



HAL
open science

FONCTION D'APPAREIL ET PERFORMANCES D'UN SISAM A HAUTE RÉOLUTION

J. Verges

► **To cite this version:**

J. Verges. FONCTION D'APPAREIL ET PERFORMANCES D'UN SISAM A HAUTE RÉOLUTION. Journal de Physique Colloques, 1967, 28 (C2), pp.C2-176-C2-180. 10.1051/jphyscol:1967232 . jpa-00213212

HAL Id: jpa-00213212

<https://hal.science/jpa-00213212>

Submitted on 4 Feb 2008

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.

FONCTION D'APPAREIL ET PERFORMANCES D'UN SISAM A HAUTE RÉOLUTION

J. VERGES

Laboratoire Aimé Cotton, C. N. R. S., 92-Bellevue, France

Résumé. — Deux SISAM sont utilisés au laboratoire. L'un a une limite de résolution de 200 mK. Il a permis de déterminer la longueur d'onde de 500 raies du thulium, 3 000 raies de l'uranium et 1 800 raies du samarium entre 0,8 et 2,4 μ . Un autre interféromètre dont la limite de résolution est de 27 mK a permis d'enregistrer des structures hyperfines et des structures Zeeman.

Abstract. — Two SISAM spectrometers are in use. One has a resolution limit of 200 mK. It has been used for wavelength determination of 500 thulium lines, 3 000 uranium lines and 1 800 samarium lines between 0.8 μ and 2.5 μ . The second SISAM has a resolution limit of 27 mK and allows measurements of hyperfine and Zeeman structures.

Introduction. — Notre but a été de mettre au point un appareil permettant d'étendre à l'infrarouge proche les méthodes utilisées dans le domaine visible pour classer les spectres d'émission atomique.

Le problème est l'étude de faibles émissions infrarouges à moyenne résolution ($\mathcal{R} \approx 40\,000$) et haute résolution ($\mathcal{R} \approx 200\,000$). Dans ce domaine spectral les récepteurs photoconducteurs sont moins sensibles que les cellules photoémissives utilisées dans le visible. Pour compenser ces pertes nous avons utilisé un spectromètre SISAM qui permet un gain d'étendue de faisceau par rapport à un spectromètre classique avec une résolvançe voisine de la résolvançe théorique d'un seul disperser.

Nous avons adapté un premier SISAM dont la limite de résolution est de 200 mK, à la mesure des longueurs d'onde entre 0,8 μ et 2,5 μ . Ensuite nous étudions les structures hyperfines et les structures Zeeman des transitions mesurées précédemment à l'aide d'un autre SISAM dont la limite de résolution est de 27 mK.

Nous ne rappellerons pas le principe du SISAM étudié par P. Connes [1]. On montrera que l'utilisation d'un diaphragme apodiseur n'est pas nécessaire dans de nombreux cas.

Nous étudierons l'influence des défauts de planéité des surfaces d'onde sur la fonction d'appareil. Ensuite nous présenterons quelques résultats obtenus avec l'interféromètre récemment construit.

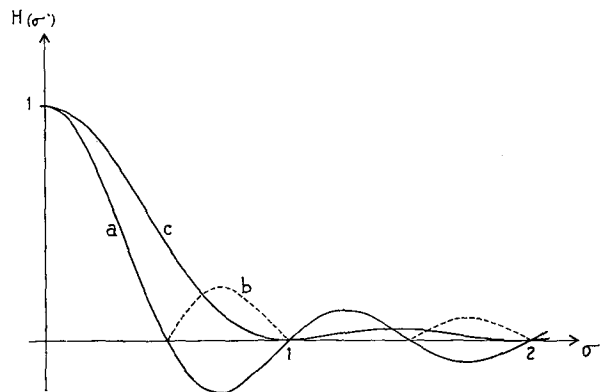
I. Apodisation. — 1) FONCTION D'APPAREIL THÉORIQUE. On montre que la fonction d'appareil est la transformée de Fourier du carré de la fonction de répartition et non pas le carré de la transformée de

cette fonction comme dans le cas du spectromètre classique.

Dans le cas simple où il n'y a pas d'écran apodisant ni de diaphragme la fonction d'appareil est :

(Fig. 1)

$$H(\sigma') = \frac{\sin 2\pi\sigma'}{2\pi\sigma'} \quad \text{ou} \quad \left| \frac{\sin 2\pi\sigma'}{2\pi\sigma'} \right|$$



suivant que le détecteur est (courbe a) ou n'est pas (courbe b) sensible à la phase.

Si les réseaux sont diaphragmés par des losanges dont les diagonales sont égales à leur hauteur et leur largeur, on obtient la fonction :

$$H(\sigma') = \left(\frac{\sin \pi\sigma'}{\pi\sigma'} \right)^2 \quad (\text{courbe c})$$

c'est-à-dire la fonction d'appareil théorique du spectromètre classique à un seul passage, sans apodisation.

2) FONCTION D'APPAREIL RÉELLE. La fonction d'appareil réelle est la convolution de la fonction d'appareil théorique et de la fonction diaphragme. Nous appellerons u l'ouverture réduite du diaphragme circulaire.

a) Le produit de composition de la fonction $\sin 2\pi\sigma'/2\pi\sigma'$ et de la fonction rectangulaire de largeur u (fonction diaphragme) donne généralement une fonction possédant des maximums secondaires très importants sauf pour la valeur $u = 1$ de l'ouverture réduite. Dans ce cas le premier maximum secondaire vaut, en valeur absolue, 4 % du maximum principal ce qui est généralement acceptable (Fig. 2).

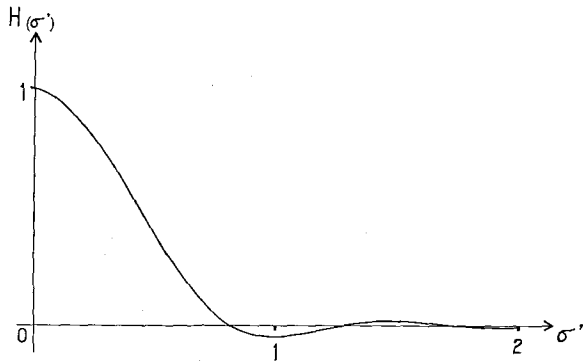


FIG. 2.

Le pouvoir de résolution est alors :

$\mathcal{R} = 1,05 \mathcal{R}_0$, voisin de \mathcal{R}_0 : résolution théorique d'un seul réseau.

Le produit luminosité \times résolution est maximal lorsque $u = 1/2$, mais dans ce cas l'apodisation est très mauvaise et on préfère travailler avec $u = 1$.

b) La convolution de la fonction $(\sin \pi\sigma'/\pi\sigma')^2$ avec la fonction diaphragme donne une fonction très apodisée et le maximum du produit luminosité \times résolution est atteint pour $u = 1$. Dans ce cas la résolution \mathcal{R} est :

$$\mathcal{R} = 0,8 \mathcal{R}_0 .$$

Le gain de luminosité de la première méthode par rapport à la méthode du losange est de 1,52.

Pour que l'on obtienne effectivement le résultat annoncé il est essentiel que le trou de sortie soit bien éclairé uniformément, et que les différences de sensibilité des différentes parties de la surface du récepteur n'introduisent pas d'effets analogues à une non-uniformité d'éclairage du trou ou de transmission du disperser. Si de telles conditions ne peuvent être réalisées, il faut utiliser la méthode d'apodisation donnée au paragraphe b).

II. Déformation de la fonction d'appareil. — L'importance des défauts de grande aire des surfaces optiques de l'interféromètre est considérable.

Nous allons définir un trièdre permettant de repérer les différents éléments de l'interféromètre (Fig. 3).

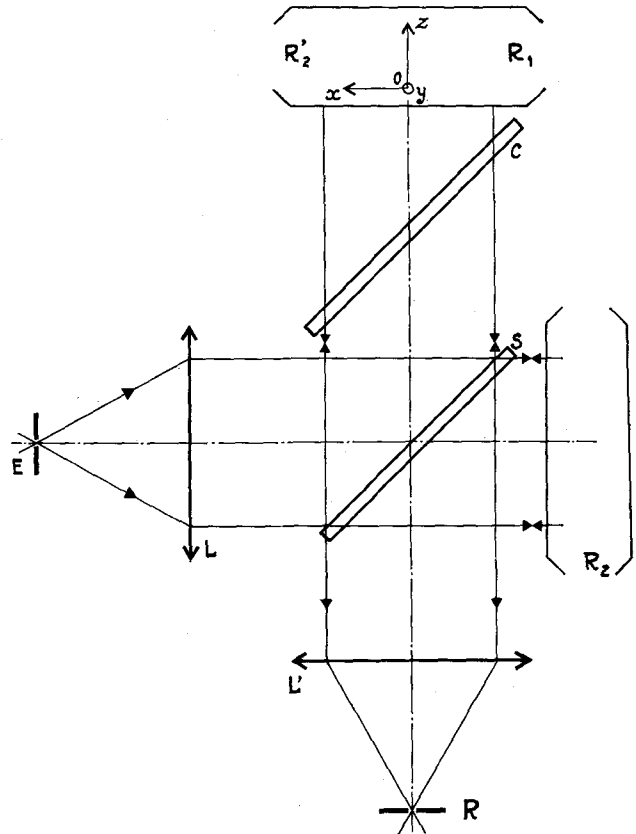


FIG. 3.

Les réseaux R_1 et R_2 sont disposés de façon que leurs dispersions soient de même direction (plan de section principale parallèle et pris pour plan de figure ou plan zOx) mais de sens opposés ; ils ne sont donc pas symétriques par rapport au plan de la lame séparatrice S , mais l'image R'_2 de R_2 donnée par S est symétrique de R_1 par rapport à un plan, normal à celui de la figure, passant approximativement par le milieu de S , qui sera pris pour plan zOy .

Nous allons prendre deux exemples ; l'une des surfaces d'onde est prise comme référence et supposée parfaitement plane. Dans le premier cas nous prendrons une surface d'onde symétrique par rapport à l'axe Oy puis ensuite nous étudierons le cas d'une surface d'onde symétrique par rapport au plan yOz .

1) SURFACE D'ONDE SYMÉTRIQUE PAR RAPPORT A L'AXE Oy . — Le calcul montre que dans ce cas la fonction d'appareil n'est pas symétrique (Fig. 4).

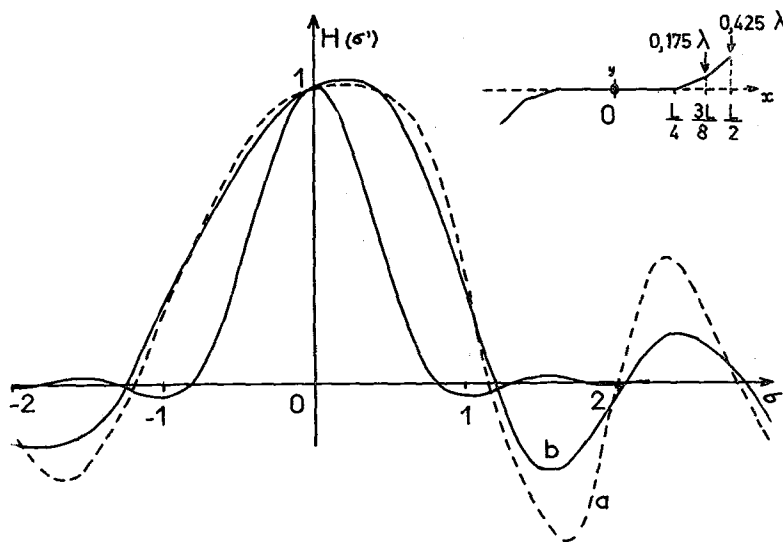


FIG. 4.

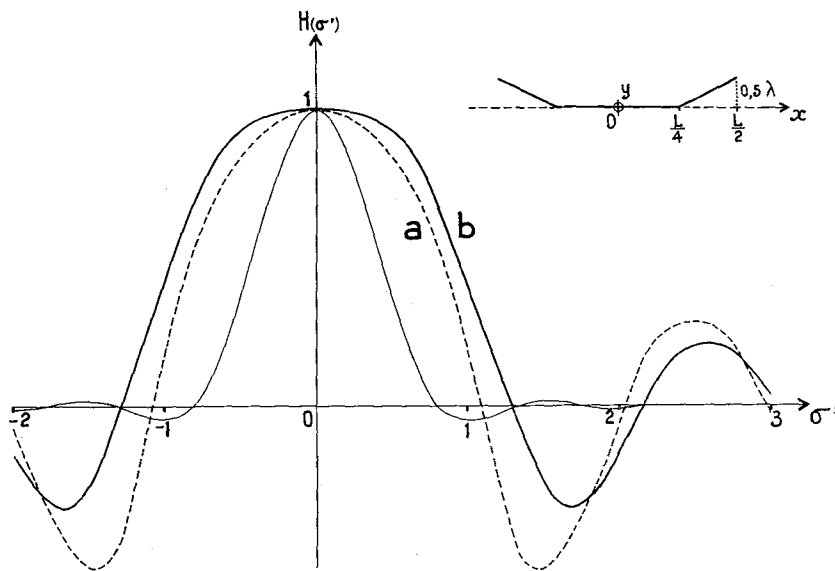


FIG. 5.

Nous avons vérifié ce point expérimentalement. Les pieds sont plus importants dans le cas où il n'y a pas de diaphragme apodisant (courbe a). La courbe b donne la fonction d'appareil lorsque les réseaux sont diaphragmés par des losanges.

2) SURFACE D'ONDE SYMÉTRIQUE PAR RAPPORT AU PLAN yOz. — Maintenant la fonction d'appareil est symétrique (Fig. 5). On peut faire la même remarque que dans le cas précédent :

La courbe a (réseaux non diaphragmés) a des

maximums secondaires plus importants que la courbe b (réseaux diaphragmés par des losanges).

Les résultats de ces deux paragraphes montrent que le pouvoir de résolution est deux fois plus faible. Tout se passe comme si les parties comprises entre $-L/4$ et $+L/4$, des deux surfaces d'onde sont seules utiles.

Le SISAM se comporte en effet à peu près comme un spectromètre dont il serait impossible d'ouvrir les fentes au-delà de $u = 1$; les défauts entraînent

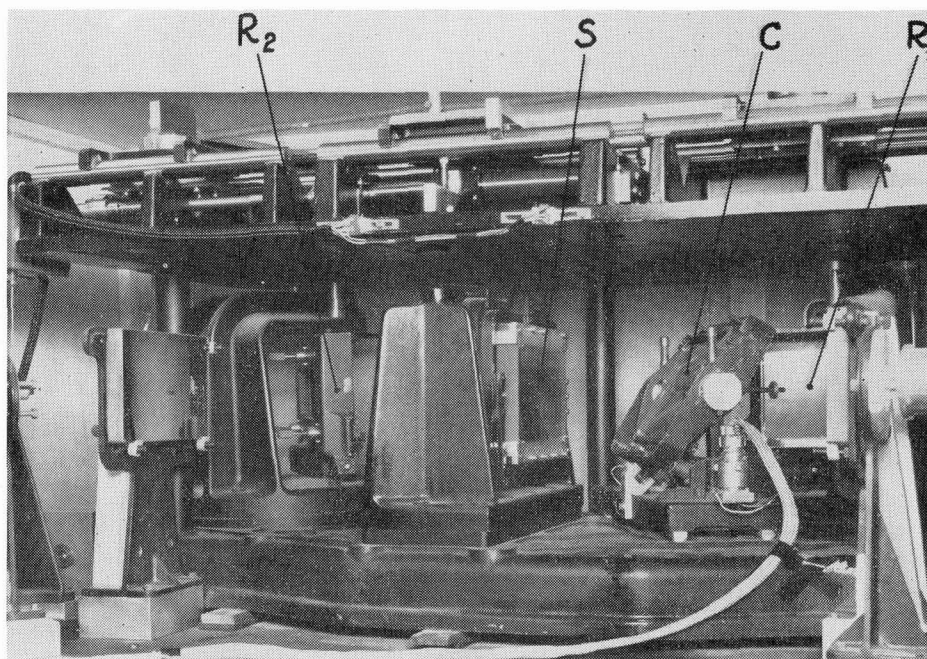


FIG. 6.

ainsi non seulement une baisse de résolution mais aussi un affaiblissement du signal modulé, c'est-à-dire une perte de luminosité. Pour que cette perte soit faible il est indispensable que la déformation relative des deux surfaces d'onde interférentes soit petite par rapport à λ .

III. Réalisations et résultats. — Le dernier interféromètre construit est du même type que celui décrit par G. Graner [2]. Les différences portent sur les réseaux et le système d'oscillation de la compensatrice.

Les réseaux sont deux répliques d'un même original. Ils ont une hauteur de 110 mm et une largeur de 220 mm, comportent 270 traits par mm et ont un angle de blaze de 70° (Fig. 6). La limite de résolution est de 27 mK et la limite de résolution enregistrée à $1,5 \mu$ avec du mercure naturel est de 31 mK soit $0,91 \mathcal{R}_0$ (Fig. 7).

La compensatrice est tenue dans un support métallique qui porte deux couteaux verticaux dont les arêtes horizontales sont dans le prolongement l'une de l'autre. Ces couteaux définissent l'axe de rotation de la compensatrice. Le système support-lame est en équilibre indifférent. Ces couteaux reposent sur deux surfaces polies légèrement convexes portées par un bâti massif.

Bien que ce système réduise au minimum les frot-

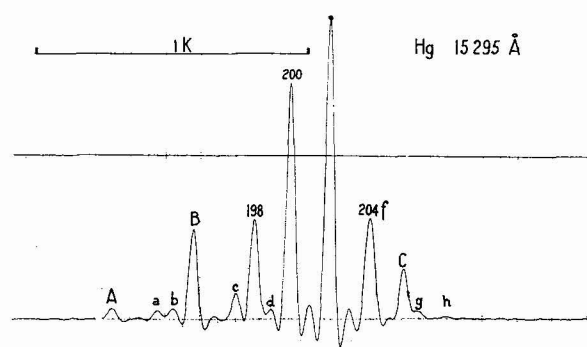


FIG. 7.

tements, la vitesse d'oscillation n'est pas parfaitement déterminée. En effet les faibles variations des frottements solides produisent des irrégularités de la vitesse d'oscillation qui introduisent un pseudo-bruit de modulation.

Pour éliminer ce phénomène nous avons ajouté au système un frottement fluide grand devant les frottements solides. Le support métallique tenant la lame compensatrice est solidaire d'une palette baignant dans de l'huile de grande viscosité. Le système d'entretien du mouvement est réalisé en exerçant une force constante sur la partie inférieure du support.

L'appareil a été utilisé pour l'étude de l'effet Zeeman des raies d'émission des terres rares et des actinides.

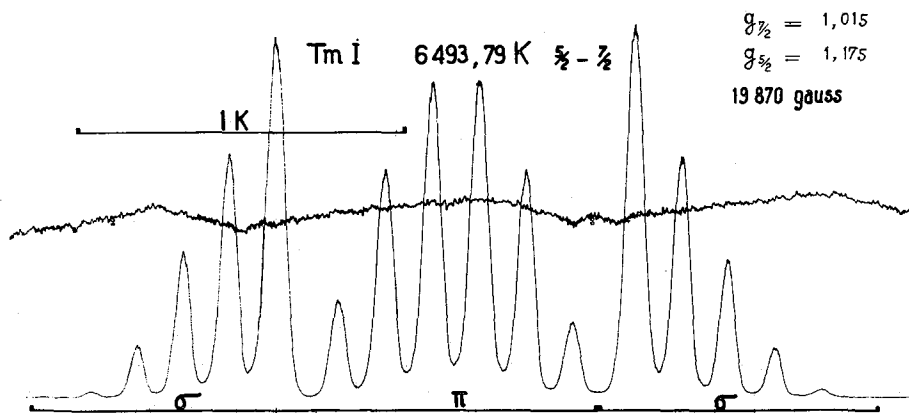


FIG. 8.

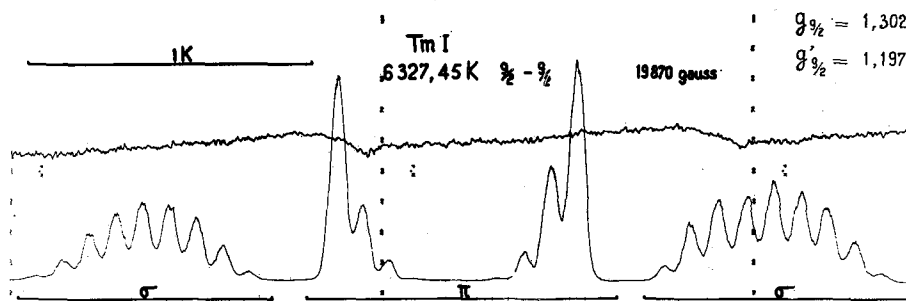


FIG. 9.

Nous avons principalement étudié le thulium et l'uranium. Cette étude a été faite avec une induction magnétique de 10 000 et 20 000 gauss.

L'induction magnétique a été mesurée spectroscopiquement en utilisant les facteurs de Landé, mesurés par ailleurs, de transitions infrarouges du mercure [3]. Cette mesure a été faite avec un tube sans électrode contenant du Hg 198.

Les facteurs de Landé sont donnés avec une précision qui varie de 10^{-3} à 10^{-2} suivant la qualité de l'enregistrement (Fig. 8 et 9).

Conclusion. — Les premiers résultats du thulium ont permis de trouver des niveaux $13/2$ et $15/2$ du spectre I et de vérifier certaines classifications.

Les enregistrements de l'uranium ont permis de trouver deux niveaux impairs 10 288 et 11 677 K du spectre I.

Cette méthode permet d'étendre à l'infrarouge proche les moyens d'investigation utilisés dans le domaine visible en attendant la mise en œuvre de la méthode par transformation de Fourier appliquée à l'étude des phénomènes en émission.

Bibliographie

- [1] CONNES (P.), Thèse de Doctorat d'Etat, Paris 1957, *Rev. Opt.*, 1959, **38**, 157. *Ibid.*, 1959, **38**, 416; *Ibid.*, 1960, **39**, 402.
- [2] GRANER (G.), Thèse de Doctorat d'Etat, Paris 1965.
- [3] Atomic Energy Levels, NBS.