

CHAPITRE V.

LES IDÉES ACTUELLES SUR LA NATURE DE LA LUMIÈRE

C'est grâce à Louis de Broglie et à sa mécanique ondulatoire que l'on conçut les liens qui unissaient les deux théories et qu'on put les concilier. Cette conciliation se fit par étapes :

a) Tout d'abord c'est la propagation de l'onde qui paraît être le phénomène prépondérant, le corpuscule ou photon n'étant qu'un point singulier de cette onde.

b) Ensuite, comme l'a cru l'Autrichien Schrœdinger, le corpuscule est un véritable « paquet d'ondes » ; cette hypothèse ne tint pas car le phénomène de diffraction devrait alors le détruire et, comme le dit L. de Broglie, « le corpuscule, s'il était un simple paquet d'ondes, n'aurait pas d'existence stable ».

c) Après avoir renoncé à expliquer le corpuscule par une singularité de l'onde associée, on a cherché ailleurs tout en voulant continuer à incorporer le corpuscule dans l'onde. Le corpuscule a à chaque instant un mouvement propre et c'est lui le porteur de l'énergie. L'onde a pour seul rôle de guider le corpuscule. C'est la théorie de « l'onde pilote ».

d) Mais cette théorie même s'est heurtée à de très sé-

rieuses difficultés. D'abord on ne pouvait déterminer la position du corpuscule sur l'onde et l'on était amené à parler du mouvement et de la trajectoire du point de vue des probabilités. Finalement on est arrivé à la conception de Heisenberg et à ses relations d'incertitude :

« Dans cette conception l'onde ne représente pas du tout un phénomène physique s'accomplissant dans une région de l'espace ; elle est bien plutôt une simple représentation symbolique de ce que nous avons sur le corpuscule » (1).

Heisenberg nous oblige à abandonner le concept de trajectoire pour un quantum de lumière. Cela n'a pas de sens de parler de la trajectoire suivie par le photon comme s'il s'agissait d'un mobile occupant successivement diverses positions dans l'espace et que l'on peut observer sans le troubler au passage. On ne peut parler que de la probabilité de trouver le quantum en un point donné. L'on ne doit pas penser non plus que l'énergie se propage par ondes parce qu'alors on rend incompréhensible le fait qu'on la retrouve tout entière dans l'atome qui l'absorbe. Il est impossible de connaître à la fois la position du corpuscule et sa quantité de mouvement ; ce sont deux grandeurs conjuguées que l'on ne peut séparer ; l'observation de l'une trouble l'observation de l'autre ; on ne peut les connaître toutes les deux ensemble, plus on veut préciser la détermination de la position, plus l'état de mouvement sera mal déterminé et réciproquement. Bohr déclare : « il y a deux faces complémentaires de la réalité ; la localisation dans l'espace-

1. Louis DE BROGLIE, *op. cit.*, p 33.

« temps et la spécification dynamique par énergie et « quantité de mouvement » (1) et l'on ne peut connaître « simultanément ces deux faces.

Tels sont les différents aspects qu'a présentés la théorie de la lumière au cours des siècles. Le perfectionnement des investigations scientifiques a permis de découvrir des erreurs à la base à mesure qu'on se rapprochait des dimensions atomiques ; à l'échelle de la mécanique traditionnelle l'erreur accidentelle est toujours beaucoup plus grande que l'erreur fondamentale décelée par Heisenberg, erreur provenant du dualisme des ondes et des corpuscules. Nous voyons par là même qu'un progrès indéfini de nos instruments ferait apparaître la relation d'incertitude voilée par les imperfections des mesures. Cette incertitude, due au dualisme en question, est traduite par la constante h de Planck. Selon l'expression de Max Born « le véritable sens de la constante « h est donc celui-ci qu'elle constitue la mesure universelle de l'indétermination qui est introduite dans les « lois naturelles par le dualisme des ondes et des corpuscules » (2).

Le point auquel on est arrivé aujourd'hui est donc le suivant : échec des essais de représentation physique par les moyens traditionnels. Nous sommes obligés d'abandonner nos idées anciennes sur le corpuscule ; son visage classique, position et vitesse déterminées disparaissent sauf quand on néglige l'un ou l'autre. La nouvelle physique ne parle que de probabilités. L'onde n'est plus un

1. Cité par Louis DE BROGLIE, *ibid.*, p. 36.

2. Max BORN et W. HEISENBERG, *La mécanique des quanta*. Congrès Solvay, 1927. Electrons et photons. Paris, Villars, 1928, p. 160.

phénomène physique de l'espace, c'est une représentation d'un intermédiaire de calcul, permettant de prévoir les phénomènes. « Les ondes nouvelles interviennent plus tôt comme une sorte d'artifice de calcul pour prévoir les trajectoires des électrons que comme un nouveau phénomène physique ; mais leur véritable nature ne pourra être éclairée qu'au prix de nouveaux progrès dans la voie si originale qui vient d'être ouverte » (1).

Cette nouvelle manière de voir entraîne des conséquences philosophiques fort importantes. Nous ne pouvons plus affirmer l'existence d'un déterminisme rigoureux dans les lois du monde physique. Tout le déterminisme repose sur la possibilité de déterminer simultanément la position et la vitesse initiales d'un corpuscule, ce qui est impossible avec les idées d'Heisenberg.

L'équation de propagation des ondes, telle qu'elle est déterminée, ne nous donne pas les phénomènes futurs, mais seulement leur probabilité.

La nouvelle théorie d'Heisenberg-Born nous oblige à renoncer au déterminisme et à abandonner complètement nos vieilles conceptions sur la mécanique classique. « Le déterminisme, qui jusqu'ici a été admis comme base des sciences exactes, semble ne plus pouvoir être admis sans conteste. Chaque nouveau progrès dans l'interprétation des formules a montré que le système des formules de la mécanique des quanta ne peut être interprété sans contradiction que du point de vue d'un indéterminisme fondamental, mais qu'en même temps aussi l'ensemble des faits qui peuvent être établis par

1. Maurice DE BROGLIE, *Revue générale des Sciences*, 15.2.29.

« l'expérience peut être rendu par le système de la théorie », écrivaient Heisenberg et Born en 1927 (1).

Ces conséquences ont naturellement provoqué de vives réactions en vue de sauver le déterminisme à tout prix, mais il semble que jusqu'ici on ne soit pas encore arrivé à une solution acceptable. Il convient d'ailleurs de remarquer combien petit est le domaine de cet indéterminisme. A l'échelle de la mécanique traditionnelle le déterminisme reste maître et les lois causales sont assurées, mais il n'en est plus de même quand on descend aux dimensions de l'atome. Le déterminisme reste vrai tant que nous n'avons pas atteint l'ordre de grandeur de h de même que les corrections de la relativité sont inutiles quand on est loin de la vitesse de la lumière. Nous verrons d'ailleurs plus loin les raisons de ce désaccord profond et ce qui différencie la physique classique de la physique moderne et remet en jeu tout le problème du déterminisme. Dans la physique classique on suppose essentiellement que l'observation des phénomènes ne dépend pas de l'observateur, tandis que lorsque l'on descend à l'échelle microscopique, on ne peut plus faire cette supposition ; le phénomène observé dépend de la méthode d'observation. D'où il résulte que nous devons ou nous borner à observer un phénomène qui a été modifié d'une façon incontrôlable et totalement inconnue, ou alors ne pas l'étudier du tout. Ce qui d'après Bohr fait que la physique des quanta rend beaucoup plus incertaine la distinction entre l'objectif et le

1. Max BORN et W. HEISENBERG, *La mécanique des quanta, électrons et photons*. Congrès Solvay, 1927. Villars, Paris, 1928, p. 160.

subjectif, distinction traditionnelle que la physique moderne est incapable d'abolir ni même d'atténuer.

La région où joue l'indéterminisme est singulièrement limitée, mais enfin elle existe et force nous est d'attendre de nouveaux progrès de la physique avant de rien décider relativement à ce problème extrêmement difficile.

Les recherches de L. de Broglie et de ses continuateurs sont grosses de conséquences. A côté de celles que nous avons citées et qui nous donnent l'idée d'une matière corpusculaire et ondulatoire, nous trouvons la nouvelle mécanique de Schrœdinger qui généralise et fournit une méthode pour déterminer les lois de la propagation de toutes les ondes de la théorie ondulatoire. Schrœdinger nous donne en effet l'équation représentant non seulement la propagation des ondes de L. de Broglie dans un champ de forces quelconques, mais encore les états stationnaires de Bohr avec une grande précision. Cette équation rend compte même de certaines particularités que la théorie de Bohr n'avait pas prévues et que l'observation avait décelées.

Toutes les questions qui se posaient en 1924 paraissent donc résolues ou du moins bien éclaircies mais, naturellement, d'autres problèmes surgissent et de plus en plus complexes dont nous dirons quelques mots. On est venu se heurter d'abord à une difficulté extrêmement importante. Il est impossible aux savants de tracer une image du fonctionnement d'un phénomène qui soit indépendante des perturbations introduites par l'observation et la mesure. Il est bien clair par exemple que la trajectoire d'un électron ne pourra être observée avec

une précision absolue, l'électron n'étant visible que s'il est éclairé; et s'il est éclairé c'est qu'il est atteint par un photon. La quantité de mouvement de l'électron observé sera donc grandement altérée par ce choc dont les effets sont analogues à un choc mécanique. En second lieu, l'ancienne conception de la continuité des phénomènes naturels n'est plus valable. On ne peut donc appliquer aux phénomènes à étudier les lois de l'analyse infinitésimale. Il faut que la nouvelle mécanique tienne compte des probabilités, des liaisons entre les ondes et les corpuscules, et soit en accord avec la théorie de la relativité.

Actuellement, la théorie qui semble triompher est celle de Dirac qui unit presque complètement la nouvelle mécanique et la relativité. Elle constitue suivant Louis de Broglie le stade le plus avancé de la mécanique ondulatoire de l'électron. L'une des découvertes de Dirac est le « spin », qui permet d'interpréter aisément les phénomènes qui se rattachent à la structure fine des spectres et aux effets Zeemann anormaux; « cette théorie représente sous une forme abstraite notre image de l'électron moins grossière que celle de la particule électrisée pivotant sur elle-même. L'électron est, en effet, représenté par une petite sphère chargée ou corpuscule électrisé, ayant une masse vraisemblablement reliée à son électrisation et en outre, du fait de sa rotation sur elle-même pourvue d'un mouvement magnétique » (1).

En 1932, le physicien américain Anderson, en étudiant les trajectoires des rayons cosmiques dans une chambre de Wilson, a remarqué l'existence de véritables

1. P. LANGEVIN, *Bulletin S. F. E.*, avril 1934, p. 345.

germes parmi lesquels il a trouvé des trajectoires très courtes et insensibles à l'action d'un champ magnétique de 12.000 Gauss. Il a eu l'idée d'interposer une plaque de plomb sur le trajet de ces particules et a découvert l'existence d'un corpuscule élémentaire inconnu jusqu'alors ; les mesures ont montré que ce corpuscule élémentaire possède la masse d'un électron mais est chargé, par contre, positivement (électron positif). Mais nous n'insisterons pas sur la théorie de l'électron positif à cause de son caractère non définitif. Notons seulement « que cette découverte est venue apporter une confirmation remarquable à la théorie de l'électron de Dirac qui prévoit l'existence de l'électron positif et le caractère éphémère de cette existence » (1).

Au point de vue de la lumière, une hypothèse analogue qui ne manque pas d'importance prend actuellement naissance. « Le photon ne serait pas un corpuscule simple ; il serait formé d'un corpuscule de lumière accompagné dans son mouvement par un anticorpuscule qui serait, par rapport à lui ce que l'électron positif est à l'électron négatif » (2).

1. P. LANGEVIN, *Bulletin S. F. E.*, avril 1934, p. 335.

2. L. DE BROGLIE, *Comptes rendus*, n° 2, 8 janvier 1934.