

DES AMPOULES AUX ÉTOILES

L'objectif de cette activité est de comparer le rayonnement de diverses sources lumineuses pour comprendre ensuite l'information que l'on peut obtenir à partir des spectres des étoiles et des nébuleuses.

FICHE ENSEIGNANT



@ObsCoteAzur
@ObservatoireDeLaCoteDAzur
oca.eu



50 min



Collège, Lycée



Notions de lecture et de construction de graphique



* Fiche de l'élève

Activités complémentaires

Construction d'un spectroscopie avec un CD

Lumière invisible

Spectre du Soleil

Analyse spectrale pour la détection des exoplanètes

Loi de Wien

Liens avec le programme scolaire

Cycle 4

Thème : organisation de la matière dans l'univers

- La matière constituant la Terre et les étoiles.
- Les éléments sur Terre et dans l'univers.
- Constituants de l'atome, structure interne d'un noyau atomique.
- Thème : Des signaux pour observer et communiquer
- Sources de lumière.

Seconde

- Savoir qu'un corps chaud émet un rayonnement continu, dont les propriétés dépendent de la température.
- Repérer, par sa longueur d'onde dans un spectre d'émission ou d'absorption une radiation caractéristique d'une entité chimique.
- Utiliser un système dispersif pour visualiser des spectres d'émission et d'absorption et comparer ces spectres à celui de la lumière blanche.
- Savoir que la longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique.
- Interpréter le spectre de la lumière émise par une étoile : température de surface et entités chimiques présentes dans l'atmosphère de l'étoile.

Première

- Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde dans le vide.
- Connaître les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible et ultraviolets.
- Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée.
- Expliquer les caractéristiques du spectre solaire.

Partie 1 - La dispersion de la lumière et les différents types de spectres

Objectifs

- Expliquer la décomposition de la lumière.
- Comprendre la différence entre les spectres continus/discontinus et mono/polychromatiques.

Déroulement de l'activité

Les exercices de cette partie demandent aux élèves d'identifier les différents types de spectres. Ces derniers peuvent être introduits grâce à l'image de l'arc-en-ciel, bien connue des élèves : les couleurs qui le composent, comment il est produit, etc.

Pour les types de spectres, 4 classifications sont abordées : continu/discontinu, poly/monochromatique. Le lien entre le type de spectre et la source de lumière est aussi exploré avec des exemples de la vie courante : le Soleil, les ampoules à filament, à économie d'énergie et le laser.

Les corps émettent une radiation dite « de corps noir » qui dépend de leur température. Cette radiation est continue et polychromatique puisque, quand elle est dispersée par un prisme ou un réseau, on voit toutes les couleurs qui la composent sans discontinuité entre elles. C'est le cas des ampoules à filament qui émettent de la lumière via l'échauffement du filament.

Cependant, quand la lumière est produite par un gaz excité, le spectre est discontinu et polychromatique : les différentes couleurs sont une empreinte des éléments chimiques qui composent le gaz. Comme exemple de spectre monochromatique, nous présentons le laser. La lumière du laser est le produit d'une émission stimulée : la lumière émise par le laser possède une longueur d'onde spécifique et son spectre est donc monochromatique.



Pour aller plus loin | *La classification des étoiles*

L'Union Astronomique Internationale (IAU, en anglais) a adopté depuis 1910 la classification de Harvard pour les étoiles. Dans cette classification, mise en place par Annie Jump Cannon, les étoiles sont distribuées en sept types spectraux (eux-mêmes divisés en sous-types) selon leur température de surface.

Classe	Température	Couleur
O	> 25 000 K	Bleue
B	10 000–25 000 K	Bleue-blanche
A	7 500–10 000 K	Blanche
F	6 000–7 500 K	Jaune-blanche
G	5 000–6 000 K	Jaune (comme le Soleil)
K	3 500–5 000 K	Orange
M	< 3 500 K	Rouge

Selon la Loi de Wien qui établit une relation entre le maximum de la longueur d'onde (la couleur) et la température du corps qui émet la radiation, les étoiles bleues sont plus chaudes que les étoiles rouges.

La classification des étoiles selon leur couleur/température superficielle est la première caractérisation nécessaire à la compréhension de l'évolution future de l'étoile.

Partie 2 - Spectre des étoiles

Objectifs

- Interpréter un graphique représentant l'intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde.
- Identifier la couleur de la source lumineuse d'après le graphique de son spectre.
- Comprendre le rapport entre la couleur et la température des sources lumineuses.

Déroulement de l'activité

En astronomie, le spectre des étoiles est étudié à l'aide d'une représentation graphique que l'élève apprendra à interpréter.

Sur le graphique, l'intensité de la lumière reçue par le télescope est représentée en termes de flux, qui est directement proportionnel à l'intensité. La représentation du « flux en fonction de la longueur d'onde », entre autres informations, nous montre dans quelle région du spectre électromagnétique l'étoile étudiée émet le plus. Il est facile alors de déduire la couleur de l'étoile.

Contrairement à l'usage courant (robinet, douche, certaines images de caméras thermiques, etc), le blanc/bleu correspond aux corps plus chauds tandis que le jaune/orange/rouge se rapporte aux corps plus froids (Loi de Wien). Certaines images comme celles d'une bougie ou d'un chalumeau peuvent aider à convaincre les élèves que les combinaisons d'usage « rouge = chaud » et « bleu = froid » ne sont pas scientifiquement justifiées.

La température d'une étoile peut donc être déduite de sa couleur. Les élèves sont amenés à retrouver quelle étoile est la plus chaude et laquelle est la plus froide parmi les étoiles présentées et grâce à des graphiques « flux en fonction de la longueur d'onde ».



Pour aller plus loin | *Les nébuleuses*

Les nébuleuses sont des régions de l'espace constituées de gaz et de poussières. Elles doivent leur nom à leur aspect diffus ou nébuleux quand elles sont observées avec un télescope. Elles peuvent être petites ou peuvent s'étendre sur des distances de plusieurs années-lumière.

Le nom « nébuleuse » englobe plusieurs types d'objets célestes très différents. Elles peuvent être issues de la mort d'une étoile : « supernovae » si l'étoile à l'origine était très massive, ou « nébuleuses planétaires » pour les étoiles comme le Soleil en fin de vie. Elles peuvent aussi être un berceau d'étoiles : les régions gazeuses de l'espace où les nouvelles étoiles se formeront grâce à l'attraction gravitationnelle des zones où le gaz est plus concentré. Ces zones attirent de plus en plus les atomes qui finissent par « allumer » une étoile après avoir dépassé une certaine densité.

Le spectre des nébuleuses peut être observé grâce à l'émission du gaz chaud excité ou ionisé. Ce spectre est polychromatique discontinu comme celui des ampoules à économie d'énergie. Les raies d'émission d'une nébuleuse révèlent la composition chimique du gaz, et permettent ainsi aux astronomes d'étudier, par exemple, la formation et l'évolution stellaire.



Nébuleuse du papillon.
Crédits: NASA, ESA, and the Hubble SM4 ERO Team.

Partie 3 - Spectre des nébuleuses

Objectifs

- Expliquer le concept de nébuleuse (voir cadre).
- Identifier le spectre d'une nébuleuse à celui d'une ampoule à économie d'énergie.

Déroulement de l'activité

Cette activité permet d'explorer les caractéristiques d'un spectre discontinu en utilisant un exemple d'astronomie.

Il est important de comprendre que le mécanisme d'émission de lumière par les nébuleuses est similaire à celui des lampes à économie d'énergie : les atomes du gaz de la nébuleuse, qui est chauffée par le rayonnement de l'étoile, seront excités par ce rayonnement. Leur désexcitation produira une émission de radiation qui correspond aux transitions atomiques des atomes qui la composent.

La « loi de Kirchoff » sur le rayonnement stellaire préconise que l'observation du gaz devant une source stellaire produira des spectres d'absorption comme ceux que l'on voit dans le Soleil ou les étoiles. En revanche, l'observation du gaz qui n'est pas directement devant une source énergétique produira un spectre d'émission. S'il était possible d'observer uniquement l'émission de corps noir de l'étoile, le résultat serait un spectre continu sans lignes d'émission ou d'absorption. (Voir figure 1).

On note que les raies dans les spectres d'émission mais aussi d'absorption des étoiles ont une certaine largeur. Cette distribution est due au mouvement des atomes qui composent le gaz et qui élargissent la raie par un effet similaire à l'effet Doppler.

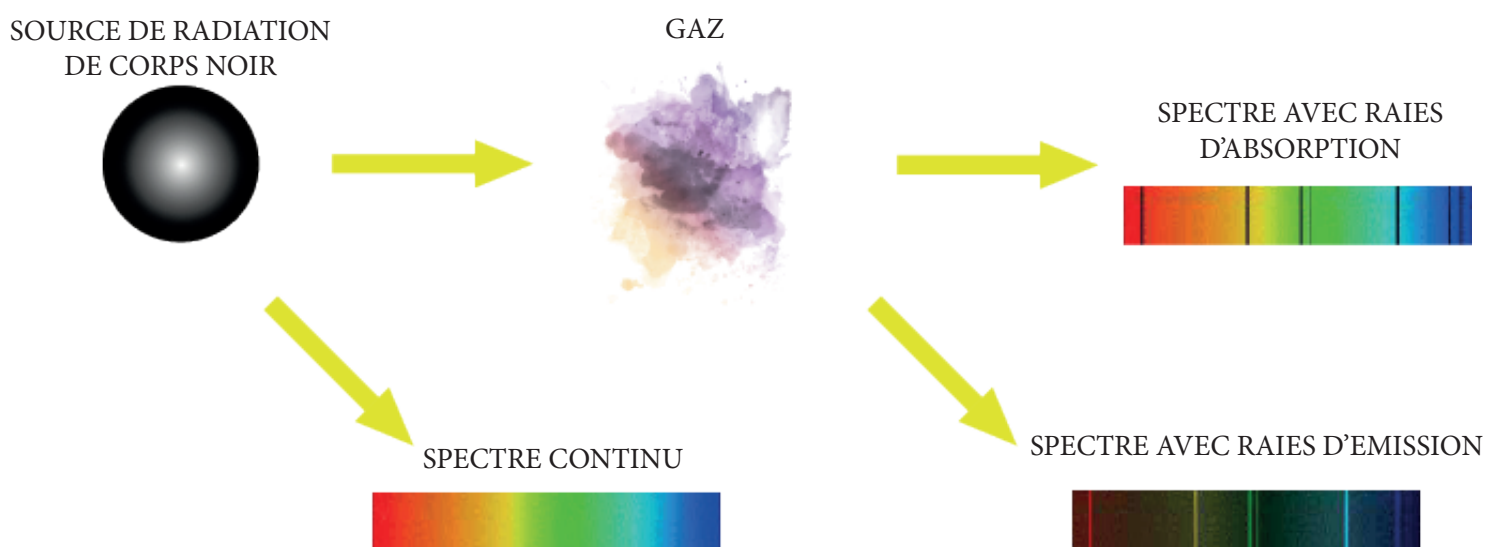


Figure 1: les différents types de spectres et leur rapport avec la source lumineuse.