L'évolution des théories sur la structure de l'atome depuis une quarantaine d'années

par

A. GLODEN.

La découverte de la bombe atomique a mis le problème de la structure de l'atome au premier plan de l'actualité. Nous allons montrer dans cet article comment les conceptions concernant la structure de l'atome ont été perfectionnées progressivement depuis le début de ce siècle.

L'atome de J. J. THOMSON (1904).

Selon J. J. Thomson l'atome consiste en une masse d'électricité positive uniformément répartie dans une sphère dont les dimensions correspondent à celles de l'atome. Cette sphère contient les négatons (électrons négatifs) distribués régulièrement et en nombres déterminés sur des surfaces concentriques. En admettant que les lois classiques des actions électrostatiques sont applicables à de tels systèmes, on peut démontrer qu'ils sont stables.

Ce modèle d'atome a permis d'expliquer certaines propriétés générales de la matière. On a dû cependant l'abandonner, car certains phénomènes ne suivent pas du tout les lois qu'il laisse prévoir. Un de ces phénomènes est l'étude de la dispersion des rayons α. Dans leur passage à travers la matière ceux-ci subissent des déviations très fortes dépassant même 90°. Ces déviations ne s'expliquent pas dans la théorie de Thomson sur la structure de l'atome, le champ de force y régnant n'étant pas assez intense.

L'atome de RUTHERFORD (1911).

Pour expliquer de si fortes déviations, il faut admettre avec Rutherford que la charge positive n'est pas répartie dans tout le volume de l'atome, mais qu'elle est concentrée dans une très petite portion de ce volume, cette charge positive étant fixée à la masse de l'atome.

Le modèle d'atome de Rutherford est constitué de la manière suivante: Au centre, dans un espace extrêmement petit par rapport au volume de l'atome, se trouvent la charge positive et la masse de l'atome; cette partie de l'atome s'appelle le noyau, les négatons étant répartis autour de ce noyau. Comme à l'état normal l'atome est électriquement neutre, le nombre total des négatons égale le nombre des charges positives élémentaires du noyau.

Ce modèle permet d'expliquer la déviation très forte des rayons α. La déviation dépend de la charge positive du noyau, elle augmente avec cette charge. Les mesures de déviations donnent donc des indications sur la charge positive du noyau. Si l'on attribue au noyau de H la charge I, on trouve pour les corps de faible masse atomique que la charge nucléaire est à peu près la moitié de la masse atomique. La charge nucléaire est en même temps le numéro d'ordre dans le système périodique des éléments.

Les négatons de l'atome de Rutherford ne peuvent pas être au repos, autrement ils se précipiteraient sur le noyau en vertu des actions coulombiennes et l'atome ne serait pas stable. Il faut donc admettre qu'ils sont animés d'un mouvement de révolution autour du noyau.

Nos renseignements sur la structure de l'atome ont été considérablement accrus par l'étude du rayonnement émis par les corps. Un électron animé d'un mouvement vibratoire doit, d'après l'électrodynamique classique, émettre des radiations, de même un électron animé d'un mouvement circulaire ou elliptique, comme c'est le cas dans l'atome de Rutherford. Or, si le négaton gravitant autour du noyau envoie un rayonnement dans l'espace, il perd une partie de son énergie, sa vitesse doit donc décroître, il décrit des orbites de plus en plus petites se rapprochant du noyau. Les négatons tombant finalement sur le noyau, l'atome de Rutherford est un système instable.

Il faut donc ou bien abandonner l'atome de Rutherford ou admettre que les lois de l'électrodynamique classique ne sont pas applicables au mouvement du négaton. Nous allons montrer comment BOHR en s'appuyant sur la théorie des quanta a tourné la difficulté.

L'atome de BOHR (1913).

D'après PLANCK (1900), l'émission ou l'absorption de l'énergie rayonnante se fait d'une façon discontinue, par sauts brusques ou quanta. A un rayonnement d'une fréquence ν est associé un quantum d'énergie $\varepsilon = h\nu$, $h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}$ ergsec. étant une constante fondamentale appelée constante de Planck. Le quantum est donc proportionnel à la fréquence. Voici maintenant les postulats de Bohr qui ont bien un caractère révolutionnaire:

1° Un négaton décrivant une ellipse autour du noyau n'émet pas d'énergie rayonnante contrairement aux lois de l'électrodynamique classique.

2° Un négaton ne peut décrire que certaines orbites de rayon déterminé (il s'agit en première approximation d'une orbite circulaire). Il ne peut sortir de son orbite que sous l'action d'une force étrangère et il passe alors d'un cercle de stabilité sur un autre.

3° L'énergie rayonnante émise quand un négaton passe d'une orbite sur une autre est monochromatique, c'est-à-dire, possède une longueur d'onde bien déterminée. Les orbites ainsi définies s'appellent orbites quantifiées. Il y a émission si un négaton passe d'une orbite sur une autre plus près du noyau, absorption, s'il passe d'une orbite intérieure vers une orbite extérieure.

Considérons le cas le plus simple, celui de l'atome d'H, où un seul négaton gravite autour du noyau. Si ce négaton passe d'une orbite caractérisée par un nombre entier m appelé nombre quantique sur l'orbite de nombre quantique n, il y a émission ou absorption de lumière monochromatique de fréquence $\nu = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$. C'est la formule pour calculer la fréquence du rayonnement que donne la théorie de Bohr. R est une constante appelée constante de RYDBERG. Cette formule est confirmée par l'expérience. Le physicien suisse BALMER avait déjà reconnu en 1885 dans le spectre de l'hydrogène l'existence d'une série de lignes dont les fréquences sont données par la formule

$$\nu = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right).$$

D'autres séries ont été découvertes par PASCHEN, LYMAN, BRACKETT et PFUND.

DIRAC a introduit un perfectionnement important de la théorie de BOHR en considérant l'électron tournant.

Nous venons de voir comment la théorie de Bohr a été confirmée dans le cas du spectre de l'H. Mais elle a eu des succès encore plus retentissants. SOMMERFELD explique le phénomène de ZEEMANN (1896), consistant dans le dédoublement des raies dans un champ magnétique et le phénomène de STARK (1914) dans lequel le dédoublement des raies est provoqué dans un champ électrique.

Malgré ces triomphes la théorie de Bohr ne peut expliquer toutes les particularités des séries spectrales et suscite des difficultés d'un autre ordre. L'énergie de fréquence ν est émise ou absorbée, en opposition avec l'électrodynamique classique, si le négaton passe d'une orbite sur une autre, et sans que cette fréquence soit liée à la période de révolution de l'électron.

Soit $h\nu = E_i - E_j$;

$$\nu = \frac{E_i}{h} - \frac{E_i}{h} = \nu_i - \nu_j$$

en posant $\frac{E_i}{h} = \nu_i$ et $\frac{E^j}{h} = \nu_j$,

mais ν_i et ν_j n'ont pas de rapport avec le mouvement du négaton.

L'atome de la Mécanique Ondulatoire (1926)
(SCHROEDINGER, de BROGLIE).

La nouvelle mécanique attribue à la matière des propriétés ondulatoires. La seule réalité ce sont des ondes. Schrœdinger introduit une grandeur vibratoire, la fonction ψ dont la fréquence est au début de phénomène de rayonnement $\frac{E_i}{h}$ et à la fin $\frac{E_j}{h}$, la fréquence de la radiation émise est $\frac{E_i}{h} - \frac{E_j}{h}$, tout se passe comme s'il y avait des battements.

Ceci est le point de départ des recherches de Schrœdinger sur la mécanique ondulatoire. Il trouve que les niveaux énergétiques de l'atome d'H sont donnés par la formule

$$E = -\frac{2\pi^2 m e^4}{h^2 n^2},$$

m, masse du négaton; e, charge du négaton;

h, constante de Planck; n, entier naturel 1, 2, 3....

La mécanique ondulatoire permet de retrouver la formule de Bohr. Dans cette théorie on attribue une réalité aux ondes stationnaires. La distribution spatiale de ces ondes est un des problèmes à résoudre par la mécanique ondulatoire, problème extrêmement complexe. P. ex. dans le cas que nous avons considéré, pour une valeur donnée de n et le niveau énergétique correspondant, il y a $\frac{n\ (n-1)}{2}$ systèmes différents d'ondes stationnaires.

Quelle est l'interprétation physique de la fonction ψ de Schrœdinger? Nous savons qu'il y a quelque chose qui vibre dans l'atome, nous savons déterminer les niveaux énergétiques de cette vibration et les fréquences du rayonnement émis ou absorbé. Mais qu'est-ce qui vibre dans l'atome?

On a donné diverses interprétations de la fonction ψ.

Schrœdinger lui-même a mis ψ en relation avec la densité électrique en un point déterminé et on obtient ainsi une interprétation facile du rayonnement monochromatique émis. Si p. ex. dans un tube de GEISSLER l'H émet une des raies de la série de Balmer, dans chacun des atomes intervenant dans le phénomène de l'émission il y a quelque chose qui vibre avec la même fréquence, c'est la charge totale.

Notre esprit répugne à admettre les postulats de Bohr; les nombres quantiques pour fixer les orbites semblent bien artificiels et il n'est pas plausible que la fréquence du rayonnement émis ou absorbé soit $\nu = \frac{E_i}{h} - \frac{E_j}{h}$. Ce n'est pas sans raison qu'on a qualifié les postulats correspondants d'«énigmes quantiques».

Dans la Mécanique ondulatoire on fait seulement l'hypothèse que toute énergie de rayonnement est quantifiée, les niveaux énergétiques s'obtiennent alors très naturellement comme les vibrations possibles d'une corde. La fréquence du rayonnement émis est dans l'interprétation de Schrœdinger la fréquence du mouvement des charges électriques à l'intérieur de l'atome.

Interprétation statistique de la Mécanique Ondulatoire (BORN).

Born a mis en rapport la fonction ψ avec la mesure de la probabilité pour qu'un électron se trouve en un point déterminé de l'espace à un instant donné. L'interprétation des phénomènes de rayonnement si simple dans l'hypothèse de Schrœdinger ne subsiste pas dans ce cas. Il devient illusoire de parler d'orbites et ceci est exprimé clairement dans le principe d'indétermination de HEISENBERG. La seule chose qu'on puisse déterminer est la probabilité pour qu'un électron se trouve en un point déterminé à un instant donné.