



PROPRIETES DE LA

LUMIERE

QUELQUES NOTIONS

DE BASE



BIBLIOGRAPHIE

Sites

https://media4.obspm.fr/public/ressources_lu/pages_spectroscopie/

https://media4.obspm.fr/public/ressources_lu/pages_optique-geometrique/og-introduction.html

[Les spectres lumineux - 2nde - Cours Physique-Chimie – Kartable](#)

<https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/la-lumiere-et-ses-proprietes>

<https://www.prof->

[tc.fr/Lycees/file/Seconde/Physique/Propagation%20de%20la%20lumiere%20-%20Spectres%20-%20Lentilles/Cours%20et%20TP/Cours%20-%20Spectres.pdf](https://www.prof-tc.fr/Lycees/file/Seconde/Physique/Propagation%20de%20la%20lumiere%20-%20Spectres%20-%20Lentilles/Cours%20et%20TP/Cours%20-%20Spectres.pdf)

<https://lenalighting.fr/qui-sommes-nous/base-de-connaissances/1949-spectre-de-la-lumiere-visible-longueur-d-onde-de-la-lumiere>

Livre : A la découverte de l'Univers – Ed DeBoeck

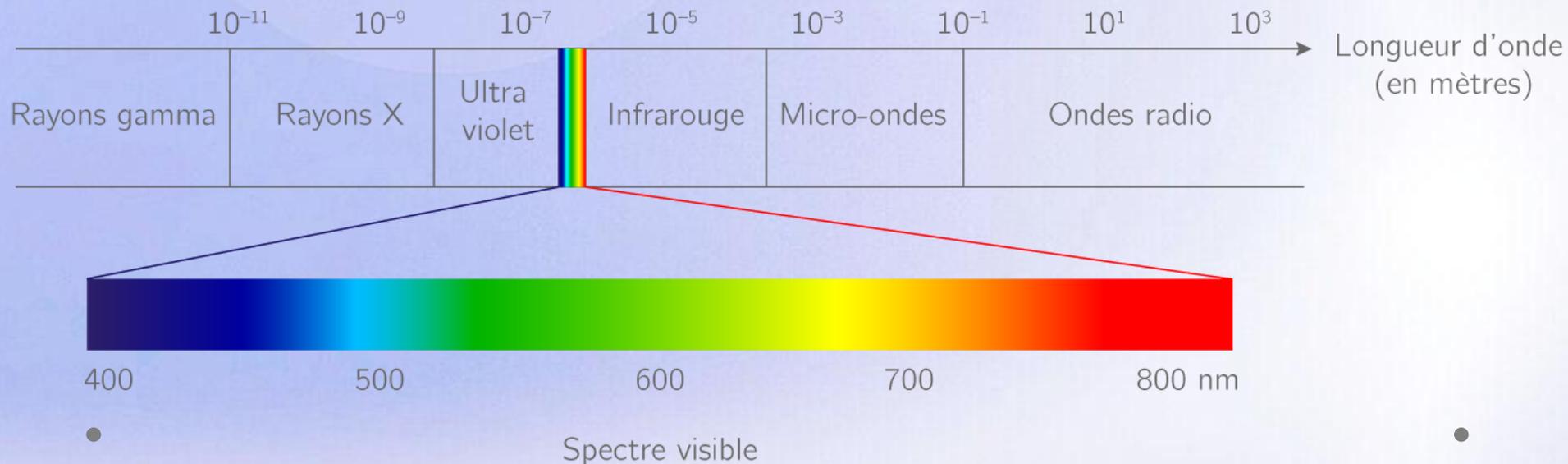
Cours : DU ECU 2019 – 2020

MOOC Spectroscopie : <https://lms.fun-mooc.fr/courses/course-v1:univ-orleans+178001+session02/info>

La lumière

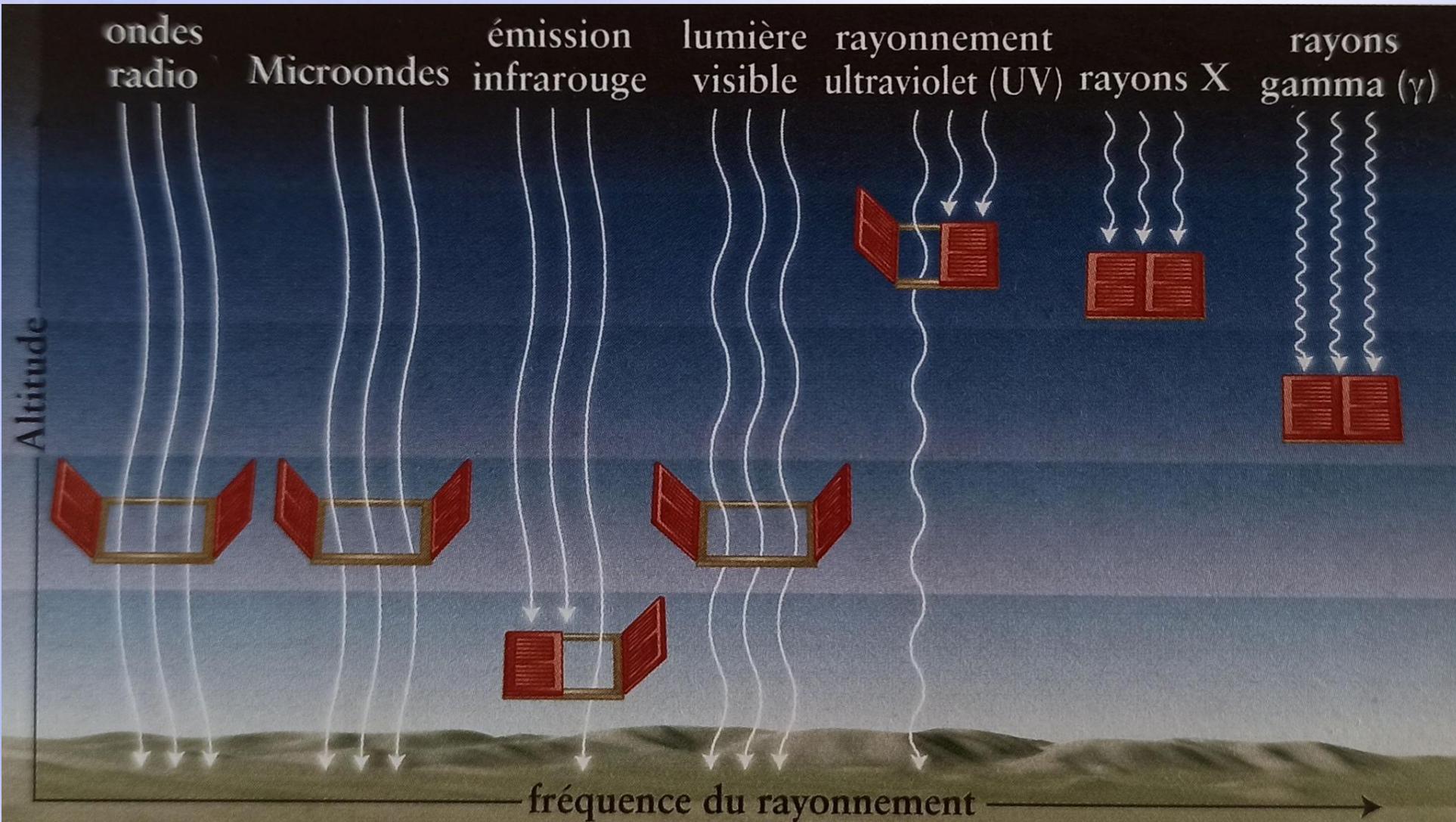
Phénomène ondulatoire

- La lumière est un rayonnement électromagnétique émis dans un domaine de longueur d'onde étendu.
- Sa décomposition donne un spectre.



La lumière

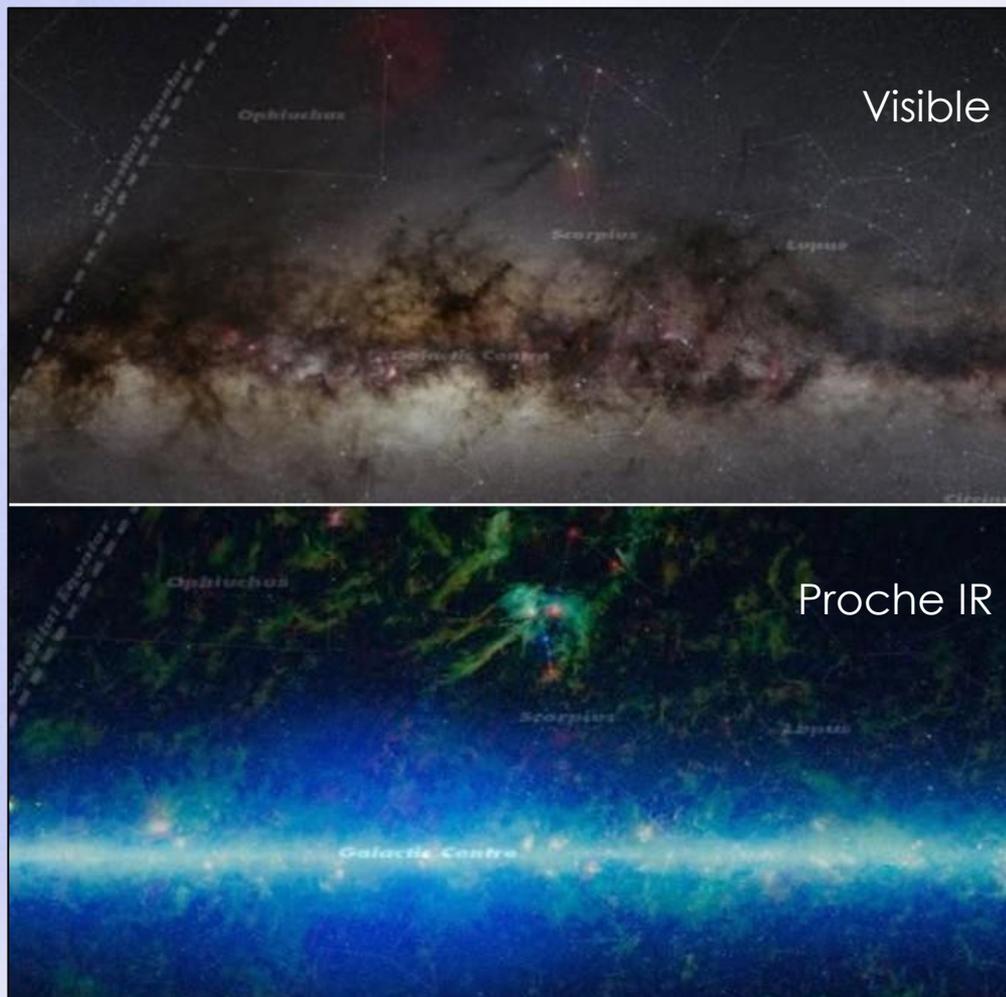
Fenêtres à travers l'atmosphère



La lumière

Observer un objet dans différentes longueurs d'onde

Le logiciel en ligne "[Chromoscope](#)" permet de se promener dans le ciel en changeant de lunettes pour le voir dans toutes ces longueurs d'onde.





La lumière

Propagation : approximation la plus simple !

- En optique géométrique (si taille obstacle \gg longueur d'onde lumière), la lumière **se propage en ligne droite** dans un **milieu homogène**.
- Principe du retour inverse : le trajet d'un rayon lumineux peut être parcouru dans les 2 sens.
- **Attention** ... ne pas confondre

Réflexion

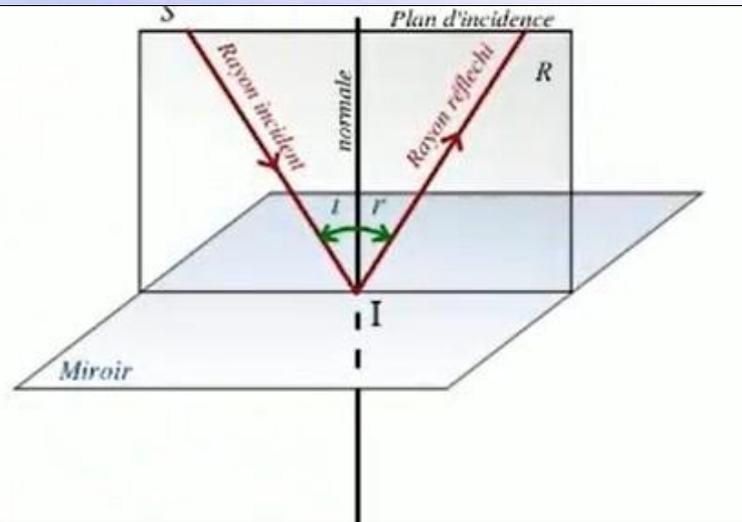
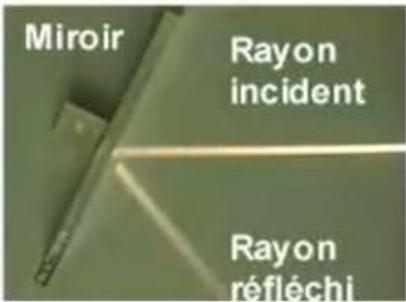
Réfraction

Diffusion

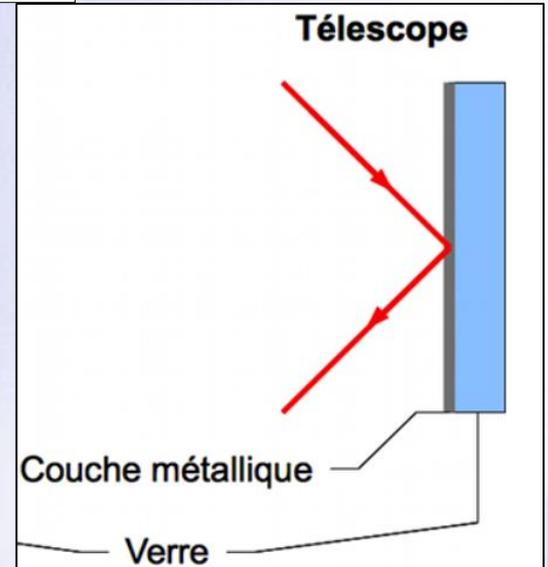
Diffraction

La lumière

Réflexion

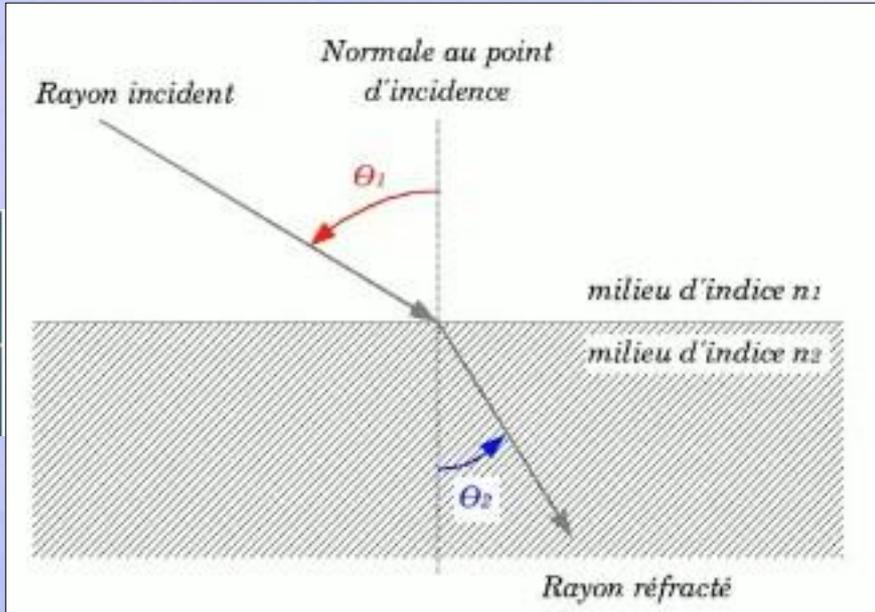


$$\hat{r} = \hat{i}$$

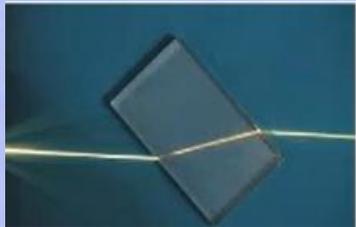


La lumière

Réfraction



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



Milieux	Indices
Vide	1
Air	1,00029
Eau	1,33
Verre crown	1,52
Verre flint	1,67

L'indice de réfraction n d'un milieu, est un nombre qui caractérise le pouvoir qu'a ce milieu, à dévier la lumière lorsqu'elle le traverse (mais cet indice dépend aussi de la longueur d'onde : $n = c/v$).

La lumière

Limite de l'approximation de l'optique géométrique : la Diffusion

- Phénomène qui se produit quand la lumière rencontre des obstacles qui ont une taille caractéristique D équivalente ou plus petite que la longueur d'onde λ .
- Le rayonnement est alors dévié dans de multiples directions.
- Il existe 2 types de diffusion :

Si $D \ll \lambda$, on a la diffusion de Rayleigh



Explique la couleur du ciel :

- Bleu en journée
- Rouge au coucher

Si $D > \lambda$, on a la diffusion de Mie



Explique la couleur blanche des nuages.

La lumière

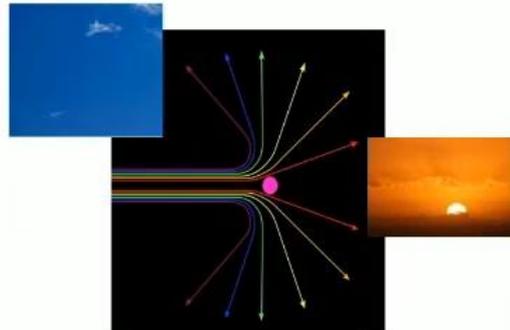
Limite de l'approximation de l'optique géométrique : la Diffusion

Limites de l'optique géométrique

- **Diffusion** : phénomène au cours duquel un rayonnement (λ) est dévié dans de multiples directions par une interaction avec un objet de taille D

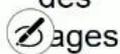
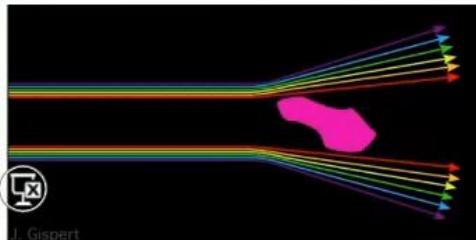


Couleur
du ciel



- Différents régimes de diffusion:
 - Si $D \ll \lambda$: diffusion Rayleigh
 - Si $D > \lambda$: diffusion de Mie

Couleur
des
pages



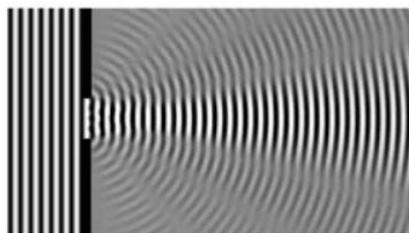
J. Gisbert



La lumière

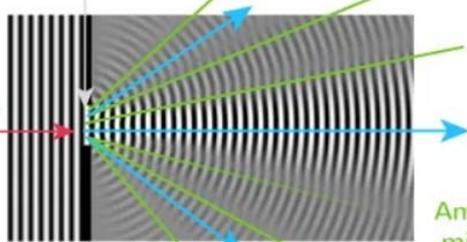
Limite de l'approximation de l'optique géométrique : la Diffraction - 1

- C'est la diffusion par un obstacle ou une ouverture de faible dimension / longueur d'onde : chaque point du bord de l'obstacle ou de l'ouverture se comporte comme une source secondaire et réémet une onde.



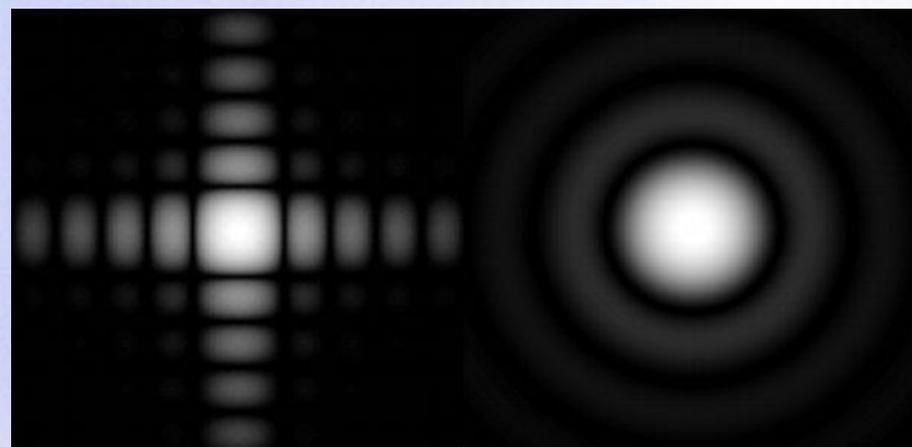
Fente

Une seule direction
de propagation



Amplitude
minimale

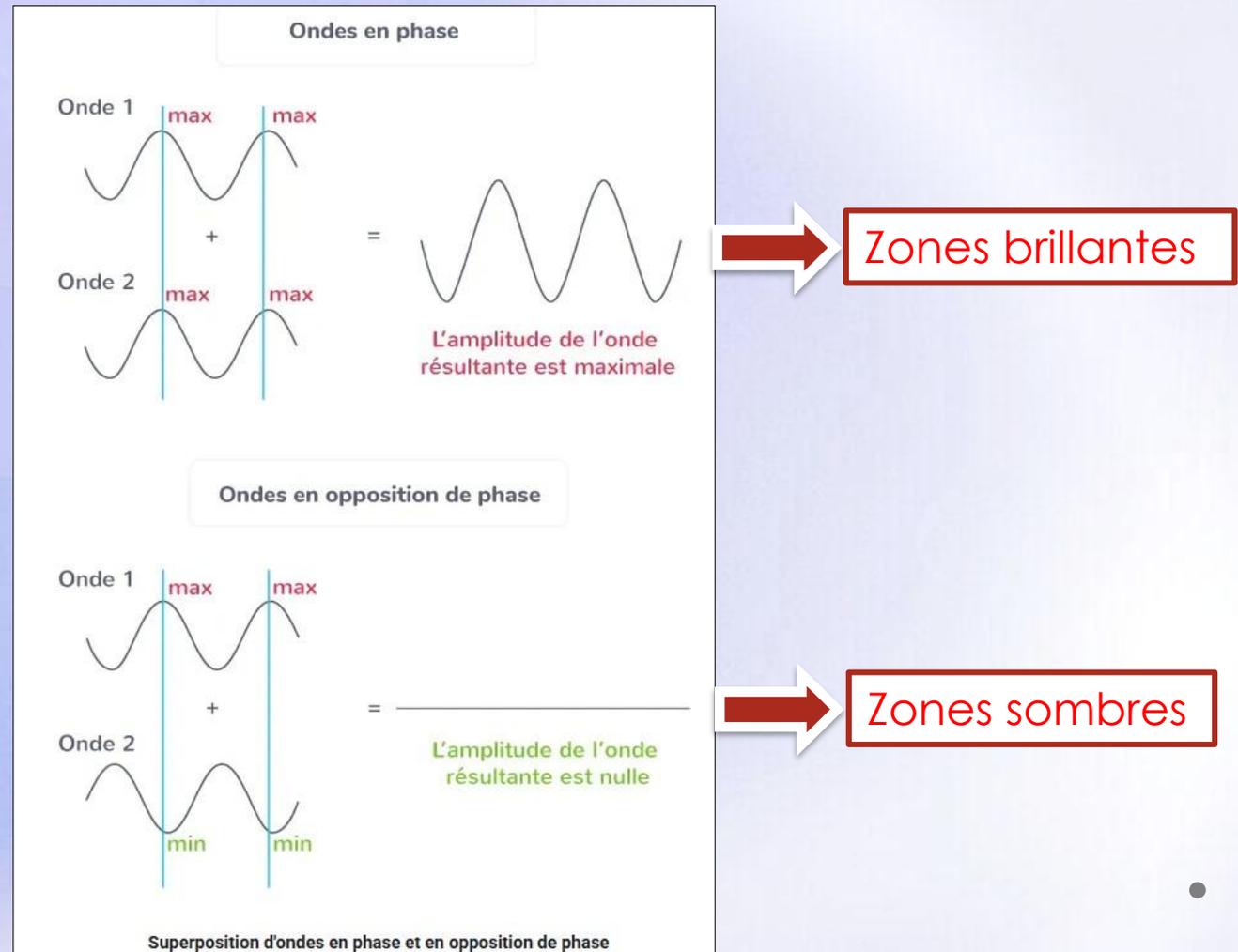
Plusieurs directions
de propagation



La lumière

Limite de l'approximation de l'optique géométrique : la Diffraction - 2

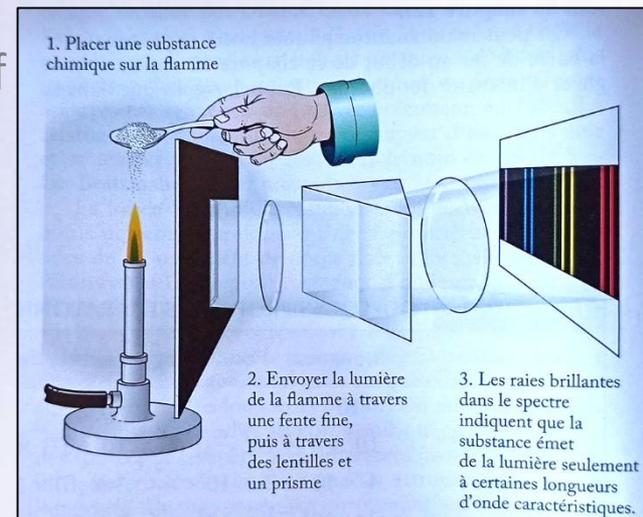
Les interférences entre les ondelettes secondaires produisent une figure de diffraction constituée de zones sombres et brillantes.



Spectrométrie

Processus qui consiste à analyser le spectre d'un objet à l'aide d'un spectromètre - Historique

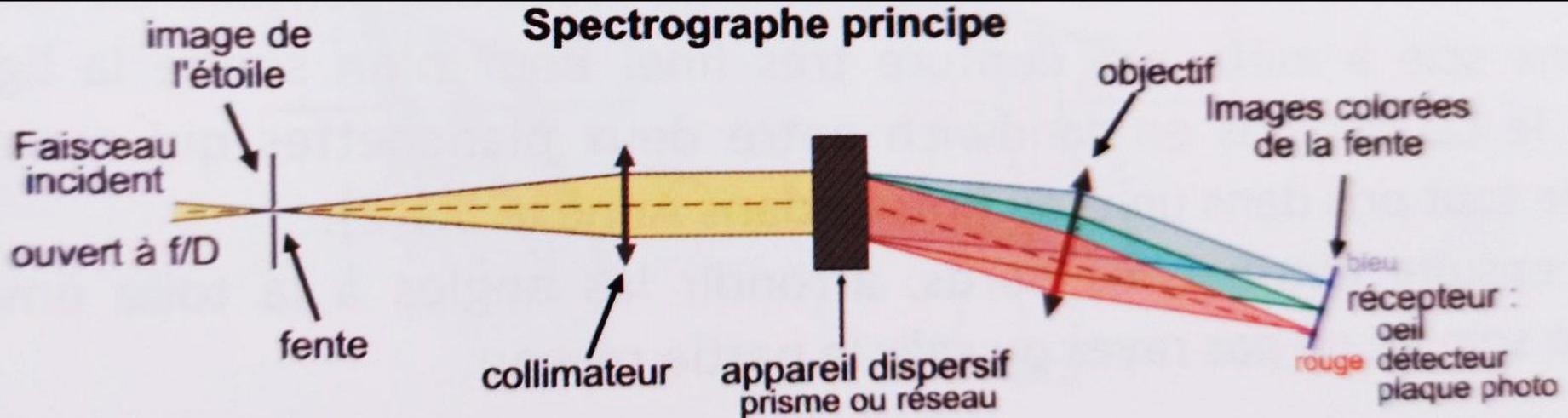
- **1802** : Wollaston découvre les bandes noires du spectre du Soleil.
- **1814** : Joseph Von Fraunhofer (opticien), envoie un faisceau de lumière solaire à travers un prisme ---> photo. Il remarque que le spectre solaire contient des centaines de fines raies sombres (nommées raies d'absorption). Il en compte 574 et il identifie l'une d'elles au doublet du sodium (2 raies très rapprochées de longueur d'onde 589,0 nm et 589,6 nm). Actuellement, plus de 30 000 !
- **1857** : Robert Bunsen (chimiste) invente le bec Bunsen. Lui et son collègue Kirchhoff inventent le premier spectroscope.
- **1859** : Kirchhoff, Bunsen et Plücker identifient les raies de Fraunhofer.
- **1869** : Angström mesure la position de 1000 raies.



Spectrométrie / Spectroscopie

Spectroscope / Spectrographe

La **spectroscopie** consiste à prendre des clichés des spectres obtenus avec un **spectrographe**.



Le spectrographe est le dispositif qui permet d'obtenir une photographie d'un spectre. On peut le placer directement derrière un télescope. La dispersion de la lumière se fait grâce à des réseaux diffractant.

Spectrométrie / Spectroscopie

Le réseau, c'est quoi ?

Le réseau est constitué par une lame de verre sur laquelle on a gravé des milliers de fines rainures régulièrement espacées (10000 traits / cm).

Un **réseau** donne **plusieurs spectres**, nommés ordre 1, ordre 2, etc. de luminosité de plus en plus faible.

L'**angle de déviation** α d'un rayon lumineux dépend de la longueur d'onde λ et du pas a (distance entre 2 traits) selon la formule $\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{a}$, où k est l'ordre de diffraction (0,1,2, etc.).

Pour en savoir plus, voir le n°132 des cahiers Clairaut p.11

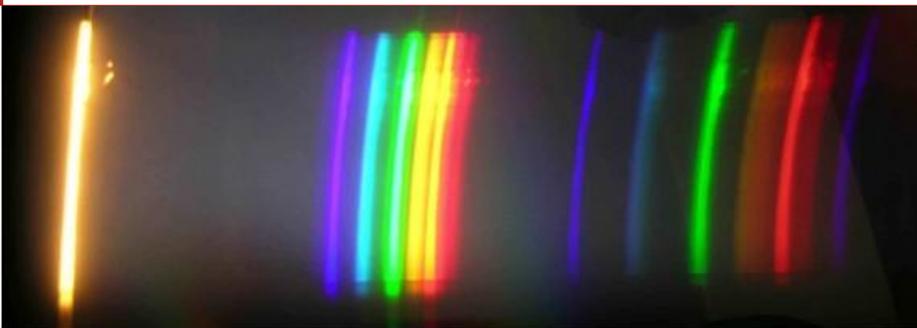


Fig.7. Spectre du lampe basse consommation. On distingue les ordres 0, 1 et 2 ainsi que le bleu de l'ordre 3.

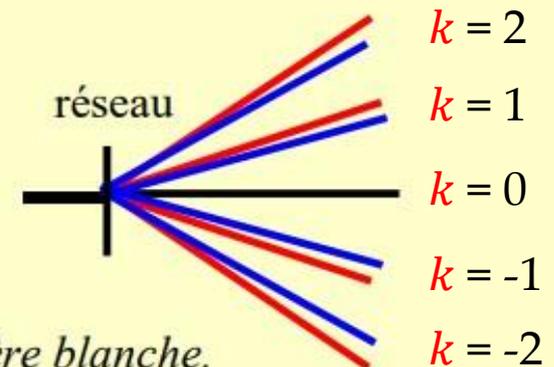


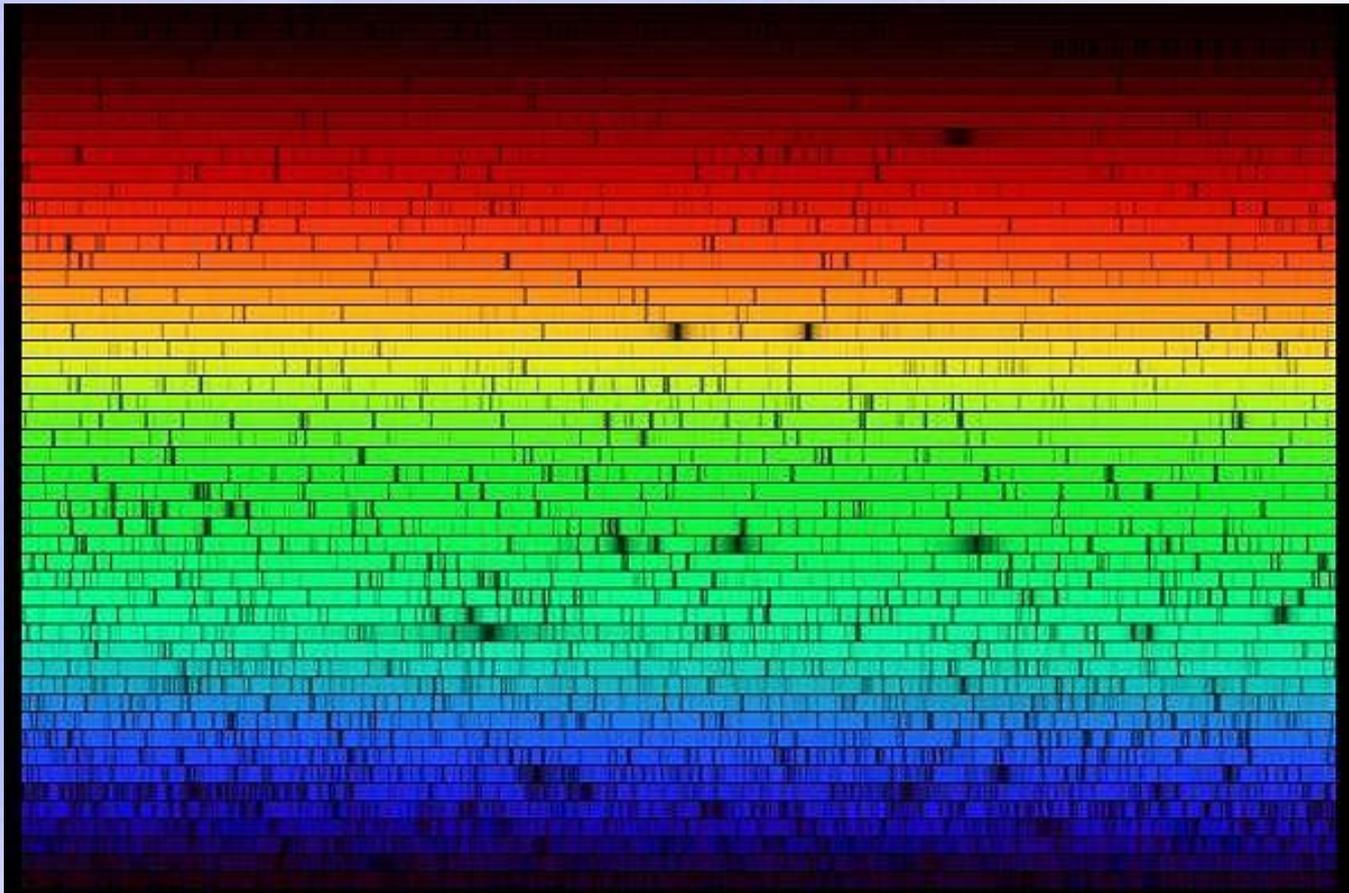
Fig.4. En lumière blanche.



Spectrométrie / Spectroscopie

Spectroscope / Spectrographe

Photo du spectre solaire (découpé et empilé pour contenir sur la page)





Différents types de spectres

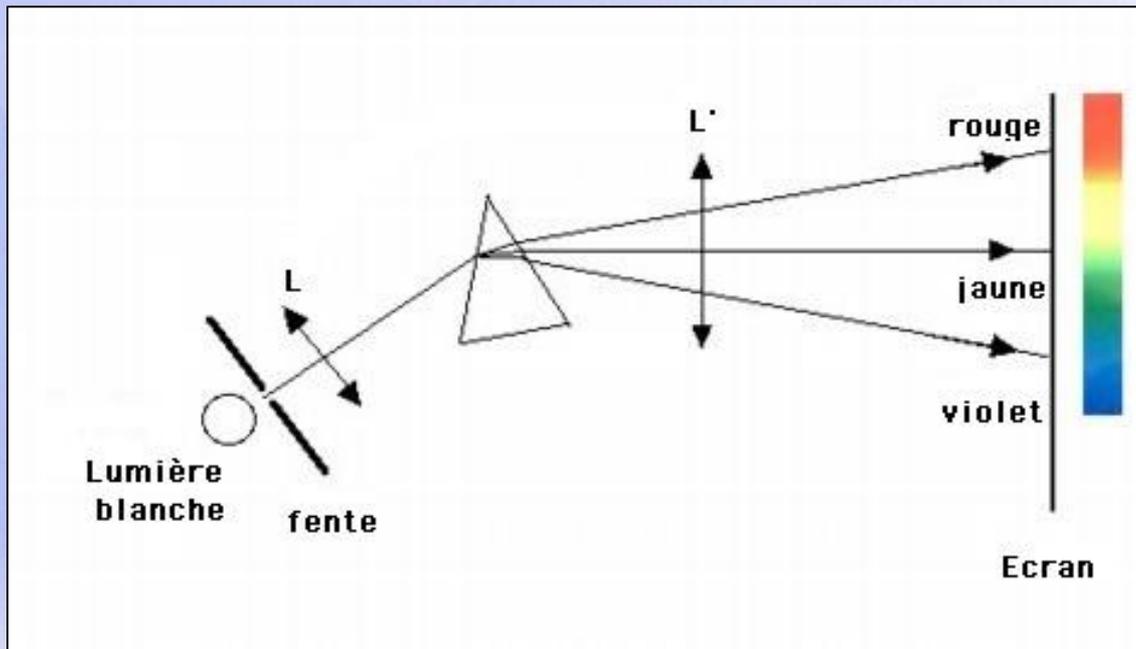
3 types

- Le spectre continu
- Le spectre de raies d'émission
- Le spectre d'absorption
- Les lois de Kirchoff

Différents types de spectre

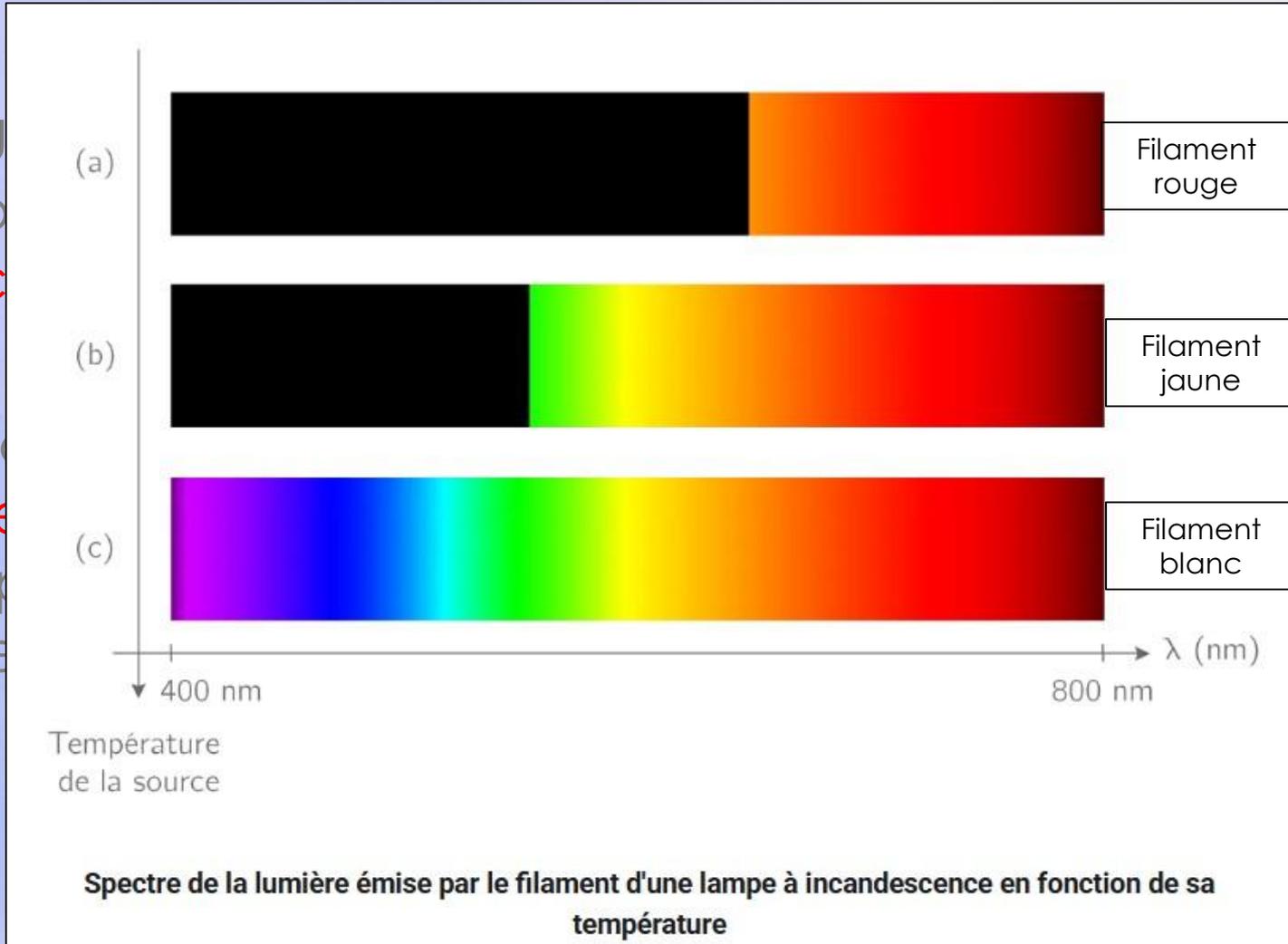
Le spectre continu - 1

- Si on décompose de la **lumière blanche** (lumière qui regroupe l'ensemble des longueurs d'onde du spectre visible), avec un prisme (ou un réseau), on obtient un spectre continu : **il n'y a pas d'interruption dans les couleurs, du violet au rouge.**



Différents types de spectres

Le spectre continu - 2



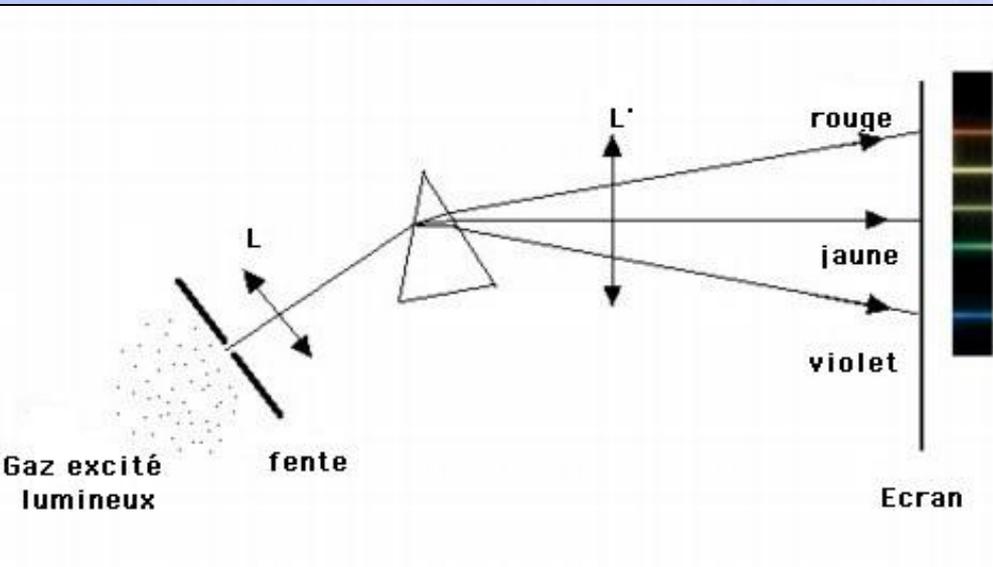
Différents types de spectres

Le spectre de raies d'émission - 1

- La lumière émise par un gaz chaud à basse pression, analysée à l'aide d'un prisme, montre un **spectre non continu, constitué d'un nombre limité de raies fines**, se détachant **sur fond noir**.
- Chaque raie correspond à une longueur d'onde déterminée.
- Les **couleurs** et les **positions des raies** dans le spectre sont **caractéristiques des atomes du gaz** qui émettent ces radiations.
Donc chaque élément chimique à l'état gazeux possède son propre spectre de raies.

Différents types de spectres

Le spectre de raies d'émission - 2



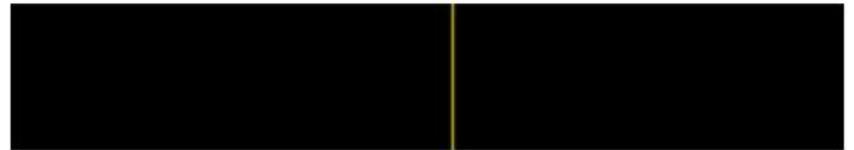
Titane



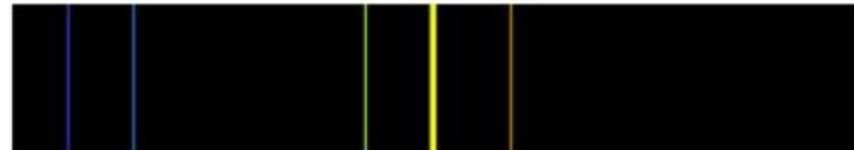
Calcium



Sodium



Mercure



Différents types de spectres

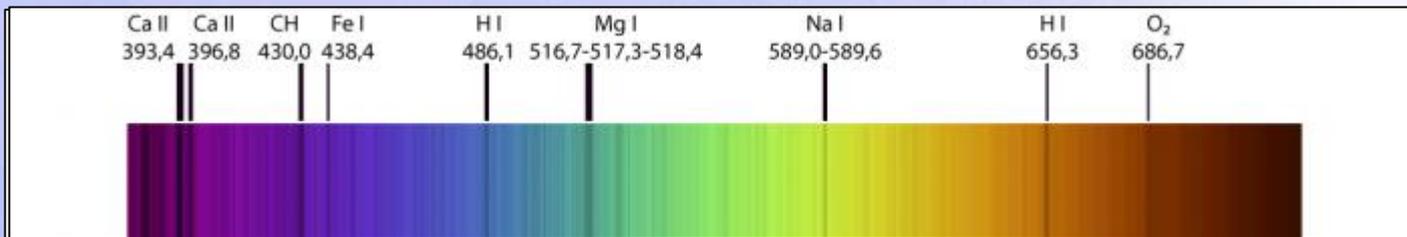
Le spectre de raies d'absorption - 1

- Les atomes peuvent émettre de la lumière mais ils peuvent aussi en absorber.
C'est le cas lorsqu'on fait passer de la lumière blanche à travers un gaz froid avant de la disperser par un prisme.
- Le spectre de la lumière est dans ce cas constitué de raies noires se détachant sur le fond coloré du spectre de la lumière blanche.

Différents types de spectres

Le spectre de raies d'absorption - 2

- La propriété importante du spectre de raies d'absorption est que **ses raies se produisent au même endroit que les raies d'émission.**



La figure ci-dessus représente le spectre solaire allant de 378 à 735 nm. Ce spectre contient plusieurs raies d'absorption : ce sont des raies de Fraunhofer (ou raies d'absorption du spectre solaire), dues à l'absorption des rayonnements par les éléments présents dans les couches extérieures de l'atmosphère du Soleil.

Différents types de spectres

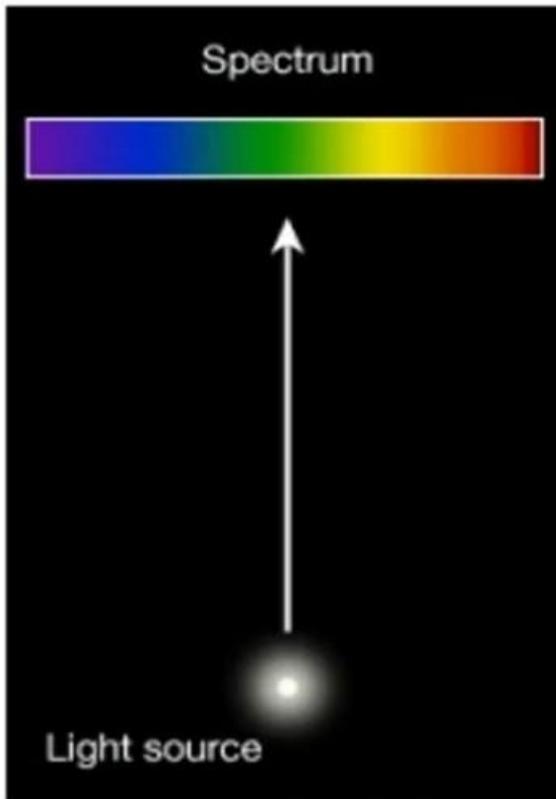
Les lois de Kirchhoff

- Loi 1 : Un solide, un liquide ou un gaz à pression élevée, s'ils sont chauffés, produisent un **spectre continu** (ex : lumière émise par du fer chauffé, lampe à incandescence, etc.).
- Loi 2 : Un gaz chaud à basse pression produit un spectre de **raies d'émission** (ex : lampe à vapeur de sodium, tubes néon, etc.).
- Loi 3 : La lumière provenant d'un objet ayant un spectre continu et passant à travers un gaz froid à basse pression, produit un spectre de **raies d'absorption** (ex : lumière provenant d'étoiles traversant des couches de gaz plus froid avant de nous parvenir).

Différents types de spectres

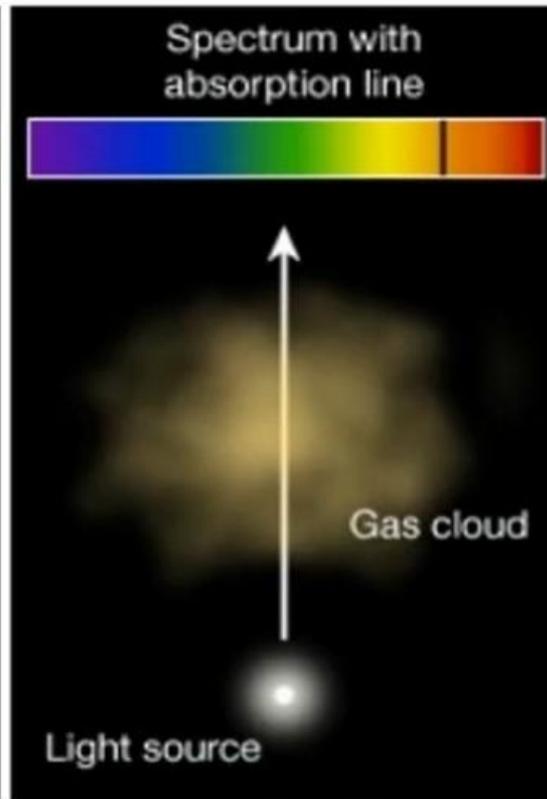
Les lois de Kirchhoff

Rayonnement continu



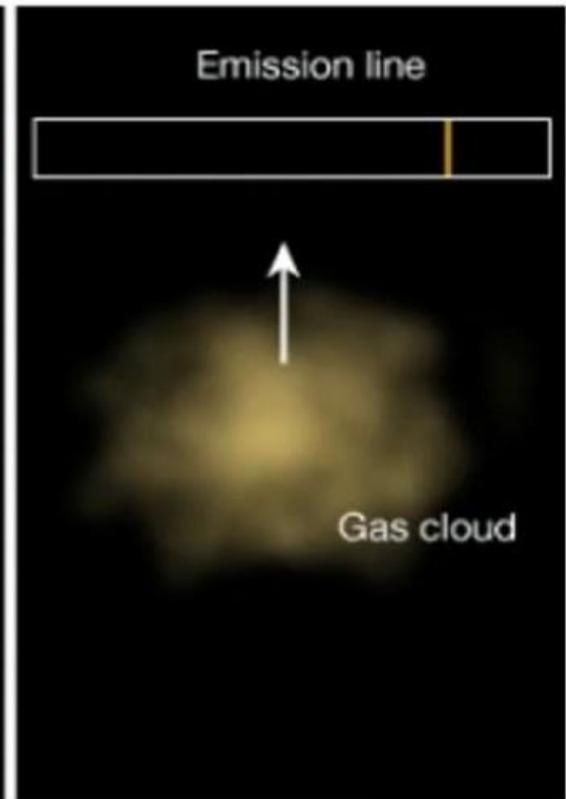
Corps chauffé à pression élevée.

Raies en absorption



Gaz froid à basse pression.

Raies en émission



Gaz chauffé à basse pression.

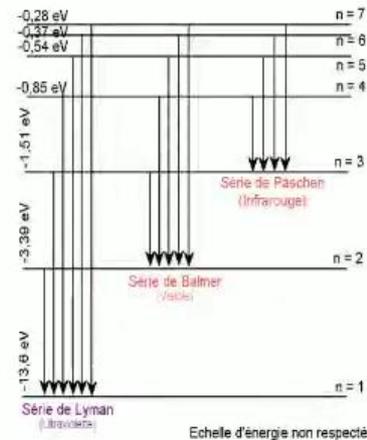
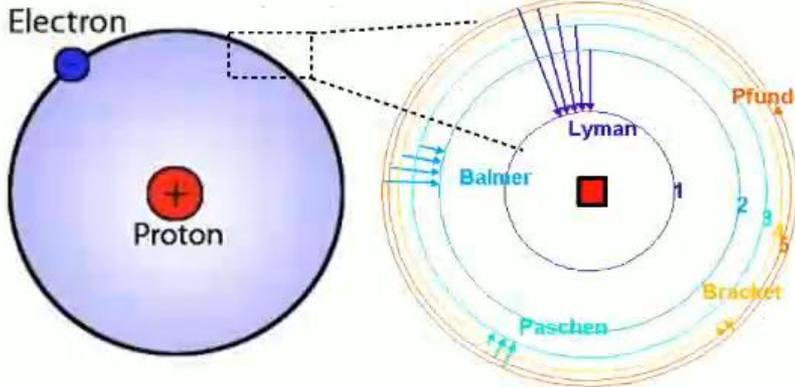
Différents types de spectres

Interprétation avec l'atome d'Hydrogène



Interprétation : modèle de Bohr (1913)

Modèle « planétaire » de l'hydrogène H (p+e): électron en orbite circulaire stable autour d'un noyau (p)



Plusieurs orbites possibles selon des **niveaux d'énergie** bien définis (par la Méca Q), jusqu'à ionisation (électron « arraché »)



Application

L'analyse du spectre d'une étoile permet de connaître un certain nombre de leurs propriétés

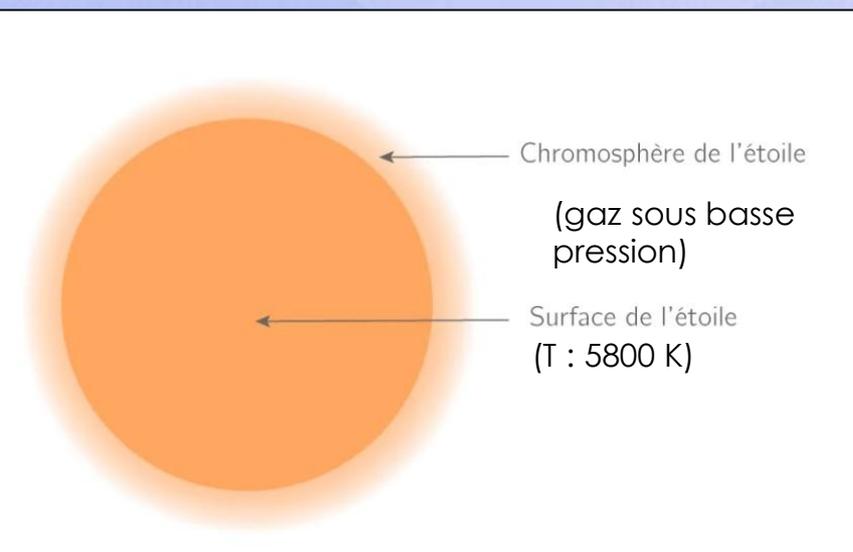
...

- L'identification des éléments constituant son atmosphère (position des raies spectrales).
- Leur **température** (avec loi de Wien et Stefan).
- Les **abondances** (mesure de la proportion d'un élément donné par rapport aux autres éléments, dans un environnement donné) – par l'intensité des raies d'absorption.
- Leur **vitesse radiale** (par effet Doppler)
- Leur **vitesse de rotation** : plus l'étoile tourne vite, plus les raies seront élargies par effet Doppler.
- Les propriétés du **champ magnétique**.

Un exemple

Identification du Fer dans l'atmosphère du Soleil

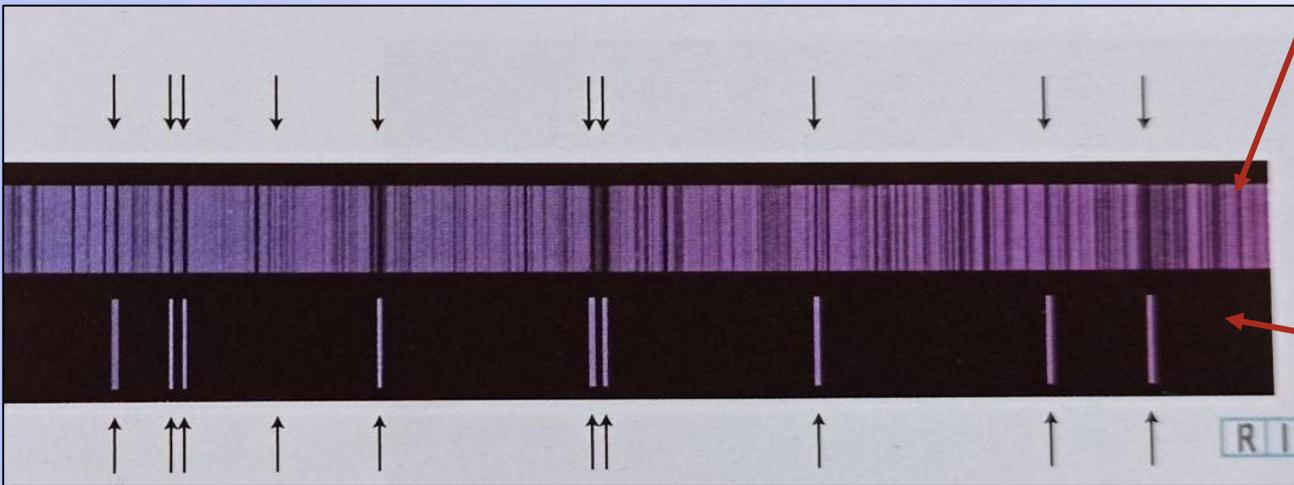
- La température du Soleil varie de plusieurs millions de degrés, au centre, à environ 5800 K en surface.
- Le rayonnement continu émis par ce gaz chaud est absorbé par le gaz plus froid qui constitue l'atmosphère du Soleil.



- En étudiant le spectre, on accède à la composition de l'atmosphère du Soleil (mais pas que ... car les raies se forment aussi dans l'atmosphère terrestre), car cette absorption est caractéristique des éléments chimiques qui la composent. •

Un exemple

Identification du Fer dans l'atmosphère du Soleil



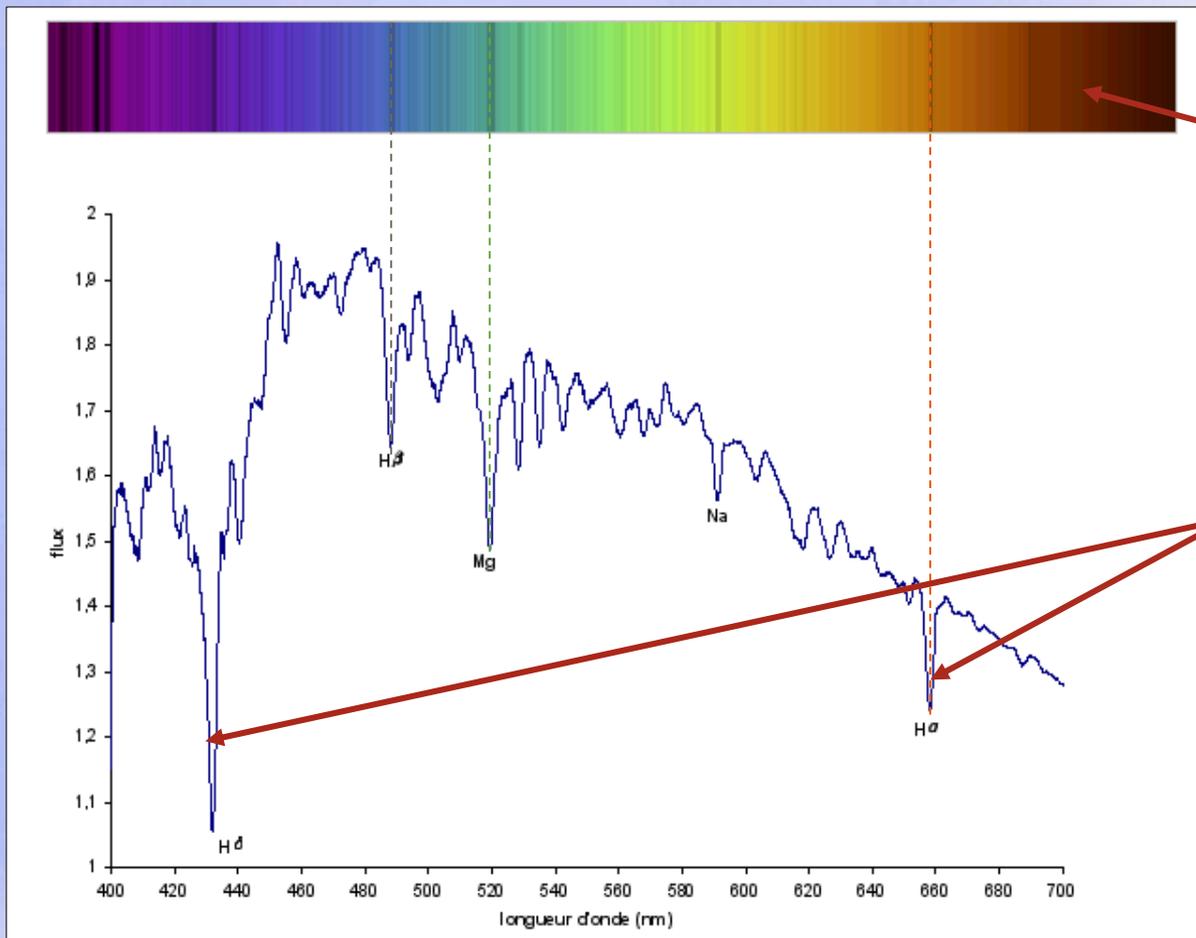
Partie du spectre solaire de 425 à 430 nm avec de nombreuses raies d'absorption visibles.

Partie du spectre d'émission de la vapeur de Fer

Le fait que les raies du Fer coïncident avec les raies d'absorption du Soleil, prouve qu'il y a du Fer dans l'atmosphère du Soleil.

Remarque

Grâce à des logiciels, on peut convertir un spectre en
graphe - 1



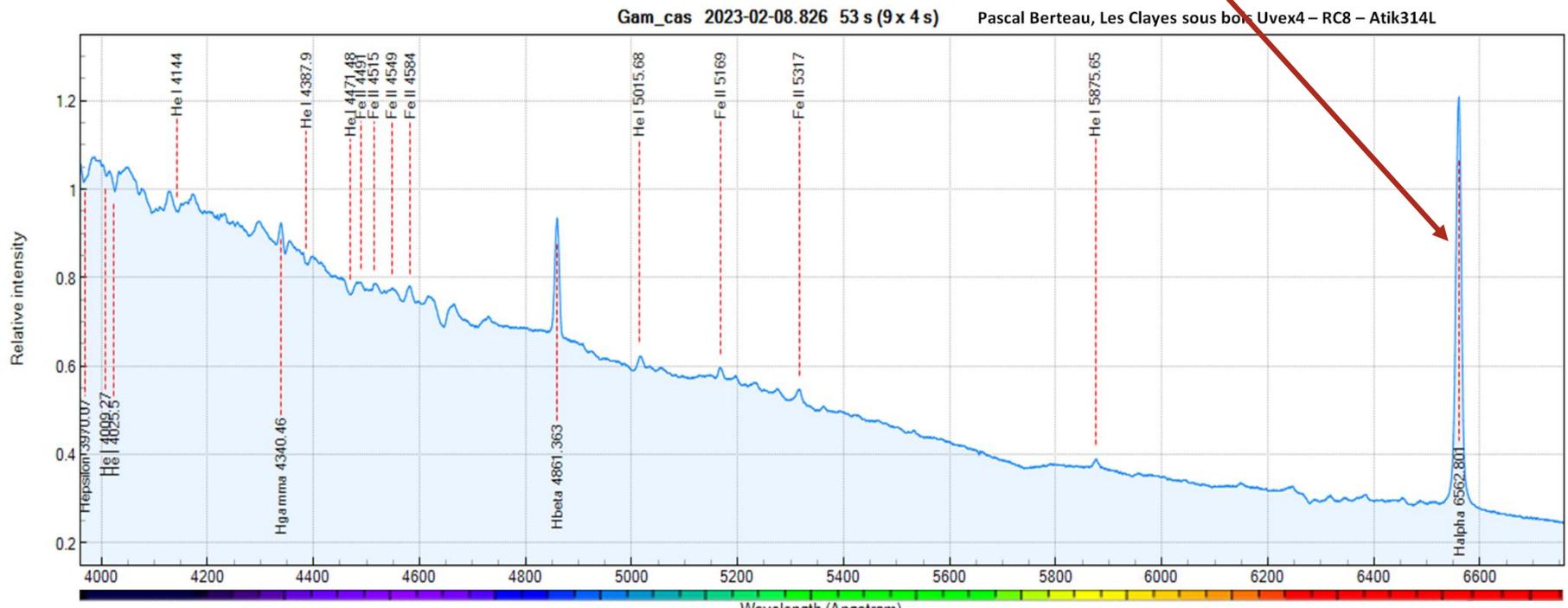
Spectre solaire de
378 à 735 nm

Raies d'absorption

Remarque

Grâce à des logiciels, on peut convertir un spectre en graphe - 2

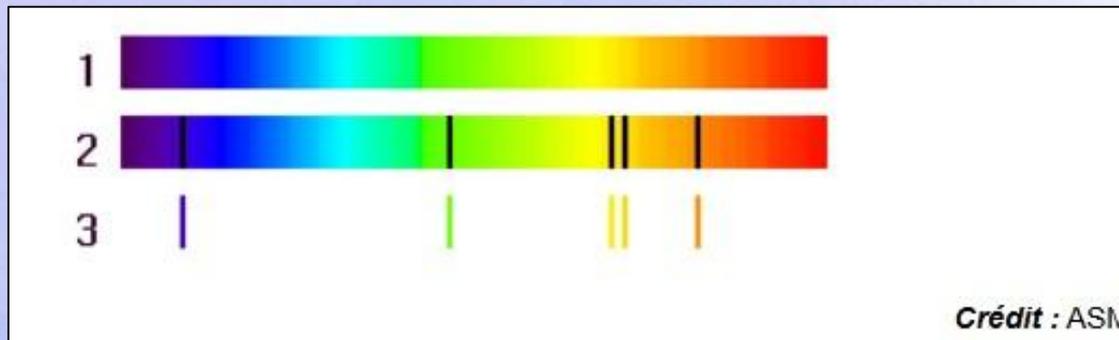
Ci-dessous, Gamma Cassiopée, étoile de type spectral B qui montre des raies spectrales en émission (hydrogène), ainsi que la présence de Fer et d'Hélium.



Le pouvoir de résolution

QCM

1) Parmi les spectres suivants, lequel est un spectre de raies d'absorption ? 1, 2 ou 3



2) Le spectre de la lumière blanche est un spectre :



1. continu
2. de raies d'émission
3. de raies d'absorption

Le pouvoir de résolution

QCM

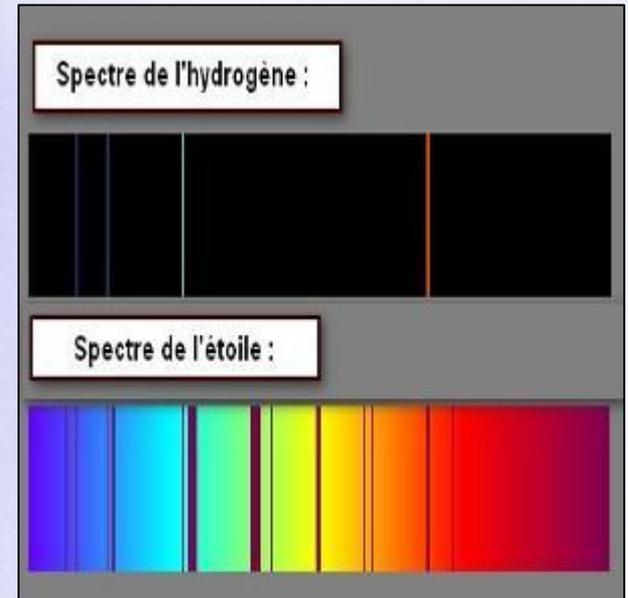
3) L'étoile dont le spectre est donné ci-dessous

* Contient de l'hydrogène

* Ne contient pas d'hydrogène

* Contient d'autres éléments chimiques

* Ne contient pas d'autres éléments chimiques



4) http://sciencesphy.free.fr/lycee/Seconde/QCS_pectres.htm



Merci pour votre attention !

- Retrouver le document au format pdf en bas de la page « Astrophotographie » de notre site

<https://www.helios-astronomie.com/>

HELIOS-ASTRONOMIE
Une fenêtre sur les étoiles, en Minervois !

Accueil | L'association | Actualités | Festival | Astro-Junior | **Astrophotographie** | Galerie Photos | Ressources

Quelques tutoriels pour débuter la photographie du ciel

Débuter la photographie du ciel avec un APN et trépied

- Que photographier
- Le matériel et les différents réglages
- Comment procéder

Télécharger le [PDF](#)

Réaliser une circumpolaire

- Préparer la soirée
- Le matériel
- Les différents réglages

Télécharger le [PDF](#)

Le logiciel Séquator