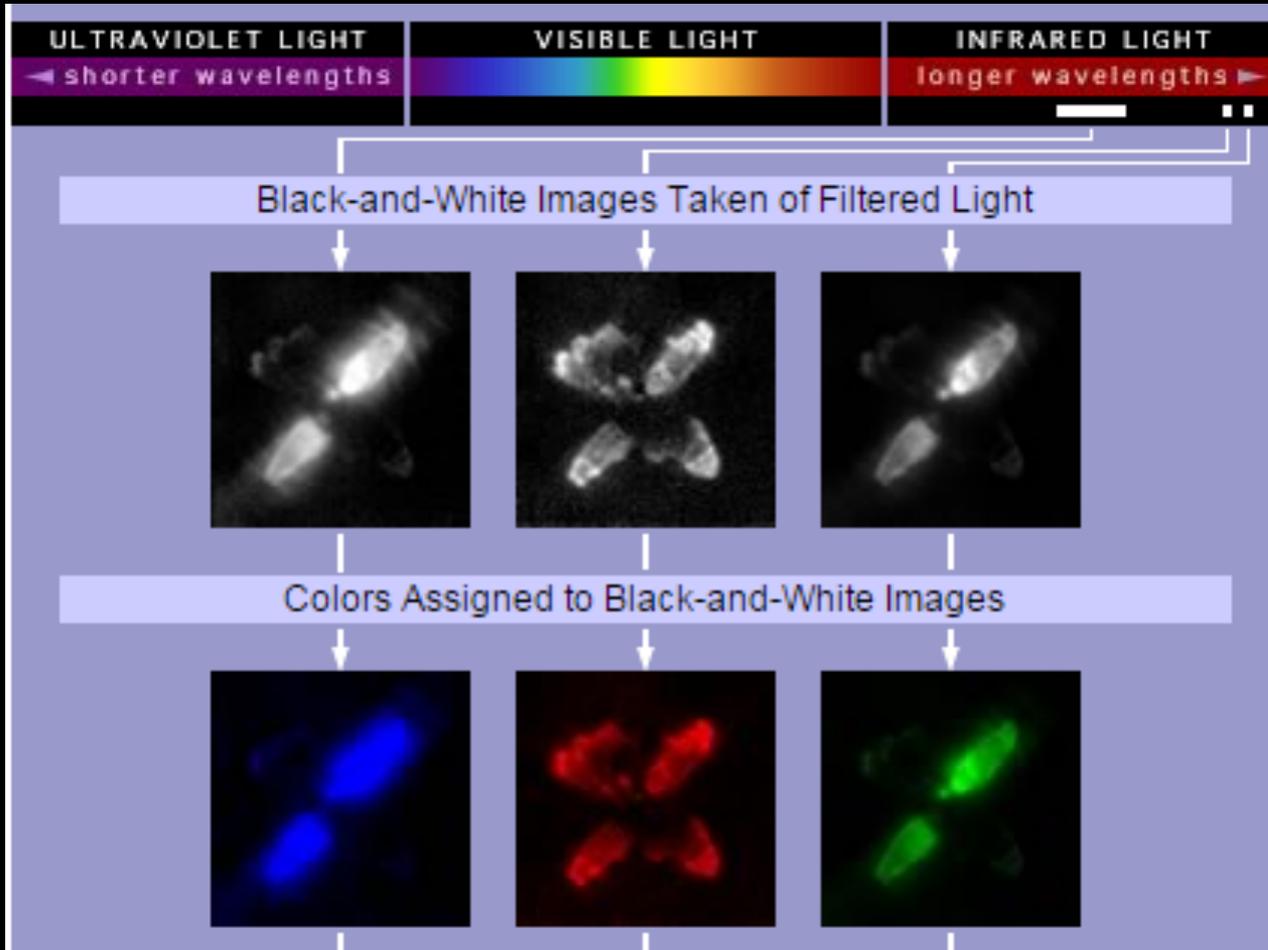
**Image en lumière visible, fausses couleurs**

**Bleu-vert: hydrogène et oxygène**

**Rouge: soufre**

La lumière, messagère cosmique

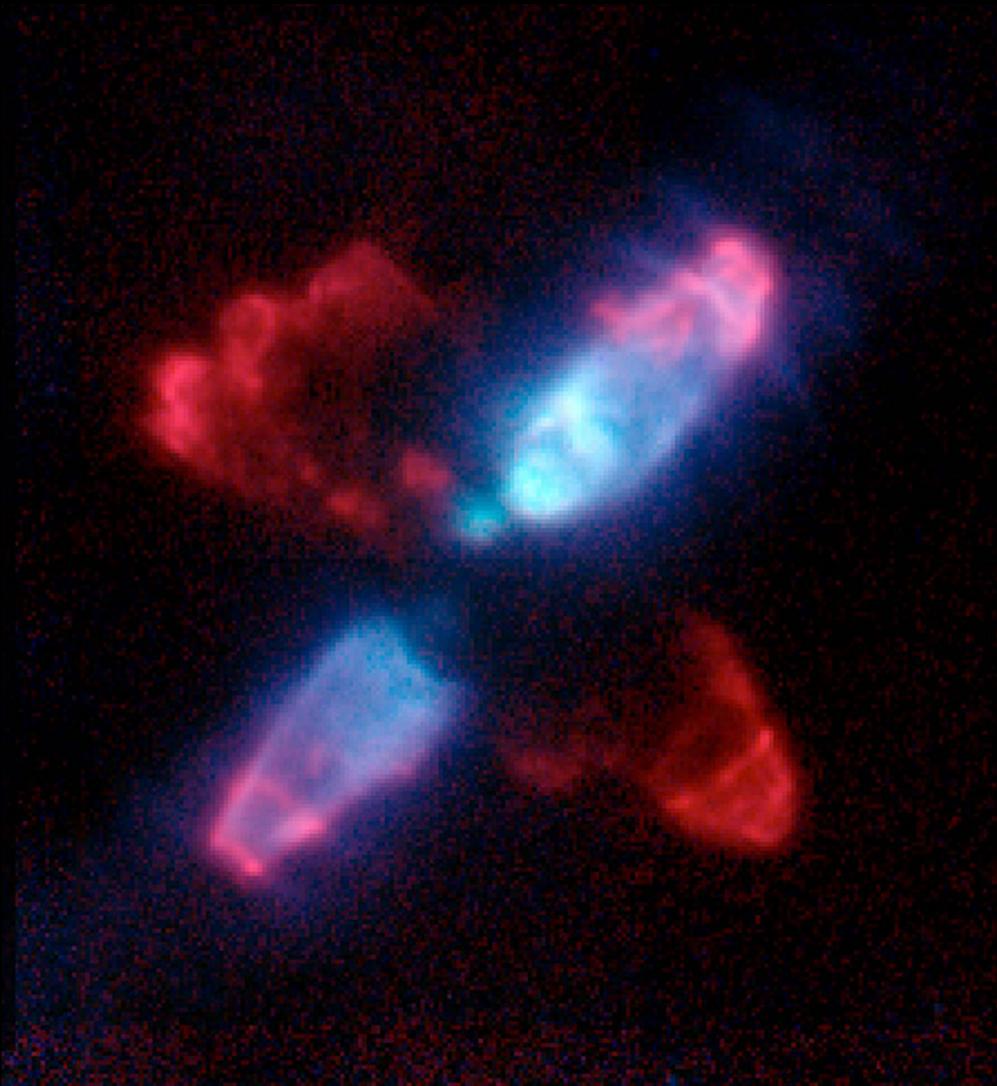
# Images en couleurs



Trois images prises en infrarouge avec assignation de différentes couleurs.

*La lumière, messagère cosmique*

# Images en couleurs



**Image infrarouge en  
fausses couleurs**

**Vert et bleu: Lumière  
réfléchi sur la  
poussière autour de  
l'étoile**

**Rouge: nuage  
d'hydrogène**

## Ressources

- ★ [Pages de HubbleSite](#) sur la formation d'images en couleurs avec application interactives.
- ★ [Images multi-longueurs d'onde du télescope Chandra](#) (les onglets sous les images permettent de changer de longueur d'onde)
- ★ [Notre module Le cycle solaire](#) (images UV et visibles du Soleil)
- ★ [Activités sur la lumière](#), sélectionnées par Science in School – en anglais seulement

# La lumière, messagère cosmique

*Merci!*