Spectromètre à réseau à exploration rapide

H. Chantrel, M. Denis, A. Baldy

► To cite this version:

H. Chantrel, M. Denis, A. Baldy. Spectromètre à réseau à exploration rapide. *Revue de Physique Appliquée*, 1967, 2 (4), pp.245-248. 10.1051/rphysap:0196700204024500 . jpa-00242799

HAL Id: jpa-00242799

<https://hal.science/jpa-00242799>

Submitted on 1 Jan 1967

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SPECTROMÈTRE A RÉSEAU A EXPLORATION RAPIDE

Par H. CHANTREL, M. DENIS et A. BALDY,

Faculté des Sciences Saint-Jérôme, Marseille (13^e).

Résumé. — Un spectromètre à réseau plan est étudié et réalisé, qui permet l'exploration rapide (jusqu'à $3 \text{ Å}/\mu\text{s}$) d'une large bande spectrale (jusqu'à $5\,000 \text{ Å}$ d'étendue) avec une résolution effective de 5 Å environ. On donne la description du dispositif permettant une telle exploration, ainsi que quelques spectres illustrant les possibilités de l'appareil.

Abstract. — A grating spectrometer has been designed and built which allows rapid scanning rates (over $3 \text{ Å}/\mu\text{s}$) over a wide spectral range (about $5\,000 \text{ Å}$ wide with a 600 lines per millimeter grating) with an effective resolving power of 5 Å . The basic principles of the instrument are described together with some spectra illustrating its capabilities.

I. Introduction. — L'appareil est destiné à suivre l'évolution du spectre de phénomènes durant de quelques secondes à quelques millisecondes. Certaines réalisations permettent déjà de telles études [1], [2], [3]. La nouvelle solution est conçue de manière à concilier au mieux, sans complications excessives, les impératifs habituels, à savoir : recherche de la luminosité maximale compatible avec la résolvanse imposée, d'où l'utilisation d'un réseau; possibilité d'exploration d'un vaste domaine spectral, d'où l'optique à miroirs; faible temps mort entre deux explorations successives; vitesse d'exploration réglable dans une large bande de vitesses; faible altération de la fonction statique d'appareil à toutes les vitesses possibles d'exploration, par une construction qui élimine les vibrations mécaniques.

L'appareil présente une disposition du réseau et des fentes analogue à celle du spectrographe de Jarrel [4]. Il comporte en outre un dispositif d'exploration rapide constitué par deux groupes de miroirs plans, mobiles, parallèles aux traits du réseau : un groupe de miroirs explorateurs et un groupe de miroirs suiveurs. Chacun de ces derniers intervient à tour de rôle pour réfléchir suivant une direction fixe le faisceau sélectionné par l'un des premiers. L'un des miroirs suiveurs est donc associé à l'un des miroirs explorateurs pendant la durée d'une exploration. L'exploration suivante fait intervenir une nouvelle paire de miroirs plans, et ainsi de suite. Le tout est disposé et dimensionné de manière à fonctionner sans jamais limiter l'étendue de faisceau correspondant au plein éclaircissement du réseau.

II. Description de l'appareil. — A. DESCRIPTION DU MONTAGE OPTIQUE. — Les miroirs explorateurs doivent circuler dans le plan de dispersion du réseau. Pour cela, ils sont fixés à intervalles réguliers sur le contour d'un support circulaire mobile par rotation autour d'un axe $X'X$ parallèle aux traits du réseau. Cet axe

est vertical pour assurer un meilleur équilibre dynamique des couronnes et une meilleure répartition des efforts sur les pivots. Les miroirs suiveurs sont eux aussi disposés en couronne sur un autre support circulaire coaxial au premier, mais situé au-dessus, de plus petit rayon et tournant dans le même sens à la vitesse angulaire moitié.

La figure 1 représente une coupe verticale schématique de l'appareil suivant l'axe $X'X$. On peut y

FIG. 1. — Coupe verticale schématique.

suivre en projection la marche des faisceaux. La fente source F_1 est verticale. Nous l'avons placée suivant l'axe de rotation de l'appareil par commodité, mais elle peut être placée ailleurs. F_1 est au foyer du miroir concave fixe C_1 ($\varnothing$ 50 mm; $f = 316$ mm). C_1 renvoie donc un faisceau parallèle sur le réseau R qui est totalement éclairé. L'axe vertical du réseau coïncide avec l'axe de rotation $X'X$, bien que ce ne soit pas non plus essentiel. Au rayon moyen incident sur R correspond maintenant une famille de rayons moyens réfléchis, dispersés en longueur d'onde suivant une portion de plan inclinée sur l'axe $X'X$ et qu'elle coupe au centre O du réseau. L'un d'eux, qui correspond donc à une longueur d'onde λ_0 bien définie, rencontre le centre O'_1 du miroir plan M_1 . L'ensemble des rayons parallèles à OO'_1 constitue le faisceau qui convergera au centre de la fente de sortie après réflexion sur le miroir plan suiveur M_2 et sur le miroir concave C_2 . Tous les rayons associés au rayonnement de longueur d'onde λ_0 contribueront ainsi à former en F_2 l'image de F_1 . A toute autre longueur d'onde correspond une autre image de F_1 située en dehors de la fente F_2 .

La figure 2 est une vue de dessus schématique de l'appareil.

FIG. 2. — Vue de dessus schématique.

La figure 3 montre comment, du fait que la vitesse angulaire de la couronne portant les miroirs explorateurs est double de celle qui porte les miroirs suiveurs, ces derniers transmettent les rayons destinés à la fente de sortie suivant une direction fixe. On remarquera que les miroirs M_2 doivent être plus larges que les miroirs M_1 pour ne pas limiter l'étendue du faisceau en cours d'exploration (ils ont 50 mm de haut comme les miroirs M_1 mais 70 mm de large). Pour la même raison, le miroir concave C_2 doit être

FIG. 3. — Détail de l'exploration.

plus large que C_1 ($\varnothing = 100$ mm). On remarquera aussi que, lorsque M_1 a fait un tour complet, le miroir suiveur M_2 qui lui était associé dans la précédente exploration n'a fait qu'un demi-tour. Il faut donc associer à chaque miroir M_1 deux miroirs M_2 diamétralement opposés pour que M_1 travaille à chaque passage. Ainsi s'explique qu'il y ait deux fois plus de miroirs suiveurs que de miroirs explorateurs. Comme les miroirs suiveurs M_2 sont plus grands et deux fois plus nombreux que les miroirs M_1 , et comme ils sont répartis sur un support de circonférence plus petite que celle du support des miroirs M_1 , c'est leur encombrement qui limite leur nombre. Notre choix de cinq miroirs M_1 et dix miroirs M_2 est le résultat d'un compromis entre le souci de réduire le plus possible les temps morts entre explorations successives, de ne pas trop réduire la bande spectrale explorée et de ne pas exagérer les dimensions de l'appareil de manière à faire tourner vite les couronnes sans danger.

La conception générale de l'appareil, et notamment la nécessité d'introduire des miroirs suiveurs, est justifiée par ailleurs [5]. Cette étude qui comporte aussi une analyse chiffrée des mérites respectifs des solutions connues ne sera pas reprise ici.

B. OBSERVATION DES SPECTRES. — Le flux lumineux est reçu sur un photomultiplicateur EMI relié à un oscilloscope Tektronix par une résistance de charge de 22 kΩ.

Pour corriger les défauts de construction résiduels

qui subsistent nécessairement, défauts qui se traduisent par de petits écarts latéraux du signal observé sur l'écran d'un oscilloscope lorsqu'on se contente de synchroniser la fréquence de balayage de l'écran de l'oscilloscope avec la rotation des miroirs, nous déclenchons ce balayage par l'exploration spectrale elle-même. Le spectre lui-même ne peut être utilisé comme signal de déclenchement puisqu'il évolue. Nous avons donc utilisé une source auxiliaire dont le faisceau évite le réseau, et qui, par réflexion sur M_1 , M_2 et C_2 , donne une image proche de F_2 juste avant le défilement du spectre devant F_2 . Cette image éclaire une cellule PHG₁ dont le signal amplifié traverse un circuit de mise en forme destiné à raidir le front de déclenchement du balayage de l'écran de l'oscilloscope. Le diagramme de l'ensemble de l'appareillage est représenté sur la figure 4.

FIG. 4.

Diagramme de l'appareillage complet.

III. Résultats. — La figure 5 montre le spectre continu d'une lampe à filament de tungstène fonctionnant sous 6 V et 5 A. La haute tension appliquée au photomultiplicateur est de 1 000 V. Le réseau utilisé a 600 traits par millimètre. Le temps de pose correspond à une soixantaine d'explorations successives, ce qui permet d'apprécier la stabilité du résultat en position comme en intensité, bien que dix explorations spectrales consécutives utilisent dix chemins optiques différents. La vitesse d'exploration est de

FIG. 5.

Spectre d'une lampe à filament de tungstène.

$0,3 \text{ \AA}/\mu\text{s}$, soit une vitesse de 3 tours par seconde pour les miroirs M_1 .

La figure 6 représente le spectre d'une lampe spectrale Philips ZnCdHg, alimentée en courant alternatif. La haute tension appliquée au photomultiplica-

FIG. 6. — Spectre d'une lampe Philips ZnCdHg.

Sur l'écran, l'amplitude est de 2 V/cm et la vitesse de balayage de 1 ms/cm.

teur est de 900 V et le réseau utilisé a 600 traits par millimètre. Le temps de pose correspond aussi à une soixantaine d'explorations successives. La vitesse d'exploration est de $0,3 \text{ \AA}/\mu\text{s}$.

La figure 7 est constituée par le doublet jaune du mercure ($5\,770 \text{ \AA}$, $5\,790 \text{ \AA}$) enregistré avec un réseau de 1 200 traits par millimètre et des fentes de largeur de $0,04 \text{ mm}$, à la vitesse de $0,3 \text{ \AA}/\mu\text{s}$.

FIG. 7. — Doublet jaune du mercure.

Sur l'écran, l'amplitude est de 1 V/cm et la vitesse de balayage de 0,1 ms/cm.

IV. Conclusion. — Le prototype réalisé est un spectromètre à exploration rapide ($v_{\max} \approx 3 \text{ Å}/\mu\text{s}$) mais non ultrarapide comme ceux de Church et Gampel [1] et Hill et Beckner [2] ($v_{\max} = 200 \text{ Å}/\mu\text{s}$). On peut, sur le même principe, réaliser un appareil bien plus rapide en diminuant ses dimensions. On peut réduire la largeur des miroirs suiveurs, ce qui revient à réduire la bande spectrale explorée. On peut surtout réduire le nombre des miroirs explorateurs, ce qui revient à augmenter la proportion des temps morts.

Les fluctuations d'intensité imputables à l'exploration sont d'environ 2 %. Les vibrations mécaniques résiduelles produisent une fluctuation de l'ordre de $\pm 5 \text{ Å}$ dans la position d'une raie sur l'écran de

l'oscilloscope à la vitesse maximale d'exploration, soit $v_{\max} = 3 \text{ Å}/\mu\text{s}$, ce qui correspond à une vitesse de rotation de 30 tours par seconde pour les miroirs M_1 . Il est possible de réduire notablement ces vibrations.

La grande luminosité de ce spectromètre le rend particulièrement apte à l'étude de phénomènes de faible intensité. Il est destiné à des études biochimiques.

La partie mécanique de cet appareil a été étudiée et réalisée par la Société Terrin Technique Industrie de Marseille à laquelle nous adressons nos vifs remerciements.

Cet appareil a fait l'objet d'un dépôt de Brevet enregistré sous le n° 21 911 à la Préfecture de Marseille.

Manuscrit reçu le 25 juillet 1967.

BIBLIOGRAPHIE

[1] CHURCH (Ch.) et GAMPEL (L.), <i>Applied Optics</i>, février 1966, 241-4. [2] HILL, et BECKNER, <i>Applied Optics</i>, 1964, 229-232. [3] NIESEL (W.), LUBBERS (D. W.), SCHNEEWOLF (D.),	RICHTER et BOTTICHER, <i>Rev. Sci. Inst.</i>, 1964, 35, 578-581. [4] RICHARD (F.), JARREL, <i>J. Optical Soc. Amer.</i>, 1955, 45-4, 259 à 269. [5] DENIS (M.), Thèse de spécialité, Marseille, 1967.