

Spectroscopie à bon marché

par M. CHAPELET,

11 bis, rue E.-Psichari, 78150 Le Chesnay.

Cet article montre qu'il est possible d'entreprendre des études spectroscopiques sérieuses avec un matériel rudimentaire.

Le matériel comporte un réseau à 528 traits par mm (Prosciences, Pierron, Jeulin - prix : 10 F environ) de longueur utile 26 mm, un jeu de fentes (réalisées avec des moitiés de lames de rasoir), une lentille convergente de 400 mm de focale (fig. 1).

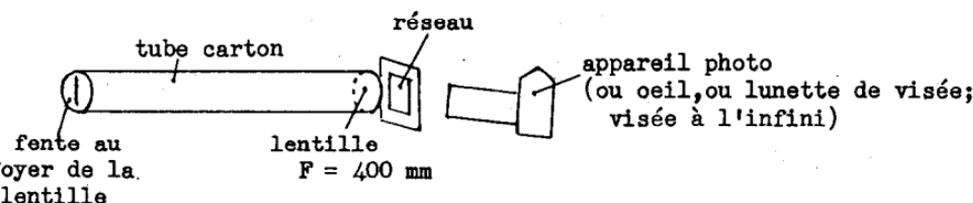


Fig. 1

Les calculs sont effectués pour l'ordre 1 ($k = 1$) et pour une incidence normale ($\varphi = 0$). Les angles sont repérés par rapport à la normale au plan du réseau (fig. 2).

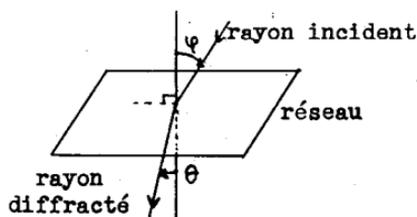


Fig. 2

La loi des réseaux par transmission s'écrit :

$$\sin \theta - \sin \varphi = nk\lambda \quad (1)$$

Si λ représente la longueur d'onde en μm , k l'ordre (ici $k = 1$), n le nombre de traits par μm ($n = 0,528 \text{ t}/\mu\text{m}$).

Pour $k = 1$ et $\varphi = 0$, la relation devient :

$$\sin \theta = 0,528 \lambda (\mu\text{m}). \quad (2)$$

Pour des valeurs de λ de 0,4 à 0,7 μm , θ varie de 12° à 22° ; le spectre s'étale donc sur 10° ; les valeurs de $\cos \theta$ restant très voisines de l'unité.

La relation exprimant la dispersion angulaire s'obtient en dérivant l'équation (1) par rapport à θ :

$$\Delta\theta \cdot \cos \theta = 0,528 \times 10^{-4} \times \Delta\lambda (\text{\AA}) \quad (3)$$

et comme $\cos \theta \simeq 1$:

$$\Delta\theta \simeq 0,528 \times 10^{-4} \times \Delta\lambda (\text{\AA}). \quad (4)$$

La dispersion angulaire est donc approximativement linéaire.

On en déduit que la dispersion par degré ($\Delta\theta = 1^\circ = \frac{\pi}{180}$ radian) est de 330 \AA .

ETUDE PHOTOGRAPHIQUE.

Si on prend une photographie derrière le réseau avec un téléobjectif de 200 mm de focale, la dispersion par mm sur la pellicule photographique est de :

$$\Delta\lambda = \frac{1}{200 \times 0,528 \times 10^{-4}} = 95 \text{\AA}.$$

Une plage de 3 000 \AA occupe donc un espace de 30 mm sur la pellicule et ceci tient aisément sur un film de format 24×36 mm.

RESOLUTION.

a) La limite théorique est donnée par $\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{Nk}$; N :

nombre de traits éclairés du réseau. Si celui-ci est totalement éclairé (c'est le cas si la fente est suffisamment fine), N vaut $n \cdot L = 528 \times 26 = 13\,700$. Et pour $k = 1$, ceci donne vers 5 000 \AA , 0,4 \AA de limite théorique.

b) La pellicule photographique (Recordak 5786, film à grain très fin) et le téléobjectif ($F = 200$ mm, diaphragme conseillé F/11) limitent le plus fin détail enregistré sur l'émulsion à 0,01 mm, ce qui correspond à 1 \AA environ (95 $\text{\AA}/\text{mm}$).

c) Limitation par le diamètre apparent de la source (largeur de la fente l au foyer de la lentille de focale $F = 400$ mm) :

$$\Delta\varphi \cdot \cos \varphi = 0,528 \times 10^{-4} \times \Delta\lambda (\text{\AA})$$

or $\varphi \simeq 0^\circ$ donc $\cos \varphi \simeq 1$ et $\Delta\varphi = \frac{l}{2F}$, alors

$$\Delta\lambda (\text{\AA}) = \frac{10^4}{0,528} \times \frac{l(\text{mm})}{2F} \approx 24 l(\text{mm})$$

Pour une largeur de fente $l = 0,1$ mm, la résolution est de $2,4 \text{ \AA}$; en tenant compte de ces diverses causes, la résolution avec une fente de $0,1$ mm est de 3 \AA environ. On ne peut guère espérer atteindre 1 \AA .

RESULTATS.

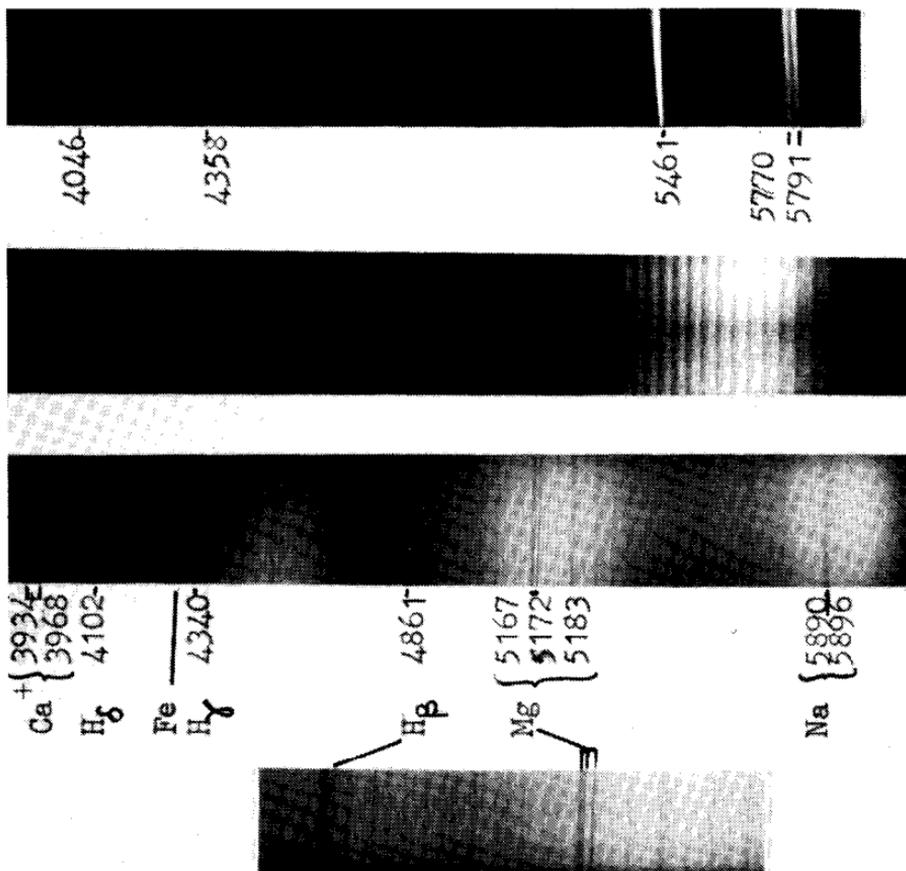


Fig. 1

Photo 1 : spectre d'un éclairage routier à vapeur de mercure.

Photo 2 : spectre d'absorption moléculaire de l'iode à l'état gazeux.

Photo 3 : spectre solaire.

Photo 4 : agrandissement du spectre solaire, zone H β -triplet Mg ; ce triplet est aisément séparé (résolution estimée $\approx 2,5 \text{ \AA}$) (clichés obtenus avec un réseau à 528 t/mm dans l'ordre 1 et une fente de $0,1$ mm).

Ils sont présentés sur la fig. 1 ; les clichés ont été obtenus à l'aide d'un réseau à 528 t/mm travaillant dans le premier ordre, et avec une fente de 0,1 mm. La résolution dépasse parfois 3 Å.

Remarques :

— Une simple lentille de focale voisine de 200 mm et de diamètre 20 mm (F/10) peut servir de téléobjectif.

— Pour augmenter la luminosité des spectres, on peut éclairer la fente à l'aide d'une lentille cylindrique (taillée dans du rond de plexiglas et polie à l'aide d'abrasifs).

AUTRES SPECTRES A OBSERVER OU A PHOTOGRAPHER.

- Lumière blanche.
- Soleil (ou spectre du ciel diurne couvert ou non) : raies d'absorption sur fond continu.
- Spectre de lumière blanche (projecteur diapositives) absorbée par des liquides ou des gaz : permanganate de potassium, mercurochrome, chlorophylle, gaz NO_2 (acide nitrique sur cuivre en présence d'air), gaz iode...
- Observation du spectre solaire dans l'orange et dans le rouge vers midi et au coucher du soleil (raies d'absorption de l'atmosphère terrestre dues à O_2 et à H_2O).
- Spectres de raies : lampadaires d'éclairage urbain ou routier :
 - Jaune : éclairage à sodium (Na 5 890-5 896 Å), raies autoabsorbées lorsque la lampe est très chaude.
 - Bleu-blanc : essentiellement raies du mercure [Hg 4 046,6 (violet), 4 077,8 (faible), 4 358,4 (bleu), 4 916,0 (faible, couleur vert-chou), 5 460,7 (vert-jaune), 5 769,6 - 5 790,7 (doublet jaune)] (Å).
- Spectre du chlorure de sodium chauffé dans la flamme (5 890-5 896 Å).
- Spectre d'une flamme de gaz de ville (raies violettes, bleues et vertes).
- Spectre du néon (raies jaunes, oranges, rouges principalement) ; lampe récupérée dans un tournevis testeur de phase ou un interrupteur (voyant orangé)...
- Spectre d'un tube fluorescent (raies du mercure sur fond continu).
- Spectre écran téléviseur couleur.
- Spectre d'étincelle (décharge électrostatique, machine de Wimshurst...) raies dues à des composés de l'azote et de l'oxygène.
- Spectres d'enseignes lumineuses.

REFERENCES ET ADRESSES UTILES

-
- *Ciel et Espace* n° 169, mai-juin 1979 (spectre solaire de 0.3 à 0.9 μm).
 - *Solar spectrum* (Ch. MOORE); raies solaires.
 - B.U.P. n° 653, p. 829-833.
 - PIERRON, 57206 Sarreguemines Cédex.
 - JEULIN, 28, rue Lavoisier, Z.I. n° 2. B.P. 3110. 27031 Evreux Cedex.
 - PROSCIENCES, 44, rue des Ecoles, 75005 Paris.
-

Caustiques de lentilles épaisses

par M. CHAPELET,

11 bis, rue E.-Psichari, 78150 Le Chesnay.

Le tracé des rayons lumineux est obtenu à l'aide d'un micro-ordinateur (Sharp PC 1500) connecté à une petite table traçante (Sharp CE 150). Pour les 3 figures, l'indice du verre a été pris égal à 1,5.

a) Epaisseur lentille : $e = \frac{R}{4}$ et focale : $F = \frac{R}{n-1} = 2R$.

Lentille plan-convexe.

b) Même lentille mais retournée.

c) Lentille boule ; focale 1,5 R ; foyer à 0,5 R du dioptré de droite.