

SOURCE D'ELECTRONS POLARISES
PRODUITS PAR IONISATION D'UN FAISCEAU
D'ATOMES DE POTASSIUM ORIENTES

P. COIFFET et A. SEPTIER

Faculté des Sciences*, Orsay

On a repris l'expérience réalisée par Friedmann (1961) et refaite par Hughes en 1965.

Le potassium atomique est émis à partir d'un four porté à une température de 300° C ; le faisceau atomique traverse alors un champ magnétique très fortement inhomogène. On sélectionne ainsi les atomes de spin +1/2 focalisés à la sortie de l'aimant. Ils sont maintenus dans un champ magnétique longitudinal et ionisés par un rayonnement ultraviolet. Les électrons ainsi obtenus sont polarisés, l'ionisation s'effectuant sans transition. On les accélère. Après transformation de leur hélicité en polarisation transverse au moyen d'un filtre de Wien, on mesure leur polarisation par diffusion de Mott.

I LA SOURCE D'ATOMES POLARISES

a Le choix des atomes.

Les atomes utilisés doivent posséder un électron superficiel ayant une énergie de liaison faible. Le spin de cet électron doit être facilement découplable du spin du noyau. De plus, il faut pouvoir détecter le faisceau atomique. En examinant l'hamiltonien d'un atome alcalin :

$$H = \frac{p^2}{2m} + V(r) - \left(\frac{e\hbar}{2mc} \right) \vec{\sigma} \cdot (\vec{E} \wedge \frac{\vec{p}}{2mc}) + AI \cdot \vec{\sigma}$$

et en introduisant un champ magnétique externe, il suffit que :

$$AI \cdot \vec{\sigma} \ll \frac{e}{mc} \vec{H} \cdot \vec{\sigma}$$

pour que $[H, \sigma_x] = 0$ c'est-à-dire que σ_x soit une constante du mouvement.

Le calcul des champs équivalents de structure hyperfine fait apparaître qu'en utilisant des champs externes de 1 à 2 teslas, on peut considérer que le découplage entre spin nucléaire et spin électronique est complètement réalisé, au moins pour le lithium, le sodium et le potassium.

Le choix des atomes est aussi conduit par leur longueur d'ionisation. Elle va de 2300 Å pour le lithium à 3000 Å pour le césium suivant les alcalins. Il est difficile de fournir une puissance importante au-dessous de 2500 Å. Nous choisissons le potassium qui s'ionise à 2872 Å. Celui-ci se détecte aisément par ionisation de surface.

b Le champ magnétique.

Les pôles ont la forme donnée par la figure 1 ; c'est le cas limite de pôles circulaires où lignes de force et équipotentielles sont de cercles orthogonaux.

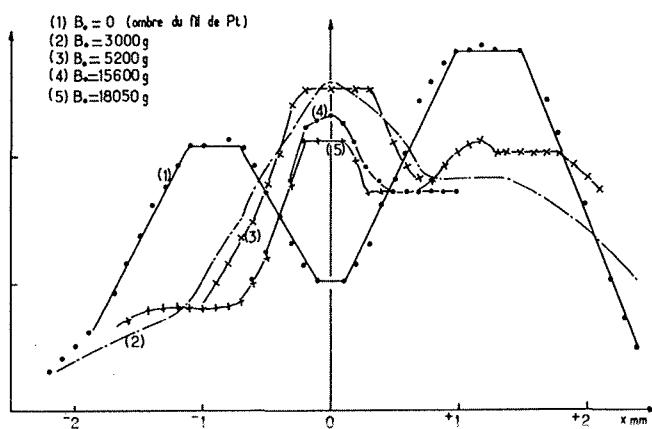


Fig. 1

Pour les atomes à $m_j = + 1/2$, la matrice de transfert s'écrit, en appelant L la longueur de l'aimant :

$$\begin{array}{c|c|c|c|c} x & \left| \begin{array}{cccc} \cos \omega L/\bar{v} & (\bar{v}/\omega) \sin \omega L/\bar{v} & 0 & 0 & x \\ \frac{\omega}{\bar{v}} \sin \omega L/\bar{v} & \cos \omega L/\bar{v} & 0 & 0 & x' \\ 0 & 0 & \operatorname{ch} \omega L/\bar{v} & \frac{\bar{v}}{\omega} \operatorname{sh} \omega L/\bar{v} & y \\ 0 & 0 & \frac{\omega}{\bar{v}} \operatorname{sh} \omega L/\bar{v} & \operatorname{ch} \omega L/\bar{v} & y' \end{array} \right| & x' \\ x' & & & & x' \\ y & & & & y \\ y' & & & & y' \\ \text{sortie} & & & & \text{entrée} \end{array}$$

Il y a focalisation en x et défocalisation en y . Pour $m_j = - 1/2$ il y a défocalisation en x et focalisation en y .

Pour séparer les atomes émis par le four à travers une fente de 60μ de largeur, on place, à l'entrée du champ, un diaphragme traversé en son milieu suivant Oy par un fil de platine de 0,1 millimètre de diamètre. Ainsi les atomes injectés suivant l'axe (donc non déviés par la suite) sont focalisés et se trouvent dans l'ombre du fil de platine à la sortie de l'aimant, les atomes à $m_j = -1/2$ sont rejetés à l'extérieur de cette ombre.

Les pôles de l'aimant sont en acier Imphy AFK2 permettant d'atteindre plus de 1,8 tesla. Sa longueur est de 16 centimètres.

Le nombre d'atomes focalisés est d'environ 10^{12} par seconde pour $T = 300^\circ \text{C}$. La figure 2 montre la répartition de ces atomes dans le plan focal.

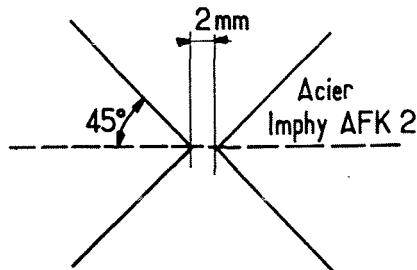


Fig. 2

2 LA SOURCE D'ELECTRONS POLARISES

Le champ directeur est réalisé à l'aide de bobines pouvant fournir un champ magnétique longitudinal compris entre 0 et 1030 gauss.

L'électrode H.T. (- 60 kV) se présente sous forme d'un cylindre revêtu intérieurement de nickel. Un miroir incliné à 45° sur l'axe de l'électrode et à l'intérieur de celle-ci permet de renvoyer le faisceau ultraviolet fourni par une lampe WHS 200 OSRAM. Le nickel a été choisi comme revêtement de préférence à l'argent car son seuil d'émission photoélectrique est plus éloigné de celui du potassium que ne l'est le seuil de l'argent. Il a aussi un bien meilleur coefficient de réflexion entre 2000 et 3000 Å.

Pour des valeurs du champ magnétique de 0, 420, 520, 780 et 1010 gauss, un effet de lentille élimine pratiquement tous les électrons photoélectriques. Il n'en rentre dans le transformateur de polarisation que moins de 10^{-14} ampère.

La mesure de la polarisation s'effectue par diffusion de Mott sur feuille d'or. On observe par réflexion à 90° du faisceau incident à l'aide d'un tube autocoupeur associé à un système de comptage.

RESULTATS

La chambre du four est séparée de l'enceinte. Les vides en fonctionnement sont de 10^{-5} mm de mercure pour la chambre du four et 10^{-6} mm de mercure pour le reste de l'enceinte.

L'alignement, très crucial, est assuré à l'aide d'un faisceau lumineux envoyé sur l'axe et l'on repère les positions des différents diaphragmes à l'aide d'une lunette de visée.

Le courant est mesuré à l'aide d'une cage de Faraday placée avant le transformateur de polarisation. Il varie entre 0,3 et 2×10^{-12} ampère suivant : i) les expériences (ceci est dû à des réglages différents ; rappelons que l'alignement est extrêmement délicat ; ii) la puissance U.V. envoyée (dans un rapport environ 3/2 dans la gamme de variation permise par la lampe utilisée, ce qui montre que l'efficacité d'ionisation dépend de la puissance U.V.).

On constate que la polarisation dépend directement du champ magnétique directeur. Les erreurs dues à des asymétries expérimentales,

au bruit de fond du compteur, au fait qu'on observe tous les électrons arrivant sous un petit angle solide, s'élèvent à environ 10 %.

La courbe de la figure 3 montre la variation de la polarisation en fonction du champ magnétique directeur.

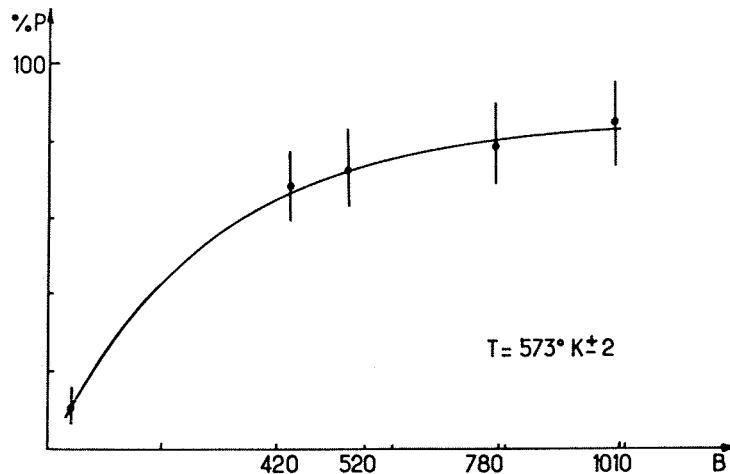


Fig. 3

Note

* Institut d'Electronique Fondamentale ; Laboratoire Associé au C.N.R.S.

