

 Open access • Journal Article • DOI:10.1051/JPHYSLET:0197500360204100

## Déplacement et élargissement de la transition à deux photons 3S-4D dans l'atome de sodium par collision contre des atomes de néon — [Source link](#)

François Biraben, B. Cagnac, G. Grynberg

**Institutions:** Pierre-and-Marie-Curie University

**Published on:** 01 Feb 1975 - Journal De Physique Lettres (Société Française de Physique)

Related papers:

- [Spectroscopie d'absorption multiphotonique sans effet Doppler](#)
- [Two-photon spectroscopy of Na 3s-4d without Doppler broadening using a cw dye laser](#)
- [Observation of Two-Photon Absorption without Doppler Broadening on the 3 S – 5 S Transition in Sodium Vapor](#)
- [Experimental Evidence of Two-Photon Transition without Doppler Broadening](#)
- [Measurement of the Stark effect in sodium by two-photon spectroscopy](#)

Share this paper:    

View more about this paper here: <https://typeset.io/papers/deplacement-et-elongissement-de-la-transition-a-deux-photons-b7inIntqds>



**HAL**  
open science

# Déplacement et élargissement de la transition à deux photons 3S-4D dans l'atome de sodium par collision contre des atomes de néon

F. Biraben, B. Cagnac, G. Grynberg

► **To cite this version:**

F. Biraben, B. Cagnac, G. Grynberg. Déplacement et élargissement de la transition à deux photons 3S-4D dans l'atome de sodium par collision contre des atomes de néon. *Journal de Physique Lettres*, Edp sciences, 1975, 36 (2), pp.41-43. 10.1051/jphyslet:0197500360204100 . jpa-00231149

**HAL Id: jpa-00231149**

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00231149>

Submitted on 1 Jan 1975

**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.

Classification  
Physics Abstracts  
5.235 — 5.280

## DÉPLACEMENT ET ÉLARGISSEMENT DE LA TRANSITION A DEUX PHOTONS 3S-4D DANS L'ATOME DE SODIUM PAR COLLISION CONTRE DES ATOMES DE NÉON

F. BIRABEN, B. CAGNAC et G. GRYNBERG

Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'ENS (\*)  
Université Pierre-et-Marie-Curie, 75231 Paris Cedex 05, France

(Reçu le 5 décembre 1974, accepté le 12 décembre 1974)

**Résumé.** — On étudie expérimentalement l'élargissement et le déplacement de la transition à deux photons sans élargissement Doppler 3S-4D dans l'atome de sodium par collision contre des atomes de néon. On trouve pour l'élargissement  $\alpha = 32 \pm 5$  MHz/torr et pour le déplacement  $\beta = -7 \pm 1$  MHz/torr. Cette méthode permet d'étudier l'effet des collisions dans des niveaux S et D avec de faibles pressions de gaz étrangers (environ 1 torr).

**Abstract.** — We investigate experimentally the broadening and the shift of the 3S-4D two-photon transition without Doppler broadening in atomic sodium in collision with neon atoms. We find  $\alpha = 32 \pm 5$  MHz/torr for the broadening and  $\beta = -7 \pm 1$  MHz/torr for the shift. This method can be used for investigating the effect of collisions on S and D levels and it needs low pressures of foreign gases (about 1 torr).

Depuis leur mise en évidence [1, 2, 3], les transitions à deux photons sans élargissement Doppler [4, 5] ont été essentiellement utilisées pour mesurer des structures fines et hyperfines [6, 7, 8]. Nous montrons dans cette lettre que ces transitions permettent également d'obtenir des résultats intéressants dans l'étude des collisions à basse pression. Grâce à l'élimination de l'élargissement Doppler, et à l'utilisation d'un LASER à colorant monomode, on peut observer des spectres d'excitation, formés de raies très fines, dont la largeur est réduite à environ 10 MHz. Ceci permet de mesurer avec précision des élargissements et des déplacements de niveaux de l'ordre de quelques MHz, produits par des gaz à faibles pressions. Il convient également de remarquer que cette méthode permet d'étendre l'étude des collisions à des niveaux de même parité que le niveau fondamental qui ne peuvent évidemment pas être atteints par absorption d'une raie de résonance [9].

L'expérience a été faite sur la transition 3S-4D du sodium en présence de néon. L'étude du spectre d'excitation en absence de gaz étranger est décrite dans de précédentes publications [3, 10, 11]; ce spectre est décomposé en quatre raies correspondant aux transitions entre les deux sous-niveaux hyperfins  $F = 2$  et  $F = 1$  du niveau fondamental et les deux niveaux de structure fine  $J' = \frac{3}{2}$  et  $J' = \frac{5}{2}$  de l'état

excité. Ces quatre résonances sont désignées comme dans les précédentes publications par :

- (a)  $3S, F = 2 \rightarrow 4D, J' = \frac{5}{2}$
- (b)  $3S, F = 2 \rightarrow 4D, J' = \frac{3}{2}$
- (c)  $3S, F = 1 \rightarrow 4D, J' = \frac{5}{2}$
- (d)  $3S, F = 1 \rightarrow 4D, J' = \frac{3}{2}$ .

En présence de néon, ces résonances s'élargissent et se déplacent. Afin de mesurer avec précision ce déplacement nous avons utilisé le montage expérimental présenté sur la figure 1 : le faisceau du laser à colorant est divisé en deux par une lame séparatrice ; le faisceau 1, dont l'intensité est 30 % de l'intensité du faisceau incident, traverse une cellule de sodium pur et est renvoyé sur lui-même à l'aide du miroir  $M_1$  centré

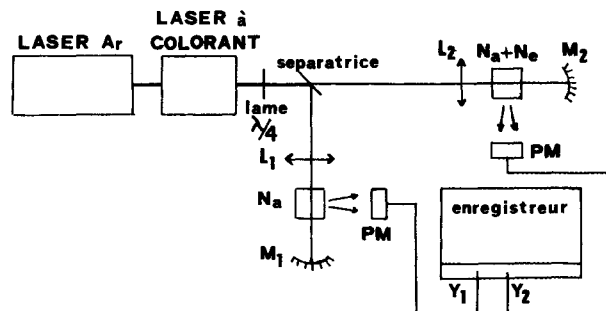


FIG. 1. — Schéma du montage expérimental.

(\*) Associé au CNRS.

au foyer de la lentille  $L_1$ ; le faisceau 2 traverse une cellule contenant du sodium et du néon et est renvoyé sur lui-même grâce au miroir  $M_2$ . La lumière de fluorescence provenant des deux cellules est reçue par deux photomultiplicateurs dont les courants sont simultanément mesurés sur les voies  $Y_1$  et  $Y_2$  du même enregistreur. Comme signal de fluorescence, nous avons observé soit la transition  $4P \rightarrow 3S$  à  $3\,302 \text{ \AA}$  provenant d'une cascade du niveau  $4D$ , soit la transition directe  $4D \rightarrow 3P$  ( $5\,682 \text{ \AA}$  et  $5\,688 \text{ \AA}$ ). Les autres éléments du montage expérimental sont semblables à ceux décrits dans de précédentes publications [7, 11].

L'enregistrement simultané des signaux fournis par la cellule 1 remplie de sodium pur et par la cellule 2 contenant en outre un gaz étranger, nous oblige à diviser la puissance du LASER et a pour conséquence de diminuer la qualité des signaux observés. Mais cet enregistrement simultané permet de mettre en évidence de manière certaine de faibles élargissements et surtout de faibles déplacements. Il convient, en outre, de remarquer que la précision des mesures est limitée par les non-linéarités du balayage piézo-électrique du LASER (qui peuvent atteindre 15 %); ces non-linéarités ne peuvent cependant mettre en cause ni le signe ni l'ordre de grandeur des effets observés.

La figure 2 présente un enregistrement typique obtenu lorsqu'on balaye la fréquence du LASER en fonction du temps. Le signal de fluorescence de la cellule de sodium pur est tracé sur la voie  $Y_1$ , tandis que sur la voie  $Y_2$  est tracé le signal provenant d'une cellule contenant du sodium et 1 torr de néon (la pression de néon est mesurée à  $20^\circ\text{C}$  alors que la température de travail de la cellule 2 est  $140^\circ\text{C}$ ). Les résonances (a), (b), (c) et (d) sur la voie  $Y_1$  ont une largeur de 10 MHz (la majeure partie de cette largeur est due au jitter du LASER); les résonances sur la voie  $Y_2$  sont élargies et légèrement déplacées.

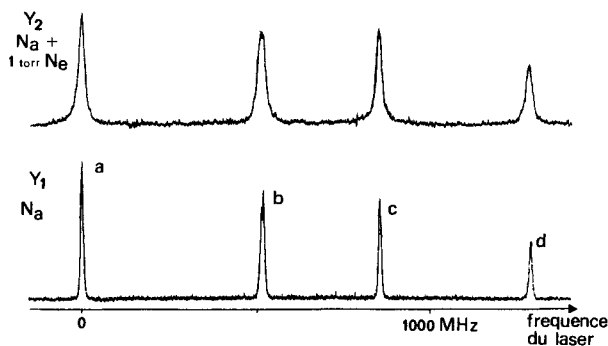


FIG. 2. — Enregistrement simultané du spectre d'excitation à deux photons pour une cellule de Na sans gaz étranger (voie  $Y_1$ ) et pour une cellule contenant Na et 1 torr de Ne (voie  $Y_2$ ).

Ce déplacement du centre de la résonance s'observe de façon plus nette sur des enregistrements à échelle dilatée, ou bien lorsque la cellule est remplie avec 5 torr de néon. La figure 3 présente avec une échelle

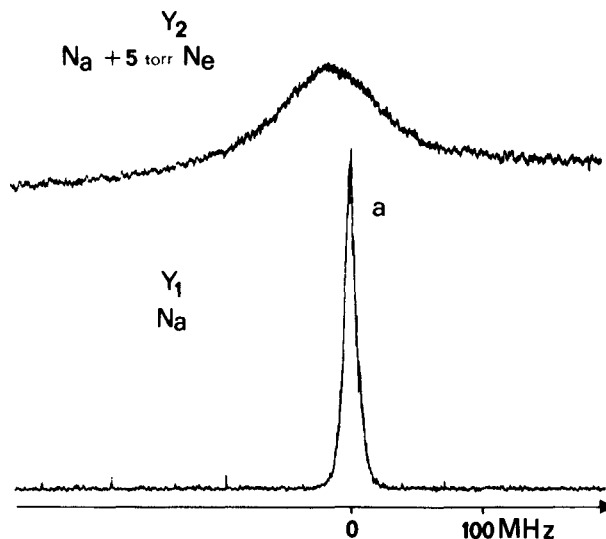


FIG. 3. — Enregistrement simultané de l'excitation à deux photons pour une cellule de Na sans gaz étranger (voie  $Y_1$ ) et pour une cellule contenant Na et 5 torr de Ne (voie  $Y_2$ ). La résonance (a) correspond à une transition du sous-niveau hyperfin  $F = 2$  du fondamental vers le niveau  $J' = \frac{3}{2}$  de l'état excité. On voit sur cet enregistrement qu'en présence de néon la résonance se déplace vers des fréquences plus petites, donc vers des longueurs d'onde plus grandes.

dilatée la résonance (a) simultanément enregistrée en absence de néon sur la voie  $Y_1$  et en présence de 5 torr de néon sur la voie  $Y_2$ . La résonance sans largeur Doppler (mais élargie par collision), enregistrée sur la voie  $Y_2$ , se détache sur un fond en légère déclivité; cette déclivité représente l'aile de la raie élargie par effet Doppler qui correspond à l'absorption de deux photons se propageant dans le même sens. (L'amplification moindre utilisée sur la voie  $Y_1$  rend cette large raie Doppler invisible.)

A la précision de nos mesures, aucun écart significatif n'a été noté entre les élargissements ou les déplacements des diverses résonances (a), (b), (c) et (d): pour une pression donnée, ces résonances ont même largeur et même déplacement. Il convient également de noter que l'on n'a décelé aucune asymétrie sur les transitions considérées et que pour une pression de néon de 1 torr ou 5 torr les raies de résonance sont des lorentziennes. Pour des pressions inférieures cela n'est plus vrai; en effet la forme de la résonance est le résultat de la convolution d'une lorentzienne et de la fonction d'appareil (jitter du LASER) dont les largeurs sont comparables. La fonction d'appareil est une courbe dont les ailes décroissent plus rapidement que celles d'une lorentzienne, mais dont le comportement au voisinage du centre (pour une abscisse pouvant valoir deux ou trois largeurs naturelles) est par contre très semblable à une lorentzienne.

Sur la figure 4 on a porté la largeur  $L(p)$  de la résonance ainsi que le déplacement  $D(p)$  du centre de la résonance en fonction de la pression  $p$  de néon (nous avons fait des mesures pour  $p = 0,2$  torr, 1 torr et 5 torr). Les largeurs et les déplacements indiqués

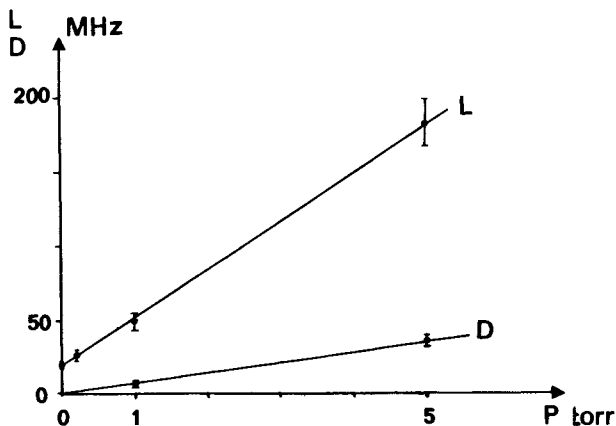


FIG. 4. — Valeur absolue du déplacement et élargissement en fonction de la pression de néon. Ces quantités sont relatives aux fréquences de Bohr de l'atome : elles sont deux fois plus grandes que les grandeurs mesurées sur les figures 2 et 3.

sur cette figure 4 sont ceux des fréquences de Bohr de l'atome et non plus, comme dans le cas des figures 2

et 3, de la fréquence du LASER. Comme la transition est une absorption à deux photons, il faut multiplier par deux les largeurs et les déplacements mesurés sur les figures 2 et 3, pour retrouver les quantités portées en ordonnée sur la figure 4. On déduit de ces expériences les coefficients

$$\alpha = \frac{L(p) - L(0)}{p} = 32 \pm 5 \text{ MHz/torr}$$

$$\beta = \frac{D(p)}{p} = -7 \pm 1 \text{ MHz/torr}$$

(la pression de néon étant mesurée à 20 °C).

Ces résultats sont les tous premiers d'un ensemble d'expérience où nous projetons de faire une étude systématique de l'influence des collisions sodium-gaz rares sur les transitions à deux photons 3S-4D et 3S-5S dans l'atome de sodium. Ils démontrent les possibilités nouvelles offertes par ces transitions sans élargissement Doppler pour l'étude des collisions à de faibles pressions.

#### Bibliographie

- [1] BIRABEN, F., CAGNAC, B. et GRYNBERG, G., *Phys. Rev. Lett.* **32** (1974) 643.
- [2] LEVENSON, M. D. and BLOEMBERGEN, N., *Phys. Rev. Lett.* **32** (1974) 645.
- [3] HANSCH, T. W., HARVEY, K., MEISEL, G. et SCHAWLOW, A. L., *Opt. Commun.* **11** (1974) 50.
- [4] VASILENKO, L. S., CHEBOTAYEV, V. P. et SHISHAEV, A. V., *J.E.T.P. Lett.* **11** (1970) 113.
- [5] CAGNAC, B., GRYNBERG, G. et BIRABEN, F., *J. Physique* **34** (1973) 845.
- [6] LEVENSON, M. D. et SALOUR, M. M., *Phys. Lett.* **48A** (1974) 331.
- [7] BIRABEN, F., CAGNAC, B. et GRYNBERG, G., *Phys. Lett.* **48A** (1974) 469.
- [8] BIRABEN, F., CAGNAC, B. et GRYNBERG, G., *Phys. Lett.* **49A** (1974) 71.
- [9] On trouvera des références sur l'élargissement et le déplacement des raies de résonance dans l'article de revue suivant : SCHULLER, F. et BEHMENBURG, W., *Phys. Lett.* **12C** (1974) 273.
- [10] PRITCHARD, D., APT, J. et DUCAS, T. W., *Phys. Rev. Lett.* **32** (1974) 641.
- [11] BIRABEN, F., CAGNAC, B. et GRYNBERG, G., *C. R. Hebd. Séan. Acad. Sci.* **279** (1974) B 51.