
B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

Observation des raies d'absorption du spectre solaire (*Raies de Fraunhofer*)

par L. DETTWILLER

Ce texte est extrait de l'ouvrage suivant (avec l'aimable autorisation de l'éditeur que nous remercions) : A.-M. CAMARD et L. DETTWILLER : «*Aide à l'enseignement des unités U1 et U3 de l'option de physique en classe de première scientifique*» - *Les cahiers du CRDP d'Auvergne - Sciences Physiques*, CRDP d'Auvergne (Clermont-Ferrand, 1995).

Il peut donc être utilisé, entre autres, pour l'enseignement de l'unité U3 en classe de première scientifique.

BUT

Illustrer les trois lois de Kirchhoff et Bunsen, dont la première et la troisième s'appliquent aux spectres stellaires :

- un gaz à pression élevée, un liquide ou un solide, s'ils sont chauffés, émettent un rayonnement continu qui contient toutes les longueurs d'onde ;
- un gaz chaud, à basse pression, émet un spectre de raies ;
- un gaz froid, à basse pression, s'il est situé entre l'observateur et une source de rayonnement continu, produit un spectre de raies d'absorption, ces raies ayant la même longueur d'onde que celles qu'il émettrait s'il était chaud.

IDÉES D'EXPÉRIENCES OU D'OBSERVATIONS

On peut faire observer par les élèves les raies d'absorption du spectre solaire, dites raies de Fraunhofer, dans un spectroscopie à prisme ou à réseau, comme ceux équipés d'un goniomètre. La diffusion Rayleigh, responsable de la couleur bleue du ciel, et celle de Mie, responsable de la couleur grise des nuages, n'affectent pas ces raies ; mais pour avoir un meilleur rapport signal/bruit il est préférable de réaliser cette observation un jour ensoleillé, avec la lumière directe du Soleil.

On pourra suivre le protocole que voici.

B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

Placer le spectroscopie à l'ombre pour minimiser la lumière parasite.

Renvoyer sur la fente d'entrée la lumière solaire au moyen d'un miroir (plan) orientable, réalisant ainsi un premier réglage de l'orientation de ce miroir. Ensuite, affiner ce réglage de façon que le pinceau lumineux issu de la fente arrive bien sur la face d'entrée du prisme ; pour cela, il est commode d'enlever d'abord la fente d'entrée du collimateur et de placer l'image réfléchie du Soleil dans l'axe du tube du collimateur (observer en projection sur un papier pour ne pas recevoir directement sur la rétine le flux de lumière solaire réfléchi), puis de remettre la fente et d'achever le réglage de l'orientation du miroir de façon à ce que la trace du pinceau issu de la fente se situe au milieu de la lentille collimatrice. A cause du mouvement diurne du Soleil, ce réglage doit être retouché au bout de quelques minutes (à moins que l'on dispose d'un coelostat), mais par temps ensoleillé le ciel est assez lumineux dans une direction proche de celle du Soleil pour former un beau spectre...

Régler le tirage du collimateur de façon à mettre à l'infini l'image qu'il forme de la fente ; un réglage approximatif suffit, soit par observation oculaire directe de l'image virtuelle (avec un œil normal ou bien corrigé), soit par projection de l'image réelle à une distance grande devant le tirage.

On peut alors mettre le prisme sur le trajet du pinceau issu du collimateur, et le régler approximativement au minimum de déviation.

On règle l'oculaire de la lunette à sa vue (de façon à observer l'image du réticule sur son *punctum remotum*), puis le tirage de la lunette de façon à voir le spectre parfaitement net *en même temps que* l'image du réticule (on peut, pour plus de précision, s'aider d'une lampe spectrale que l'on place momentanément devant la fente d'entrée du spectroscopie, sans rien dérégler par ailleurs).

Empêcher soigneusement l'arrivée, dans la lunette et sur le prisme, de la lumière parasite ambiante (en collant des rideaux et des manchons de papier noir par exemple, en particulier sur les espaces réservés éventuellement au micromètre collimateur).

Enfin, il ne reste qu'à rendre la fente d'entrée du spectroscopie suffisamment étroite pour voir apparaître une multitude de raies d'absorption très fines (les plus sombres se trouvant dans le rouge et le vert). On risque d'être gêné par les défauts ou salissures qui obstrueraient la fente et se manifesteraient par des lignes sombres sur toute l'étendue du spectre, ce dont il faudra faire abstraction si on ne parvient pas à

B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

les éliminer... Il faut choisir, pour la largeur de la fente, le meilleur compromis entre la luminosité moyenne du spectre et la résolution des raies (ce qui dans ce cas précis se traduira par leur «noirceur» ou encore leur «contraste»).

On achève ce réglage approximatif en orientant la fente parallèlement à l'arête du prisme de façon à voir les raies bien «verticales» dans le spectre.

On trouvera une façon de réaliser soi-même un petit spectroscope permettant l'observation de ces raies d'absorption dans la référence [1] (pp. 153-156), et [2] (pp. 131-135).

Si on peut observer le spectre de la Lune, on constate qu'il est très semblable à celui du Soleil (on y retrouve les mêmes raies d'absorption) - voir [3] (pp. 107-108).

INFORMATIONS POUR L'ENSEIGNANT

Dans le spectre de la lumière solaire observée depuis la surface de la Terre, on trouve évidemment les raies d'absorption des constituants de l'atmosphère terrestre : l'absorption intense de l'ultraviolet (puis des rayons X et γ) commence en-dessous de 300 nm à cause de O_3 d'abord, ensuite de O_2 , de N_2 (puis des radicaux N et O, et enfin de O_2 et N_2 , respectivement dans l'ordre des longueurs d'onde décroissantes), et on ne peut observer dans ces fréquences qu'à l'aide des satellites artificiels en orbite à plusieurs centaines de kilomètres d'altitude ; l'infrarouge est absorbé par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone de 1 mm à 15 μm fortement et continûment, puis de 15 μm à 0,9 μm mais moins fortement (et en ménageant des fenêtres de transparence autour de 1 μm , 1,2 μm , 1,6 μm et 2 μm), et il suffit de ballons stratosphériques pour observer à ces fréquences ; les ondes radio plus courtes que 1 cm sont complètement absorbées par les couches inférieures de l'atmosphère (à l'exception des bandes étroites centrées sur 1 mm, 4,5 mm et 8 mm), les ondes plus longues que quelques dizaines de mètres étant réfléchies et absorbées par les couches ionosphériques ; dans le spectre visible, on rencontre les raies d'absorption de O_2 vers 690 et 760 nm et H_2O vers 720 nm.

Les raies d'absorption du Soleil lui-même sont dues à la présence d'éléments là où sa température est plus basse, c'est-à-dire dans sa photosphère (température minimale 4500 K), comme dans l'expérience de renversement des raies (voir § 1.2) ; comme les raies d'absorption usuelles, ce sont les raies des transitions partant du seul niveau énergétique notablement peuplé, donc le niveau fondamental K. Mais il y aussi

B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

les raies d'absorption de la série de Balmer de l'hydrogène, ce qui est inhabituel car ce sont les raies de transition partant du premier niveau excité (niveau L) de l'hydrogène ; elles s'expliquent par l'absorption due à l'hydrogène de la chromosphère (fine couche entourant la photosphère) où la température avoisine 10^4 K, ce qui permet à ses atomes d'hydrogène d'occuper aussi le niveau L - et si les raies d'absorption de la chromosphère sont si sombres en dépit de sa température largement supérieure à celle de la photosphère, c'est qu'elle n'est pas en équilibre thermodynamique local à cause de sa faible densité. Enfin, comme dans l'expérience de renversement des raies (voir § 1.2), si on peut voir la lumière émise - et non plus transmise - par la chromosphère, ce qui est réalisable seulement lors des éclipses de Soleil, on trouve dans son spectre des raies d'émission (notamment la raie rouge H_{α} , d'où le nom de chromosphère).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. AUDE, J.-C. DESARNAUD, R. VENTO et G. VIDAL : «*L'astronomie en questions et par la pratique*», CRDP de Marseille (1988).
- [2] «*Naissance, vie et mort des étoiles*», Formation continue des maîtres en astronomie fascicule IV, Université Paris XI (Centre scientifique d'Orsay) : pp. 131-135.
- [3] «*La lumière messagère des astres*», Formation continue des maîtres en astronomie fascicule III, Université Paris XI (Centre scientifique d'Orsay) : en particulier les pp. 90-92 et pp. 104-105.