Les *"années folles"* de la compréhension de l'atome



Charleston Dully. Chant et piano, 1926 © BNF

Les années 1920, dites ***"Années folles"***, du charleston, du jazz, du cinéma parlant, de l'art déco, du cubisme, du surréalisme ne touchaient pas que les arts, les mœurs ou la mode. Ce **foisonnement d'idées nouvelle**s a aussi largement imprégné la science et notamment la physique. **Ces *Années folles* sont en effet l'avènement de la physique quantique.** Qui va chambouler la compréhension de l'atome.

Le **modèle de Bohr** (1913) relevait en fin de compte d'une **vision très conservatrice et déterministe** de la physique : l'électron était une particule ; il suivait une orbite circulaire autour du noyau ; sa position était supposée pouvoir être connue précisément à tout moment ; son noyau, homogène, était porteur d'une charge positive globale.

Ce qui va émerger dans les années 1920-1930, c'est une vision totalement révolutionnaire de l'atome, duale (onde et particule), probabiliste (nuage électronique) et indéterministe (principe d'incertitude).

Tout est apparu par petites touches. Dès 1916, **Arnold Sommerfeld,** se penche sur le problème inexplicable du dédoublement de la raie rouge Hα du spectre de l'hydrogène. Il avance l'**idée que les trajectoires des électrons ne sont pas des cercles, mais des ellipses et donc que certains électrons passent plus près du noyau que d'autres, ce qui modifie leur vitesse, donc leur masse relativiste, et enfin leur énergie.** Ainsi, chaque niveau quantique (le "*gradin*" de Bohr) peut être représenté par des sous-niveaux très proches.

C'était une avancée, mais elle butait sur un sérieux problème. Les calculs de Sommerfeld marchaient pour l'atome d'hydrogène, mais pas pour l'atome d'hélium ! Car dans l'atome d'hydrogène, l'unique électron n'est soumis qu'à l'attraction du noyau. Or, l'hélium possède deux électrons qui partagent le même niveau d'énergie fondamental. **Pourquoi donc est-ce que ça coinçait quand deux électrons voulaient se partager la même orbite de Bohr ?**



L'atome en 1932 *© Shutterstock*

La solution viendra en plusieurs étapes :

- **Louis de Broglie** avance en 1924 que **toute particule de matière est aussi une onde**. C'est ce que l'on appelle la *"la dualité onde-corpuscule"*. Pour lui, l'électron forme une *onde stationnaire* autour du noyau, un peu comme la corde d'une guitare et ses harmoniques.
- **Wolfgang Pauli** énonce en 1925 son ***"principe d'exclusion"*** selon lequel, sur une orbite, deux électrons ne peuvent pas se trouver dans le même état quantique mais qu'ils sont liés par une force appelée *"interaction d'échange"*.
- **Werner Heisenberg** traduit tout ceci en 1925 dans un outil purement mathématique à base de matrices permettant de **calculer la position et l'intensité de toutes les raies** observées en émission ou en absorption dans les atomes.
- **Max Born** invente en 1926 le ***"nuage électronique"***, c'est-à-dire un **espace probable** où se trouve un électron qui être calculé à partir de l'onde de de Broglie.
- **Erwin Schrödinger**, également en 1926, établit une équation donnant la **probabilité de trouver une particule** (et donc un électron) **à un endroit précis**.
- En 1927, **Werner Heisenberg** (encore lui), présente son ***"principe d'incertitude"***, selon lequel Il est possible de mesurer exactement soit la position d'une particule, soit sa vitesse elle, mais pas les deux à la fois.
- **Paul Dirac** introduit en 1928 la notion de ***"spin"*** (sens de rotation) des électrons.
- **James Chadwick** montre en 1932 qu'un atome ne peut être stable que si le noyau n'est pas uniquement composé de particules positives ("protons" qui font contre poids aux électrons de charge négative), mais si il contient aussi des particules massives et neutres (**les "neutrons"**).

Le modèle de l'atome est enfin complet. **Les électrons se répartissent sur des couches et sous-couches à distances précises du noyau, qu'ils vont les remplir les unes après les autres.** Comme un vol d'étourneaux, ils **grouillent en nuages probabilistes** autour d'un **noyau dense** constitué de protons et de neutrons retenus par l'***interaction forte***. **Chaque particule** (électron, proton, neutron) est **associée à une onde** dont la longueur est inversement proportionnelle à sa masse.

> Les *Années folles* étaient terminées et la guerre menaçait désormais, justement au moment où l'on découvrait que le neutron était un outil idéal pour aller plus loin afin d'explorer le cœur même des noyaux d'atomes. En 1938, **Enrico Fermi** pu ainsi de bombarder des atomes lourds, découvrant la **fission nucléaire** qui aboutit à la **bombe Hiroshima.** L'époque avait définitivement changé...

n, l, m_ℓ et m_S : quatre nombres quantiques fondamentaux

Dans un atome, chaque électron est unique et possède une identité différente composée de 4 valeurs quantiques :

- **la couche principale n** (introduite par Bohr) qui est le niveau d'énergie de l'électron, lié à sa distance moyenne au noyau.
- **la sous-couche** ℓ. C'est le moment angulaire orbital de l'électron, lié à la géométrie du nuage probabiliste de Born.
- **l'orientation du nuage** dans l'espace, m_ℓ (introduite par Born). Cette valeur détermine le nombre de places possibles pour les électrons dans la sous-couche, afin de respecter le principe d'exclusion de Pauli.
- **le spin m_S**, moment angulaire intrinsèque de l'électron.