

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Observation d'un déplacement de raie de résonance magnétique causé par l'excitation optique.* Note (*) de M. CLAUDE COHEN-TANNOUJJI, présentée par M. Gustave Ribaud.

Un déplacement de raie de résonance magnétique associé à des transitions virtuelles induites par une excitation optique a été observé expérimentalement.

Des effets de déplacement des raies de résonance magnétique causés par le pompage optique ont été étudiés théoriquement (1) dans deux Communications antérieures (I et II). Nous avons recherché et mis en évidence expérimentalement le déplacement associé à la différence des self-énergies de deux sous-niveaux Zeeman de l'état fondamental en présence du rayonnement excitateur; déplacement dont l'expression établie dans I et II est $\Delta E' (A_{\mu\mu} - A_{\mu'\mu'})$ où $\Delta E'$, $A_{\mu\mu}$, $A_{\mu'\mu'}$ sont définis par (I, 3) et (I, 4).

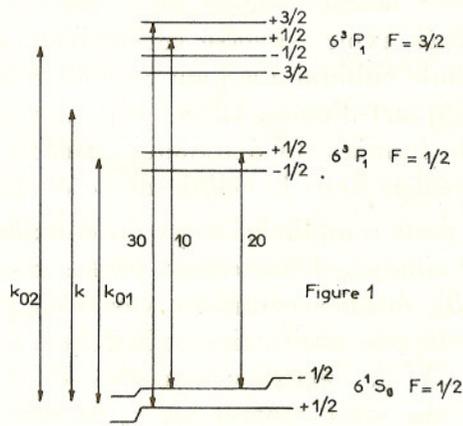


Fig. 1.

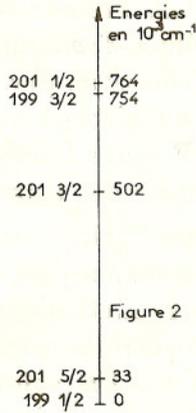


Fig. 2.

Considérons le cas de l'isotope ^{199}Hg éclairé par une source émettant une raie dont la polarisation est circulaire droite σ^+ , et dont le nombre d'onde k est compris entre les nombres d'onde k_{01} et k_{02} (fig. 1) des deux composantes hyperfines de la transition $6^1S_0 - 6^3P_1$ de ^{199}Hg . La figure 1 représente les niveaux d'énergie; les nombres inscrits, les probabilités de transition optique qui ne sont autres que les $A_{\mu\mu}$.

Les transitions virtuelles vers le niveau 6^3P_1 , $F = 1/2$, sont caractérisées par $k - k_{01} > 0$. D'après (I, 3), $\Delta E'$ est positif et le déplacement, indiqué sur la partie droite de la figure 1, se fait vers le haut. Par suite de la polarisation circulaire droite, $A_{1/2, 1/2} = 0$ et seul, le sous-niveau $-1/2$ est déplacé.

Pour les transitions virtuelles vers le niveau 6^3P_1 , $F = 3/2$, $k - k_{02}$, et par suite $\Delta E'$, sont négatifs: le déplacement, indiqué sur la partie gauche

de la figure 1, se fait vers le bas et est trois fois plus grand pour le sous-niveau $+ 1/2$ que pour le sous-niveau $- 1/2$ (rapport des probabilités de transition).

Ces deux effets conduisent donc tous deux à augmenter la séparation énergétique entre les deux sous-niveaux $\pm 1/2$ de l'état fondamental. Les conclusions sont inversées si au lieu d'opérer en excitation σ^+ , on opère en σ^- . Les transitions virtuelles vers les autres niveaux excités ne déplacent pas la raie de résonance magnétique car $k - k_0$ et $\Delta E'$ ne varient plus alors d'une composante hyperfine à l'autre et, d'après les règles de somme sur les $A_{\mu\mu}$, les deux sous-niveaux $\pm 1/2$ sont déplacés de la même quantité.

L'expérience a été réalisée sur le montage de Cagnac (²). Des courbes de résonance magnétique de l'isotope ^{199}Hg pompé optiquement par une lampe à ^{201}Hg ont été tracées suivant les techniques habituelles. On opérait à une fréquence fixe de 5 kHz obtenue par démultiplication à partir d'un quartz de 100 kHz. Dans l'axe du champ magnétique et dans le sens opposé à celui du premier faisceau orientateur, nous avons disposé un deuxième faisceau : la lumière issue d'une lampe remplie de ^{201}Hg est concentrée sur la cellule de résonance après avoir traversé successivement un filtre à ^{199}Hg (constitué par une cellule cubique de 4 cm de côté remplie de cet isotope), un nicol et une lame quart-d'onde. Le rôle du filtre à ^{199}Hg est d'absorber toute fraction de la lumière du deuxième faisceau susceptible de provoquer des transitions réelles dans la cellule de résonance.

L'isotope ^{201}Hg a été choisi pour remplir la lampe du deuxième faisceau excitateur car on doit obtenir ainsi un déplacement particulièrement fort. On peut en effet, d'après (I, 3), étudier comment varie $\Delta E'$ en fonction de l'écart entre le centre k de la raie excitatrice et le centre k_0 de la raie d'absorption. En comparant $\Delta E'$ à l'élargissement $\Delta\nu_0$ que créerait la même intensité excitatrice si elle était centrée en k_0 et non plus en k , on trouve que $\Delta E'/\Delta\nu_0$, nul pour $k = k_0$, croît pour atteindre un maximum de l'ordre de 1 pour $k - k_0 \sim \Delta$ (Δ est la largeur de la raie excitatrice), puis décroît comme $\Delta/k - k_0$ pour $k - k_0 \gg \Delta$. D'après la figure 2, la composante 5/2 de ^{201}Hg est à une largeur Doppler de la composante 1/2 de ^{199}Hg , ce qui donne l'effet optimal; la composante 3/2 agit dans le même sens; la composante 1/2 dans le sens contraire, mais beaucoup plus faiblement parce qu'elle est trop proche de la composante 3/2 de ^{199}Hg et que son intensité dans la lampe est cinq fois plus faible que celle de la composante 5/2.

La figure 3 montre un exemple des courbes expérimentales obtenues. La courbe de résonance magnétique du centre est prise avec le deuxième faisceau masqué, celles de gauche (et de droite) en présence du deuxième faisceau polarisé σ^+ (et σ^-). Le déplacement vaut environ 0,4 Hz. Il a le bon signe : comme nous opérons à fréquence fixe, un déplacement vers les différences d'énergie plus grandes correspond à un déplacement vers

les champs plus bas. Il change de signe quand on passe de σ^+ à σ^- . Nous avons également vérifié qu'il n'y avait plus de déplacement quand on enlevait la lame quart-d'onde, c'est-à-dire quand on éclairait avec un mélange de σ^+ et σ^- . Enfin nous nous sommes assurés que le déplacement était proportionnel à l'intensité lumineuse.

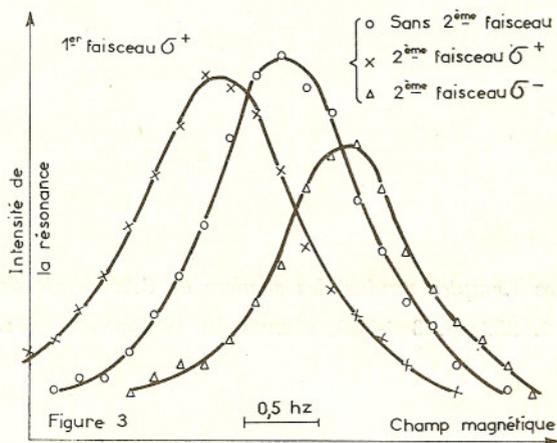


Fig. 3.

On remarque sur la figure 3 que l'intensité de la résonance est plus faible lorsque les deux faisceaux ont des polarisations opposées : σ^+ pour le premier, σ^- pour le deuxième. En effet, dans ce cas, les atomes sont accumulés par le premier faisceau dans le sous-niveau $+1/2$ et la vapeur est particulièrement absorbante pour toute fraction du deuxième faisceau susceptible de provoquer des transitions réelles et que le filtre à ^{199}Hg n'absorberait pas entièrement. D'où un affaiblissement de la détection de la résonance. Nous avons vérifié cette hypothèse en opérant avec des filtres à ^{199}Hg moins absorbants, ce qui augmente la dissymétrie. D'autre part, nous avons inversé le sens de la dissymétrie en pompant avec le premier faisceau en σ^- et non plus en σ^+ .

L'expérience décrite dans cette Communication fait appel à la polarisation de la lumière pour déplacer de façon différente deux sous-niveaux Zeeman d'un même niveau hyperfin de l'état fondamental (inégalité des A_{hyp}). On peut imaginer d'autres expériences où il n'est pas besoin de faire appel à cette propriété et où l'écart des deux niveaux est suffisamment grand pour que $\Delta E'$ varie de l'un à l'autre (cas des deux niveaux hyperfins d'un atome alcalin dans l'état fondamental).

(*) Séance du 9 janvier 1961.

(1) J.-P. BARRAT et C. COHEN-TANNOUJJI, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 93 (I); 252, 1961, p. 255 (II).

(2) B. CAGNAC et J. BROSSEL, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 77; J. BROSSEL, *Year Book of the Phys. Soc. (London)*, 1960, p. 1.

Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
t. 252, p. 394-396, séance du 16 janvier 1961.

GAUTHIER-VILLARS,
55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e),
Éditeur-Imprimeur-Libraire.

158924

Imprimé en France.