

THÉORIE DE BROGLIE-BOHM

IP

La théorie de De Broglie-Bohm tire son nom du physicien français Louis de Broglie, avec ses travaux précurseurs de 1924-1927, et de David Bohm, le physicien américain qui l'a développée dans les années 1950. Appelée aussi théorie de l'onde pilote, ou mécanique bohmiennne, la théorie dBB revient à l'actualité et fait l'objet d'actives recherches, à la faveur du renouveau des réflexions sur l'interprétation de la mécanique quantique.

David Bohm ⇒

Dans cette théorie les particules sont accompagnées d'une onde qui guide leur chemin, d'où le terme d'onde pilote. Mathématiquement, l'onde pilote est définie de la même façon que la fonction d'onde de la mécanique quantique. L'influence de l'onde pilote se caractérise sous la forme d'un potentiel quantique, dérivé de la fonction d'onde, agissant sur la particule de la même façon qu'un champ électrique. Par conséquent, l'onde pilote gouverne le mouvement de la particule en suivant l'équation de Schrödinger. Cette théorie stipule que l'évolution du comportement des particules s'effectue de façon régulière au cours du temps, il n'y a donc pas d'effondrement de la fonction d'onde. Elle s'accorde avec la critique d'Albert Einstein à l'effet que la mécanique quantique telle qu'interprétée par l'école de Copenhague n'est pas complète.



Longueur d'onde de De Broglie : <i>Voir la fiche De Broglie Louis.</i>	$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$	h : constante de Planck p : impulsion de la particule	m : masse de la particule v : vitesse de la particule
---	---	--	--

Potentiel Quantique.

Le potentiel quantique « Q » dépend de la forme de l'amplitude de la fonction d'onde ψ et pas de la distance, ce qui génère inévitablement des effets non locaux.

$$Q(x) = -\frac{\hbar}{2 \cdot m} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

$\hbar = h/2\pi$
R : Amplitude de Ψ

Orbitales des électrons.

La longueur d'onde de De Broglie permet de justifier les orbitales stationnaires des électrons sur un atome de Bohr. En courbant l'onde de matière de l'électron sur la trajectoire, celle-ci ne peut contenir qu'un nombre entier de période. Ainsi les orbitales permises sont : $2 \cdot \pi \cdot r_n = n \cdot \lambda_n$

L'interprétation de l'expérience des fentes de Young.

Quand l'expérience des fentes de Young est réalisée à l'aide d'une source ponctuelle, la figure d'interférence est constituée progressivement, point par point, chaque photon émis venant compléter la figure. Cette figure ne peut théoriquement se former que si chaque photon interfère avec lui-même. Les théories quantiques les plus communément admises, basées sur les principes de superposition d'états quantiques et de décohérence, supposent donc que le photon passe simultanément par les deux fentes. Bohm et De Broglie ont proposé une approche radicalement différente. Pour eux, la particule ne passe que par un seul des deux trous. Par contre l'onde pilote passe par les deux trous et interfère avec elle-même. Le photon étant guidé par l'onde pilote et celle-ci formant une figure d'interférence, le photon se retrouve à former « malgré lui » la figure d'interférence créée par l'onde pilote.

Le paradoxe EPR.

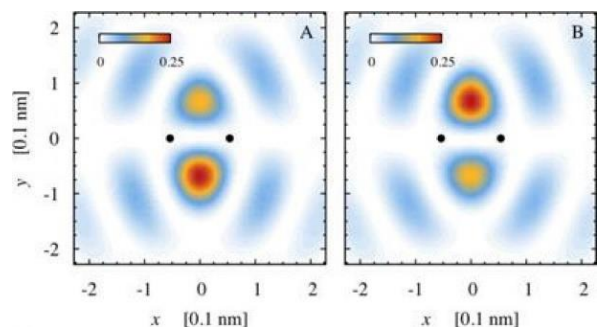
L'expérience : Un atome stimulé émet simultanément deux photons dans des directions symétriques. Si l'on mesure la direction de polarisation de l'un des deux photons, on trouvera une polarisation soit verticale, soit horizontale. Quel que soit le résultat obtenu, le second photon sera toujours polarisé perpendiculairement au premier. Les photons sont dits *intriqués* : quel que soit leur éloignement, leurs états restent corrélés.

La vraie variable cachée est la fonction d'onde. Elle est non séparable et non locale. Comme elle pilote les particules dans l'interprétation de Broglie-Bohm, c'est elle qui crée la non-séparabilité des deux particules intriquées. C'est donc la fonction d'onde qui crée les propriétés nouvelles non classiques que l'on appelle intrication.

Électrons en mouvement.

Dans la revue Nature Physics, des chercheurs français, du CNRS et du Commissariat à l'énergie atomique, décrivent comment ils ont réussi à observer les fonctions d'ondes des électrons de la molécule de diazote N_2 . La méthode repose sur une analyse tomographique du rayonnement X émis par des molécules excitées par une impulsion laser intense. En utilisant un laser attoseconde (10^{-18} s), les chercheurs ont obtenu un "instantané" de la fonction d'onde des électrons de la molécule excitée par le laser, 1500 attosecondes après sa mise en mouvement.

La première photographie instantanée d'électrons en mouvement au cœur d'une molécule réalisée le 26.02.2010 ⇒



Points noirs : emplacement des noyaux d'azote.

Une théorie bohmiennne compatible avec la relativité d'Einstein est à élaborer.

La mécanique bohmiennne est une théorie non relativiste. Il faudrait donc la généraliser pour tenir compte des lois de la relativité restreinte d'Einstein. Avec la mécanique quantique ordinaire, cette tâche difficile a été entreprise il y a longtemps. Son résultat a été la théorie quantique des champs, qui est aujourd'hui le cadre général permettant de décrire le monde des particules subatomiques et de leurs interactions. L'une des principales différences avec la mécanique quantique est qu'en théorie quantique des champs, le nombre de particules n'est pas fixe : il peut y avoir création ou annihilation de particules. Afin de rendre compte de ces processus de création et d'annihilation, la dynamique bohmiennne doit être modifiée.

Finalement, De Broglie et Bohm n'ont pas encore dit leur dernier mot.

Rappelons la boutade de Stephen Hawking : *Quand j'entends parler du chat de Schrödinger, je sors mon revolver.*