



**LOUIS DE BROGLIE
SAVANT SOLITAIRE, PRESENT INCOGNITO
DANS NOTRE VIE QUOTIDIENNE**

Georges Lochak

Mardi 5 décembre 1989

Mardi 5 décembre, Georges Lochak, Directeur de recherche au CNRS, Directeur de la Fondation Louis de Broglie, nous a parlé de son Professeur et ami, Louis de Broglie.

Né le 15 août 1898, Louis de Broglie descend d'une vieille famille aristocratique de lointaine origine piémontaise. Parmi ses ancêtres, trois maréchaux de France, plusieurs ministres, des ambassadeurs, et aussi des écrivains et des historiens, un membre de l'Académie française ; aucun scientifique cependant. Son frère aîné, Maurice, s'intéresse à la physique depuis son enfance. Pourtant, devant l'insistance de son grand-père, il décide d'entrer à l'Ecole navale. Ce n'est qu'ensuite qu'il entreprendra ses études de physique. Il deviendra rapidement un grand spécialiste des rayons X.

Louis est de dix-sept ans son cadet. Plutôt indécis quant au choix de ses études, il passe les deux baccalauréats – de mathématiques et de philosophie – prépare une licence d'histoire qu'il obtient à l'âge de dix-huit ans, s'inscrit à la faculté de droit. Cependant, Maurice de Broglie poursuit dans son laboratoire privé les recherches consacrées aux rayons X et à l'effet photoélectrique. Spécialiste déjà reconnu dans ces domaines, il est nommé secrétaire de la première conférence internationale de physique, le conseil Solvay, qui se tient à Bruxelles en 1911. C'est lui qui est chargé de la rédaction des actes du congrès. En rentrant à Paris, Maurice de Broglie montre les comptes rendus à son frère cadet. La lecture de ces notes fait découvrir au jeune historien les bases des deux nouvelles théories physiques : la relativité restreinte d'Einstein et la théorie des quanta de Planck. Mais ce qui l'impressionne le plus c'est la beauté de la science, le processus d'élaboration des théories générales, leur évolution.

Il décide d'approfondir ses connaissances et s'inscrit cette même année à la faculté des sciences, dont il sort deux ans plus tard avec une licence de physique.

Sa formation universitaire achevée, Louis de Broglie commence son service militaire. La première guerre mondiale éclate peu après et il est affecté au poste de radiotélégraphie à la Tour Eiffel, où il restera jusqu'en 1919. C'est là que, en tant que sapeur-radioélectricien, il découvre un autre aspect de la science : celui des applications techniques.

"Quand on s'est sali les mains pendant des jours et des nuits à faire démarrer les gros alternateurs qui servaient à l'époque, aux émissions de radio, il n'est plus si facile de croire qu'une onde ne puisse être qu'une probabilité de présence" dira un jour Louis de Broglie à Georges Lochak.

La guerre finie, Louis de Broglie se joint à la petite équipe de recherche dirigée par son frère, tout en poursuivant de son côté les réflexions sur la physique théorique commencées des années auparavant.

Mais revenons en 1911. Les congressistes de Bruxelles avaient des inquiétudes : dans le domaine de l'atome, qui venait d'être matérialisé (et à la découverte duquel certains d'entre eux, comme Einstein et Jean Perrin, avaient brillamment contribué), la mécanique classique de Newton, base de toute physique, était tenue en échec après deux siècles de succès.

La faute en incombait à la théorie des ondes électromagnétiques de Maxwell qui, pourtant, décrivait admirablement la lumière en termes d'électricité et de magnétisme. Elle avait même reçu une preuve expérimentale décisive avec la découverte par Hertz, des ondes radioélectriques, et elle triomphait avec la découverte de l'électron et les succès de la théorie des électrons de Lorentz.

Mais hélas, la théorie de Maxwell s'accordait mal avec la mécanique de Newton dans le domaine de l'atome et conduisait à des résultats manifestement faux et même absurdes. On en arrivait, par exemple, à la conclusion qu'un four, même tiède et sombre, devait contenir une quantité infinie d'énergie lumineuse, ou qu'un morceau de métal devrait toujours illuminer dans la nuit.

C'est pour essayer de retrouver la vérité sur des faits aussi simples, mais fondamentaux, que Planck avait introduit (en 1900) la constante "h" qui porte son nom et qu'Einstein en avait développé de brillantes applications dont Louis de Broglie était en train de prendre connaissance.

Ce que Planck avait introduit dans la physique était un élément de discontinuité, là où la continuité semblait devoir régner. D'après lui, un atome ne pouvait absorber petit à petit, continûment, de l'énergie lumineuse : il ne pouvait le faire que par paquets, par quanta, dont la valeur extrêmement petite, mais quand même finie, était déterminée par la constante "h". C'est grâce à cela qu'il put décrire correctement le rayonnement d'un four (le rayonnement du corps noir), résultat qui peut paraître futile, mais qui contenait en germe toute la physique actuelle et Ses applications.

L'hypothèse des quanta voulait dire cette chose étrange que le mouvement des atomes n'évolue pas continûment mais par bonds discontinus : comme si une fusée ne pouvait s'élever progressivement au-dessus de la Terre vers n'importe quelle orbite et ne pouvait atteindre que certaines orbites particulières en sautant brusquement de l'une à l'autre. C'est exactement ce qu'allait bientôt affirmer Bohr, en 1913, dans son modèle d'atome quantifié, où des électrons tournaient sur un ensemble discontinu d'orbites autour du noyau atomique. Et à Bohr aussi, l'expérience donna raison de façon formelle, en confirmant ses conclusions sur la lumière émise et absorbée par l'atome.

Mais auparavant, en 1905, Einstein avait émis, à partir des travaux de Planck, une hypothèse encore plus paradoxale : il supposa que si les atomes absorbent et émettent de l'énergie lumineuse par paquets, par quanta, c'est que ces quanta se trouvent déjà dans la lumière. Autrement dit, les ondes lumineuses continues transportent leur énergie sous forme discontinue, concentrée dans des corpuscules de lumière, qu'on nomme "photons".

Au début, l'hypothèse parut inadmissible et bien qu'Einstein en ait déduit les lois de l'effet photoélectrique, confirmées par l'expérience, les physiciens mirent près de vingt ans à accepter de le suivre.

C'est là qu'intervinrent l'intuition physique, le sens des analogies et l'esprit historique de Louis de Broglie. Nourri d'histoire, il connaissait non seulement les théories modernes, mais encore leur origine lointaine, les débats et les retournements dont elles furent l'objet : principalement la bataille que s'était livrée les partisans de l'optique corpusculaire de Newton et ceux de l'optique ondulatoire de Huygens et de Fresnel.

C'est parce que les partisans des ondes avaient gagné depuis longtemps, que l'hypothèse d'Einstein, qui réintroduisait les corpuscules de lumière, fut reçue comme un scandaleux retour en arrière. Mais Louis de Broglie connaissait les arguments développés jadis par les partisans des deux tendances, il savait qu'ils n'étaient pas toujours aussi incompatibles qu'on l'avait cru et qu'il y avait même entre eux, des analogies que l'histoire avait oubliées.

En 1911, il ne vit donc nul scandale à l'hypothèse du photon d'Einstein et même, se passionnant pour les difficultés de la toute jeune théorie des quanta, il se demanda si la voie à suivre pour sortir de l'impasse n'était pas celle d'une fusion, qu'il ne faisait qu'entrevoir entre la mécanique et l'optique, entre les corpuscules et les ondes.

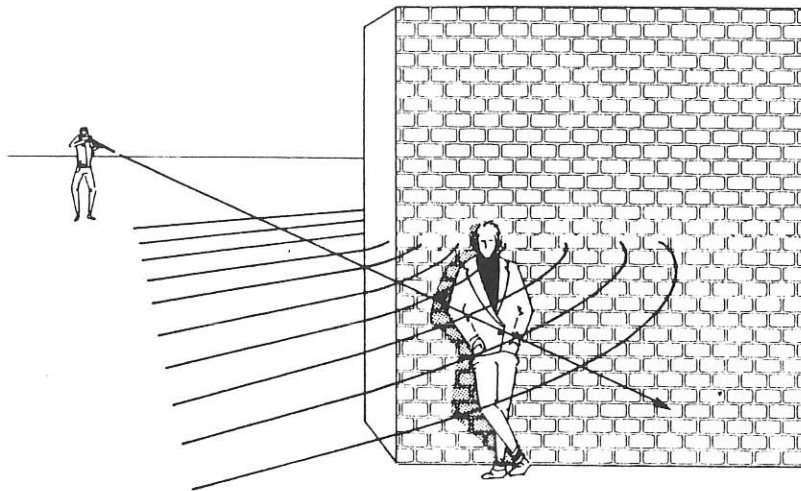
En 1923, Louis de Broglie ayant repris ses réflexions solitaires, publia trois petits mémoires qui tenaient à eux trois, dans moins de 10 pages, mais qui contenaient l'un des plus grands résultats que la physique ait produit.

Il en fit le sujet de sa thèse : c'était le début de la **mécanique ondulatoire**. Premier physicien à accepter sans réserve la théorie du photon d'Einstein, c'est-à-dire la double nature à la fois corpusculaire et ondulatoire de la lumière, il proposait d'étendre à la matière tout entière le **dualisme des ondes et des corpuscules** et d'admettre que toute particule matérielle (par exemple un électron) possède des propriétés ondulatoires et est donc susceptible de se diffracter et d'interférer comme la lumière.

En se fondant sur la loi des quanta de Planck et sur la relativité d'Einstein, il donnait la formule célèbre de **la longueur d'onde de de Broglie**, et indiquait la voie d'une vérification expérimentale. Bien entendu, une idée aussi nouvelle fut accueillie avec plus que du scepticisme (sauf par Einstein qui comprit aussitôt), mais peu après en 1927, deux physiciens américains, Davisson et Germer, observaient la diffraction des électrons et mesuraient la longueur d'onde de de Broglie.



*Louis de Broglie
à son bureau en 1933*



La diffraction.

Pour comprendre la signification de l'idée de de Broglie, il suffit d'imaginer un homme qui tire un coup de feu sur un autre qui s'abrite derrière un mur. L'homme échappe à la balle parce que celle-ci est un **corpuscule** bien localisé sur une trajectoire qui ne peut que s'arrêter sur l'obstacle ou l'éviter, mais non le contourner. Par contre cet homme entend le coup de feu parce que le son se propage par **ondes** qui se répandent dans l'espace et contournent les obstacles : c'est ce qu'on appelle la **diffraction**.

Or, de Broglie annonçait tout simplement qu'un corpuscule peut, sous certaines conditions, se diffracter et contourner les obstacles, donc se comporter non comme la balle, mais comme le son. La balle elle-même ne peut le faire car elle est trop lourde, ce qui rend extrêmement petite la longueur d'onde de de Broglie ; plus généralement, les lois de la mécanique classique ne sont pas modifiées à notre échelle, par la théorie de de Broglie. Par contre, au niveau atomique, les particules (tel l'électron) étant très légères, leur longueur d'ondes peut devenir appréciable et se manifester par des phénomènes de diffraction et d'interférence.

Cette idée, qui unifiait la matière et la lumière dans une vision dualistique commune, permettait une brillante interprétation de l'hypothèse des quanta. Louis de Broglie montra que l'ensemble discontinu des mouvements particuliers que cette hypothèse avait définis, les **états quantiques**, correspondent à des états ondulatoires stationnaires, c'est-à-dire à des ondes de matière qui sont en **résonance**, comme la vibration d'une corde de violon ou de l'air dans un tuyau d'orgue. Les transitions discontinues correspondant au passage d'un état de résonance à un autre.

Bientôt Schrödinger fit de ce raisonnement un système, il trouva l'équation à laquelle obéissent les ondes de de Broglie et son équation est à la base de la mécanique quantique. On a résolu grâce à elle, d'innombrables problèmes et ceux-ci sont à l'origine d'importantes applications industrielles, car non seulement la découverte de de Broglie a été fondamentale pour la physique, mais elle a changé notre vie.

La diffraction des électrons est devenu un procédé important de l'étude des matériaux et surtout des surfaces. Elle a permis l'invention récente (Prix Nobel 1986) du microscope électronique à effet tunnel capable de distinguer les atomes.

Les propriétés ondulatoires de l'électron jouent un rôle dans toute la microscopie électronique, dont l'importance est si grande en biologie et dans l'industrie : elles commandent le grossissement des instruments et le traitement des images.

Ces mêmes propriétés jouent un rôle essentiel dans notre connaissance de l'état solide et sont à l'origine de la théorie des **semiconducteurs**. C'est elle qui a donné naissance au **transistor** et qui a permis la miniaturisation de l'électronique.

Conséquences des découvertes de Louis de Broglie -

Nous devons donc à l'onde de de Broglie pour tous les appareils électroniques, la plupart des dispositifs automatiques que nous rencontrons, mais avant tout nous lui sommes redevables de l'**informatique**, car sans la microélectronique, le développement de l'ordinateur aurait été impensable.

Mais qui a l'idée de penser à l'onde de de Broglie devant une image télévisée, ou en écoutant un poste de radio, en regardant l'heure à une montre à quartz, en prenant une photo, en introduisant un ticket dans un portillon automatique de métro, ou encore devant une caisse de supermarché équipée d'un lecteur à optique laser qui comptabilise automatiquement le prix d'un objet indiqué par un code à barre ? Pourtant, cette onde se trouve derrière chacun de ces objets. Elle l'est, en fait derrière tout objet industriel, ne serait-ce que parce qu'il ne saurait y avoir d'industrie sans automation et sans ordinateur. L'informatique intervient partout : dans tout acte administratif comme au cours de tout voyage en avion ou en chemin de fer, lors d'un examen médical au scanner...

Et qui pense que derrière tout cela, il y a la physique des solides, les ondes de matière et, en dernier ressort, les méditations solitaires d'un jeune homme qui se demandait si la synthèse des ondes et des particules ne serait pas la réponse au problème que Planck et Einstein avaient soulevé avec la loi des quanta ?

Dans sa jeunesse, Louis de Broglie n'est resté seul que peu de temps, mais il a eu une chance : Einstein, qui était au sommet de sa réputation, l'a soutenu. De Broglie considérait qu'il lui devait sa carrière, y compris son Prix Nobel (1929). Il était persuadé que sans Einstein, même la vérification expérimentale de ses idées serait passée inaperçue, tant la notion d'onde de matière était étrangère à tous les esprits.

Mais c'est dans son vieil âge que Louis de Broglie a connu l'isolement parce que, comme un certain nombre d'hommes de science, il n'était pas satisfait de son oeuvre et surtout, parce qu'il s'est pris à douter de l'interprétation purement probabiliste et indéterministe qui a triomphé en mécanique ondulatoire. Il consacre tout son temps à la recherche de bases différentes et plus satisfaisantes. Il s'est entouré de nouveaux élèves et a créé avec eux la fondation de Broglie, qui poursuit ses travaux pour une nouvelle microphysique.

Louis de Broglie est mort comme il a vécu, à la fois couvert d'honneur et largement méconnu, comme muettement admiré par la communauté scientifique, y compris par ceux qui l'avaient combattu, mais connaissaient sa stature.

*

* *