

TOUTE DESCRIPTION COMPLETE DE LA RÉALITÉ IMPLIQUE

L'INTERVENTION DE LA CAUSALITÉ

par M. Louis de BROGLIE

94, rue Perronet - 92200 - NEUILLY

(manuscrit reçu le 26 Avril 1977)

Il existe des théories physiques très exactes et très importantes qui ne font pas intervenir explicitement la notion de causalité, mais simplement des relations précises entre des grandeurs physiquement mesurables. Telle est, par exemple, la théorie classique des gaz où l'on ne fait intervenir que les notions classiques de volume, de pression et de températures ainsi que les relations existant entre ces trois grandeurs. De telles théories ont rendu dans le passé les plus grands services aux physiciens et il est certain qu'elles continueront à leur en rendre. Mais les progrès de nos connaissances ont démontré que de telles théories ne sont que des représentations de phénomènes de nature statistique et ne nous fournissent pas une image exacte des processus auxquels elles s'appliquent. En fait, l'on n'a réellement compris la nature exacte des gaz que quand on s'est rendu compte que la théorie classique des gaz ne nous fournissait aucunement une représentation de la manière dont l'agitation perpétuelle des molécules gazeuses réalise en moyenne l'image que nous nous faisons d'un gaz en lui attribuant un vo-

lume, une pression et une température. Derrière l'image simple que nous fournit la théorie classique des gaz, se cache une multitude de processus complexes et aléatoires dont nous ne pouvons nullement suivre la multitude et la complication.

Il est donc, nous semble-t-il, absolument certain que toute théorie, qui ne nous fournit qu'une représentation statistique relativement simple de phénomènes observables, nous dissimule une réalité plus profonde, mais extrêmement complexe. C'est d'ailleurs ce que les physiciens ont bien compris le jour où ils se sont aperçus que la théorie classique des gaz reposant sur les seules notions de volume, de pression et de température ne pouvait être qu'une représentation moyenne, exacte, mais incomplète, de l'agitation continuelle et désordonnée des molécules.

En réfléchissant à ces remarques, nous sommes amenés à penser que la Physique quantique, telle qu'on l'enseigne depuis le triomphe des idées indéterministes de l'Ecole de Copénhague, n'est, comme la théorie classique des gaz, qu'une représentation exacte, mais insuffisamment approfondie, de la réalité physique. Et nous devons en conclure qu'une interprétation plus profonde des résultats exacts de la théorie actuellement enseignée doit être recherchée.

Pour raisonner sur un cas simple, ce qui est toujours très utile, considérons celui d'un atome d'hydrogène. Il est formé d'un noyau central lourd, le proton, qui, en raison de sa relativement grande masse, reste très sensiblement immobile, et d'un électron périphérique. Quand, en 1913, Bohr a développé sa théorie de l'atome, qui eut tout de suite un grand retentissement

dans les milieux de physiciens, il considérait l'électron périphérique comme décrivant une trajectoire képlérienne, circulaire ou elliptique, autour du noyau central. Mais aujourd'hui cette image, attrayante par sa simplicité, nous paraît erronée car nous savons maintenant que l'électron dans l'atome d'hydrogène a constamment une probabilité de se trouver dans un élément de volume $d\tau$ de l'atome qui est donnée en fonction de ce que l'on nomme son onde ψ par l'expression $|\psi|^2 d\tau$.

Mais qu'est-ce que cette prétendue onde ψ ? Ce qui est certain, c'est qu'elle n'est pas une véritable onde. D'abord elle doit être "normée" à l'unité par la relation $\int |\psi|^2 d\tau = 1$ et c'est là une relation arbitraire à laquelle une véritable onde n'a aucune raison de satisfaire. Ensuite, comme Dirac l'avait depuis longtemps remarqué, la somme de deux fonctions ψ normées, n'est pas une fonction ψ normée. La fonction ψ n'est donc aucunement une véritable onde. Elle n'est qu'une grandeur mathématique servant à définir des probabilités et elle n'a donc aucune signification physique.

Le moment est venu de rappeler l'idée fondamentale dont j'étais parti en 1923-24 et qui fut à l'origine de ma Thèse de Doctorat. Elle consistait à considérer la particule comme une concentration locale d'énergie dont le mouvement est guidé par la propagation d'une onde de très faible amplitude. On obtient ainsi une explication du mouvement régulier de la particule dans son onde tel que je le concevais dans ma thèse de doctorat.

Mais aujourd'hui une objection à cette idée se présente tout

de suite. Si la particule était animée d'un mouvement régulier de guidage, elle ne pourrait pas avoir la probabilité $|\psi|^2 d\tau$ de se trouver présente à l'instant considéré dans l'élément de volume $d\tau$, la fonction ψ étant la fonction de probabilité faussement assimilée, nous l'avons vu, à une fonction d'onde. Il faut donc admettre que le mouvement de guidage de la particule par l'onde est constamment perturbé par des interactions aléatoires. Mais, dans le cas de l'atome d'hydrogène où l'électron est isolé à chaque instant en un point du champ créé par la présence du noyau H, comment peut-on interpréter l'existence de ces perturbations aléatoires ? Je ne pense pas qu'on puisse l'interpréter autrement qu'en admettant l'existence d'un milieu caché avec lequel l'électron qui nous paraît isolé est, en réalité, en contact énergétique permanent. Et c'est là ce qui m'a conduit à admettre la présence d'un milieu caché avec lequel l'électron serait en perpétuel contact énergétique, milieu que j'ai appelé tantôt "milieu subquantique", tantôt "thermostat caché". On peut alors comprendre comment il se fait que, l'électron, en apparence isolé dans l'atome H, y est cependant agité d'un perpétuel gigotement. Précisons que, si nous pouvons considérer, le proton, noyau de l'atome H, comme sensiblement immobile, c'est parce que, en raison de sa relativement grande masse, ses échanges d'énergie avec le milieu subquantique ne peuvent lui communiquer qu'un très faible mouvement d'agitation.

Nous allons maintenant terminer en tirant de ce qui précède une conclusion qui expliquera le titre donné à cet essai. Les lois de probabilité que l'on envisage à l'heure actuelle en Physique quantique en se servant uniquement de la fonction ψ , qui, répétons le, n'est pas une véritable fonction d'onde, sont exactes.

Mais l'on n'aperçoit pas dans les exposés habituels comment elles peuvent recevoir une interprétation causale qui, seule, pourrait nous permettre d'en comprendre la véritable origine. Au contraire, l'intervention d'un milieu caché, susceptible d'échanger de l'énergie avec les particules de l'échelle microphysique, peut nous faire comprendre comment il peut se faire, comme nous sommes obligés de l'admettre, qu'un électron dans l'atome d'hydrogène, bien qu'en apparence isolé, peut être animé d'une perpétuelle agitation. Et c'est là, me semble-t-il, la raison fondamentale qui me paraît rendre nécessaire l'hypothèse de l'existence d'un milieu subquantique.