

Le spin et le moment angulaire

X. OUDET,

Fondation Louis de Broglie, 23 rue Marsoulan, 75012 Paris
xavier-oudet-wanadoo.fr

RÉSUMÉ. L'ensemble des valeurs du moment angulaire de l'équation de Dirac permettent le calcul des moments magnétiques expérimentaux. Il apparaît que les valeurs demi-entières résultent d'une propriété de l'espace, les variations de la masse.

ABSTRACT. The set of the values of the angular momentum of the equation of Dirac allows the calculus of the experimental magnetic momentums. It appears that the half-integer values result of a space property the variations of mass.

1 Introduction

L'état quantique est le fait de variations de l'action par multiple entier de la quantité h égale à la constante de Planck, comme les travaux de Bohr et Sommerfeld [1,2] l'ont montré. Pour comprendre en spectroscopie divers résultats expérimentaux en particulier les doublets des alcalins, on a supposé un moment angulaire $\frac{1}{2}\hbar$ le spin, ajouté ou soustrait au moment angulaire de l'électron autour du proton ce que nous appellerons l'hypothèse du spin up and down [3]. En fait les solutions de l'équation de Dirac donnent un ensemble de valeurs demi-entières du moment angulaire et le calcul des moments magnétiques de différents corps à partir de ces valeurs est en excellent accord avec l'expérience [4,5,6].

2 Le moment angulaire

En théorie de Dirac le moment angulaire est :

$$u = -(m - \frac{1}{2}) \tag{1}$$

Les différentes valeurs de m , tableau I, donnent celles de u . A la réflexion rien n'indique que les valeurs demies-entières soient le résultat d'un moment additionnel. En fait l'hypothèse du spin up and down, en apportant une explication des doublets en spectroscopie, ne semblait pas susceptible du moindre doute. Dirac dans l'introduction de son article [7] nous dit que « le plus simple des Hamiltoniens pour un électron de charge ponctuelle obéissant à la relativité et à la théorie générale des transformations conduit à une explication de la duplicité des phénomènes sans autres hypothèses ». Cette présentation conduit à penser que pour Dirac l'hypothèse du spin up and down est confirmée. Pourtant cette duplicité des phénomènes est à attribuer aux deux sous-couches qui divisent toutes les couches à l'exception des couches "ns". En effet les doublets correspondent à des transitions entre, par exemple, un électron "ns" et deux sous-couches "np".

Tableau I. Les différents nombres quantiques, leurs relations d'ordre et v le nombre d'états de la sous-couche. Le type II, chez de Broglie [6], correspond à la première sous-couche et le type I à la seconde. Le nombre quantique principal n , de rotation k , orbital ℓ , radial r , magnétique m ; le nombre ρ est introduit dans le degré des polynômes définissant les fonctions radiales composantes des solutions de l'équation de Dirac. Pour éviter toute confusion avec les couches np donnant des doublets nous utilisons la lettre grecque ρ .

$n \geq 1$	$\ell \leq n-1$	$\rho \leq n-1$	$n = \ell + r + 1$	v
1 ^{ière} Sous-couche 2 ^{ième} Sous-couche	$k = \ell$ $k = -\ell - 1$	$\rho = r + 1$ $\rho = r$	$-(\ell - 1) \leq m \leq \ell$ $-\ell \leq m \leq \ell + 1$ 1	2^ℓ $2^{(\ell + 1)}$

La difficulté vient de ce que dans le modèle de Bohr-Sommerfeld le mouvement orbital est supposé posséder un moment angulaire avec éventuellement une composante radiale mais pas de composante linéaire. Le modèle suppose que l'électron est soumis à une loi de la gravitation. L'attraction à laquelle est soumis l'électron est inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare l'électron de la charge positive du proton ou

du noyau de l'atome auquel il appartient. Les masses sont supposées agir depuis le centre de gravité des charges respectives.

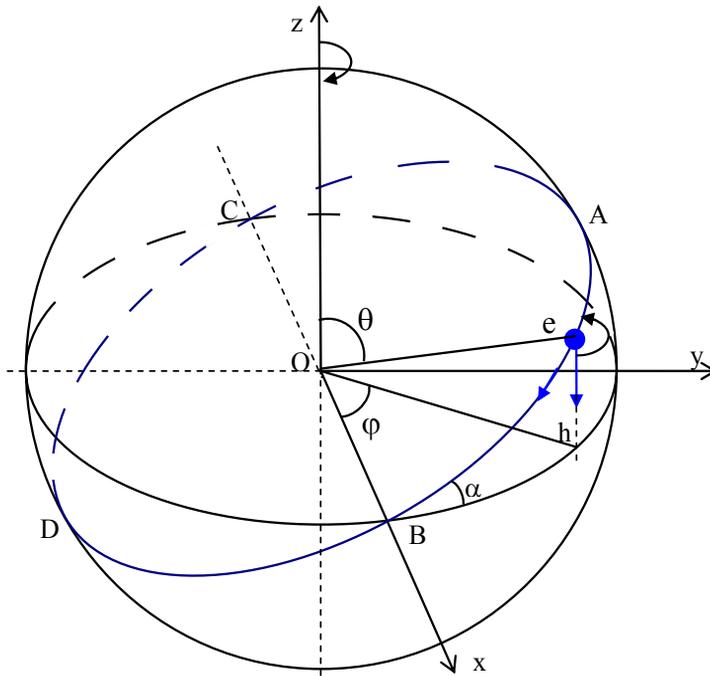


Figure 1. Le mouvement de l'électron. Le point O est le centre du potentiel, le plan du mouvement ABCD, le plan équatorial Ox,Oy. Le cercle "e" représente l'électron sur sa trajectoire. La flèche sur le demi-cercle en haut de l'axe z repère le sens de rotation du proton inverse de celui de l'électron e.

3 L'espace

Mais pour respecter la relativité il faut que les lois de la physique soit les même en nous plaçant, soit dans l'électron soit dans le proton [8], Figure 1, pour ce faire la seule variable possible est la masse. Il en résulte que le mouvement est le résultat d'échanges de masse entre le proton et l'électron. L'espace étant supposé isotrope les échanges ont lieu dans toutes les directions, par suite le mouvement orbital implique une composante linéaire.

Pour pouvoir décrire les interactions soit depuis l'électron soit depuis le proton il y a lieu de supposer que la masse de la charge positive occupe tous l'espace et qu'à l'intérieur de celle-ci l'électron gravite par échange de matière ou masse. Ces échanges peuvent être supposés obtenus par des grains de masse extrêmement petits, l'interaction implique par suite des absorptions et des rejets de ces grains de manière à entretenir le mouvement périodique. Par ailleurs cette conception de l'interaction donne un support aux fonctions d'onde solution de l'équation correspondante.

Si le mouvement est le résultat de variations de masse par absorption ou rejet, rappelons que l'hypothèse du rejet de masse, c'est-à-dire d'énergie négative, est confirmée par l'équation de Dirac qui transforme l'équation de Klein-Gordon en un produit de deux équations l'une aux solutions aux énergies positives l'autre aux solutions aux énergies négatives [9]. Le mouvement est donc associé à des absorptions ou rejets de grains de masse. Ainsi la masse se manifeste comme une variable au même titre que le moment angulaire et la composante linéaire. C'est cette variable qui donne naissance aux premières sous-couches comme nous l'avons remarqué en 1995 [10]. En fait le quantum additionnel des premières sous-couches se manifeste par un terme correctif de masse sur les propriétés radiales de la fonction d'onde, ce qui se comprend puisque l'énergie associée à la masse est très grande. Pour les deuxièmes sous-couches elles correspondent aux variations du moment angulaire.

4 Conclusion

Considérons alors les deux états 1s, ils possèdent un seul quantum d'action, chacune de leurs composantes possède donc un demi quantum d'action soit $\frac{1}{2}h$ associé soit à la rotation soit à la composante linéaire. Chacun des autres états quantiques possèdent un ou plusieurs quanta additionnels qui correspondent à un seul degré de liberté, ils sont donc insécables. Le demi-quantum du moment angulaire des différents états quantiques vient par suite d'un des deux états 1s, de même pour la composante linéaire.

Références

- [1] Bohr N., *Phil. Mag.*, 26, 1-25, and 476-502, (1913).
- [2] Sommerfeld A., *Ann. Phys.* 51, 1, (1916).
- [3] G. E. Uhlenbeck, S. Goudsmit, *Naturwissenschaften*, 13, 1925, p. 953
- [4] Oudet X et G. Lochak, *J. Magn. Magn. Mater.* 65, 99-122 (1987).

- [5] Oudet X., Ann. Fondation Louis de Broglie, 39, 147-154, (2014).
- [6] Broglie de L., “L'Électron magnétique”, (Théorie de Dirac), Hermann et Cie (1934). Pour le calcul des différentes projections du moment cinétique voir pages 237 à 240.
- [7] Dirac P.A.M., Proc. Roy. Soc. A117, 610 (1928).
- [8] Einstein A., Annalen der Physik, 17, (891-921) (1905).
- [9] Oudet X., Ann. Fondation Louis de Broglie, 29, 493-512, (2004).
- [10] Oudet X., Ann. Fondation Louis de Broglie, 20, 473-490, (1995).

Manuscrit reçu le 22 janvier 2020.