

Spectres atomiques : Quelques applications en astrophysique

Spectroscopes. Lois de la spectroscopie

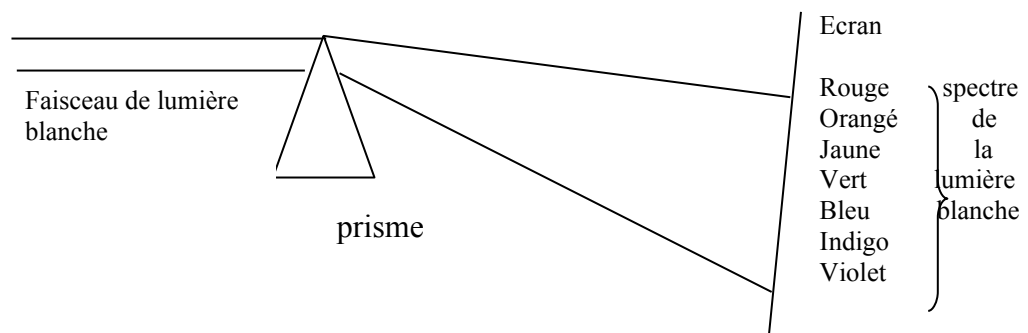
Un spectroscopie est un appareil destiné à décomposer une lumière complexe, c'est-à-dire une lumière composée de multiples couleurs. Par exemple la lumière blanche est composée de lumières colorées que l'on observe dans un arc-en-ciel.

La lumière du Soleil, décomposée par les gouttelettes d'eau de la pluie, laisse éclater de magnifiques couleurs : l'ensemble de ces couleurs s'appelle le spectre de la lumière, lumière qui, en provenance de l'astre diurne, arrive sur la Terre après avoir traversé des espaces immenses puis l'atmosphère de notre planète.

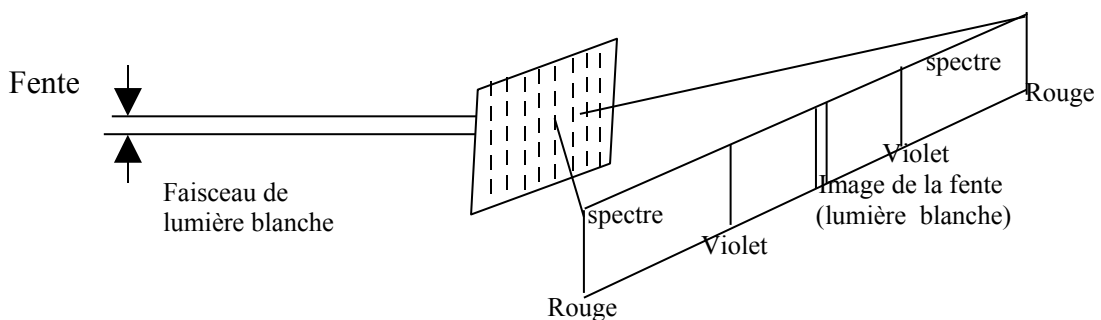
On peut obtenir le même effet à l'aide d'un spectroscopie.

Il existe deux types de spectroscopes : ceux qui utilisent un prisme et ceux qui utilisent un réseau de diffraction.

Envoyons un faisceau de lumière sur l'arête d'un prisme de verre, bloc transparent de section triangulaire. Le faisceau émergent n'est pas blanc mais présente toutes les lumières colorées de l'arc-en-ciel. La lumière violette est la plus déviée, la rouge la moins déviée.



Un réseau de diffraction est une lame transparente (ou réfléchissante) portant de fines rayures, parallèles et très serrées (de quelques centaines à quelques milliers de traits par millimètres). Traversant une telle lame, ou, réfléchi par elle (par exemple la face gravée d'un disque CD ROM) la lumière est décomposée et on observe son spectre.



En 1859, R. Bunsen et G. Kirchhoff publient trois lois concernant les spectres de la lumière. Ces lois peuvent s'exprimer de façon simple.

Première loi : un gaz soumis à une pression élevée, un solide ou un liquide, chauffés, émettent un rayonnement qui contient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Le spectre obtenu à l'aide d'un spectroscopie est appelé spectre continu.

Deuxième loi : un gaz chaud, soumis à une pression faible, émet un rayonnement pour certaines couleurs bien particulières caractéristiques des atomes contenus dans le gaz. Le spectre obtenu présente des raies colorées appelées raies d'émission.

Troisième loi : Un gaz froid, soumis à une basse pression, éclairé par une source de lumière blanche, absorbe certaines couleurs. Un observateur, recevant la lumière transmise par ce gaz, voit un spectre qui présente des raies noires correspondant aux couleurs absorbées par le gaz. Le spectre est un spectre d'absorption. Ce gaz absorbe les mêmes couleurs qu'il émettrait s'il était chaud.

Couleur des nébuleuses à émission

Les nébuleuses à émission sont essentiellement constituées d'hydrogène gazeux à basse pression et chauffé par des étoiles proches et jeunes donc très chaudes. Les photons qu'elles émettent sont assez énergétiques pour ioniser les atomes d'hydrogène.

Chaque atome concerné perd provisoirement son unique électron. Les noyaux ainsi formés, des protons, en capturant les électrons libérés précédemment redonnent des atomes d'hydrogène excités, c'est-à-dire possédant trop d'énergie pour demeurer ainsi.

Les atomes excités perdent leur surplus d'énergie en émettant des photons, ce qui se traduit par une émission de lumière. L'énergie perdue par une grande majorité des atomes d'hydrogène correspond à une lumière rouge (il s'agit de la transition électronique du niveau $n = 2$ à $n = 3$ donnant la raie $H\alpha$ de la série de Balmer $\lambda = 658 \text{ nm}$). La spectroscopie a donc permis, compte tenu de la nature du spectre d'émission de ce type de nébuleuses, de reconnaître la composition chimique de ces vastes nuages gazeux tels que M42 la grande nébuleuse d'Orion, M16 la nébuleuse de l'Aigle, M20 la nébuleuse Trifide, M8 la nébuleuse de la Lagune et bien d'autres encore.

Composition de l'atmosphère d'une étoile

Il est évident que depuis 1859 des progrès importants ont été réalisés dans le domaine de la spectroscopie et aussi dans la connaissance des étoiles. On supposera cependant que les lois de Kirchhoff et Bunsen peuvent être appliquées dans le cas de modèles simplifiés. Alors, le spectre d'une étoile peut être expliqué par la présence de la partie extérieure, l'atmosphère, considérée comme un gaz relativement froid et à basse pression, éclairée par la lumière qui provient de la photosphère. Lorsque les astronomes photographient le spectre (obtenu à l'aide d'un spectroscopie à réseau) de la lumière provenant de l'étoile, ils réalisent sur le même cliché le spectre d'émission de l'argon, élément chimique, qui sert de référence pour l'étalonnage des distances séparant les différentes raies d'absorption.

Sur le cliché obtenu on observe un spectre continu coloré présentant par endroits des raies sombres. Le spectre continu est celui de la lumière émise par l'étoile, les raies sombres correspondent aux couleurs absorbées par les éléments chimiques présents dans l'atmosphère de l'étoile.

La comparaison du spectre d'absorption de l'étoile (raies sombres) et du spectre d'émission de l'argon, élément de référence (raies colorées), permet de trouver la nature des éléments chimiques présents dans l'atmosphère de l'étoile. En effet le spectre d'absorption (ou d'émission) d'un élément est sa carte d'identité et il est donc possible de le reconnaître sans aucun doute.

Température de surface d'une étoile. Type spectral

La lumière émise par une étoile donne, nous l'avons vu, un spectre d'émission continu.

Si la température de surface de l'étoile est élevée, le spectre présentera une partie importante dans le bleu. Au contraire, si la température de surface de l'astre est relativement faible, le spectre montrera une zone importante dans le rouge. La température de surface d'une étoile peut être évaluée à partir de l'étude du spectre continu de la lumière qu'elle émet. Les étoiles ont été classées en types spectraux :

O, B, A, F, G, K, M, R, N, S, I (pour s'en souvenir : « Oh ! Be A Fine Girl, Kiss Me Right Now Sweatheart » « Oh ! Soit une chic fille, embrasse-moi tout de suite chérie »). Par exemple les étoiles de type O sont bleues et très chaudes (de 20000 à 30000 K), celle de type A sont blanches et chaudes (de 8000 à 12000 K), les étoiles jaunes comme le Soleil, de type G ont une température de surface de l'ordre de 6000 K, les étoiles de type I, froides (1000 à 1500 K) sont difficiles à détecter. Les températures sont exprimées en kelvin ($0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$)

Conclusion

La spectroscopie, puissant moyen d'investigation, a fait avancer de façon spectaculaire la recherche en astronomie, notamment dans la connaissance des étoiles. Elle a permis, entre autres découvertes, l'identification d'éléments chimiques dans leur atmosphère, l'évaluation de leur température externe, la mise en évidence de l'élément hydrogène dans les vastes nuages de gaz et de poussières interstellaires.

Bernard DELLA NAVE