

COMMENTAIRES SUR « ET POURTANT ILS NE TOURNENT PAS »

Comme les auteurs souhaitent eux-mêmes que l'on engage le débat, je me permettrais de discuter deux points de leur article.

Le premier point est de nature théorique. L'une des raisons citées par les auteurs pour rejeter le modèle atomique de Bohr est la suivante : « Pourquoi assigner au moment cinétique de prendre des valeurs discrètes » et plus loin les auteurs insistent à nouveau en disant « Il y a bien quantification, mais, pour l'atome d'hydrogène quantification de l'énergie et non du moment cinétique. »

Il me semble que l'une des conséquences fondamentales des postulats de la mécanique quantique a été la quantification du moment cinétique (le carré de son module et sa projection sur un axe Oz). Ceci est d'ailleurs cohérent avec le fait que le moment cinétique a précisément la dimension de h , le quantum d'action (*).

Au contraire, l'énergie d'un atome n'est pas réellement quantifiée, c'est-à-dire qu'en toute rigueur, les énergies possibles ne forment pas une suite de valeurs discrètes. Certes, si l'atome est dans son état fondamental, son énergie est rigoureusement déterminée, mais pour un état excité dont la vie moyenne est au maximum de 10^{-8} seconde, l'énergie peut varier autour de l'énergie la plus probable. Ceci est la conséquence de la relation d'incertitude :

$$\Delta\tau \cdot \Delta E \geq h.$$

Si $\Delta\tau = 10^{-10}$ s, on trouve $\Delta E = 7 \cdot 10^{-6}$ eV. Ainsi s'explique la largeur naturelle des raies spectrales. A un état excité correspond une bande d'énergie (très étroite par rapport à la différence d'énergie moyenne entre deux niveaux de l'ordre de 1 eV) dont la largeur à mi-hauteur est inversement proportionnelle à la durée de vie. Ce n'est donc qu'en première approximation, lorsqu'on considère ces bandes comme infiniment minces, que l'on trouve pour l'énergie une suite de niveaux discrets.

Mais c'est surtout de la question de fond concernant l'adoption du modèle de Bohr dont je voudrais parler. Je pense que tout modèle de la réalité physique est nécessairement faux, mais qu'un modèle est indispensable lors de la présentation d'un nouveau domaine de la physique à des élèves. Bien sûr, le domaine

(*) *N.D.L.R.* : L'erratum de MM. IZBICKI et PUJOS montre qu'ils n'en doutent pas.

de la microphysique est plus délicat et il faut bien insister sur le caractère symbolique des modèles. Ceci dit, le modèle de Bohr, puis celui, amélioré, de Sommerfeld me paraissent, pour une première approche, meilleur que celui des niveaux d'énergies, beaucoup trop abstrait.

Notamment, à propos du problème précis de savoir si le modèle d'électrons tournant autour d'un noyau est ou non dénué de sens, on peut méditer sur une expérience très significative. Elle met en jeu des photons au lieu d'atomes mais sa portée est tout aussi générale. Un problème qui préoccupait certains physiciens du début du siècle était de savoir si les moments cinétiques définis à l'échelle quantique étaient de même nature que ceux définis à l'échelle macroscopique. D'où les expériences Einstein - de Haas et celle analogue de Beth (1936) dont voici une description simplifiée : une lame quart d'onde est suspendue à l'aide d'un fil de torsion très fin sur lequel est collé un petit miroir. De cette façon, un couple très faible agissant sur le système est détecté par la méthode de Poggendorf. Un flux lumineux intense traverse un ensemble fixe polariseur linéaire-lame quart d'onde qui polarise circulairement la lumière, puis traverse le système mobile. La lumière incidente a donc un moment cinétique non nul. Au contraire, à la sortie, la lumière aura une polarisation rectiligne donc un moment cinétique nul. Eh bien, on constate une légère rotation du système macroscopique, ce qui prouve bien l'identité de nature entre les deux moments cinétiques l'un microscopique, l'autre macroscopique (et ce qui étend la validité du principe de conservation du moment cinétique au domaine quantique).

Le spin des photons.

Dans un faisceau polarisé circulairement, tous les photons ont le même quantum de spin : $s = +1$ ou $s = -1$, suivant que la lumière est circulaire gauche ou droite ; un tel faisceau transporte donc un moment cinétique résultant qui a la direction de la propagation. Au contraire, pour un faisceau polarisé rectilignement, le moment cinétique résultant est nul. On le considère en effet comme la somme de deux vibrations polarisées circulairement l'une droite, l'autre gauche ; la moitié des photons ont un quantum de spin $+1$, l'autre moitié un quantum de spin -1 ; par compensation, la somme est nulle.

Jusqu'à maintenant, en mécanique newtonienne (donc macroscopiquement), on rend compte de l'existence d'une rotation en introduisant le vecteur moment cinétique. Dès lors que l'équivalence entre moment cinétique microscopique et macroscopique est démontré expérimentalement, pourquoi n'utiliserait-on pas le même modèle à l'échelle quantique au moins en première approximation ?

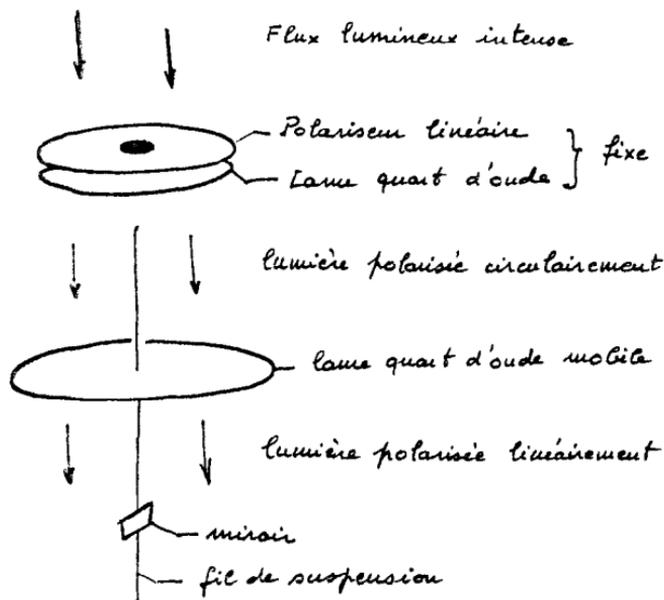


Schéma simplifié de l'expérience de Beth.

Pour conclure, il faut remarquer que la mécanique classique est heureusement encore étudiée avant la mécanique relativiste. On sait en 1980 que la loi de Newton est inexacte et pourtant, on continue à l'appliquer. Je pense donc qu'il est nécessaire d'adopter, au cours des études, plusieurs modèles successifs dont le premier serait celui de Bohr, le deuxième celui de Sommerfeld avant de passer à la mécanique quantique proprement dite. Ceci dit, je constate avec les auteurs que les définitions données dans certains livres pourraient être améliorées. Il faut notamment supprimer le terme « gravitent » dans les descriptions, ce qui peut prêter à confusion. La gravitation n'a rien à voir ici.

A. DENIS,
(Université Lyon I - Villeurbanne).