

Libres propos.

ET POURTANT ILS NE TOURNENT PAS...

« Autour du noyau gravitent un ou plusieurs électrons. Le mouvement des électrons est si rapide que l'on peut considérer qu'ils remplissent la totalité de l'espace entourant le noyau. Les électrons gravitent autour du noyau comme les planètes autour du soleil ».

Voilà ce que nos élèves peuvent apprendre dans certains manuels. Il est grand temps de rompre avec ce modèle de BOHR qui a historiquement un certain intérêt, mais qui peut conduire à des idées fausses si on n'explique pas ce qu'est un modèle en physique.

POURQUOI FAUT-IL REJETER LE MODELE DE BOHR ?

Eh bien, parce que c'est un modèle qui date un peu. Que dans une perspective historique, à un niveau supérieur, on explique les différents tâtonnements de la pensée, cela est bien. Mais à nos élèves de seconde de 1980, il faut faire de la physique de 1980 et non celle de 1913.

Il n'est sans doute pas inutile de rappeler certaines raisons qui conduisent à rejeter ce modèle.

1. Raisons propres à la mécanique classique.

— Pourquoi introduire des discontinuités dans la physique du continu ?

— Pourquoi assigner au moment cinétique de prendre des valeurs discrètes ?

— L'électromagnétisme enseigne qu'une particule soumise à une accélération centrale devrait rayonner de l'énergie. L'électron va terminer sa course sur le noyau !

— La mécanique classique ne prévoit pas le nombre correct de raies d'émission des atomes.

2. Raisons propres à la mécanique quantique.

— La notion de trajectoire n'a pas de signification physique : on ne peut connaître, en une région de l'espace à un moment donné, que la probabilité de présence d'un électron de l'atome.

— Toute image concrète ne peut être qu'incomplète, inadéquate et erronée.

— Position de l'électron, trajectoire ? HEISENBERG répondait : « Je n'ai pas besoin de répondre à de telles questions parce que vous ne pouvez pas les poser expérimentalement ».

— Les inégalités de HEISENBERG nous montrent qu'il est absurde d'appliquer la mécanique classique à l'infiniment petit.

— Il y a bien quantification, mais, pour l'atome d'hydrogène, quantification de l'énergie et non du moment cinétique. BOHR a eu de la chance.

POURQUOI LE MODELE DE BOHR A CETTE INFLUENCE ?

En son temps, ce fut le modèle qui expliqua les raies de RITZ-BALMER et les relations $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$:

λ : longueur d'onde de la lumière émise,

n et m entiers naturels $m > n$,

R : constante d'origine expérimentale.

Il donna le premier une signification théorique à la valeur de R : constante de RYDBERG. Il expliquait le nombre de raies observées (on s'apercevra cependant très vite de l'existence d'une structure fine, puis hyperfine des raies non explicables dans le modèle de BOHR). Et puis, les physiciens étaient imprégnés de mécanique. Un modèle simple mécanique permettait de retrouver les résultats de MARIOTTE, un modèle simple mécanique devait permettre de comprendre les phénomènes atomiques.

De plus, l'analogie avec le mouvement des planètes autour du soleil était séduisante et convaincante.

Et pourtant, avec la mécanique quantique, BOHR lui-même recommandera de laisser son modèle dans les armoires de l'histoire de la physique.

CE QUI EST ECRIT (HELAS !)

Alors dans les livres de l'enseignement secondaire une pagaille extraordinaire s'instaure. Des compromis entre mécanique classique et mécanique quantique s'élaborent. On donne à un niveau d'énergie (encore appelé couche) une signification géométrique : « Tous les atomes sont formés par une partie centrale, le noyau, autour duquel gravitent les électrons. Des études théoriques montrent que les différents électrons d'un atome se placent autour du noyau suivant des couches. Une couche est constituée par un groupe d'électrons gravitant à la même distance du noyau ».

Cela pourrait faire sourire. Mais écrire ou dire cela peut signifier plusieurs choses : ou l'on n'a rien compris, ou on se fiche du monde et en particulier des élèves et des familles.

« Il est injustifiable qu'une information donnée dans un manuel soit à la fois précise et inexacte », écrit M. GUINIER dans le B.U.P. de janvier 1980. Nous disons qu'il est injustifiable qu'une information donnée par un professeur soit totalement inexacte.

De plus, ces idées fausses sont tellement ancrées chez les élèves qu'il est très difficile de les mettre en doute. Et en plus « c'est écrit dans le livre » (le dernier sorti !)

CE QUE L'ON PEUT DIRE.

Dans un livre déjà ancien (FAUCHER - Terminales), on peut lire : « Les électrons tourbillonnent spontanément et indéfiniment autour du noyau ; on convient — *mais ce n'est là qu'une image commode* — de représenter le niveau d'énergie d'un électron par une circonférence centrée sur le noyau, dont le rayon est d'autant plus grand que le niveau énergétique est plus élevé ». C'est déjà beaucoup mieux que ce que l'on trouve dans la plupart des manuels de seconde. Mais nous pensons qu'il faut rompre définitivement avec cette représentation en circonférences.

Dans un livre récent : « Le mouvement des électrons autour du noyau est caractérisé par un certain nombre de grandeurs, dont l'énergie. Les valeurs de ces grandeurs permettent de définir l'état dans lequel se trouve l'atome ».

On peut parler de probabilité de présence. Dire qu'un électron a 20 % « de chance » de se trouver en un endroit à un moment donné est accessible à un élève de seconde. Dire que le rayon atomique définit une zone de l'espace à l'intérieur de laquelle on a 99,999 % de chance de rencontrer le ou les électrons est également accessible.

Il est préférable — pour rompre avec ce que l'élève a vu dans les classes précédentes où on lui a parfois (mais pas toujours) présenté le modèle de BOHR en le faisant passer pour la vraie vérité — de représenter les niveaux énergétiques par des traits horizontaux sur lesquels on place les électrons. Quelle importance a la trajectoire d'un électron ? Aucune. Ce qui est important, c'est sa probabilité de présence dans l'espace. Nous pensons qu'il faut profiter de l'étude de la structure de l'atome pour insister lourdement sur la différence entre l'étude du mouvement planétaire et la connaissance du mouvement de l'électron.

Lorsqu'à un niveau supérieur (et pourquoi pas dès la terminale), on fera un peu d'épistémologie, on développera l'idée que

« l'atome est exactement la somme des critiques auxquelles on soumet son image première » (BACHELARD).

Cet article a pour but d'engager un débat afin d'essayer de clarifier la notion d'atome pour les élèves de seconde.

Jean-Louis IZBICKI,
Professeur (Le Havre),

Alain PUJOS,
Professeur (Bruay-en-Artois).

BIBLIOGRAPHIE

- CHPOLSKI. — *Physique atomique*. Ed. Mir.
COHEN-TANNOUNDJI. — *Mécanique quantique*. Ed. Hermann.
RAVAILLE. — *Chimie générale*. Ed. Baillièrre.
FEYNMAN. — *Mécanique quantique*, Tome III.
GREP. — *Dictionnaire de physique et de chimie*. T. I. Hachette.

LIBRES PROPOS

SUR LES COMMENTAIRES DE CHIMIE DES TERMINALES

Une erreur s'est glissée dans la rédaction des commentaires des nouveaux programmes de chimie édités par le Centre National de Documentation pédagogique.

En effet, on lit, page 168 au chapitre « réaction entre un acide fort et une base forte », les expressions suivantes :

$$[\text{Cl}^-] = 10^{-3} - 10^{-11}$$

relation déduite de la neutralité électrique,

et aussi :

$$[\text{HCl}] = 10^{-3} - (10^{-3} - 10^{-11}) = 10^{-11}$$

relation déduite de la conservation de l'élément Cl.

Sans qu'il soit nécessaire d'insister, les collègues verront bien qu'il s'agit, dans les deux cas, d'une précision illusoire des résultats ; d'une part, aucune solution, fût-elle étalon, n'est obtenue avec la précision annoncée, d'autre part, le pH-mètre n'est pas un instrument de mesure parfait. La deuxième relation où $[\text{HCl}]$ s'exprime par la différence de deux nombres pratiquement égaux, ne peut être obtenue par cette méthode.