

*Louis de Broglie ou la passion de la « vraie » physique, par Paul Germain, Secrétaire perpétuel
Lecture en séance publique le 7 décembre 1987*



Louis de Broglie (1892-1987)
Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences
de 1942 à 1975
Secrétaire perpétuel d'honneur
de 1975 à 1987

Louis de Broglie ou la passion de la « vraie » physique

par Paul Germain, Secrétaire perpétuel

Lecture en séance publique le 7 décembre 1987

Comment ne pas me sentir indigne de la mission qui me revient d'évoquer en ce lieu la mémoire de l'un des plus prestigieux physiciens de tous les temps, du savant qui a toujours fait connaître en priorité à notre Compagnie tous les résultats de ses recherches et donc de ses découvertes les plus étonnantes, du Secrétaire perpétuel de notre Académie qui a pris la parole si souvent, à cette même place, sous cette coupole, pour évoquer de grandes figures de la science mondiale, exposer leurs travaux, dégager la signification profonde de leur oeuvre, faire vivre leur personnalité ; et qui savait le faire dans ce style si admirable de simplicité, de clarté, d'élégance que chacun de nous peut redécouvrir avec émerveillement en relisant, les nombreux ouvrages qu'il nous a heureusement laissés ? Comment ne pas craindre de trahir une figure aussi prestigieuse, aussi mystérieuse ?

Laissez-moi espérer mes chers Confrères que, par delà les insuffisances et les maladresses de mes évocations et de mes réflexions, vos souvenirs personnels puissent se réveiller, que chacun de vous les recueille dans son silence et que toutes ces méditations rassemblées ce soir sous cette coupole constituent la célébration la plus pure, la plus émouvante, la plus digne de la mémoire de Louis de Broglie. Notre Compagnie le lui doit bien, elle qui a été honorée de son appartenance comme membre pendant cinquante-quatre ans et qui a bénéficié de son dévouement comme Secrétaire perpétuel pendant trente-trois ans. Nul en effet ne mérite davantage notre respect, notre admiration, notre estime, notre affectueuse reconnaissance.

Néanmoins, il me faut bien parler, et pour rendre hommage à celui que nous voulons honorer, je vais tenter de dégager trois perspectives dans le riche héritage qu'il laisse à notre souvenir et à notre contemplation :

- une carrière de physicien étonnante et singulière ;
- une vie totalement centrée sur la science ;
- une existence offerte à notre méditation.

Une carrière de physicien étonnante et singulière

La grande découverte

L'idée géniale de Louis de Broglie, celle qui a frappé d'étonnement les physiciens de l'époque, au départ sceptiques, bientôt admiratifs, celle qui place pour toutes les générations à venir Louis de Broglie parmi les géants de la physique dont le nom ne sera jamais oublié, c'est une affirmation théorique, bientôt indiscutablement confirmée, dont les conséquences allaient révolutionner non seulement la physique, mais la vie courante de l'humanité : l'affirmation de la coexistence des ondes et des corpuscules au sein de toute matière.

Reprenant une conception de l'antiquité, les savants imaginaient la matière constituée de corpuscules et sur ce support conceptuel construisaient la représentation et la prédiction de ses mouvements avec Newton et de ses transformations avec les chimistes de la fin du XVIII^e siècle et du XIX^e siècle. Newton étudia également les lois de la propagation de la lumière en lui attribuant, comme à la matière, une nature corpusculaire. Mais Fresnel montrait au début du XIX^e siècle que les phénomènes d'interférence et de diffraction n'étaient explicables qu'en reprenant la conception ondulatoire de la lumière introduite par Huygens, conception qui devait être parfaitement précisée et identifiée, peu après, avec la théorie des ondes électromagnétiques de Maxwell. Une matière corpusculaire, une lumière ondulatoire ; tout paraissait simple et réglé ! Toutefois Planck en 1900 ne parvient à rendre compte du rayonnement du corps noir chauffé qu'en supposant l'énergie émise ou absorbée par « petits paquets » ou « quanta » et Einstein en 1905 « ne peut donner une interprétation jusque là impossible de l'effet photoélectrique » qu'en faisant appel aux quanta de Planck pour imaginer que la lumière devait être formée, elle aussi, de petits paquets d'énergie ou photons, et donc en affirmant que « dans la lumière, il y a, à la fois, des ondes et des corpuscules »¹, Louis de Broglie écrit lui-même : « Mes recherches sur les rayons X m'avaient convaincu de la nécessité d'une théorie synthétique des rayonnements combinant l'aspect onde et l'aspect photon... Brusquement à la fin de l'été 1923, toutes ces idées se mirent à cristalliser dans mon esprit »², « [...] J'ai eu la hardiesse d'étendre la coexistence des ondes et des particules en supposant que non seulement les photons de la lumière mais toutes les autres particules matérielles, comme les électrons, sont accompagnées d'une onde »¹.

Il me paraît nécessaire ici de laisser la parole à Louis de Broglie en reprenant le texte de la dernière communication qu'il présenta à notre Compagnie le 25 juin 1973 à l'occasion du cinquantième anniversaire de la Mécanique ondulatoire et que nous avons écoutée avec émotion dans le plus grand silence et applaudie avec une chaleur toute particulière. Quel dommage de ne pas avoir songé à l'enregistrer, et par suite de ne pouvoir entendre ce soir cette voix si douce, si légère, quelque peu monocorde et haut perchée, qui semblait presque s'excuser d'intervenir et qui contrastait ainsi avec l'expression d'une pensée très ferme, nourrie d'une constante réflexion qu'elle livrait sans hésitation et sans crainte ! Voici donc le début de cette communication³ :

« J'ai exposé les premiers principes de la Mécanique ondulatoire dans trois *Notes aux Comptes rendus* en septembre-octobre 1923, puis d'une façon plus développée dans ma Thèse de Doctorat soutenue le 25 novembre 1924. Mon idée essentielle était d'étendre à toutes les particules la coexistence des ondes et des particules découverte par Einstein en 1905 dans le

cas de la lumière et des photons. Conformément aux idées claires de la Physique classique, je cherchais à me représenter une onde physique réelle transportant de très petits objets localisés dans l'espace au cours du temps. Deux manières de le faire se sont alors présentées à mon esprit. La première, tout à fait oubliée aujourd'hui dans l'enseignement usuel et que je considère maintenant comme de beaucoup la plus profonde, se trouve esquissée dans une de mes *Notes* de 1923 et développée dans le premier chapitre de ma Thèse. Elle consistait à partir de la différence des transformations relativistes de la fréquence d'une onde et de la fréquence d'une horloge. Admettant que la particule possède une vibration interne qui permet de l'assimiler à une petite horloge, je supposais que cette horloge se déplaçait dans son onde de façon que sa vibration interne reste constamment en phase avec celle de l'onde : c'est le postulat de *l'accord des phases*. Ces hypothèses me paraissaient être rendues nécessaires par le fait que la relation $W = h\nu$ appliquée à la particule implique l'existence d'une fréquence ν intérieure à la particule, tandis que l'on sait depuis les travaux de Planck et d'Einstein que ν est aussi la fréquence de l'onde qui transporte la particule. Celle-ci apparaît alors comme incorporée dans l'onde où elle constitue une très petite région où l'amplitude est très grande. On peut en déduire la formule bien connue $p = h/\lambda$. Dans le second chapitre de ma Thèse, j'avais ensuite montré que, dans le cas où la propagation de l'onde s'effectue à l'approximation de l'optique géométrique, on est ainsi conduit à identifier le principe de Fermat avec le principe de moindre action de Maupertuis et à retrouver la formule $p = h/\lambda$. »

« Il convient de souligner les différences qui existent entre les deux modes de raisonnement que je viens de rappeler. Le premier, le postulat de la concordance des phases, est de nature essentiellement relativiste puisqu'il repose sur la différence entre deux formules de transformation relativiste, tandis que le second, l'identification des principes de Fermat et de Maupertuis n'a rien d'essentiellement relativiste puisque ces deux principes sont valables aussi bien en théorie classique et en théorie relativiste. La seconde différence entre les deux méthodes est que la première est valable pour toutes les propagations d'ondes tandis que la seconde n'a de sens que pour les propagations s'effectuant à l'approximation de l'optique géométrique ».

Cette « formule bien connue » est celle qui assure la pérennité du nom de Louis de Broglie dans toutes les générations à venir. Mais notons que Louis de Broglie exprime le regret, comme il l'a fait si souvent, que l'on retienne pour la justifier la deuxième voie, celle donnée dans sa troisième *Note* et au chapitre deux de sa thèse, au détriment de la première qu'il estime plus profonde, plus physique.

Cette thèse ⁴ de Louis de Broglie, soutenue en Sorbonne le 25 novembre 1924 devant un jury formé de Jean Perrin, Elie Cartan, Charles Mauguin et Paul Langevin est une oeuvre hors du commun à de multiples points de vue, par l'originalité des idées nouvelles exposées, par la profondeur d'une pensée mûrie par la lecture et la méditation des grands anciens, par la concision, la précision et l'élégance du style. Rares sont les thèses d'une telle qualité qu'on ne peut lire, des décennies après leur soutenance, sans une admiration jaillie d'une émotion qui saisit tout l'être devant tant de hardiesses de pensée si simplement exprimées. Car cette thèse, accueillie en France avec quelques doutes ⁵, mais reconnue immédiatement comme profondément novatrice par Einstein qui l'avait reçue de Langevin, contient bien d'autres résultats dans le sillage de celui qui vient d'être évoqué. Par exemple, l'explication toute nouvelle des mouvements quantifiés des électrons dans l'atome de Bohr comme traduisant une résonance, ce qui constituait sans doute à l'époque l'indice le plus convaincant de la validité des propriétés ondulatoires de la matière. Cette explication devait être retrouvée, confirmée et généralisée par Schrödinger deux ans plus tard. Ou encore l'application de ses conceptions à la statistique qui conduit le nouveau docteur dans la dernière partie de sa thèse à poser les

premiers principes de ce qui allait devenir l'année suivante la statistique de Bose-Einstein, valable pour les particules indiscernables non soumises au principe de Pauli.

En fait, en 1926, Erwin Schrödinger rapprochant les concepts posés par Louis de Broglie de ceux de la mécanique analytique d'Hamilton, « précisait la forme de l'équation des ondes, développait la mécanique ondulatoire des systèmes de particules en faisant intervenir la propagation d'une onde dans l'espace de configuration et montrait que la mécanique quantique des matrices, proposée l'année précédente par Werner Heisenberg, n'est qu'une transposition mathématique du formalisme de la mécanique ondulatoire ». Enthousiasmé par la beauté des mémoires de Schrödinger⁶, Louis de Broglie publie en 1926 une *Note* aux *Comptes rendus* où il donne la forme relativiste de l'équation des ondes formulée par Schrödinger dans le cas non relativiste, équation écrite presque simultanément par de Donder, Klein, Gordon, Fock et Kudar et connue depuis comme l'équation de Klein-Gordon.

Vint au printemps 1927 la publication des magnifiques expériences sur la diffraction des électrons de Davisson et Germer. Ces expériences et celles de Thompson, comme celles de Maurice Ponte à l'École normale, apportaient une confirmation définitive et totale des conceptions de Louis de Broglie et mettaient un terme à tous les scepticismes qu'elles avaient suscités trois ans auparavant.

Le Conseil Solvay

C'est cette éclatante confirmation qui lui vaut d'être invité au début de l'été 1927 à présenter au mois d'octobre suivant un rapport sur la mécanique ondulatoire du cinquième Conseil de Physique Solvay, conférence internationale où quelques physiciens choisis parmi les plus qualifiés se retrouvent pour vivre ensemble pendant une semaine, afin de confronter leurs idées sur les questions qui semblent à la fois les plus obscures et les plus chargées d'avenir. Louis de Broglie est tenté d'y exposer les idées qu'il cherche à préciser dans les années qui suivent sa thèse pour élaborer une *interprétation physique* de la mécanique ondulatoire qui réponde clairement à son attente. Il formule lui-même l'objet de sa recherche : « définir la structure de l'onde et la nature de la singularité constituée par le corpuscule dont le mouvement devrait pouvoir être prévu en se plaçant *uniquement* au point de vue ondulatoire. »⁶

Cette coexistence onde-corpuscule et l'incessante quête de son intelligence devaient le hanter son existence entière. Pour obtenir une image claire du dualisme onde-corpuscule dans le cadre de l'espace et du temps « il fallait parvenir à *incorporer* le corpuscule à l'onde ». ⁶ Le seul moyen lui « parut être de supposer que les corpuscules sont des sortes de singularités à caractère permanent au sein d'une onde étendue ». ⁶ Mais les ondes de l'optique de Fresnel sont continues, dépourvues de singularité. C'est ainsi que Louis de Broglie est progressivement conduit à formuler ce qu'il appelle la *Théorie de la double solution*. Il cherche à montrer que les équations de la mécanique ondulatoire admettent toujours deux solutions couplées : l'une à amplitude continûment variable qui décrit l'aspect statistique du mouvement d'un nuage de corpuscules, l'autre comportant une singularité représentant *réellement* le corpuscule incorporé au phénomène ondulatoire. Malgré quelques progrès, Louis de Broglie sent toutes les difficultés d'une justification rigoureuse de la validité mathématique de sa conception. Craignant les critiques que ne manquerait pas de soulever l'exposé d'une théorie insuffisamment fondée, il adopte un point de vue qu'il qualifie lui-même de « mitigé » : il place d'autorité le corpuscule au sein de l'onde et suppose qu'il est entraîné comme une particule d'un fluide dont la masse volumique serait égale au carré du

module de la fonction d'onde. C'est la théorie de *l'onde pilote*, théorie généralisant l'image hydrodynamique de Madelung, qui préserve la notion de corpuscule localisé dans l'espace, mais qui se borne à constater le dualisme onde-corpuscule sans en préciser la nature.

Cette communication n'éveilla pas l'écho favorable qu'escomptait notre jeune savant. S'il estimait pouvoir réfuter certaines objections qui lui furent présentées, il apercevait mieux qu'un autre la faiblesse de cette formulation affaiblie de ses conceptions. Il s'était lancé dans cette recherche pour surmonter ce qu'il considérait comme des insuffisances dans la conception de Schrödinger ; d'une part le renoncement à une localisation de la particule ⁷ dans l'onde physique associée se propageant dans l'espace physique et d'autre part, dans le cas d'un système, la propagation de l'onde dans l'espace de configuration du système qui lui paraissait une abstraction dont il estimait de plus la définition ambiguë si on renonçait à localiser les particules dans l'espace ⁸. Mais au Conseil Solvay, un nouveau pas dans le sens de l'abstraction devait être franchi. Heisenberg, guidé par les suggestions de Niels Bohr, venait d'énoncer ses fameuses relations d'incertitude. Les discussions furent vives. Born, Heisenberg et Bohr affirmaient la nécessité de conceptions quelque peu révolutionnaires, imposée par leur interprétation purement probabiliste de la mécanique nouvelle. Lorentz, Schrödinger et surtout Einstein restaient hostiles à cette interprétation. Einstein nous dit que Broglie, « opposait à Bohr de troublantes objections que ce dernier cherchait à écarter par de subtiles raisonnements » tout en développant son assez nébuleuse théorie de la complémentarité.

De retour à Paris, découragé par les difficultés mathématiques qu'il aurait fallu surmonter pour justifier son concept de double solution, impressionné par la faveur qu'avaient rencontrées au Conseil de Solvay les thèses des jeunes et brillants physiciens groupés autour de Niels Bohr et surtout par « les nombreux et incontestables succès remportés par la mécanique quantique avec emploi exclusif de la fonction d'onde » ⁹, Louis de Broglie se résigne à adopter le langage de la mécanique quantique et, avec parfois un peu de réticence, les idées de Bohr sur la complémentarité.

La consécration

En novembre 1928, Louis de Broglie inaugure, après deux cours libres en Sorbonne, son enseignement officiel au tout neuf Institut Henri Poincaré comme chargé d'un cours à la Faculté des Sciences de Paris et il le poursuivra à partir de 1933, et jusqu'à sa retraite, comme titulaire de la Chaire de Théories Physiques. En 1929, il reçoit à trente-sept ans le Prix Nobel de Physique qui vient couronner « la découverte de la nature ondulatoire de l'électron ». Quatre ans plus tard il est élu membre de l'Académie des Sciences. Toutes ces distinctions consacraient à juste titre la gloire de notre jeune physicien. Durant le quart de siècle qui suivit le Conseil Solvay, Louis de Broglie réserve une part importante de son temps à l'enseignement. « Mes cours » dit-il « ont porté sur toutes les branches très variées de la Mécanique Ondulatoire. Je me suis astreint à les rédiger et à les publier presque tous... Naturellement, on n'y trouve en général que l'exposé de questions antérieurement connues : j'ai cependant essayé de repenser par moi-même tous les problèmes et d'incorporer à mon enseignement des remarques originales et le résultat de mes travaux personnels » ¹⁰. Dans un article rédigé quelques jours après la mort de Louis de Broglie, Louis Michel rend un beau témoignage à l'œuvre du professeur. « Louis de Broglie enseigna chaque année un cours avancé qu'il rédigeait ensuite. Ce sont d'excellents cours sur les théories de Heisenberg, Dirac,

Pauli, sur la physique nucléaire et la radioactivité. J'ai personnellement beaucoup appris dans ces cours rédigés »¹¹.

Il ne faudrait pas pour autant oublier les travaux de recherche de ces vingt-cinq années. Ils concernent pour l'essentiel la mécanique ondulatoire du photon et la théorie générale des particules à spin. Louis de Broglie n'oublie pas son intuition et son intention premières de produire une mécanique ondulatoire relativiste dans laquelle il sera possible de faire rentrer le photon. Il ne méconnaît pas l'importance de la théorie quantique du champ électromagnétique due à Jordan, Heisenberg et Pauli, mais elle lui paraît très formelle et elle n'a pas, dit-il « l'aspect d'une mécanique ondulatoire du photon que j'aurais souhaité lui voir prendre »¹².

Dans plusieurs séries de *Notes*, il compare la théorie de Dirac et la théorie électromagnétique, puis construit une mécanique ondulatoire du photon, particule de spin 1 pouvant être considérée comme formée par l'union intime de deux constituants de spin 1/2 décrits par des équations du type de Dirac, construction qui permet « d'affirmer que l'onde électromagnétique de Maxwell coïncide bien avec l'onde du photon ». Dans sa théorie, Louis de Broglie suggère que la masse propre du photon, bien qu'extraordinairement petite, n'est pas rigoureusement nulle. Il fut ainsi amené, bien avant Alexandre Proca, à donner les équations générales de la particule de spin 1, connues aujourd'hui sous le nom *d'équations de Proca*. Un peu plus tard, partant de l'idée que les corpuscules élémentaires ont tous un spin 1/2 et qu'ils peuvent être décrits par les équations de Dirac, il propose une méthode générale - dite de fusion - pour étudier les particules de spin $n/2$ comme union de corpuscules élémentaires de spin 1/2.

Cette théorie n'a pas conduit à tous les succès escomptés, mais la méthode de fusion mise en oeuvre a été reprise et généralisée pour être appliquée à l'étude des mésons en physique nucléaire.

La reconversion aux intuitions premières

Reconnu comme l'un des fondateurs de la physique moderne dans le monde entier, comme le grand professeur de théories physiques de la Sorbonne dans notre pays, comme le plus prestigieux savant de langue française, depuis Henri Poincaré, capable de faire connaître à un large public les résultats les plus étonnants de la science contemporaine et de lui communiquer son émerveillement et son enthousiasme, Louis de Broglie n'a néanmoins jamais été pleinement satisfait durant le quart de siècle qui suivit le Conseil Solvay. Au début des années cinquante s'opère la reconversion qui devait marquer toute son activité scientifique ultérieure. Ce mouvement prend sa source, comme toujours chez Louis de Broglie, dans de longues et vastes contemplations de sa pensée pénétrante mais solitaire. « Reprenant d'anciennes études », écrit-il dans la Biographie scientifique écrite de sa main en 1968, que j'ai trouvée dans nos Archives de l'Académie, « j'avais développé la forme que prend la thermodynamique quand on y introduit les idées de la théorie de la Relativité. Et soudain, je me suis aperçu qu'il existait une curieuse analogie entre la formule de transformation relativiste de la chaleur et la formule de transformation relativiste de la fréquence d'une horloge qui avait joué un si grand rôle dans mes réflexions au moment de ma thèse de doctorat. Et je fus aussi très frappé par l'analogie, déjà vaguement aperçue par Eddington fort longtemps auparavant, entre les deux grands invariants relativistes que sont l'Action et l'Entropie. J'étais ramené ainsi aux idées qui m'avaient guidé lors de la découverte de la Mécanique ondulatoire et je commençais à être tenté de les approfondir à nouveau »¹³.

Il avait entrepris la rédaction de deux cours consacrés à l'exposé de l'interprétation de la Mécanique quantique par l'École de Copenhague qui, à cette époque, était universellement acceptée par les physiciens en dépit des objections d'Einstein et de Schrödinger. Mais, à y réfléchir de nouveau, Louis de Broglie trouvait ces dernières de plus en plus sérieuses ; elles réveillaient les siennes propres et les réponses de Bohr lui paraissaient assez obscures. « Au fur et à mesure que j'avanciais dans la rédaction de ces deux cours je sentais mes idées se modifier et je me demandais si je ne devais pas reprendre mon ancienne tentative d'interprétation de la Mécanique ondulatoire »¹⁴. Il se décida effectivement à reprendre sa théorie de la double solution lorsqu'il eût connaissance de la publication en 1952 de David Bohm dans *Physical Review* sur la théorie des variables cachées, théorie qui reposait sur des idées très voisines de celles que lui-même avait exposées dans ses articles de 1927 sur l'onde pilote.

Dès lors, toute son oeuvre scientifique, une cinquantaine de *Notes et mémoires* et six ouvrages au moins, sera consacrée à l'interprétation de la mécanique ondulatoire pour rétablir « une image physique claire pour la coexistence des ondes et des particules », oeuvre menée trop lentement à son gré pendant les dix dernières années de sa carrière « en raison de ses obligations académiques, universitaires et administratives » mais plus vigoureusement lorsqu'il pourra s'en libérer après sa retraite. Avec quelques collaborateurs fidèles qui l'accompagneront dans sa recherche, hors du mouvement contemporain de la physique, il va tenter de retrouver les résultats connus par des interprétations à ses yeux plus satisfaisantes, plus profondes qui pourraient un jour conduire à la découverte de résultats nouveaux, inaccessibles aux approches conduites dans la mouvance de l'interprétation orthodoxe. Voici quelques étapes de cette oeuvre inachevée : nouveaux travaux sur la loi du guidage pour déterminer le mouvement moyen de la particule dans son onde ; recherches sur l'évolution d'un système à partir du mouvement des particules et de la propagation de leurs ondes dans l'espace physique à trois dimensions pour expliquer le résultat de Schrödinger obtenu par la propagation d'une onde unique dans l'espace de configuration ; tentative de justification du principe « certainement exact » suivant lequel la probabilité de présence de la particule dans un élément de l'espace physique est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde. Pour y parvenir, Louis de Broglie fait appel à l'hypothèse de Bohm et Vigier - combien audacieuse à mes yeux - sur l'existence d'un milieu subquantique inaccessible à nos observations, en constante interaction avec les particules au niveau microphysique observable. Ce milieu subquantique jouerait le rôle d'un thermostat caché avec lequel la particule échangerait de l'énergie : c'est toute une « thermodynamique cachée de la particule » qu'édifie et développe de Broglie, édifice conceptuel qui, à ses yeux, est un « couronnement de la théorie de la double solution », promis à un grand avenir. N'écrit-il pas « je crois avoir montré que le principe de moindre action n'est qu'un cas particulier du second principe de la thermodynamique. Cette identification complète la synthèse que j'avais en vue, il y a plus de quarante ans »¹⁵. Principe de moindre action, principe de Fermat, second principe de la thermodynamique ! Quelle impressionnante synthèse en effet qui justifie la confiance faite au soir de son quatre-vingtième anniversaire « je considère les dix dernières années comme ayant été, au point de vue intellectuel, parmi les plus belles de toute ma vie »¹⁶.

Le drame c'est que, pour l'instant du moins, cet extraordinaire effort et cette perspective grandiose n'ont éveillé aucun écho sérieux et sont restés quasi totalement inconnus. Au soir de cet anniversaire, son fidèle admirateur et ami, André George, avouait déjà, « on demeure confondu qu'un savant de la taille d'un Max Born ait pu écrire : La tentative de Bohm comme celle de de Broglie est aujourd'hui pratiquement oubliée »¹⁷. Cette déclaration de Max Born date de 1965. Les vingt années qui l'ont suivie ne l'ont pas démentie.

Une vie totalement centrée sur la science

Lorsque nous évoquons comme ce soir un grand savant disparu, nous tenons en priorité à retracer son itinéraire scientifique et à mettre en lumière la place qui fut la sienne dans le fantastique et incessant travail d'élaboration des connaissances qui est l'objet premier de l'aventure scientifique. Mais cette priorité ne nous interdit nullement de chercher à connaître et à comprendre dans quel environnement familial, culturel, social s'est inscrit sa vie d'homme de science. Un destin scientifique aussi exceptionnel et aussi singulier que celui de Louis de Broglie mérite d'être éclairé pour être mieux saisi dans toute son originalité.

Une jeunesse protégée

Louis de Broglie est né le 15 août 1892 à Dieppe, vieille cité normande qui était à cette époque une plage très à la mode. Sa famille d'origine piémontaise s'était installée en France vers le milieu du dix-septième siècle au temps du Cardinal Mazarin. Louis était le dernier d'une famille de quatre enfants dont les aînés avaient une vingtaine d'année de plus que lui.

Le discours du Duc Maurice de Broglie, prononcé pour la réception de son frère Louis à l'Académie Française, nous livre quelques précieux renseignements sur l'enfance et la jeunesse du Prince qu'il accueille. Il nous le montre petit garçon jouant sur la plage au bord de la mer. « Rien dans l'enfant sociable et turbulent que vous étiez alors n'annonçait le savant assez austère et même un peu sauvage que vous êtes devenu ». Je me demande si le grand frère n'était pas un peu abusé par cette distance aristocratique que semblait souvent garder Louis de Broglie dans nombre de ses relations, professionnelles notamment. Ceux qui l'ont approché plus quotidiennement, comme nos plus anciens collaborateurs du Secrétariat, se souviennent, eux, de sa gentillesse, de sa simplicité, de son rire, de son humour, de sa gaieté naturelle parfois un peu naïve, un peu enfantine, j'oserais dire de son espièglerie si en toutes circonstances il ne se départissait jamais de son sourire courtois de gentilhomme qui préservait son extrême distinction.

Jusqu'à la classe de seconde c'est dans sa famille qu'avec des précepteurs ecclésiastiques il fait du latin et du grec, avant d'entrer au lycée Janson-de-Sailly pour y préparer les baccalauréats Latin-Sciences, Mathématiques et Philosophie. « Brillant sujet en français, en histoire, en philosophie et en physique, vous n'étiez qu'un élève moyen en mathématiques et en chimie, tandis que le dessin restait votre point faible » rappelle un peu sévèrement le Duc Maurice au jeune Prince Louis. Placé devant les grandes perspectives des études supérieures, Louis, surmontant le sérieux embarras qui apparaît dans son esprit, choisit l'histoire avec une option particulière pour l'histoire du Moyen Âge dans laquelle il apprend à déchiffrer les manuscrits. « Une carrière d'historien et de paléographe semblait s'ouvrir devant vous » rappelle Maurice qui continue ainsi son discours : « Mais au fond de votre âme s'agitait, sans doute, un obscur conflit d'ascendances, peut-être trop diverses, qui s'étendaient des bourgeois intellectuels de Genève aux grands capitaines français des XVII^e et XVIII^e siècles, rarement hommes de cour, mais toujours remuants comme des piémontais du XIII^e, aux diplomates et aux hommes politiques du XIX^e. Et vos hésitations continuaient ». Louis passa une année à commencer avec succès des études de droit.

Mais ensuite, nous dit-il, « à la suite d'une sorte de crise intellectuelle, j'ai décidé de me remettre aux études scientifiques »¹⁸. Voilà comment Maurice décrit cette crise : « Cependant le démon de la philosophie vous guettait. En 1911, replié sur vous-même et méditant sur le mouvement de pensée que représentait alors avec éclat Henri Poincaré, vous faites un coup d'état intérieur et passant sans transition des lettres aux sciences vous changez de faculté. En deux années scolaires vous enlevez la licence ès-sciences ». Notre jeune étudiant est déjà hors du lot commun. Il avoue avec une certaine ingénuité : « Tout en préparant mes examens, je faisais avec une véritable passion d'abondantes lectures. Les livres de Henri Poincaré, les travaux de Max Planck sur les quanta, ceux d'Albert Einstein sur la relativité et sur la nature dualistique de la lumière m'étaient devenus familiers »¹⁸. En novembre 1911, avait lieu à Bruxelles un Conseil Solvay. Au Conseil de Bruxelles, raconte Louis « on avait discuté des divers aspects de la théorie des quanta et d'illustres savants tels que Lorentz, Planck, Einstein, Paul Langevin y avaient fait d'importantes communications. Mon frère qui avait assisté à cette importante réunion avait été chargé - avec Paul Langevin - d'en établir les procès verbaux. Il m'en communiqua des épreuves dont la lecture m'enthousiasma et acheva de me décider à me consacrer à l'étude de ces mystérieux quanta »¹⁸.

En octobre 1913, Louis part au service militaire et est affecté au service de la radiotélégraphie des armées. Il devait rester pendant cinq ans, de 1914 à 1919, au poste de la Tour Eiffel placé sous l'autorité du Général Ferrié. « Pendant toute cette période, toute la technique encore assez rudimentaire des communications par ondes hertziennes a été entièrement transformée, notamment par l'usage des lampes triodes »¹⁹. Il ne peut évidemment poursuivre les travaux théoriques dont il avait eu quelque idée en 1913, mais dit-il, « j'ai alors appris beaucoup de choses. J'ai été amené à réfléchir sur les onde électromagnétiques et les électrons et, continuellement en contact avec l'expérience et la pratique, j'y ai acquis un sens très « réaliste » des phénomènes physiques qui, je crois, manque très souvent aux jeunes théoriciens d'aujourd'hui »¹⁹.

La passion de la « vraie » physique

La guerre achevée, « il est décidé à épouser la science et elle seule » selon la belle formule d'André George²⁰. La Physique sera sa passion. Il l'attend. Il fréquente le laboratoire que son frère a installé dans son hôtel particulier, suit ses études et celles de ses élèves, y participe parfois et publie avec eux quelques « petits travaux » qui, dit-il, « n'ont eu dans mon oeuvre qu'une minime importance ». Son esprit est ailleurs ; il travaille beaucoup chez lui et y poursuit sa patiente réflexion sur la difficile question des ondes et des particules dans les rayonnements. Un jour l'attente est comblée, la rencontre se produit ; la Physique illumine son esprit, lui dévoile un de ses secrets, une de ses merveilles : la coexistence des ondes et des particules dans toute matière. Il organisera bientôt son existence pour mieux pouvoir la contempler, la connaître, la servir. Il s'installe à Neuilly²¹ dans une maison bien tranquille. Il y est entièrement dégagé des soucis matériels grâce au dévouement d'un couple de serviteurs qui préservent sa retraite et l'entourent de leur respectueuse affection. Le bureau avec son ordonnancement un peu austère et son imposante bibliothèque est manifestement le lieu saint, le lieu privilégié consacré au travail et à la méditation.



Monsieur Louis de Broglie

24 octobre 1958

Louis de Broglie mène une vie très régulière, quasi monastique, respectant, quoiqu'il arrive, les horaires qu'il s'est fixés, soit pour les réunions auxquelles il se fait un devoir d'assister, soit pour les promenades au bois de Boulogne. Il voyage le moins possible, ne prend pas de vacances. Est-il besoin d'ajouter qu'il fuit les mondanités ! Toute sa vie, oui toute sa vie, est vouée à la Science et très spécialement à la Physique.

Et toute sa vie il sera hanté par cette première illumination dans laquelle la physique s'est présentée à lui. « Si j'ai eu une grande idée dans ma vie, dira-t-il au soir de ses quatre-vingts ans, c'est sans doute celle que j' ai exposée dans le premier chapitre de ma thèse... Or ce qui est vraiment assez extraordinaire c'est que cette idée fondamentale a été ensuite complètement oubliée par ceux qui ont développé la mécanique ondulatoire dans la forme actuellement enseignée sous le nom de mécanique quantique et que, moi-même, je l'ai pendant longtemps, à partir de 1928, abandonnée. Depuis vingt ans environ, avec l'aide de quelques-uns qui sont ici, je l'ai reprise et considérablement développée » ²². Peut-on trouver mieux que dans ces quelques phrases le résumé de son destin ?

Or ce destin nous interroge. Penser que Louis de Broglie serait l'auteur d'une géniale découverte après laquelle il aurait cessé d'être un chercheur ou encore l'auteur d'une découverte qui aurait épuisé la puissance de son imagination ou sa capacité d'invention est manifestement erroné. Avancer que l'illumination de 1923 aurait tellement impressionné et émerveillé celui qui en fut le bénéficiaire qu'il ne pouvait plus s'en détacher n'est sans doute pas tout à fait inexact. Mais l'explication de ce destin singulier me paraît devoir être cherchée plus profondément dans les conceptions philosophiques et épistémologiques qui habitaient Louis de Broglie, dans l'idée qu'il se faisait de la Physique, d'une théorie physique. Recueillons ses convictions : « La Physique est une science portant sur certains phénomènes observables dans la nature. Elle repose donc essentiellement sur l'observation et sur l'expérience et son rôle est de rendre compte de la *véritable nature* des phénomènes observés » ²³. Il ne nie pas « les succès nombreux et incontestables remportés par l'interprétation actuellement admise de la mécanique quantique » mais il se demande « si derrière ses succès certains et sa rigueur apparente, elle ne nous dissimule pas la *véritable nature* profonde des ondes et des corpuscules... Si ses formalismes élégants et précis atteignent bien *le fond des choses* et si l'interprétation qu'on en propose a bien un caractère définitif » ²⁴. On pourrait multiplier les citations ²⁵ qui montreraient que Louis de Broglie veut atteindre la *vraie* physique, la « *véritable nature* des ondes et des corpuscules ». C'est là le but qu'il assigne à son existence.

Car Louis de Broglie « a la conviction profonde qu'il existe une réalité physique extérieure à nous, qui est indépendante de notre pensée et de nos moyens imparfaits de la connaître sans laquelle l'unité des connaissances humaines, l'accord de tous les hommes sur la constatation des faits seraient incompréhensibles » ²⁶. Il croit aussi à la nécessité de faire reposer nos théories des phénomènes physiques sur des conceptions claires et sur des images précises de leur évolution dans l'espace et le temps ou plus exactement dans l'espace-temps einsteinien. C'est l'abandon d'une représentation concrète de la réalité microphysique dans le cadre de l'espace et du temps qui a entraîné des conséquences paradoxales que Louis de Broglie répugne à admettre, par exemple celle-ci : le corpuscule entre deux manifestations observables n'est plus conçu comme un petit objet localisé dans l'espace ; l'onde elle-même n'est plus considérée comme une réalité physique propageant un champ dans l'espace mais une représentation abstraite et subjective des probabilités des manifestations du corpuscule. Ce n'est plus un *vrai* corpuscule, ce n'est plus une *vraie* onde. Ce n'est plus la *vraie* physique à laquelle Louis de Broglie voulait consacrer sa vie. Après une période d'hésitation et de doute, il reviendra à sa passion première, celle qui constitue sa conviction la plus profonde, sa raison

de vivre, même si la fidélité de son être à la passion de son existence ne va pas sans souffrance, ne serait-ce que la souffrance du désaveu, fut-il silencieux, de ses pairs.

Ce n'est pas le lieu, ici, d'analyser les racines d'une attitude dont on ne peut nier la noblesse et la logique interne. Je voudrais signaler simplement deux traits de sa formation qui en ont pour le moins, je pense, accusé le caractère radical. En premier lieu, son éducation dans une famille où jeune il n'était entouré que d'adultes, hors d'un établissement scolaire où il eût pu faire progressivement l'expérience d'une insertion dans une communauté. Il ne s'est jamais vraiment, semble-t-il, inséré dans la communauté scientifique. Il fréquentait plus les grands anciens dans leurs ouvrages que ses contemporains dans les colloques et les congrès. En second lieu il n'a pas, semble-t-il, aimé les mathématiques ni compris ou admis le rôle qui est le leur dans l'intelligence des phénomènes physiques. Il se méfie de leur abstraction, de leur caractère formel. C'est tout juste s'il n'estime pas leur influence perverse²⁷. Ce théoricien de la physique travaillait sur fond d'un imaginaire qui était plutôt celui d'un physicien expérimentateur.

L'humaniste

La passion pour la *vraie* physique chez Louis de Broglie était le moteur d'une existence toute entière centrée sur la science. C'est ce que montrent les textes dans lesquels il s'est exprimé sur les intérêts qui étaient les siens et sur les idées qui l'habitaient.

« Je n'ai cessé de lire beaucoup, de lire toujours » a-t-il écrit. Il suivait avec un intérêt, beaucoup plus qu'on ne l'imagine souvent, les progrès des sciences et des techniques. Jean Hamburger eut l'étonnement, lors de la visite d'usage à l'occasion de son entrée dans notre Compagnie, de le voir l'interroger longuement sur les principes du rein artificiel et, pendant une heure, discuter des moyens possibles pour améliorer l'appareil. Louis de Broglie marquait un intérêt très particulier pour la radio dont il a toujours suivi les progrès, grâce à l'emploi des radars et l'utilisation d'ondes de plus en plus courtes conduisant à l'utilisation pour l'émission et la réception de dispositifs tout à fait différents de ceux qu'il avait connus dans ses jeunes années à la Tour Eiffel. À la demande du C.N.R.S., il recense pendant la guerre 39-45 les travaux récemment publiés aux États-Unis sur les ondes centimétriques, les guides d'onde, les cornets... C'est l'origine d'un ouvrage, « Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques », qui a rendu bien des services aux radioélectriciens français, mal informés à l'époque des questions nouvelles relatives à l'emploi des hyperfréquences.

Au début de son discours de réception à l'Académie Française où il remplaçait Émile Picard, Louis de Broglie s'interroge sur « la place exacte que tient la recherche scientifique parmi l'ensemble des activités spirituelles qui sont représentées au sein de votre Compagnie ». C'est l'occasion d'admirables pages où nous percevons quelque chose de l'esprit qui l'anime : « Pour pouvoir soulever un coin du voile des apparences sous lesquelles se cachent les insondables mystères du réel, il faut être guidé par des intuitions profondes et par un sentiment puissant de l'harmonie et de la beauté du monde. Comme si elle n'était qu'une vaste oeuvre d'art, la Nature ne livre ses intimes secrets qu'à ceux qui savent en comprendre la beauté. Aussi la Science, dans ce qu'elle a d'élevé, n'est pas une sèche nomenclature de théorèmes ou de résultats expérimentaux ; elle est le tableau de la réalité éclairé par la lumière de la pensée humaine. On a dit de l'Art qu'il était l'homme ajouté à la nature ; tout aussi bien peut-on en dire autant de la Science ? »

Par ses lectures personnelles et en préparant celles qu'il a faites sous cette Coupole comme Secrétaire perpétuel suivant une tradition, dit-il, inaugurée par Fontenelle, il avait longuement fréquenté « les grands pionniers de la Science » et il constatait chez eux « une sensibilité vive quoique parfois contenue, un esprit élevé, une culture raffinée ». Ce qui le portait à conclure : « Beaucoup d'entre eux ont été les représentants d'une sorte d'humanisme scientifique, un peu différent sans doute de l'humanisme des lettrés, mais qui lui aussi possède une haute valeur intellectuelle et un incontestable charme »²⁸.

L'expression « humanisme scientifique » implique chez celui qui la fait sienne la conviction que la Science affecte d'une certaine manière tous les champs de l'expérience humaine dans des proportions qui, certes, peuvent être variables selon les personnes concernées et selon les domaines de leur expérience. « Le Savant doit donc aujourd'hui se préoccuper de la vulgarisation scientifique, nous dit Louis de Broglie²⁹, d'abord parce qu'elle est devenue, bien plus que par le passé, une nécessité et un élément du progrès intellectuel de la masse des hommes, mais aussi parce qu'elle comporte des dangers et peut se heurter à bien des écueils ». Comme nous l'avons déjà dit il y a un instant, Louis de Broglie a magnifiquement rempli ce devoir. Nul mieux qu'à lui s'applique ce qu'il dit des représentants de l'humanisme scientifique : « Dans l'œuvre de ces savants la précision de la pensée et l'élégance de la forme contribuent à adoucir ce qu'ont parfois d'un peu austère les sujets traités, et les rendent ainsi plus accessibles à un cercle étendu de lecteurs cultivés »³⁰.

Cet homme dont la vie entière est centrée sur la Science, bien que nourri des humanités gréco-latines, n'hésite pas à se faire l'avocat de la culture scientifique³¹ : « On ne peut plus concevoir une culture vraiment complète sans de larges vues sur l'évolution des sciences et leurs conquêtes ». Après avoir évoqué avec chaleur « le rôle incontestable qu'a joué la pensée antique dans le développement intellectuel de l'humanité », il ajoute : « mais le temps qui s'écoule, inexorable, nous éloigne de plus en plus de cette séduisante adolescence du savoir et de la sensibilité humaine... Toute une nouvelle culture générale devra prendre progressivement la place de l'ancienne, culture générale où les humanités classiques ne pourront plus occuper qu'une place progressivement réduite ». Il souligne la « grande valeur éducative des sciences », du moins pour ceux qui sont capables de les accueillir. Pour les autres il formule une suggestion très heureuse que, à mon sens, on n'a pas suffisamment retenue : « On pourrait espérer rendre accessibles, même à des jeunes gens peu tournés vers les sciences, l'intérêt des progrès réalisés dans leur domaine, les lumières ou les lueurs que ces progrès projettent sur les énigmes de la nature et sur les questions qui, de tout temps, ont préoccupé l'intelligence humaine. L'histoire et la philosophie des sciences pourraient être utilement introduites dans l'enseignement de façon à faire comprendre, même à des élèves peu aptes aux études scientifiques, la grandeur de la science et la portée de ses découvertes ».

Mais après avoir célébré l'apport des sciences à un « humanisme nouveau plus large que l'ancien », il affirme : « Il ne suffit pas de connaître la nature... il faut aussi nous connaître nous-même. Une culture générale vraiment digne de ce nom devra donc toujours comporter, en dehors de l'acquisition des connaissances scientifiques, une réflexion approfondie sur la complexité de la nature humaine... une initiation aussi à l'art de sentir et de vouloir. C'est là l'essence de l'humanisme et de la signification même de ce mot. Un humanisme moderne, même s'il doit devenir tout à fait indépendant de la culture gréco-latine, devra toujours réserver une place importante aux études littéraires ». Et il n'oublie ni l'éducation artistique, ni l'éducation physique. Il termine ce vibrant plaidoyer en faveur d'une culture largement scientifique par cette inattendue profession de foi humaniste : « Au fond, l'objet essentiel d'une éducation digne de ce nom sera toujours l'étude complète de la personne humaine placée naturellement dans son milieu et dans ses conditions d'existence. On peut soutenir presque sans paradoxe qu'il n'y a qu'un seul objet de connaissance : notre vie intérieure »³¹.

La vie intérieure de Louis de Broglie est toute entière centrée sur la Science, une Science vécue dans les larges perspectives qui furent celles des « Lumières ». Il célèbre avec lyrisme le XVIII^e siècle. Quand il évoque la fin du XVII^e ³², Pascal qui meurt en 1662 laissant une oeuvre scientifique géniale, l'*Académie Royale des Sciences* fondée en 1666, la construction de l'Observatoire de Paris où brilleront les Cassini, les Picard et les Roemer en 1667, Boyle, Mariotte, Hooke qui font progresser les diverses branches de la Physique, Christian Huygens qui s'apprête à faire une grande oeuvre en Mécanique et en Optique tandis qu'un jeune homme taciturne, Isaac Newton, a déjà aperçu dans son esprit les grands principes du calcul infinitésimal et de la Mécanique et pressenti les lois de la gravitation universelle, c'est pour conclure: « C'est alors dans tout son éclat, l'aurore de la Science moderne ». Et au milieu de son étude sur la Science au siècle suivant, il s'interrompt pour s'émerveiller ³³ : « Comment les savants du milieu du XVIII^e eussent-ils pu ne pas être enthousiasmés par de tels progrès ! L'habitude du raisonnement scientifique avait rendu leurs esprits plus hardis et ils étaient, plus que leurs grands prédécesseurs du XVII^e, affranchis des préjugés traditionnels. Ils croyaient voir s'ouvrir devant eux une ère nouvelle où les sociétés humaines guidées par la raison iraient, grâce aux découvertes scientifiques de progrès en progrès. Éblouis par de telles perspectives, ils n'hésitaient pas à baptiser le temps où ils vivaient « Siècle des lumières ». Peut-être pensera-t-on que l'avenir n'a pas entièrement réalisé leurs espérances. Mais si dans leur enthousiasme entraînent quelques illusions, tout au moins doit-on reconnaître que ces illusions étaient nobles ».

Louis de Broglie nous livre quelques-unes de ses méditations intérieures dans un autre texte intitulé : *La science contemporaine et les valeurs humaines traditionnelles* ³⁴. L'analyse des vertus morales du savant penché sur son travail est assez classique. Plus originale à mes yeux est la tentative d'attribuer à l'exercice de la Science, tel que le conçoit Louis de Broglie, des vertus analogues aux vertus théologiques du christianisme : la Foi, l'Espérance et la Charité. « Le véritable adepte de la Science, quelles que soient par ailleurs ses tendances et ses convictions, est à sa manière un croyant parce qu'il croit à la valeur de la Science, à la puissance de l'esprit pour aborder et pour résoudre les problèmes que l'observation du monde extérieur et l'extension même de nos connaissances nous posent sans arrêt ».

« À cette foi se joint une Espérance : celle que les progrès de la science, en assurant une emprise de plus en plus forte de l'intelligence sur le monde matériel, se traduisent par une sorte d'ascension progressive, de montée vers l'Esprit, liée à une tendance profonde de l'évolution de la vie » ³⁴.

Puis évoquant l'augmentation continue de notre puissance d'action grâce au progrès de la Science qui se manifeste par les progrès de l'industrie et de la médecine, de Broglie s'écrie : « Ainsi apparaît une autre figure de la Science : penchée sur les difficultés de la vie quotidienne, sur les misères de la condition humaine, elle cherche à aider les hommes, à améliorer leur existence, à les panser et à les guérir. Ainsi s'illumine-t-elle du sublime rayonnement de la Charité. Beaucoup de savants au grand cœur sont particulièrement sensibles à cet aspect social, humain, bienfaisant de la Science : il contribue largement à assurer à la science le crédit dont elle jouit auprès des foules » ³⁴.

Comment ne pas évoquer, en terminant, le texte intitulé : *Le savant à son dernier quart d'heure ?* ³⁵ et qui commence ainsi : « Parvenu au terme de notre vie et qui d'entre nous, quel que soit son âge, est sûr de ne pas être sur le point d'y parvenir ?, il est naturel que nous cherchions à en dégager le sens et à porter un jugement sur les activités que nous avons pu avoir pendant notre existence ». Le titre laisserait attendre un examen de conscience sur les multiples facettes de l'existence. Pour Louis de Broglie, l'existence c'est la Science ; aussi nous livre-t-il une nouvelle méditation sur la Science et le destin du savant. Brossant l'histoire du monde depuis l'apparition de la Vie à la surface de la Terre, puis de la Conscience, puis de

la Pensée « ce qui fait l'éminente dignité de l'Homme et la place exceptionnelle qu'il tient dans la nature », puis de la Science dont le travail « consiste en une sorte d'étrange reconquête par laquelle, en venant se refléter dans la conscience et la raison des hommes, le Monde apprend à se connaître lui-même », il ajoute « grâce à la Science et à ses applications techniques, l'homme va régenter la Terre et en transformer l'histoire : nul ne sait où dans ce domaine s'arrêtera son oeuvre... Enthousiasmé par les perspectives que de pareilles pensées lui découvrent, l'homme de science peut s'exalter à l'idée qu'il participe, plus que tout autre, à cette évolution progressive du monde. Il sera tenté de s'écrier avec Jean Perrin : «Grâce aux êtres vivants de plus en plus différenciés où s'organise sa structure, l'Univers s'élève graduellement à une Pensée de plus en plus vaste, au point de devenir une Volonté qui dirige elle-même son Histoire ».

« Et cependant, poursuit notre confrère, il y a un argument redoutable qui peut nous faire craindre que nos espoirs ne soient vains et notre enthousiasme naïf. La Vie, la Pensée, la Volonté, nous ne les connaissons qu'ici à la surface de la Terre, cette petite planète d'un modeste système solaire... Toutes les choses qui tout à l'heure nous rendaient si fiers et confiants nous apparaissent maintenant comme réduites à néant par l'immensité de l'espace. Et puis il y a aussi l'immensité du temps, la mort finale qui menace la terre, le système solaire... Nous sommes opprésés par de telles idées et nous sommes tentés de tomber dans la désespérance ».

« Mais, conclut Louis de Broglie, peut-être sommes-nous victimes d'une illusion et attribuons-nous trop d'importance à l'espace et au temps, simples cadres de nos perceptions... Peut-être tout l'Univers que nous connaissons depuis l'Atome jusqu'à la nébuleuse spirale n'est-il qu'une petite tranche de la Réalité, bien plus vaste, que quelque surhomme parviendra peut-être un jour à connaître partiellement... Ainsi la pensée humaine parvenue à un stade plus élevé de son développement apercevra-t-elle peut-être un jour, au-delà des lisières de l'Espace et du Temps, le véritable sens de l'œuvre que, prolongeant et couronnant l'effort de la Vie, elle aura cherché sans se lasser, à accomplir. Tel est l'espoir suprême qui, au soir de son existence, peut reconforter le savant parvenu au terme de sa tâche »³⁵.

Une existence offerte à notre méditation

Une telle existence nous interpelle. Certes, chacun de nous retire de sa méditation des enseignements qui répondent à ses propres questionnements, mais aucun de nous, me semble-t-il, ne peut rester indifférent devant un tel destin. Permettez-moi, dans cette dernière partie qui servira de conclusion, d'évoquer rapidement quelques pistes de réflexion pouvant avoir une portée assez générale.

L'aventure scientifique est imprévisible

Si nous essayons de saisir comment nos grands anciens ont vécu et vu la science, comment leur travail scientifique, leurs recherches, leurs résultats prestigieux ont formé et nourri

leur imaginaire, sculpté leurs idées sur la science et, plus ou moins explicitement, influencé leurs conceptions philosophiques, éthiques et culturelles, on ne peut que prendre conscience du caractère imprévisible de l'aventure scientifique. Beaucoup ont essayé de saisir ce qu'est la science, son objet, la signification de ses acquis, les perspectives de son avenir. Leurs réflexions ont soutenu l'ardeur et l'enthousiasme de leurs recherches. Souvent ce qu'ils avaient entrevu ou cru ne s'est pas trouvé pleinement et totalement confirmé par le développement de la science. Ce dernier est en effet parfois quelque peu déconcertant. On croit tenir quelques assurances définitives : l'espace et le temps que l'on baptise *absolus* et ils se révèlent relatifs, le déterminisme qui apparaît implacable et l'on découvre les limites de sa validité opérationnelle, la réalité du monde offert à notre investigation qui fonde la connaissance objective et cette réalité devient insaisissable en toute rigueur. Louis de Broglie n'a pas pu se résigner, malgré une tentative de vingt-cinq ans, à une physique qui méconnaissait si fondamentalement les idées de base sur lesquelles reposait jusqu'alors cette discipline et qu'il lui paraissait essentiel de ne pas abandonner. Il n'était pas le seul. N'est-il pas impressionnant de constater que Lorentz, Einstein, Schrödinger, comme Louis de Broglie, tous ces créateurs de la nouvelle Physique, n'ont cessé d'affirmer leur désaccord sur les présupposés qui en permet l'exercice et de formuler des remarques critiques et des objections ³⁶.

Ces exemples ne devraient-ils pas nous mettre en garde contre des affirmations trop péremptoires que nous pourrions être tentés, les uns et les autres, d'avancer sur ce qu'est notre science, sur sa signification, sur sa portée ? Que dira-t-elle dans cinquante ans, dans un siècle ? Qu'aura-t-elle dévoilé ? Nous savons depuis longtemps que l'homme de science doit rester humble devant les faits. Ne faut-il pas aussi qu'il soit humble devant l'interprétation qu'il en propose ou devant l'idée qu'il s'en fait ? Il est bon, me semble-t-il, d'avoir découvert que la Science, comme toutes les aventures de l'esprit, garde son mystère ³⁷.

Une situation épistémologique nouvelle et quelque peu incertaine

La mécanique classique, la physique macroscopique avaient appris depuis le début de notre siècle qu'elles construisaient des modèles capables de décrire avec une approximation sans cesse croissante à partir de concepts et de méthodes sans cesse plus globalisants, et donc plus performants, une réalité qu'elles n'avaient pas - ou n'avaient plus - la prétention d'atteindre dans son essence. Mais les physiciens des constituants de la matière à l'échelle la plus petite qu'ils puissent atteindre, pensaient qu'ils recherchaient et allaient trouver les secrets les plus intimes de cette matière. La théorie des quanta a engendré une situation assez nouvelle. Elle doit, elle aussi, procéder par modèles, et par modèles dont le langage et les modes de pensée privilégiés sont sans cesse plus mathématiques. Mais avec elle, une autre étape est franchie. Les idées que Bohr a mises à la base de la physique atomique et subatomique - savoir l'objectivité scientifique réduite à une simple intersubjectivité et l'impossibilité de penser les systèmes physiques comme ayant des propriétés définies, connues ou inconnues, indépendamment des conditions d'observation - sont les règles du jeu des physiciens quantiques sur lesquelles depuis soixante ans ils fondent leurs recherches dont la hardiesse et la fécondité font notre étonnement et notre admiration. Louis de Broglie ne peut pas admettre ces règles du jeu, ces *recettes* comme il les qualifie souvent. La divergence avec ses collègues physiciens est bien d'ordre épistémologique. Il refuse l'attitude pragmatique des hommes de science d'aujourd'hui que l'on pourrait résumer ainsi : « Continuons à utiliser et à développer nos modèles tant qu'ils sont opératoires et qu'ils n'ont pas conduit à un résultat erroné. Il sera

toujours temps de les amender ou de les remplacer le jour où ils se révéleront insuffisants ». Louis de Broglie craint qu'une telle attitude, si elle devait se poursuivre, méconnaîtrait « le but le plus élevé de la recherche scientifique fondamentale qui est de répondre au désir de comprendre et de représenter clairement la réalité physique ». C'est donc au nom d'une conception philosophique de la physique que Louis de Broglie refuse de s'insérer dans la physique de son temps et conduit en solitaire sa recherche.

Mais il faut bien reconnaître le caractère pour le moins paradoxal de la situation. Comme le rappelle Bernard d'Espagnat ³⁸, tous les physiciens sont certes disciples de Bohr quand ils font de la physique. Mais adhèrent-ils aux présupposés de Bohr formulés plus haut ? Einstein, après avoir rappelé sa conviction : « Il y a quelque chose comme l'état réel d'un système physique qui existe objectivement, indépendamment de toute observation ou mesure, et qui peut en principe se décrire par les moyens d'expression de la physique », avait-il tort d'ajouter : « Tous les hommes, y compris les théoriciens quantiques tiennent fermement, en effet, à cette thèse sur la réalité tant qu'ils ne discutent point les fondements de la théorie quantique » ³⁹. Est-il bien logique d'estimer que, dans la controverse Bohr-Einstein, Bohr a gagné, sachant que l'argumentation de Bohr repose sur les règles d'interprétation qu'il a posées, si l'on ne donne à ces règles qu'une signification opératoire. Bien des questions soulevées encore aujourd'hui par la physique quantique semblent nous laisser dans une situation qui n'est pas très confortable car les règles du jeu en vigueur conduisent soit à renoncer à la claire vision de la physique classique et c'est un certain mystère réintroduit au sein d'une réalité matérielle dont la science pensait l'avoir chassé, soit à conserver, comme Louis de Broglie et Einstein, cette vision classique en dépit de la démarche du physicien qui la renie quotidiennement dans sa recherche ⁴⁰.

Réinventer le dynamisme de la science

Quoi qu'il en soit, nous nous trouvons aujourd'hui dans l'ensemble bien d'accord pour adopter l'attitude épistémologique - qui peut être rattachée à la formulation poppérienne - selon laquelle les disciplines scientifiques développent des connaissances en créant des modèles dont la fécondité opérationnelle est en définitive le seul critère de leur exercice. Nous ne cherchons plus *la vérité*, *la vraie physique*, mais des vérifications qui sans cesse accroissent nos pouvoirs d'action.

La nouveauté de cette situation dont la portée est souvent méconnue, apparaît mieux à la lumière de l'existence de nos grands anciens, d'une existence comme celle de Louis de Broglie, très particulièrement. On peut la percevoir comme une coupure épistémologique entre les sciences et la Science, concept qui revêt dès lors un caractère métascientifique. C'est de cette faille épistémologique que naissent la plupart des interrogations sur la Science, celles qui se posent à chacun de nous, celles qui se posent à la communauté scientifique et à nos sociétés.

On peut certes les méconnaître. Je me souviens de cette interpellation d'un jeune maître de recherche, il y a une bonne quinzaine d'années : « Votre génération a vécu la science comme une vocation, nous, nous la vivons comme un métier ». De fait la tentation peut être grande aujourd'hui de renoncer à la science conçue comme une aspiration, un défi, une espérance, une aventure dont la portée dépasse infiniment la portée des connaissances élaborées, une aventure « pour l'honneur de l'esprit humain » selon la belle formule que Jacobi

proposait comme objectif aux mathématiciens. Mais consentir à ce renoncement, c'est consentir à ce que, comme l'écrit un brillant essayiste contemporain, la science ne soit bientôt plus que le mythe de la recherche-développement. N'est-ce pas trahir l'héritage que nous avons reçu, la conviction profonde qui a habité ceux qui nous ont précédé, selon laquelle l'aventure scientifique est une étape significative toute nouvelle - elle date seulement d'un petit nombre de siècles - dans la longue aventure de l'humanité vers une plus grande plénitude humaine. Les grands anciens sont un peu pour la communauté scientifique comme les saints pour la communauté des croyants : des exemples que nous n'avons pas sans doute à imiter dans le détail de leurs démarches et de leurs pensées mais dont nous pouvons nous inspirer et auprès desquels nous pouvons réchauffer notre ardeur pour élaborer notre propre vision des choses. Car pour eux la Science était bien une grande et belle aventure. Sans doute les grandes idées et les grandes espérances qui les animaient, telles que le dévoilement de la Réalité et sa connaissance, l'Univers, la Pensée, la Raison, la Volonté, la Conscience..., nous ne pouvons plus les vivre tout à fait comme eux. Ne les évoquons pas trop vite avec un sourire condescendant. De quelles idoles, de quels dieux, de quel dieu, peuplons-nous notre propre ciel, notre propre imaginaire si vous préférez ? Sans doute, plus que par le passé, avons-nous aujourd'hui à vivre la science sur le mode de la responsabilité plus que sur le mode de la contemplation ou sur celui du rêve d'une idyllique vision d'avenir. N'en faisons-nous par quotidiennement l'expérience dans notre Compagnie qui, comme le disait si justement et si profondément Pierre Jacquinot, agit aujourd'hui comme une conscience, « une conscience du monde scientifique » et ajoutait-il, « pourquoi pas, dans certains cas, une conscience scientifique du monde »⁴¹.

Soyons-en persuadés, la science à chaque époque n'a pas d'autre visage que celui que lui donnent ceux qui la pratiquent. C'est là, à mes yeux, que réside la responsabilité première des hommes de science, la responsabilité fondamentale de chacun de nous. Nos grands anciens, et Louis de Broglie très particulièrement aujourd'hui, n'appellent-ils pas chacun de nous, avec ses succès et ses limites - et les premiers même prestigieux n'empêchent pas les secondes -, avec ses convictions et ses incertitudes - et les premières, là encore, n'empêchent pas les secondes -, à réinventer, à vivre et à transmettre, dans la quotidienneté de son existence, l'idéal et l'avenir de la Science, si exaltants et pourtant si mystérieux.

NOTES

¹ Voici le texte complet du passage dont sont extraites ces citations Texte 7 :

« C'est en 1905 que, faisant ainsi une synthèse des anciennes théories corpusculaires de la lumière alors abandonnées et des théories ondulatoires de Fresnel et de Maxwell unanimement adoptées, Albert Einstein a affirmé que dans la lumière il y a à la fois des ondes et des corpuscules, nos photons d'aujourd'hui, et en a tiré l'interprétation jusque là impossible de l'effet photoélectrique. Plus de vingt ans plus tard, en 1923, j'ai eu la hardiesse d'étendre la coexistence des ondes et des particules en supposant que non seulement les photons de la lumière, mais toutes les autres particules de la matière, comme les électrons, sont accompagnés d'une onde, Pour moi, comme cela avait été aussi l'idée d'Einstein, il s'agissait non pas d'une vague et peu compréhensible « dualité » mais d'une véritable *coexistence* de l'onde et de la particule, toutes deux présentes dans l'espace physique et intimement liées l'une à l'autre. Mais tandis que la conception que j'avais ainsi mise à la base de la Mécanique ondulatoire se trouvait confirmée par les travaux mathématiques d'Erwin Schrödinger et par la découverte expérimentale de la diffraction des électrons, une nouvelle interprétation du double aspect corpusculaire de la lumière et de la matière se développait grâce aux travaux de Niels Bohr, de Max Born et des jeunes théoriciens de l'École de Copenhague, interprétation qui, pourrait-on dire, dépouillait les notions d'onde et de particule de toute leur substance. »

² Texte 1, p. 460-461.

³ Texte 9.

⁴ Réimpression par Masson, Paris 1963 sous le titre « Recherches sur la Théorie des Quanta ».

⁵ Maurice de Broglie dans le discours prononcé à l'Académie Française le 31 mai 1945 pour la réception de Louis à l'Académie Française révèle : « Jean Perrin présidait le jury de votre doctorat ; comme je lui demandais ce qu'il pensait de vos conceptions : « Tout ce que je puis dire, me répondit-il, c'est que votre frère est bien intelligent ». Un peu plus tard le grand physicien hollandais Lorentz, qui passait alors pour le maître incontesté de la physique théorique, me confiait aussi qu'il ne croyait pas que la voie, que vous paraissiez ouvrir, fût la bonne pour sortir de l'impasse où la physique était acculée ».

Charles Mauguin, membre du jury, écrit dans un texte de 1952 ouvrage sur Louis de Broglie - 1953 -, p. 434 « Quelle fut la réaction du jury en écoutant l'exposé de cette thèse fait avec une rare élégance de forme et une grande force de persuasion ? Il fut naturellement « unanime à reconnaître l'originalité et la profondeur » des idées du candidat et à lui rendre hommage d'avoir poursuivi avec « une maîtrise remarquable un effort qui devait être tenté pour vaincre les difficultés au milieu desquelles étaient les physiciens », rapport de Paul Langevin.

« Pourtant je dois faire un aveu. Je n'ai pas cru, lors de la soutenance de la thèse, à la réalité physique des ondes associées aux grains de matière. J'y voyais plutôt des êtres de raison très intéressants parce qu'ils permettaient pour la première fois d'échapper au caractère tout à fait empirique des règles de quantification dont ils fournissaient une interprétation simple presque familière, analogue aux lois des cordes vibrantes... C'est seulement après les expériences de Davisson et Germer 1927, de Thomson 1928 et lorsque j'eus en mains les beaux clichés obtenus par Ponte à l'École normale diffraction d'électrons par des pellicules de ZnO que je compris l'inconsistance le ridicule, l'absurdité de mon attitude ».

⁶ Texte 1, p. 344.

⁷ Voir par exemple Texte 12, p. 211 :

« Avec M. Schrödinger, on ne conserve plus comme réalité physique que l'onde et l'on renonce à la notion de corpuscule, celui-ci ne devant plus être qu'une apparence ondulatoire : mais cette hypothèse n'a jamais pu être développée d'une façon cohérente et elle ne me paraît pas conciliable avec l'existence expérimentalement certaine des manifestations corpusculaires localisées ».

⁸ Voici à cet égard un passage significatif du Texte 12, p. 212 :

« En mettant sur le même pied la propagation de l'onde d'un système dans l'espace de configuration et celle de l'onde d'un corpuscule dans l'espace physique, M. Schrödinger enlevait aux ondes continues qu'il considérait tout caractère de réalité physique objective car la propagation d'une onde dans l'espace abstrait de configuration ne peut être que purement fictive. À partir de ce moment, qu'on le voulût ou non, l'onde de la Mécanique ondulatoire était devenue une abstraction ».

Louis de Broglie écrit encore dans le texte : « Malgré le succès mérité de la théorie de Schrödinger et des très belles applications que l'on en avait faites, la disparition de toute particule localisée me troublait d'autant plus que Schrödinger, pour étudier les ensembles de particules, utilisait un espace de configuration formé, comme en Mécanique classique, par les coordonnées des particules. Or, que peuvent signifier les coordonnées de particules qui ne sont pas localisées ? »

⁹ Texte 10, p. 344.

¹⁰ Texte 1, p. 471-472.

¹¹ *La Croix-l'Événement* 21 mars 1987.

¹² Texte 1, p. 473.

¹³ Texte 13, p. 12.

¹⁴ Texte 13, p. 13.

¹⁵ Texte 13, p. 18.

¹⁶ Texte 8, p. 386.

Dans ce qui semble être son dernier article, Texte 11, Louis de Broglie semble moins assuré sur la portée de ses travaux de ses vingt-cinq dernières années.

*Louis de Broglie ou la passion de la « vraie » physique, par Paul Germain, Secrétaire perpétuel
Lecture en séance publique le 7 décembre 1987*

« À partir de 1950 de nouvelles réflexions m'ont conduit à revenir à mes idées primitives et à chercher à les perfectionner. Je n'ai pu d'abord que progresser assez lentement et c'est seulement en 1962 que ma retraite universitaire m'a permis de me consacrer plus complètement aux idées auxquelles j'étais revenu. Mais, déjà âgé et ayant conservé quelques obligations, je n'ai pu faire que des efforts limités. Il en est résulté que je n'ai pu que projeter quelques jets de lumière à travers l'obscurité qui plane sur la Physique quantique ».

¹⁷ 1973, p.17.

¹⁸ Texte 13, p. 1 et 2.

¹⁹ Texte 13, p. 2 et 3.

Dans le texte 8, p. 384, Louis de Broglie écrit encore :

« Au poste de la Tour Eiffel, où je suis resté pendant cinq ans et demi, j'ai beaucoup appris non seulement, bien entendu, en ce qui concerne l'électromagnétisme, l'électronique, la radio alors en pleine expansion, mais aussi au point de vue pratique, car j'ai eu à faire démarrer de grosses machines électriques, à réparer des appareils, à entretenir des accumulateurs, à graisser des moteurs et autres travaux que je n'avais pas du tout appris à la Faculté des Sciences ».

²⁰ 1973, p. 4.

²¹ La Comtesse de Pange, sœur de Louis de Broglie, écrit dans un de ses livres :

« Au cours de ses promenades solitaires qui le mènent toujours vers Neuilly, Louis a repéré un coin tranquille, une petite maison dans un lotissement où il pourra vivre à sa guise, sans bruit, loin du monde, concentré dans sa pensée. La rue Peronnet à Neuilly en 1928 est presque un chemin campagnard. L'environnement a changé depuis, mais Louis, très confortable dans son petit logis rempli de jolies choses qui lui reviennent par son héritage, et aussi des cadeaux insolites que lui font ses disciples du monde entier, y médite encore aujourd'hui de nouvelles recherches ».

²² Texte 8, p. 387.

²³ Texte 11.

²⁴ Texte 6, p. 20 et 21.

²⁵ « Or à l'heure actuelle, il me paraît certain que la Physique quantique, telle qu'on l'enseigne aujourd'hui, n'est qu'une théorie statistique très souvent exacte, mais qui ne fournit pas une véritable image des phénomènes microphysiques » Texte 11.

Voir aussi la conclusion du Texte 9 : « Je pense que leurs idées primitives, telles que je les ai reprises et développées dans ces dernières années, permettent de comprendre la véritable nature de la coexistence des ondes et des particules dont la Mécanique quantique usuelle ne nous donnent qu'une vue statistique exacte sans nous en révéler la véritable nature ».

²⁶ Texte 7, p. 44.

²⁷ On pourrait citer de nombreux extraits où Louis de Broglie exprime sa méfiance à l'égard des mathématiques.

« Sans doute, le physicien théoricien doit-il, pour préciser ses démonstrations, faire appel aux Mathématiques aux Mathématiques anciennes plus sans doute qu'aux Mathématiques dites modernes. Mais les représentations mathématiques qu'il utilise ne doivent être qu'une manière de représenter avec précision la nature des phénomènes physiques étudiés et ne doivent pas se réduire à une simple gymnastique intellectuelle » Texte 11.

Maurice de Broglie nous rappelle, comme indiqué plus haut, que Louis n'avait en mathématiques que des résultats moyens à Janson-de-Sailly ; vraisemblablement, ses précepteurs ecclésiastiques ne l'avaient pas préparé à découvrir l'attrait de cette discipline.

Notons enfin que les deux traits de sa personnalité, de sa formation, qui viennent d'être signalés et la vue « très philosophique » de la physique qu'ils ont contribué à lui donner, expliquent peut-être que, paradoxalement, Louis de Broglie n'a eu que peu d'élèves. Je ne suis certainement pas le seul à avoir éprouvé quelques déceptions lors des conférences qu'il nous fit à l'École normale Supérieure. Les quelques élèves qu'il a rassemblés - et qui lui furent en général très fidèles, il faut le reconnaître - m'ont toujours paru davantage mus par des préoccupations philosophiques que par l'attrait de participer à l'élaboration de nouvelles avancées de la physique théorique sur l'inconnu.

*Louis de Broglie ou la passion de la « vraie » physique, par Paul Germain, Secrétaire perpétuel
Lecture en séance publique le 7 décembre 1987*

²⁸ Il faut noter ici les nombreuses monographies écrites par Louis de Broglie, le plus souvent pour les séances solennelles de l'Académie, évoquant les savants les plus prestigieux : Émile Picard, André Blondel, Charles-Eugène Guye, Jean Perrin, Charles Fabry, Paul Langevin, Albert Einstein, Hendrik Lorentz, Aimé Cotton, Émile Borel, Frédéric Joliot, Georges Darmois, Jean Becquerel, Camille Gutton, Albert Pérard, Bernard Lyot, André Danjon, Niels Bohr, Sir Chandrasckharan Raman.

²⁹ Texte 3.

³⁰ Discours de réception à l'Académie Française. Notons les deux phrases qui suivent :

« Qu'une telle tradition se maintienne parmi les savants, c'est une chose plus souhaitable à notre époque plus qu'à une autre. Le grand danger que présente, en effet, l'admirable foisonnement des découvertes dans toutes les branches de la connaissance scientifique pour la période contemporaine, c'est l'éparpillement des efforts, la spécialisation trop grande des chercheurs ».

³¹ Texte 4.

Voici quelques passages en complément de ceux cités, extraits de ce texte, qui révèlent des traits, parfois méconnus, de la pensée de Louis de Broglie :

« S'il fallait établir entre les trois termes du triptyque « pensée, sentiment, action » un ordre de priorité, ce serait sans doute au sentiment qu'il faudrait accorder la première place puisqu'en dernière analyse, il est le moteur de toutes nos pensées et de toutes nos actions ».

On sera moins surpris par son appréciation sur le maniement de la langue :

« L'étude des Lettres a en partie pour but et pour effet d'apprendre à manier avec aisance sa langue maternelle ou, éventuellement, des langues étrangères, à en connaître les ressources et les finesses, et c'est là une chose vraiment indispensable à notre époque où, toutes choses devenant plus complexes, il est nécessaire de savoir unir la nuance à la précision. Même dans le domaine des sciences, cette nécessité d'une connaissance fine et approfondie de la langue que l'on emploie pour parvenir à traduire tous les raffinements de la pensée complexe des savants modernes est plus évidente que jamais ».

Les chercheurs d'aujourd'hui ne semblent guère appliquer cette recommandation. Ils préfèrent en général utiliser le langage mathématique et un anglais approximatif pour exprimer leurs idées et faire connaître leurs résultats. Mais Louis de Broglie me semble avoir raison s'il s'agit de faire connaître l'interprétation ou la signification culturelle d'une théorie ou d'une conception scientifique.

³² Texte 14.

³³ Texte 15.

³⁴ Texte 16.

³⁵ Texte 5.

Voilà les réflexions de Louis de Broglie lorsqu'il pensait à sa mort. Il avait souhaité des obsèques très simples, dans l'intimité. La famille avait autorisé la présence de quelques confrères qui le connaissaient bien.

On a pu à juste titre s'étonner du peu d'écho suscité par l'événement. Louis Leprince-Ringuet commence sa nécrologie pour « L'Onde électrique » par ces premières phrases :

« Louis de Broglie nous a quittés discrètement. Les médias ont à peine couvert l'événement. On a bien annoncé sa mort, mais brièvement. À son enterrement, l'église de Neuilly n'était qu'à moitié remplie. À vrai dire, il ne souhaitait pas la publicité, il la redoutait plutôt. Mais n'est-ce pas le rôle des médias de nous faire découvrir nos grands hommes, de permettre aux Français de les deviner, même s'ils ne peuvent les comprendre dans leur profondeur intellectuelle, de les estimer, de les aimer ? Mais non, un chanteur de petit talent, un auteur à scandale susciteront de la part de nos médias cent fois plus d'intérêt. Heureusement, sur notre planète, le monde scientifique réagit autrement et la « longueur d'onde de Broglie » continuera dans toutes les universités de tous pays, de provoquer l'intérêt des étudiants ».

Dans un article de *La Croix-l'Événement*, Bernard d'Espagnat évoque également les obsèques de Louis de Broglie :

« Obsèques simples. Pas l'ombre d'un président ni d'un premier ministre, aucun garde républicain, aucun discours. Seulement la famille, d'anciens élèves au cœur plein d'hommages muets et, pour un décor sobre, quelques vénérables académiciens. Il avait voulu, lui, l'homme simple, cette intimité affranchie de toute rhétorique... et par là il a réussi à donner à tous les présents un dernier adieu en forme de souvenir impérissable ».

³⁶ Une situation analogue se retrouve dans l'histoire des mathématiques au début du XX^e siècle. Un théorème de Gödel montre qu'il n'est pas possible d'établir que certains axiomes de la théorie des ensembles - dits ZF - n'entraînent pas de contradiction. La quasi-totalité des mathématiciens d'aujourd'hui se résignent néanmoins à en faire usage, persuadés que la contradiction n'apparaîtra pas et qu'il est vain de penser que nous puissions avoir une conception intuitive quelconque d'un ensemble infini. Voici alors ce qu'écrivit Dieudonné :

« C'est contre cette résignation que s'insurgent les mathématiciens qui ne peuvent se satisfaire d'un point de vue où l'on s'interdit de parler de « vérité » en s'en tenant strictement à la notion de « démontrable » à partir d'un système d'axiomes. Ces opposants n'ont jamais été très nombreux, mais ont compté des hommes aussi éminents que Poincaré, Borel, Lebesgue et Herman Weyl. Le plus systématique d'entre eux a été Brouwer qui s'était signalé par des travaux de premier ordre en topologie algébrique, mais a consacré la plus grande partie de sa carrière scientifique à reconstruire une mathématique conforme à ses idées et a fondé une école de mathématiciens qu'on appelle les intuitionnistes ».

³⁷ André Guinier termine une notice nécrologique destinée à « La Revue de Cristallographie » par ces affirmations que je fais entièrement miennes :

« Non, son nom ne s'effacera pas de la mémoire des hommes ; d'abord à cause de l'idée géniale par quoi, seul, il a changé notre vision du monde atomique et ainsi permis le développement d'importantes techniques d'usage courant. Mais aussi à cause du problème qu'il a posé et qu'il n'a pu résoudre. Cela nous rappelle que nous ne devons pas nous laisser trop rassurer par les magnifiques constructions de notre logique et de nos mathématiques ; il existe, derrière, une « terra incognita », d'où peut-être surgiront de nouveaux bouleversements ».

³⁸ Bernard d'Espagnat dans la communication faite à l'occasion de la célébration du cinquantième anniversaire de la Mécanique ondulatoire pose fort bien et fort complètement la question abordée ici :

« La Mécanique ondulatoire et son rôle dans l'évolution des idées » dans la revue *l'Astronomie*, juin 1975, p. 231-237.

³⁹ *Remarques préliminaires sur les concepts fondamentaux*. Contribution d'Albert Einstein, pages 6-15 de l'ouvrage 1953. Les phrases citées se trouvent à la page 7. Peu avant Einstein écrit :

« Je ne doute aucunement que la théorie quantique actuelle plus exactement la « mécanique quantique » ne soit la théorie la plus parfaite compatible avec l'expérience... Mais ce que je trouve de non satisfaisant dans la théorie se situe ailleurs, dans l'interprétation que l'on donne à la fonction »

Et un peu plus loin :

« Il n'y a aucun doute que la fonction ne soit une manière de description d'un « état réel ». La question est alors si cette description d'un état réel a un caractère complet ou incomplet ? »

⁴⁰ De façon plus explicite, je vise ici les problèmes posés par les discussions qui prirent naissance dans le fameux argument EPR avancé en 1935, les progrès réalisés en la matière grâce au théorème de John Bell de 1964, et les expériences d'Alain Aspect à Orsay 1983. Ces problèmes suscitent toujours de nombreuses réflexions. Le lecteur intéressé pourra à ce sujet consulter :

- Les livres de Bernard d'Espagnat publiés chez Gauthier-Villars, Paris: « À la Recherche du réel » 2^e édition, 1981 et « Une incertaine réalité » 1985.

- Les actes du colloque « Les implications conceptuelles de la physique quantique », *Journal de Physique*, Colloque 2, 1981.

- Le numéro spécial n°4 de *Sciences et Avenir* de 1984 : « La grande querelle des physiciens », très abordable par des non spécialistes.

Rappelons simplement en suivant l'article de Franck Laloë dans cette dernière publication, que l'argument EPR reposait sur les hypothèses de départ :

1. Les prédictions de la mécanique quantique sont justes ;
2. La relativité est exacte ; aucun signal ne se propage à une vitesse supérieure à celle de la lumière ;
3. Lorsque deux objets sont très éloignés, on peut parler séparément des propriétés physiques de l'un et de l'autre, même si dans le passé ils ont interagi hypothèse du « réalisme séparable » .

Voici pour illustrer ce dernier point comment Einstein expliquait dans les lignes suivant la citation précédente, pourquoi à partir de ces trois hypothèses, la description d'un système par une fonction d'onde est

nécessairement une description incomplète de l'état réel :

« Le mécanisme de la théorie quantique est ainsi fait que la fonction du système partiel d'un système total composé de deux systèmes partiels se différencie selon le caractère de la mesure complète que l'on entreprend sur l'autre système partiel. Ceci vaut également lorsque les deux systèmes partiels, pendant la durée de la mesure, sont spatialement séparés l'un de l'autre. Que la fonction décrive *complètement* l'état réel, cela signifierait l'état réel du premier, ce qui correspondrait à une sorte de couplage immédiat d'objets séparés dans l'espace. Donc, on regardera intuitivement cela comme exclu. Donc encore, on arrive à la conclusion que la description de l'état par la fonction doit être tenue pour une description incomplète ».

Le théorème de Bell montre que l'ensemble des hypothèses 1-2-3 ci-dessus est auto-contradictoire et les expériences d'Aspect ne mettent pas en difficulté l'hypothèse 1. À partir de là, décider ce que l'on doit sacrifier, la réalité objective indépendante de notre conscience, la « séparabilité » - la réalité ne pouvant être « séparable » est une question qui dépend largement des options philosophiques d'un chacun. Concevoir une « réalité voilée » comme le propose Bernard d'Espagnat ? Un « réel pour nous » différent d'un « réel en soi » qui n'exclurait pas une réalité objective comme le propose Gilles Cohen-Tannoudji ? *L'Humanité*, 6 février 1985. Ou encore bien autre chose. Il n'y a pas pour l'instant consensus sur l'interprétation de la mécanique quantique.

Notons pour finir que ces interrogations s'appliquent aux théories de l'onde pilote ou de la double solution, du moins dans leur formulation actuelle. Comme le dit Franck Laloë : « Il serait passionnant de savoir ce qu'aurait dit Einstein » on peut ajouter « et Louis de Broglie s'il avait eu la vigueur intellectuelle nécessaire ces dernières années ». On peut aussi approuver sa conclusion : « On peut bien sûr rêver qu'une idée de génie vraiment nouvelle apparaisse bientôt ; dans ce sens gageons que la très grande majorité des physiciens retrouverait son enthousiasme des années 1930 pour le sujet ! »

En corrigeant mon manuscrit, j'apprends la récente parution du numéro 84 de « Raison Présente » dans lequel plusieurs articles sont consacrés au thème. « La nouvelle physique abolit-elle le réel ? » La question est donc toujours bien d'actualité !

⁴¹ Discours de Pierre Jacquinot prononcé lors de la séance solennelle du 6 novembre 1982, *C. R. Acad. Sci., Paris*, « Vie Académique », **295**, 1982, p.191-203.11. Les Archives de notre Compagnie possèdent le texte d'une conférence prononcée à la Radio en mai 1961 par Louis de Broglie, « L'Académie des Sciences de l'Institut de France ». La comparaison de ces deux textes met bien en évidence l'évolution récente de notre Compagnie qui cherche à retrouver très vigoureusement, en dépit de conditions très différentes, sa tradition d'une instance d'évaluation et de jugement par l'étude directe des publications et des projets de *Notes* - et non pas des critères dits objectifs -, et d'une instance de conseil formulant ses avis aux Pouvoirs publics et aux organismes de recherche par des rapports et par des recommandations portant sur les structures de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, sur les grands programmes scientifiques et techniques et sur les questions mettant en jeu les interactions entre Science, Culture et Société.

Textes de Louis de Broglie cités

1. « Vue d'ensemble sur mes travaux scientifiques », écrit en 1952, publié en 1953, repris en 1987.
2. « Intérêt et enseignement dans l'Histoire des Sciences », écrit en 1956, publié en 1987.
3. « Le savant devant le problème de la vulgarisation scientifique », écrit en 1951, publié en 1956.
4. « La culture scientifique suffit-elle à faire un homme ? », 1956, 1987.
5. « Le savant à son dernier quart d'heure », 1956, 1987.
6. « Mon anxiété devant le quanta », écrit en 1961, - enregistré par l'Alliance Française - publié en 1966, 1987.
7. « Les idées qui me guident dans mes recherches », écrit en 1965, publié en 1966, 1987.
8. « Mon itinéraire scientifique », écrit en 1972, publié en 1973, 1987.
9. « Sur les véritables idées de base de la Mécanique ondulatoire », *C.R. Acad. Sci., Paris*, **277**, série B, p.

*Louis de Broglie ou la passion de la « vraie » physique, par Paul Germain, Secrétaire perpétuel
Lecture en séance publique le 7 décembre 1987*

71-73, 1973, repris en 1976, 1987.

10. De la Mécanique ondulatoire à la mécanique quantique l'Aller et le Retour, 1973, 1987.

11. La théorie physique : un point de vue, Kinan, **1**, p. 93-106, 1979.

12. « L'Interprétation de la Mécanique ondulatoire », 1956.

13. « Biographie scientifique de Louis de Broglie, Prix Nobel de Physique 1929 », manuscrit rédigé en 1968, non publié. *Archives Acad. Sci.*

14. « Blaise Pascal et l'aurore de la science moderne », 1956.

15. « La science au *Siècle des lumières* », 1956.

16. « La science contemporaine et les valeurs humaines traditionnelles », 1956.

Ouvrages de Louis de Broglie ou sur Louis de Broglie dans lesquels se trouvent les textes cités

1953 : « Louis de Broglie physicien et penseur », Albin Michel, Paris, 497 pages.

1956 : « Nouvelles perspectives en Microphysique », Albin Michel, Paris, 356 pages.

1966 : « Certitudes et Incertitudes de la Science », Albin Michel, Paris, 302 pages.

1973 : « Louis de Broglie, sa conception du monde physique », Gauthier-Villars, Paris, 387 pages.

1976 : « Recherches d'un demi-siècle », Albin Michel, Paris, 411 pages.

1987 : « Louis de Broglie, un itinéraire scientifique », textes réunis et présentés par G. Lochak, La Découverte, 214 pages.