

■ Louis de Broglie au tableau noir.

Retour sur Louis de Broglie, le prince de la physique

Marc Leconte

Membre émérite de la SEE

L'article qui suit décrit en particulier l'apport à la physique quantique de Louis de Broglie en introduisant le caractère ondulatoire de la matière ce qui fit dire à Einstein « qu'il a soulevé un coin du grand voile ».

Lee Smolin dans son dernier livre «La révolution inachevée d'Einstein», défend une théorie réaliste de la physique quantique. Pour cela il critique assez durement l'interprétation de Copenhague élaborée par Niels Bohr en 1927 et affirme que cette dernière, d'une certaine manière, a confisqué toutes les interprétations alternatives et, parmi ces dernières, il reprend les travaux qui avaient été effectués à l'époque par Louis de Broglie avec la mécanique ondulatoire. Il remet ainsi à l'ordre du jour un savant français un peu oublié et qui a

été l'un des artisans de ce qu'on appelle la première physique quantique.

La vie discrète d'un prince consacré à la science.

La descendance, l'enfance et l'éducation

Louis de Broglie est né le 15 août 1892 à Dieppe. Il est le descendant d'une famille italienne qui est arrivée en France pour rejoindre Mazarin qui succédait alors à Richelieu. On trouve chez ses ascendants

paternels des maréchaux, des ducs et des hommes politiques de premier plan. Par les hasards de l'histoire, Louis de Broglie est également par sa mère un descendant de Madame de Staël.

Les Broglie au début du siècle étaient une famille héritière de grandes traditions qui occupait à Paris une sorte de petit château enclavé entre le 48 rue de la Boétie et la rue de la Baume. la famille venait depuis longtemps chaque été à Dieppe où elle possédait une maison de 3 étages, c'est là que naquit le 15 août 1892 Louis Victor

Pierre Raymond de Broglie. Il était le dernier de cinq enfants dont certains avaient entre eux de grandes différences d'âge. L'un de ses frères, Maurice de Broglie, né en 1875, fut un grand physicien et il joua un rôle important dans la vie de Louis de Broglie. La sœur la plus proche de Louis, Pauline, née en 1888, était déjà d'une autre époque tournée vers le XX^{ème} siècle tout proche. Louis fut élevé avec sa sœur dans la tradition familiale. En 1908 il terminait ses études secondaires à Jeanson de Sully : excellent en physique, moyen en mathématiques et en chimie, son point faible était le dessin mais il brillait en philosophie et la première orientation qu'il prévoyait était littéraire ; pourtant, sous l'influence de son frère, c'est au baccalauréat latin et science qu'il se présenta et il passa, à 16 ans seulement, la deuxième partie en 1909 à la fois en mathématiques et en philosophie. Louis avait un goût passionné pour les études et l'année suivante, n'ayant pas encore de vocation précise, il s'inscrivit à la Sorbonne en histoire et avec sa sœur aînée Albertine, ils passèrent brillamment leur licence ensemble. Louis avait choisi comme matière principale l'histoire du Moyen Âge mais il abandonna ses études d'histoire bien qu'il continua toute sa vie de s'y intéresser puis, de manière un peu soudaine, il revint aux sciences et passa sa licence en deux ans.

Maurice de Broglie

En 1898, Maurice de Broglie (figure 1), alors aspirant de Marine, décida de se consacrer à la science. Son port d'attache était Toulon et il fut chargé d'installer la radio sur les navires de guerre. Léopold Brizard, professeur de physique, lui donna des conseils et le détourna définitivement de sa carrière d'officier de Marine en lui faisant découvrir la physique nouvelle des électrons et des rayons X qui allait donner naissance à la grande explosion scientifique du 20^{ème} siècle. Maurice, de retour à Paris, se mit à bricoler et à fabriquer lui-même des rayons X et commença alors une brillante carrière de physicien au grand désespoir de sa famille qui le voyait plutôt amiral. Ses travaux commencent à porter leurs fruits en 1908, année de sa thèse

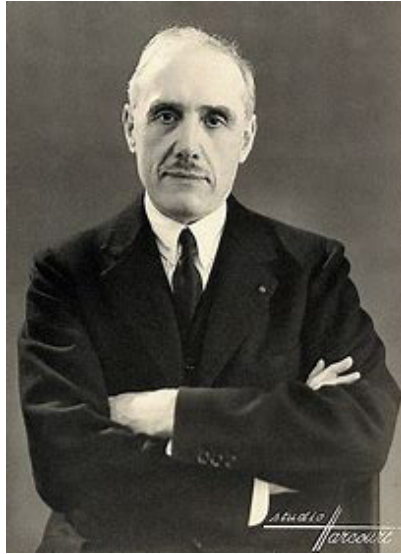


Figure 1 : Maurice de Broglie.

de doctorat sur les gaz ionisés. Ses travaux attirèrent déjà de grands noms de la science, Paul Langevin, Jean Perrin, Marie Curie, Émile Borel, Paul Painlevé fréquentaient son laboratoire. Louis n'était encore qu'un spectateur attentif et intéressé mais l'influence de Maurice sur son frère allait croissant.

La physique au début du XX^{ème} siècle

La physique en ce début de siècle était secouée par deux révolutions conceptuelles fondamentales. Nous avons relaté dans le retour sur Poincaré (REE 2020-1) la naissance de la *relativité restreinte* qui élevait au rang d'un principe général l'invariance de la vitesse de la lumière dans les référentiels en mouvement les uns par rapport aux autres. Cela conduisit Albert Einstein à abandonner l'hypothèse de l'éther puis en suivant les mêmes raisonnements, à élaborer la théorie de la relativité générale qui formalisait la gravitation.

La deuxième révolution était celle des *quanta*, élaborée par Max Planck (figure 2) l'un des plus grands spécialistes de thermodynamique de son temps. Le problème qu'il cherchait à résoudre en cette fin du 19^{ème} siècle était celui du rayonnement du corps noir. On cherchait depuis longtemps à comprendre comment la matière émettait et absorbait la lumière. Le pro-

blème le plus délicat était de comprendre comment l'énergie se répartissait entre les différentes fréquences du rayonnement. En utilisant une loi générale ainsi que la loi de Rayleigh-Jeans, qui était exacte pour les fréquences basses (aucune n'étant exacte pour tout le spectre), Wien aboutissait à des contradictions pour les fréquences élevées en attribuant à ces fréquences une énergie si grande que cela conduisait à des conclusions absurdes ce qui valut à ces travaux l'appellation peu flatteuse de « catastrophe ultra-violette ».

Planck, en partant de la loi de Wien et en raisonnant sur la loi de l'entropie du rayonnement et sur la théorie de Boltzmann, préconisa d'introduire des discontinuités et relia l'entropie à une probabilité comme Boltzmann l'avait fait pour les gaz. Il arrivait à la conclusion que la matière émettait ou absorbait la lumière par paquets discontinus, les *quanta* dont l'énergie ne dépendait pas de l'intensité de la lumière mais de la fréquence selon une formule simple dans laquelle apparaissait pour la première fois la constante h de Planck.

A l'époque, vers 1900, personne n'attachait d'importance à cette théorie bien que la formule de Planck sur le rayonnement fût bien vérifiée expérimentalement. C'est Einstein en 1905 qui franchit un pas supplémentaire dans la discontinuité en pos-

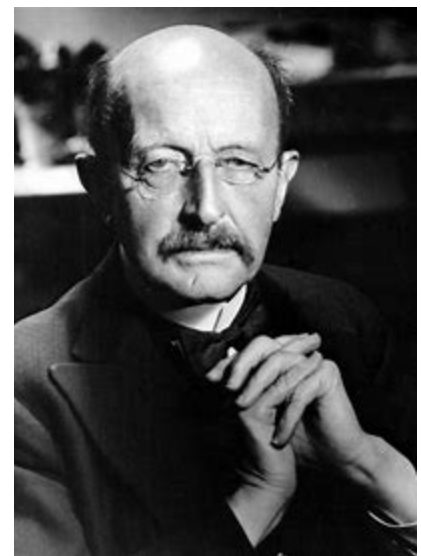


Figure 2 : Max Planck l'inventeur des quanta à son corps défendant.



Figure 3 : Première conférence Solvay de 1911. La photo montre les physiciens du XIX^{ème} siècle majoritaires et quelques nouveaux comme Einstein et Langevin à droite.

●●● tulant l'existence du grain élémentaire de lumière, appelé photon. Cette hypothèse parut longtemps incongrue aux physiciens du début du siècle jusqu'à la découverte de l'effet Compton en 1923. C'est ainsi que dans les années 1910, le jeune de Broglie se trouva immergé au milieu d'une révolution scientifique, la théorie des *quanta* depuis 10 ans ayant fait d'importants progrès et s'étant imposée peu à peu.

La vocation définitive pour la science de Louis de Broglie.

Le sentiment de vivre une évolution majeure de la physique avait convaincu le riche industriel Ernest Solvay de réunir un conseil de physiciens autour de ces questions. Les conférences Solvay eurent une grande importance pour la physique du 20^{ème} siècle et la première d'entre elles devait se tenir en 1911 (figure 3).

La première conférence Solvay fut organisée à Bruxelles du 30 octobre au 3 novembre 1911. Elle avait pour titre « la théorie du rayonnement et les *quanta* » ; presque tout le monde de la physique était présent avec Lorenz, le président, Planck, Poincaré, Sommerfeld, Wien, Nernst, Marie Curie, Einstein tout juste admis par les physiciens. La publication des actes était assurée par

Maurice de Broglie et Paul Langevin. Louis de Broglie bénéficia donc de la chance un peu providentielle d'avoir accès grâce à son frère au premier compte-rendu du congrès qui était à l'époque rédigé en français, un signe des temps. Selon les mots plus tard de son frère Maurice, cette lecture provoqua chez Louis « un coup d'état intérieur », il serait donc physicien et il entra en science comme on entre en religion. Cependant l'atmosphère générale du congrès était marquée par une grande prudence, Ernest Solvay avait réuni des savants confirmés qui se montraient en majorité réticents face aux théories nouvelles. Ils n'admettaient donc qu'à contre-cœur les idées de Planck et d'Einstein.

Mais la guerre approchait, Louis de Broglie devait interrompre pour un temps sa vocation de physicien.

La guerre, la radio et les premiers travaux

Louis effectua son service militaire en 1913 et resta mobilisé près de 6 ans. Cependant il eut la chance d'être affecté au service des transmissions où il expérimenta et répara les premiers dispositifs radio de transmission que mettait au point le général Ferrié. Il fut marqué à cette époque par le laboratoire que constituait la tour Eiffel et il put suivre

l'évolution des guides d'ondes et des hyperfréquences ce qui le mit en contact avec la réalité des ondes. Après guerre, Louis de Broglie attendit pendant près d'un an sa démobilisation avant de revenir à la vie civile.

Entre temps la physique avait beaucoup progressé en particulier avec la description de l'atome due à Niels Bohr (figure 4). Rutherford dans les premières années du siècle avait émis l'hypothèse qu'il existait dans l'atome un noyau autour duquel tournaient des électrons à la manière d'un système planétaire. La théorie des électrons de



Figure 4 : Niels Bohr, fondateur et gourou de la théorie quantique. Auteur de l'interprétation de Copenhague.

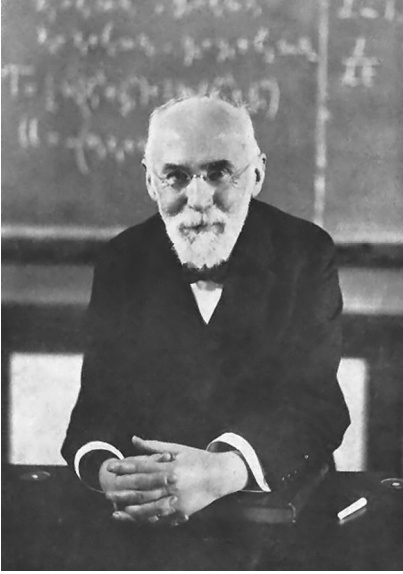


Figure 5 : Henrik Anton Lorentz qui présida les conférences Solvay durant 20 ans.

Lorentz (figure 5) prévoyait cependant que l'atome n'était pas stable car l'électron devait progressivement perdre de l'énergie et tomber sur le noyau ce qui était en contradiction avec l'observation et l'expérimentation.

En 1913, Niels Bohr eut l'idée de postuler la stabilité des états quantiques en supposant que les électrons pouvaient tourner autour du noyau sans rayonner contrairement aux lois de l'électromagnétisme classique. L'émission d'énergie se produirait non pas quand l'atome se trouve dans un état quantique mais quand il change d'état et Bohr utilisait pour calculer ces niveaux d'énergie la constante de Planck et la fréquence d'oscillation de l'électron autour du noyau. Sommerfeld à partir de la théorie de Bohr élabora une méthode générale qui constitua la première théorie des *quanta* qui ouvrait la voie à la théorie quantique des spectres atomiques et donnait une assise formelle au tableau périodique des éléments de Mendeleïev. Ces avancées spectaculaires incitèrent les physiciens à se mettre en quête d'une nouvelle mécanique. À partir de 1919 Louis de Broglie travailla dans le laboratoire de son frère, rue Lord Byron où il poursuivait ses études sur les rayons X. En parallèle, il suivait les cours et le séminaire de Paul Langevin sur la relativité et les *quanta*, et suivait attentivement les progrès de la physique de l'atome.

Les notes de 1923 et la thèse sur la mécanique ondulatoire.

Louis de Broglie au début des années 20 travailla sur le photon qu'il considérait comme une véritable particule qui obéissait aux lois ordinaires de la dynamique relativiste et auxquels il attribuait une masse. Il émit une hypothèse qui s'apparentait à la façon dont Newton avait conçu les interférences par sa théorie des accès. Il supposait que lorsqu'un électron décrivait une orbite autour d'un noyau, il se produisait un phénomène de résonance qui expliquait les orbites quantifiées de Bohr et les nombres entiers postulés par la théorie des *quanta*. Mais ce résultat s'avéra faux. Bien loin de renoncer, de Broglie examina son hypothèse et, après réflexion, il s'aperçut que cette hypothèse était non relativiste, qu'elle ne tenait pas compte de la relativité et des retards des horloges. Variant toutes deux de la même manière, la masse de la particule et la fréquence de l'onde pouvaient maintenant rester liées par la même relation pour tous les observateurs, en accord avec le principe de relativité. Il fallait *associer une onde à toute particule matérielle*.

Cette corrélation s'est imposée à de Broglie non pas en analysant un processus mais en cherchant à concilier la relativité avec son idée d'identifier entre elles les lois de Planck sur l'énergie et d'Einstein sur le photon de



Figure 6 : Louis de Broglie dans les années 20.

1905. Une onde attachée à l'électron impliquait que l'orbite de Bohr pouvait être considérée comme une corde vibrante et on retrouvait alors en se servant des multiples harmoniques des cordes vibrantes, les orbites de l'électron que Bohr avait postulées dix ans auparavant. La stabilité était assurée par la résonance de l'onde par rapport à la longueur de l'orbite, un nombre entier de longueurs d'onde étant compris dans la longueur de l'orbite. C'était ces hypothèses qui formaient l'argument centrale de sa thèse de 1923 sur la mécanique ondulatoire. Une fois la thèse rédigée, Louis de Broglie la présenta à Paul Langevin qui, sans vraiment se prononcer immédiatement, demanda un deuxième exemplaire destiné à son ami Albert Einstein. Ce dernier renvoya ensuite un commentaire resté célèbre : « *Le travail de de Broglie m'a fait forte impression, il a soulevé un coin du grand-voile* ». Mais des travaux parallèles en Allemagne s'élaboraient autour de l'école dite de Copenhague à partir d'approches complètement différentes.

Le coup d'état du congrès Solvay de 1927

En effet en 1925 un jeune physicien Werner Heisenberg développa une théorie qui différait de celle de de Broglie et qu'on a appelé la *mécanique des matrices*. Cette théorie complétée par les travaux de Born et Jordan fournissait un algorithme mathématique ou un ensemble de recettes cohérent qui permettait de calculer les états et les transitions quantiques et donnait une assise formelle à la théorie de Bohr.

En février 1926, Schrödinger proposa une autre théorie qui allait dans le même sens et suivait la même voie que de Broglie ; il publia sa célèbre équation, résolut le problème de l'atome d'hydrogène et fit de la mécanique ondulatoire une théorie achevée comme Heisenberg, Born et Jordan l'avaient fait pour la mécanique des matrices. Par la suite Schrödinger unifia les deux approches en démontrant que les théories étaient équivalentes et on parla alors de représentation de Schrödinger ou de Heisenberg. En réalité, du point de vue de Louis de Broglie, il y avait une trahison de

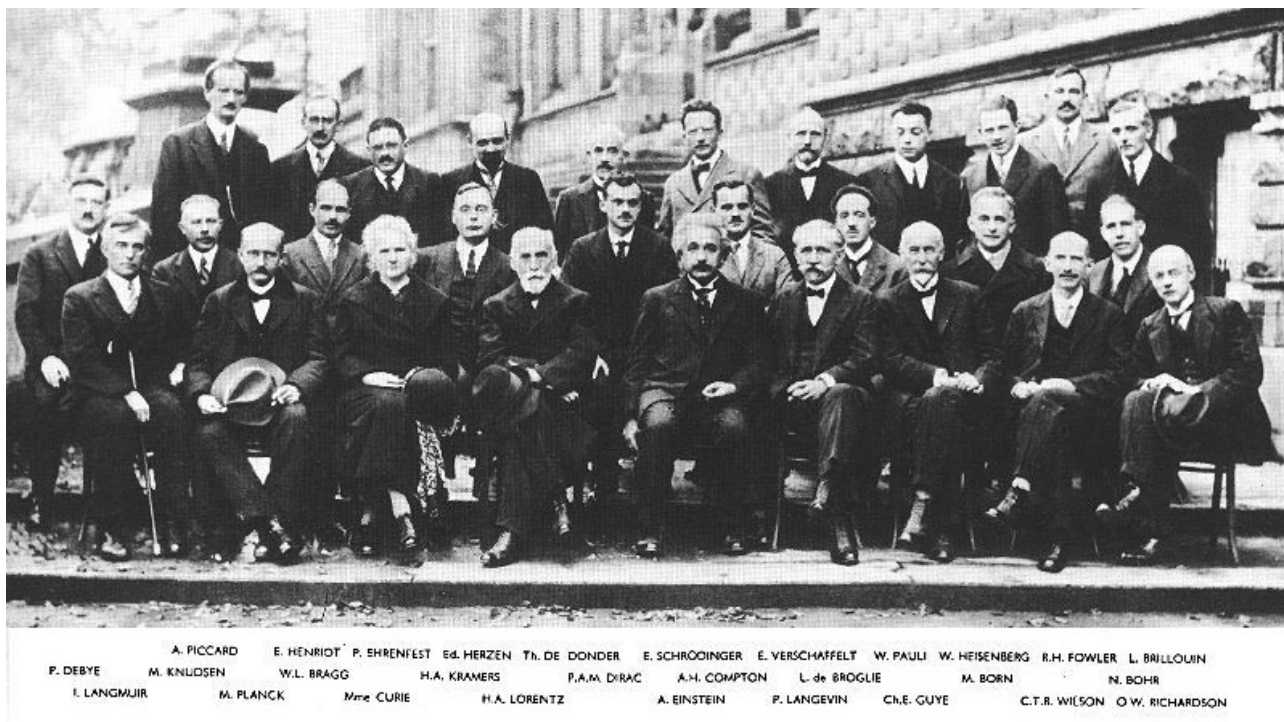


Figure 7 : Célébrisime photo du congrès Solvay. Les physiciens classiques face au jeunes loups de la nouvelle physique quantique sur la moitié droite.

●●● la part de la théorie de Schrödinger. D'une part il abandonnait la relativité car son équation n'était pas relativiste, ensuite il abandonnait la particule car il ne savait pas l'introduire dans son équation. La troisième trahison de Schrödinger fut dans la théorie des systèmes de particules car elle s'appliquait non pas dans un espace physique mais dans un espace abstrait, un espace de configurations dont le nombre de dimensions était égal au triple du nombre de particules. C'était dans cet espace que l'onde se propageait, elle n'était plus physique mais devenait simple instrument mathématique. Le plus grave était pour de Broglie la disparition de la trajectoire.

C'est dans ce contexte que se réunit en 1927 le cinquième congrès Solvay (figure 7) sur le thème « électrons et photons ». Presque tous les grands physiciens de l'époque s'y trouvaient et c'est un congrès qui est resté très célèbre car sur 28 participants une bonne dizaine au moins devaient rester dans l'histoire comme des géants de la physique, tous prix Nobel. Le congrès était très jeune, en Allemagne on parlait d'une « physique de gamins ». Louis de Broglie y était invité par la grande porte par Lorentz qui lui demanda d'être

un des rapporteurs avec Bragg, Compton, Heisenberg, Schrödinger (figures 8 et 9) et Bohr (figure 4).

La première théorie quantique était pratiquement achevée il ne manquait que l'équation de Dirac, une physique nouvelle était née et d'une certaine manière elle n'a guère varié depuis ce qui était en question à Bruxelles. Ce qui était en jeu ce n'était pas la théorie elle-même mais son inter-

prétation et la vision du monde qui en découlait. C'était un affrontement entre deux écoles, celle de Copenhague soudée autour d'un dogme popularisé par le principe de complémentarité énoncé par Bohr. Avec lui Heisenberg, Pauli et Dirac défendaient cette nouvelle approche qui s'opposait à celle des défenseurs du déterminisme, Lorentz, Einstein, de Broglie et Schrödinger. Ce dernier étant d'ailleurs dans une position ambiguë puisque c'est son équation qui



Figure 8 : Werner Heisenberg: L'un des fondateurs de la théorie quantique.



Figure 9 : Erwin Schrödinger, bien que sa célèbre équation ait été au cœur de la physique quantique, regrettait la perte de du déterminisme.

était au cœur de la première mécanique présentée par l'école de Copenhague. Il y a donc eu un « coup d'état » qui s'est traduit par la victoire de l'école de Copenhague de Niels Bohr.

La théorie abandonnait l'idée de trajectoire, la connaissance détaillée des grandeurs mécaniques classiques comme la vitesse au profit de grandeurs mathématiques dont la relation avec les grandeurs physiques était plus que problématique.

Einstein (figure 10) qui avait été l'un des physiciens à l'origine de la théorie des *quanta*, n'aimait pas l'interprétation de Copenhague et il commença à élaborer un certain nombre de critiques sous la forme d'expériences de pensée qui constituèrent le début d'une longue série d'objections qui allaient trouver leur aboutissement avec le célèbre article EPR de 1935. En quittant Bruxelles Einstein disait à Louis de Broglie « *c'est vous qui êtes dans la bonne voie, continuez* ». Malgré cela de Broglie revint à Paris et, après réflexion approfondie, il lui sembla impossible de continuer à soutenir la théorie de la double solution et de l'onde pilote et se rallia donc à l'interprétation probabiliste de Bohr.

Le prix Nobel et les recherches sur la lumière

Louis de Broglie devint alors un personnage de premier plan sollicité pour des conférences et des exposés sur les nouveaux domaines de la physique qu'étaient la relativité et les *quanta*. En 1929, après les grands ancêtres Planck, Einstein et Bohr, Louis de Broglie fut le premier de la jeune génération des fondateurs de la physique quantique à recevoir le prix Nobel pour la prévision de la nature ondulatoire de l'électron. Mais durant près de cinq années après le congrès Solvay, de Broglie ne publia aucun de ses travaux.

En 1928 Paul Dirac introduisit son équation relativiste de l'électron qui marqua une nouvelle étape fondamentale de la mécanique quantique puisque le spin était naturellement introduit de manière logique après avoir été découvert expérimenta-



Figure 10 : Albert Einstein s'opposera à la théorie des quanta jusqu'à la fin de sa vie.

lement en 1925. Louis de Broglie s'enflamma immédiatement pour la nouvelle équation parce qu'il y retrouvait le point de départ de la mécanique ondulatoire. Contrairement à l'équation de Schrödinger, l'équation de Dirac redonnait toutes les grandeurs de nature ondulatoire que de Broglie avait découvertes dans sa thèse. Il exposa la nouvelle théorie dans l'un de ses plus beaux livres, intitulé « l'électron magnétique ». C'est l'équation de Dirac qui lui suggéra l'idée de revenir à l'origine de ses travaux, en l'occurrence à la lumière qui était curieusement absente de la mécanique ondulatoire, pourtant issue de la théorie du photon d'Einstein.

En 1934, de Broglie élaborait l'équation à laquelle obéit l'onde associée à une paire de particules de Dirac, équation identique à celle de Maxwell, mais il ne s'agit pas d'une onde électromagnétique, c'est l'onde de de Broglie associée aux photons. C'est l'équation à la base de la mécanique ondulatoire du photon qui englobe la théorie du photon d'Einstein. Electron et photon étaient donc réunis dans une même théorie, chacun étant respectivement représenté par une équation spécifique, l'équation de Dirac pour l'électron et l'équation de de Broglie pour le photon. Louis de Broglie écrivit plusieurs ouvrages sur la théorie de la lumière et y travailla une quinzaine d'années avec ses élèves. Cette théorie suscita des travaux à l'étranger notamment dans

l'école de Bohr et de Heisenberg. Celle-ci est toutefois aujourd'hui abandonnée par la plupart des théoriciens car, d'une manière générale, son œuvre a été rejetée en bloc depuis qu'il a quitté le clan de l'école de Copenhague. Sa théorie de la lumière postulait une masse non nulle pour le photon ainsi que pour les neutrinos ce qui s'est révéilé exact pour ces derniers.

L'enseignement

Après le congrès Solvay, Louis de Broglie donna un cours libre à la Sorbonne où il exposait les idées de sa thèse et la théorie de la double solution alors qu'il s'appropriait à les abandonner pour la théorie orthodoxe. Ensuite, à partir de 1930, il enseigna de manière régulière à l'institut Henri Poincaré dans un séminaire qui a été, pendant des décennies, la pépinière des théoriciens français qui venaient s'y instruire et se tenir informés des recherches qui se poursuivaient dans le monde. Des dizaines de thèses en sont sorties. Louis de Broglie lisait les travaux qu'on lui soumettait et compris les notes de l'académie. En dehors de son séminaire, de Broglie publia chez plusieurs éditeurs, Hermann Gauthier Villard et Albin Michel notamment, une série d'exposés de physique théorique dans un style clair et intuitif.

Après la guerre il compléta son séminaire de recherche par de grandes réunions d'études qui traitaient de mésons, d'op-



Figure 11 : Louis de Broglie académicien.

●●● tique électronique, de radio centimétrique, d'accélérateurs de particules, de la théorie de l'information, de la chimie quantique, de la physique nucléaire à laquelle s'ajoutaient des cours, des livres et des conférences devant diverses sociétés savantes de physiciens, d'ingénieurs et de philosophes.

La guerre et l'après-guerre.

Sous l'impulsion d'Emile Borel, l'Institut Henri Poincaré (IHP) fut mobilisé pour l'effort de guerre, il se replia durant l'exode près de Blois puis revint à Paris après l'armistice. La guerre n'entrava pas trop l'activité de Louis de Broglie bien que l'IHP fonctionnât au ralenti. Alors qu'il avait été élu à l'Académie des sciences en 1933, il accepta en 1942 la fonction de secrétaire perpétuel qu'il accomplira jusqu'en 1975. En octobre 1944, dans Paris libéré, il fut élu à l'Académie française à l'unanimité. Louis de Broglie fut membre de toutes les académies, lauréats de toutes les distinctions et décorés de tous les ordres, possesseurs de tous les titres dont puisse rêver un homme de science. Il était prince du Saint-empire et devint duc de Broglie. Pendant la guerre et l'immédiat après-guerre, il travailla à sa nouvelle théorie de la lumière qu'il publia en 1940 et 1942 puis un an plus tard, la théorie générale des particules à spin et enfin la mécanique ondulatoire du photon et la théorie quantique des

champs en 1949. De Broglie continuait de proclamer son attachement aux idées de Bohr, notamment quand il rappelait son ralliement à sa théorie. À la fin des années 40, il s'attaquait au problème du noyau des atomes et en 1949, il s'essaya à la résolution des problèmes des infinis en théorie quantique des champs (qu'on ne peut toujours pas considérer comme résolu d'un point de vue analytique), il y passa 2 ans puis renonça.

Le retour aux sources

David Bohm (figure 12) était un jeune physicien qui enseignait la mécanique quantique à l'université de Princeton à la fin des années 40. Il examinait la théorie standard de manière critique et en 1951 il publia un traité dans lequel il exposait la mécanique quantique en termes mathématiques et sans axiomatique. Il proposait une nouvelle interprétation dans laquelle il réintroduisait la notion de trajectoire pour les particules. En poste à Princeton, il montra son travail à Einstein qui étudiait à la fin de sa vie la théorie des champs unifiés. Celui-ci lui dit qu'il connaissait déjà cette idée en lui indiquant que c'était la théorie de Louis de Broglie. Bohm cita alors les travaux de de Broglie et lui envoya sa publication. Ce fut un choc pour ce dernier de voir sa vieille théorie longtemps abandonnée, retrouvée par un autre et défendue avec l'enthousiasme de la jeunesse.

Mais de Broglie voulait bien revenir en arrière mais pas à l'onde pilote. Dans une note des comptes rendus à l'Académie des sciences, il expliquait qu'on ne pouvait pas attribuer à l'onde solution de l'équation de Schrödinger un caractère physique qui lui permettait de guider le mouvement d'une particule puisqu'on lui attribue un caractère probabiliste. Cela conduisait à admettre que l'état d'une particule serait influencé par toutes les étapes possibles y compris par celles qui n'étaient pas réalisées. Le travail de Bohm poussa de Broglie à revenir sur sa position vis-à-vis de l'interprétation de Copenhague. C'est la rencontre avec un jeune physicien, Jean-Pierre Vigié, qui en fut le catalyseur. Vigié attira l'attention de Louis de Broglie sur l'analogie entre l'idée

L'auteur

Marc Leconte est ancien secrétaire du club RSSR de la SEE (radars, sonars et systèmes radioélectriques), membre du comité de rédaction de la REE, membre émérite SEE et médaillé Ampère. Au sein de Dassault Electronique, il a passé une quinzaine d'années à l'étude, au développement et aux essais en vol du radar RDI du Mirage 2000. Ensuite pendant trois ans, il a participé à l'étude d'un démonstrateur laser franco-britannique CLARA. A partir de 1995, il a élargi son activité aux domaines des études concurrentielles et stratégiques dans les domaines des radars aéroportés et de la guerre électronique. Il a exercé les mêmes activités dans la division aéronautique de Thales après la fusion de Dassault Electronique et de Thomson-CSF. A partir des années 90 et en parallèle, il s'est intéressé à l'histoire des sciences et des techniques et a publié plusieurs articles s'y rapportant.



Figure 12 : Le physicien David Bohm qui impulsa le revirement de Louis de Broglie à l'interprétation de Copenhague..

de guidage et celle d'Einstein sur les singularités dans le champ de gravitation. Le pas était franchi et en 1952 de Broglie publia une note qui annonçait son retour à la théorie de la double solution. Mais cela avait un prix, il fallait supposer que les équations de la mécanique ondulatoire n'étaient pas les bonnes et qu'il était nécessaire de chercher de nouvelles équations non linéaires comme les équations de la relativité générale. A 60 ans, de Broglie repartait dans une nouvelle recherche en microphysique risquant l'échec, l'isolement et la critique des milieux de la physique, alors qu'il lui suffisait de s'abstenir et de profiter de sa notoriété. Les critiques ne manquèrent pas, ce fut une levée de bouclier pour défendre l'interprétation orthodoxe.

Les dernières années

Le travail à l'IHP continua avec un foisonnement d'idées et la formation de très nombreux physiciens. En 1962, il partit en retraite et ne revint jamais à l'IHP où il avait passé trente-quatre ans, son caractère étant dans toute circonstance de tourner la page, le passé était le passé. Il laissa ses responsabilités à ses successeurs dont certains étaient des disciples mais il conserva son poste à l'académie au sein de laquelle il présidait la commission de physique théorique du CNRS. Un fois en retraite il continua de travailler sans relâche, publiant tour à tour sept livres, trente mémoires, cinq notices académiques et une quinzaine d'articles généraux. Avec certains de ses disciples, il organisa un séminaire hebdomadaire à l'académie qui se tenait le mercredi dans son bureau de secrétaire perpétuel et qui perdura de 1962 à 1975. La dernière apparition publique de Louis de Broglie fut pour la fondation éponyme dont il fit la conférence inaugurale en automne 1975. Peu de temps après, il annonça qu'il ne reviendrait plus et qu'il laissait le soin à ses amis et disciples de continuer son œuvre. Il vécut jusqu'à sa quatre vingt quinzième année où il mourut le 19 mars 1987.

La postérité

D'après son principal (et presque unique) biographe George Lochak, Louis de Broglie a souffert en France d'une certaine désaffection du milieu de la physique à l'exception de ses amis et confrères. Ses obsèques en sont un témoignage car sans participation active des pouvoirs publics, de l'Université, du CNRS, voire de la SFP, ni de manifestation à l'IHP ou dans aucun laboratoire de physique. Il est vrai que sa disparition à un grand âge intervenait plus d'une dizaine d'années après ses derniers travaux. Son biographe attribue en fait cette désaffection à l'opposition manifestée par Louis de Broglie à l'encontre de la mécanique quantique orthodoxe de l'école de Copenhague. Or il n'était pas seul dans ce cas, il était accompagné par de très grands noms comme Einstein, Schrödinger, Lorentz ou Planck. Mais lorsque les expériences d'Alain Aspect vinrent conforter la

mécanique quantique, les titres du genre « *Einstein s'est trompé !* » firent florès !

Cet ostracisme dont fut victime Louis de Broglie est non seulement injuste mais quelque peu anti-scientifique et anti-historique car c'est oublier une articulation fondamentale de l'histoire de la mécanique quantique et surtout le rôle historique de Louis de Broglie comme représentant éminent de la physique française. En effet dans la construction de la théorie quantique, l'école de physique allemande régnait en maître et Louis de Broglie fut le seul français à porter la physique française au niveau du prix Nobel. Les débats sur la nature de la physique quantique et de ses relations avec la réalité et son indéterminisme sont toujours actuels. C'est un très grand débat qui est du niveau par exemple de l'opposition entre Newton et Huygens sur la nature corpusculaire ou ondulatoire de la lumière.

Dans un numéro de 2017, la revue « La Recherche » présentait un dossier sur la physique quantique titré « la physique quantique repense le réel ». Trois façons d'appréhender le monde étaient passées en revue, la première était l'interprétation de Copenhague, devenue le modèle standard, la deuxième était l'interprétation de Bohm qui, comme nous l'avons vu, marchait sur les pas de Louis de Broglie et défendait l'idée qu'il existait une trajectoire, une position et une onde guidée ou pilote. La troisième était une lecture complètement différente, due à Everett, qui refusait la réduction de la fonction d'onde et concluait à des univers multiples hors de portée. La version de Louis de Broglie et David Bohm est donc encore à l'ordre du jour et c'est aujourd'hui la seule qui défend encore le déterminisme.

Conclusion

Nous revenons ici à ce qui faisait l'introduction du présent article, à savoir l'un des derniers livres de Lee Smolin intitulé « La révolution inachevée d'Einstein » dans lequel de nombreuses pages sont consacrées à Louis de Broglie. L'auteur est un physicien théoricien, spécialiste de la théorie de la gravité quantique à boucle, qui tente d'unifier la physique quantique et la relativité. Il

s'insurge contre la domination de Bohr, initiateur avec l'école de Copenhague d'une nouvelle façon de parler de la science. Voici ce qu'il indique : « *En quelques années, une génération d'étudiants défendant une nouvelle idée dangereuse, a formé un puissant réseau académique qu'ils ont utilisé pour assurer la poursuite de la révolution et il en fut ainsi pour la génération des révolutionnaires quantiques. L'existence d'une poignée de transfuges comme Einstein et Schrödinger pour l'ancienne génération et de Louis de Broglie pour la nouvelle n'altère en rien leur triomphe au cours du demi-siècle suivant, seule sera enseignée la version anti-réaliste de la physique quantique, celle de Copenhague* ». Il est possible d'imaginer combien ces affirmations auraient comblé Louis de Broglie s'il avait pu en avoir connaissance. Les physiciens qui travaillent sur la causalité sont peu nombreux et on a oublié que d'importants résultats furent obtenus par Bohm et de Broglie qui se montrèrent capables de trouver un modèle à variables cachées qui ne soit pas en contradiction avec les prédictions statistiques de la mécanique quantique et qui en même temps fournisse un fondement causal au comportement individuel des systèmes quantiques.

A l'instar de l'année « Ampère 200 ans » célébrant la découverte de l'électrodynamique, il serait sans doute opportun de déclarer l'année 2024 « année de Broglie » pour le centenaire de sa thèse en 2024. ■

Références

- La fondation Louis de Broglie créée en 1975 continue de publier des articles relatifs à la physique <http://www.fondationlouisdebroglie.org>
- Lochak Georges : Louis de Broglie ; Champs Flammarion 1992
- Lee Smolin : La révolution inachevée d'Einstein ; Dunod 2021
- Franco Selleri : Le grand débat de la théorie quantique ; 1986
- Louis de Broglie : Jalons pour une nouvelle microphysique ; Gauthier-Villars 1978
- LOCHAK, GEORGES. Louis de Broglie: sa conception du monde physique. In : Annales de la Fondation Louis de Broglie. Fondation Louis de Broglie, 2004. p. 749-765.
- La Recherche n°520 février 2017