

Mademoiselle Physique

mademoisellephysique.com

Cours — Spectres d'émission et d'absorption de la lumière

Classe de Seconde

1. La lumière blanche est un mélange de couleurs

Une lumière peut sembler « simple » à l'œil (comme la lumière blanche du Soleil ou d'une lampe), mais elle est en réalité composée de plusieurs lumières colorées appelées radiations.

On le voit facilement après la pluie : les gouttes d'eau en suspension dans l'air séparent la lumière du Soleil en un arc-en-ciel. Chaque couleur de l'arc-en-ciel correspond à une radiation différente contenue dans la lumière blanche.

À retenir

La lumière blanche est polychromatique : elle est composée d'une infinité de radiations colorées (du violet au rouge).

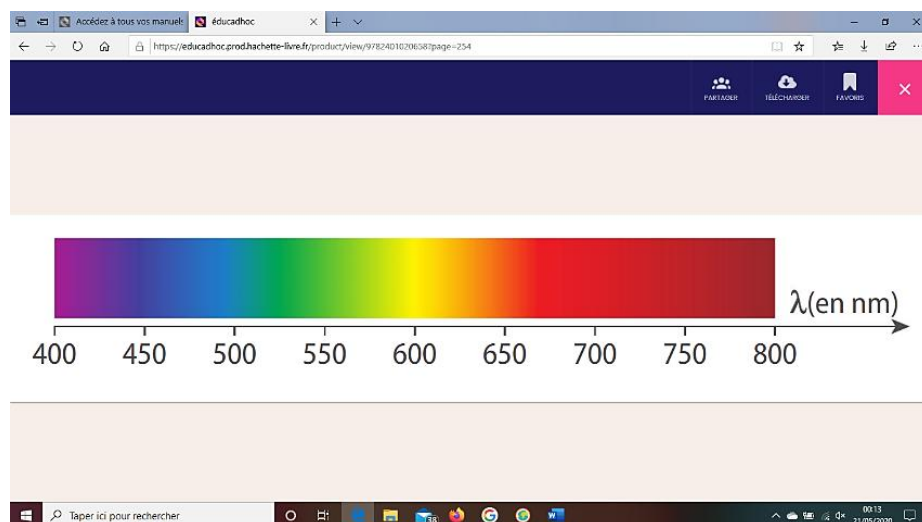
Une lumière qui ne contient qu'une seule couleur est dite monochromatique.

1.1 La longueur d'onde

Chaque radiation colorée est caractérisée par une grandeur appelée longueur d'onde, notée λ (lettre grecque « lambda »). Elle se mesure en mètre (m), mais on utilise le plus souvent le nanomètre ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

À retenir

L'œil humain est sensible aux radiations de longueur d'onde comprise entre 400 nm (violet) et 800 nm (rouge). Cet intervalle est appelé le domaine du visible.



Le domaine du visible, du violet (400 nm) au rouge (800 nm).

2. Comment observer les couleurs d'une lumière ? Le spectre

Pour « voir » séparément toutes les couleurs contenues dans une lumière, il faut disposer d'un objet capable de les séparer. On dit qu'il faut disperser la lumière.

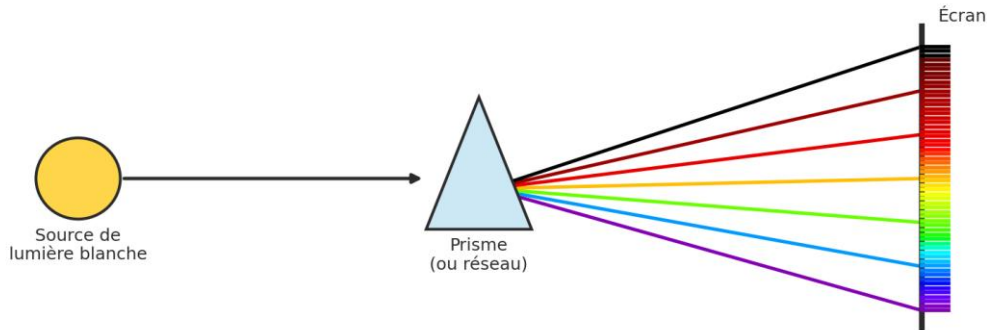
- Un prisme est un morceau de verre en forme de triangle. Lorsqu'une lumière blanche le traverse, chaque couleur en ressort dans une direction légèrement différente : les couleurs se séparent.
- Un réseau est une plaque comportant un très grand nombre de traits très fins et très rapprochés, gravés à sa surface. Il sépare lui aussi les couleurs d'une lumière, mais par un phénomène différent de celui du prisme.

On dit que le prisme et le réseau sont des systèmes dispersifs : ils dispersent (séparent) les différentes radiations colorées d'une lumière. On n'a pas besoin de savoir comment ils fonctionnent en détail pour comprendre la suite de ce cours : il suffit de retenir qu'ils permettent de séparer les couleurs.

À retenir

La figure colorée obtenue en dispersant une lumière avec un prisme ou un réseau s'appelle le spectre de cette lumière.

L'appareil qui permet d'observer ou d'enregistrer un spectre s'appelle un spectroscopie (ou spectromètre).



Principe d'obtention d'un spectre : une lumière traverse un système dispersif (prisme ou réseau) puis on observe le résultat sur un écran.

3. Les spectres d'émission

On appelle spectre d'émission le spectre d'une lumière émise directement par une source (une lampe, une étoile, un gaz qui brille...). Il en existe deux types très différents.

3.1 Le spectre continu d'origine thermique

Lorsqu'un corps (solide, liquide, ou gaz sous haute pression) est fortement chauffé, il émet de la lumière : c'est un rayonnement thermique. Le spectre de cette lumière est continu : il contient toutes les couleurs qui se suivent sans interruption, comme dans un arc-en-ciel complet.

À retenir

Un spectre continu d'origine thermique est produit par un corps porté à haute température.

Il ne dépend que de la température du corps chauffé, et pas de sa nature (le matériau importe peu).

Plus la température augmente, plus le spectre s'enrichit vers le violet (les couleurs rouges apparaissent d'abord, à basse température).

Exemples de corps chauffés émettant un spectre continu

Le filament d'une ampoule à incandescence ($\approx 2300\text{ °C}$)

Une coulée de lave ou d'acier en fusion

La surface d'une étoile, comme le Soleil ($\approx 5500\text{ °C}$ en surface)

3.2 Le spectre de raies d'émission

Lorsqu'un gaz à basse pression est soumis à une décharge électrique (comme dans un tube néon) ou à une très forte température, il émet lui aussi de la lumière. Mais cette fois, le spectre obtenu n'est pas continu : on observe seulement quelques raies colorées, séparées par du noir.

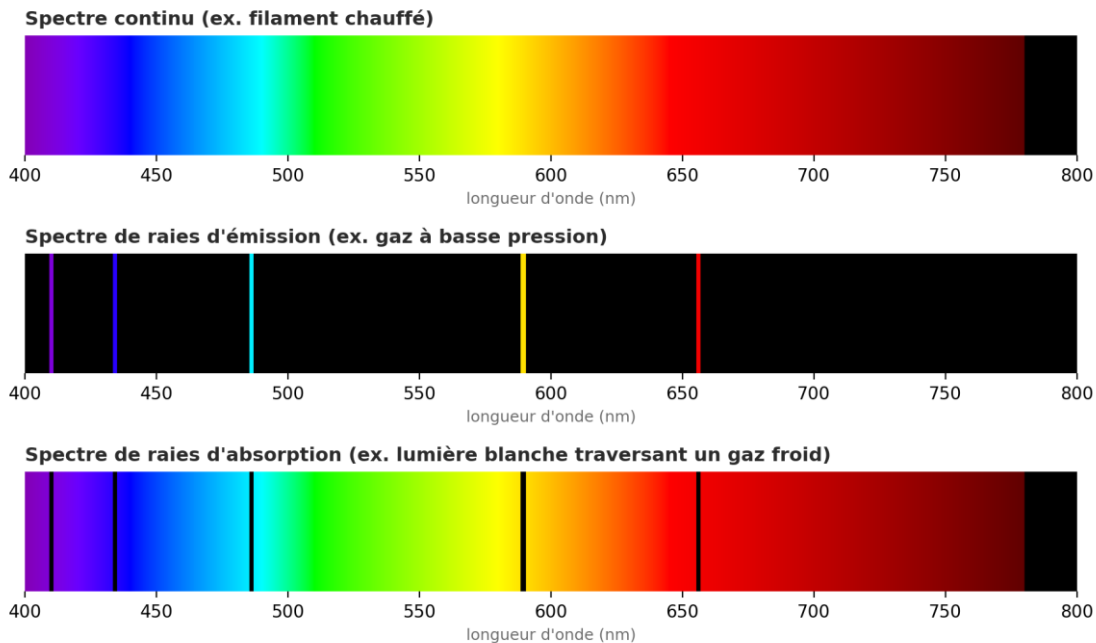
À retenir

Un spectre de raies d'émission est produit par un gaz à basse pression.

Il est constitué de raies colorées (fines lignes) sur un fond noir : c'est un spectre discontinu.

Contrairement au spectre continu, le spectre de raies ne dépend que de la nature chimique du gaz, pas de sa température.

Chaque élément chimique (hydrogène, sodium, néon, mercure...) possède un spectre de raies d'émission qui lui est propre, un peu comme une empreinte digitale. On appelle cela sa signature spectrale : elle permet d'identifier un élément chimique de façon certaine.



Comparaison entre spectre continu et spectre de raies d'émission.

4. Les spectres d'absorption

Jusqu'ici, on a observé la lumière émise directement par une source. Mais que se passe-t-il si une lumière blanche (au spectre continu) traverse un gaz avant d'arriver au spectroscopie ?

Expérience : on envoie la lumière blanche d'une lampe à travers une ampoule contenant un gaz froid (par exemple de la vapeur de sodium), puis on observe le spectre obtenu à l'aide d'un prisme.

Observation

On observe un spectre presque continu (les couleurs de l'arc-en-ciel), mais interrompu par quelques raies noires, à des positions bien précises.

Ce spectre s'appelle un spectre de raies d'absorption.

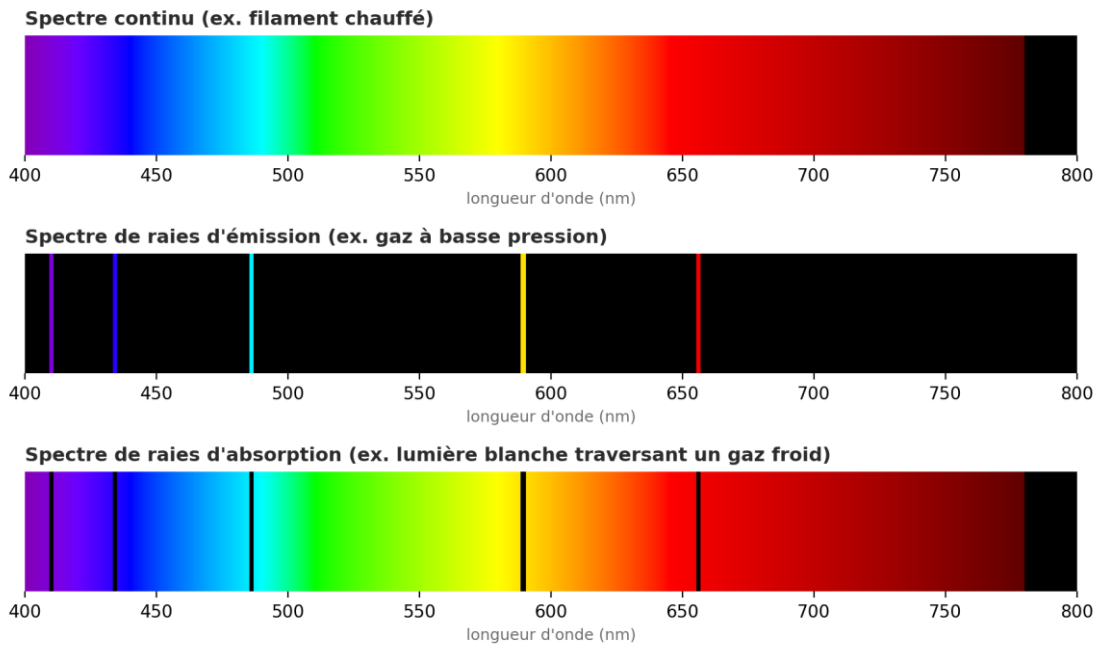
Explication : en traversant le gaz froid, certaines radiations bien précises de la lumière blanche sont absorbées par le gaz. Elles n'arrivent donc plus jusqu'à l'écran, ce qui laisse des raies noires à leur emplacement dans le spectre continu.

À retenir — le lien entre émission et absorption

Un gaz absorbe exactement les mêmes radiations (mêmes longueurs d'onde) que celles qu'il est capable d'émettre lorsqu'il est excité.

Autrement dit, les raies noires d'un spectre d'absorption d'un gaz se trouvent aux mêmes positions que les raies colorées de son spectre d'émission.

Le spectre d'absorption est donc, lui aussi, une signature spectrale propre à chaque élément chimique.



5. Identifier la composition d'un gaz grâce à son spectre

Pour savoir de quel(s) élément(s) chimique(s) est constitué un gaz, on procède par comparaison :

- on mesure la position (la longueur d'onde) des raies observées dans le spectre étudié (raies d'émission ou raies noires d'absorption) ;
- on compare ces positions à des spectres de référence, obtenus en laboratoire avec des gaz purs et connus (hydrogène, hélium, sodium, calcium, fer...) ;
- si les raies coïncident avec celles d'un élément de référence, on peut affirmer que cet élément est présent dans le gaz étudié.

Méthode

Une raie noire ou colorée observée à une longueur d'onde donnée = la signature d'un élément chimique précis.
Plus on retrouve de raies caractéristiques d'un élément, plus l'identification est fiable.

6. Application : le spectre du Soleil et la composition de son atmosphère

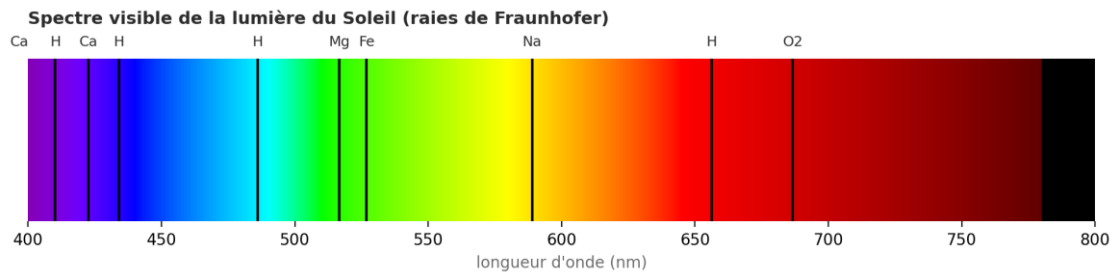
Le Soleil est une étoile : sa surface (la photosphère), très chaude (environ 5500 °C), émet un rayonnement thermique dont le spectre serait continu s'il n'était pas modifié par la suite.

Mais autour de cette surface se trouve une atmosphère solaire (chromosphère), constituée de gaz beaucoup moins denses et moins chauds. La lumière émise par la photosphère traverse cette atmosphère avant de nous parvenir.

Ce qui se passe

La lumière blanche (spectre continu) émise par la surface du Soleil traverse les gaz de son atmosphère. Ces gaz absorbent certaines radiations bien précises, comme dans l'expérience du paragraphe 4.

Le spectre du Soleil observé depuis la Terre est donc un spectre continu, entrecoupé de fines raies noires : ce sont les raies de Fraunhofer.



Spectre visible de la lumière solaire : quelques raies de Fraunhofer, avec l'élément chimique responsable de chacune.

Pour savoir quels gaz composent l'atmosphère du Soleil, les scientifiques utilisent exactement la méthode du paragraphe 5 :

- ils mesurent avec précision la longueur d'onde de chaque raie noire du spectre solaire ;
- ils comparent ces longueurs d'onde à celles des raies d'émission (ou d'absorption) connues des différents éléments chimiques, mesurées en laboratoire sur Terre ;
- chaque coïncidence permet d'identifier un élément présent dans l'atmosphère solaire.

C'est ainsi que l'on a pu montrer que l'atmosphère du Soleil contient, entre autres, de l'hydrogène (H), du calcium (Ca), du sodium (Na), du magnésium (Mg) et du fer (Fe).

Le sais-tu ?

En 1868, une raie inconnue du spectre solaire ne correspondait à aucun élément connu sur Terre.

Les astronomes en ont déduit l'existence d'un nouvel élément chimique, qu'ils ont nommé hélium (du grec hêlios, le Soleil).

Ce n'est que 27 ans plus tard, en 1895, que l'hélium a été isolé pour la première fois sur Terre.

Conclusion

L'analyse spectrale d'une lumière, même reçue depuis un astre situé à des millions de kilomètres, permet de déterminer sa composition chimique sans avoir besoin d'y aller.

C'est l'une des méthodes les plus puissantes de l'astrophysique moderne.