

**Dispositions testamentaires de Georges Lochak<sup>1</sup>**  
*Dispositions générales concernant la Fondation*  
*Louis de Broglie*

*Je voudrais léguer ici quelques idées, dues à ma longue expérience et à la fréquentation d'éminents personnages, directement ou par mes lectures. J'ai vécu en un temps où tous les fondateurs de la physique du XX<sup>e</sup> siècle étaient vivants, où on les recevait au séminaire de Broglie de l'Institut Henri Poincaré et où l'on apprenait la dernière idée d'Einstein par les journaux quotidiens avant de la lire dans les journaux scientifiques.*

Outre Louis de Broglie dont je suis devenu très proche, j'ai eu la chance d'assister à des séminaires d'Heisenberg, Schrödinger, Pauli, Léon Brillouin, Landau, Bogolioubov, Tamm (qui venait chez moi à la maison) et de bien d'autres personnages scientifiques. J'ai assisté très jeune et très impressionné à une entrevue entre Louis de Broglie et Frédéric Joliot. J'étais un ami de Marie-Antoinette Tonnelat, Costa de Beauregard, David Bohm, Terletsky, j'ai bien connu Tamm, Bogolioubov, Pontecorvo et beaucoup d'autres. J'ai lu les Œuvres Complètes d'Einstein, tous les livres et de nombreux articles de de Broglie (cela va sans dire). Mais j'ai lu aussi les Principia et l'Optique de Newton, la Mécanique analytique de Lagrange, le Système du monde de Laplace, l'Electromagnétisme de Maxwell et celui de Planck ainsi que sa Thermodynamique, les Œuvres de Schrödinger en Mécanique Ondulatoire, les Leçons sur la propagation des Ondes d'Hadamard, la Théorie des Spineurs et les Espaces de Riemann de Cartan, les Fondements Mathématiques de la Mécanique quantique de von Neumann, la Science et la Théorie de l'Information de Brillouin, la Mécanique quantique de Dirac et celle d'Heisenberg, ainsi

---

<sup>1</sup>NDLR. Nous ne donnons ici que la première partie de ce document, dont on trouvera l'intégralité sur internet à l'adresse:

[http://www.lochak.com/Z-files/Z\\_Testament\\_Scientifique\\_Georges\\_Lochak.pdf](http://www.lochak.com/Z-files/Z_Testament_Scientifique_Georges_Lochak.pdf).

que de nombreux livres et plus encore de mémoires de Poincaré dont je possède les Œuvres complètes, ainsi que celles d'Einstein : celles-ci en russe comme la moitié de ma bibliothèque scientifique.

Je ne cite là que des échantillons car j'ai eu une bonne formation. Et ce n'est rien en comparaison de la bibliothèque de de Broglie qui ajoutait en souriant qu'il avait lu plus de livres d'histoire que de physique. Comme Freud, qui disait avoir lu plus de livres d'ethnologie que de psychologie.

C'est pour mes jeunes lecteurs que j'insiste sur la formation classique. Sans elle, on ne fait rien de nouveau car rien n'est jamais périmé dans les acquisitions humaines. Les révolutions scientifiques font preuve d'audace et d'esprit novateur, mais elles sont pétries du passé. On ne peut renouveler que le passé, pas le néant. La science ne fait jamais « du passé table rase », même s'il lui est arrivé de le prétendre. Quand on lit les fondateurs de la physique du XX<sup>e</sup> siècle, on est impressionné de leur connaissance de prédécesseurs même lointains. En étudiant la mécanique quantique, on trouve à chaque pas des emprunts à la physique classique, malgré ses allures révolutionnaires : on y trouve les marques de Newton et de Maxwell mais aussi de la Grèce Antique.

Il n'y aurait jamais eu Baudelaire s'il n'y avait eu Chrestien de Troyes et La Pleïade ; ni Rodin si des inconnus n'avaient sculpté les frises du Parthénon.

Voici maintenant des devises auxquelles je tiens. D'abord celle des Broglie : « Pour l'Avenir », que Louis de Broglie offrit à notre Fondation, par une petite carte qu'il m'a remise :

*Si l'on me demandait  
quelle devrait être à mon  
avis la devise de cette Fondation  
je dirais volontiers "Pour l'Avenir"*

*Louis de Broglie*

Mais d'autres devises me sont chères :

- Celle des Clermont-Tonnerre : « *Si tous, moi pas* ».
- Celle d'Héraclite : « *Si tu ne guettes pas l'imprévu, jamais tu ne connaîtras la vérité* ».
- Et celle-ci qui m'est propre : « *Si une science sait où elle va, ce n'est plus une science* ».
- Enfin, cette apostrophe fameuse de Niels Bohr : « *C'est une idée complètement folle, reste à savoir si elle est assez folle pour être vraie !* »

Et voici, non pas une devise, mais une règle de vie à laquelle je tiens :

*« Soyez fidèle à votre langue. »*

La Fondation a été créée par Louis de Broglie et par moi-même et je me permets, pour une fois, de me mettre en parallèle avec lui en proclamant notre égal attachement à la langue française. C'est un principe de notre fondation auquel il est hors de question de déroger. Certes, il est souvent utile et même inévitable, pour des raisons de communication, de parler ou d'écrire dans une langue étrangère. Actuellement, en général c'est de l'anglais qu'il s'agit ou, plus souvent, d'un pidgin international qu'on fait passer pour la langue de Shakespeare.

*Mais on ne conçoit et même on ne comprend vraiment, et surtout on n'exprime une chose importante que dans sa langue maternelle.*

Ainsi, Einstein parlait le français mais quand il recevait une lettre de Louis de Broglie, il se la faisait traduire en allemand (c'est lui qui l'a raconté). Inversement, de Broglie connaissait très bien l'allemand mais quand il recevait une lettre d'Einstein, il la traduisait lui-même en français. Je possède quelques lettres d'Einstein traduites de la main de de Broglie. Les physiciens français devraient méditer l'exemple de nos compatriotes mathématiciens, dont la réputation internationale l'emporte sur la nôtre. Or ils écrivent le plus souvent en français et ils sont lus. Certes, il y a un problème de poule et d'œuf : sont-ils lus en raison de leur réputation ou parce que nos collègues étrangers, contrairement à ce qu'on prétend, lisent le français ? Voici quelques anecdotes à ce sujet :

Quelques temps après la mort de Louis de Broglie, j'ai été invité à Berlin à un congrès interne (donc en allemand) de la fameuse Deutsche Physikalische Gesellschaft. Et, le premier jour, j'ai été invité en séance

plénière à parler de de Broglie. J'ai commencé en mon mauvais anglais en m'excusant de ne pas connaître l'allemand. Le président de séance m'a aimablement interrompu en me disant : « Mais vous pouvez parler en français, tout le monde comprendra ». Je l'ai fait, en le remerciant, et il avait visiblement raison.

Les deux autres anecdotes concernent de Broglie qui avait pour principe qu'on parle la langue du pays où l'on est. Ainsi, malgré sa lointaine ascendance, il ne connaissait pas l'italien. Un jour, il a voulu visiter l'Italie mais incognito et seulement l'Italie artistique, sans se signaler aux institutions scientifiques qui auraient été ravies de le recevoir. Mais il a pris le temps, avant de s'y rendre, d'apprendre suffisamment d'italien.

L'autre anecdote concerne la visite que lui a faite Gamow, un physicien russe émigré aux Etats Unis. Il a reçu Gamow en français, en le faisant souffrir car celui-ci ne parlait pas notre langue. Quelques temps plus tard, Gamow se trouvait à Londres quand Louis de Broglie y fut invité à faire une conférence. Gamow y est allé, sûr qu'il y aurait un interprète. Surprise : de Broglie parlait un anglais excellent, mais il n'était pas chez lui, il était dans le pays.

*La langue n'est pas simplement un moyen de communication, car elle imprime sa marque sur toute la pensée.* La primauté de la langue, non pas anglaise mais américaine, après la seconde guerre mondiale a entraîné le pragmatisme au détriment des idées fondamentales et, par là-même, le déclin de la science européenne, et finalement celui de la science en général. Non pas que les américains n'aient pas d'éminents scientifiques, bien sûr, mais ce dont il s'agit, c'est d'un état d'esprit, d'une domination de la science appliquée sur la science fondamentale.

Cette domination est un apanage de l'esprit américain, qui y brille spécialement. Mais dans d'autres pays, elle ne résulte pas d'une évolution naturelle, mais d'une « servitude volontaire » comme auraient dit Montaigne et La Boétie. On le voit à la manie de truffer sa propre langue d'expressions américaines pour « faire chic », ou dans l'obligation faite, dans certaines entreprises, de s'exprimer en anglais, en communiquant d'un service à un autre dans le même pays (à titre d'exercice, paraît-il).

L'histoire bien connue, des deux congressistes discutant en « broken English », avant de s'apercevoir qu'ils sont compatriotes, n'est pas une invention. Et le fait qu'ils finissent par parler aussi en « broken French » ou en « broken autre chose » n'est pas une invention non plus. Mais une

amie anglaise m'a dit un jour que la domination d'une langue anglaise écorchée était à son avis encore plus grave pour l'anglais que pour les autres langues.

Il faut souligner le côté obligé de cette évolution du fondamental vers l'application. Elle n'est pas dans l'application elle-même, mais dans sa confusion avec le fondamental et dans le renoncement à celui-ci. Car il ne faut jamais oublier le désir de « servir » de tous les scientifiques, ainsi que leur intérêt général pour les applications et le fait qu'ils exultent dès qu'ils aperçoivent une application possible de leurs travaux. La curiosité scientifique s'exerce en réalité dans toutes les directions.

Que l'on songe à Einstein, capable d'inventer le frigidaire sans moteur ou de faire la théorie des méandres des fleuves. Encore qu'il faille reconnaître que le frigidaire, c'était le désir de gommer une sorte d'incohérence logique du compresseur qui développe un travail, forme élevée de l'énergie, pour contourner le second principe en faisant passer la chaleur de la source froide vers la source chaude. Les méandres, c'est autre chose : c'est une apparente violation de la conservation de l'énergie, lorsqu'un fleuve descend le long d'une surface parfaitement plane en décrivant des méandres apparemment inutiles parce qu'ils ne contournent aucun obstacle (on le voit d'une façon frappante aux sources de la Seine). Einstein a montré que l'« obstacle » n'est pas matériel : c'est la force de Coriolis due à la rotation de la terre sur elle-même !

L'intérêt pour les applications se voyait particulièrement chez Louis de Broglie qui n'était pas le plus fier d'avoir trouvé l'onde de l'électron, mais d'avoir inspiré le microscope électronique. « J'ai peut-être fait autant que Pasteur pour la médecine », m'a-t-il dit fièrement. Il est frappant, aussi, qu'il recevait dans son bureau plus d'ingénieurs que de physiciens et qu'il s'intéressait beaucoup plus au récit qu'on lui faisait de la coordination des chemins de fer qu'à une théorie prétentieuse. De même, il n'évoquait pas les années de la première guerre mondiale, passées au poste de radio de la Tour Eiffel, comme des années de corvée mais comme des années d'apprentissage : « Quand on s'est fatigué et sali les mains à lancer les volants des émetteurs de radio de l'époque, m'a-t-il dit, il est difficile de croire qu'on émettait des ondes de probabilité ».

En conclusion, une chose est de s'intéresser aux applications de la science ou à des problèmes apparemment « petits », qui ont le même droit à la curiosité que les « grands problèmes », mais autre chose est d'identifier des progrès de l'industrie à des progrès de la science.

*Mais plus importante encore que la langue est la liberté, chère à Louis de Broglie car il n'y a pas de science sans liberté d'esprit.* Voici l'un de ses textes sur ce sujet<sup>2</sup> :

L'histoire des Sciences montre que dans leur domaine, les plus grands progrès ont été effectués par des penseurs audacieux qui ont aperçu des voies nouvelles et fécondes que d'autres n'apercevaient pas. Si les idées des savants de génie qui ont été les promoteurs de la science moderne avaient été soumises à des commissions de spécialistes, elles leur auraient sans nul doute parues extravagantes et auraient été écartées en raison même de leur originalité et de leur profondeur. En fait, les luttes soutenues, par exemple, par Fresnel et par Pasteur suffiraient à le prouver, certains de ces pionniers se sont heurtés à l'incompréhension de savants éminents et ils ont dû lutter avec énergie avant d'en triompher. Plus récemment, dans le domaine de la Physique théorique dont je puis parler en connaissance de cause, les magnifiques conceptions nouvelles de Lorentz, de Planck et surtout d'Einstein se sont heurtées à l'incompréhension de savants éminents. Ils en ont triomphé, mais à mesure que l'organisation de la recherche devient plus rigide, le danger augmente que les idées nouvelles et fécondes ne puissent pas se développer librement.

Tirons en quelques mots la conclusion de ce qui précède. Tandis que, par la force même des choses, s'appesantit sur la recherche et sur l'enseignement scientifique le poids des structures administratives et des préoccupations financières et la lourde armature des réglementations et des planifications, il devient plus indispensable que jamais de préserver la liberté de la recherche scientifique et la libre initiative des chercheurs originaux parce qu'elles ont toujours été et resteront toujours les sources les plus fécondes des grands progrès de la Science,

25 Avril 1978

Louis de Broglie

*En terminant cette partie, je voudrais avancer quelques idées au sujet de notre Fondation. Elles me sont personnelles et sans prétention de les imposer à mes successeurs.*

Ce qu'il faut sauvegarder, à mon avis, c'est avant tout l'esprit dans lequel la Fondation a été créée et sur lequel nous sommes tous d'accord.

---

<sup>2</sup>On trouvera un fac simile de ce texte dans les Annales de la Fondation Louis de Broglie, vol. 4 (1979) p. 62.

Notre but premier est la recherche fondamentale. Vivent les applications si nous en trouvons, mais à condition de ne pas devenir un bureau d'étude pour l'industrie. Notre but est de comprendre et de décrire le monde.

Comme nous portons un nom célèbre, celui-ci peut, un jour, devenir celui d'un Grand Prix, mais à condition que ce ne soit pas notre nouvelle vocation et qu'on ne se laisse pas récupérer en devenant des distributeurs de prix sans rapport avec les idées de notre patron, lequel en eût été le premier indigné. N'oubliez pas que, dans des circonstances semblables, il m'a lancé le seul mot d'argot que je lui aie entendu prononcer. Je cite la phrase exacte : « Dites leur que je me fous des honneurs, je n'en ai que trop eu ». Cela s'adressait à l'Académie qui exagérait les honneurs, mais bien sûr, je n'ai rapporté aux destinataires de sa phrase qu'une version édulcorée !

Il faut aussi se garder de recherches sur des problèmes trop généraux, plus philosophiques que physiques comme la notion générale de « paramètres cachés » ou le désir manifesté par certains membres de notre séminaire, de détruire la mécanique quantique pour lui substituer autre chose ! Qu'il y ait des paramètres cachés en physique est une évidence : l'atome, l'onde, le champ, le potentiel, le spin, tout se conçoit abstraitement à un moment donné et qui n'est pas encore mesuré, commence par être un paramètre caché : c'est ainsi que le voyait de Broglie. Toutefois, ces notions ne prennent un sens que si on parvient à les étouffer physiquement et à leur faire jouer un rôle concret, théoriquement descriptible et expérimentalement vérifiable.

La religion, comme l'anti-religion des paramètres cachés, les questions vagues telles que : « De tels paramètres existent-il ou non ? », tout cela n'est que fadaïses qui ont empoisonné notre séminaire et toute une littérature scientifique. De même, lancer des paradoxes au cours d'une discussion est banal, mais les paradoxes ne sont que des arguments polémiques qui ne frappent que les esprits prévenus en leur faveur et ils ne prouvent rien même s'ils sont signés de noms célèbres.

Guerroyer sous leur étendard n'a pas de sens. Et il y en a encore moins à les retourner (comme le « chat » de Schrödinger) contre les idées de l'auteur, c'est malséant et ridicule. Le « chat » de Schrödinger n'était qu'un trait d'esprit ; le transformer en « téléportation » est une ruine de l'esprit : c'est chercher des succès d'édition comme les promesses électorales qui font gagner une élection.

Cela étant, je me garderai d'indiquer des lignes de recherche, même

celles de Louis de Broglie, ou celles qui m'ont réussi personnellement car si l'on peut s'inspirer de ce qu'ont fait les autres, la seule bonne voie pour chacun de nous est celle qu'on trouve soi-même. De Broglie ne donnait pas de sujet de thèse à ses élèves : chacun devait trouver le sien.

Quand l'idée a fleuri autour de nous d'abandonner la mécanique quantique, je me suis élevé contre, au nom de de Broglie lui-même, qui en était l'un des créateurs. On peut chercher à l'expliquer autrement ou à la rendre plus intuitive ; et l'on peut – c'est même un devoir – essayer de la généraliser et de la dépasser, mais sa place dans l'histoire des sciences est assurée. La mécanique quantique est un miracle scientifique : elle a mis quelques dizaines d'années (un clin d'œil dans l'histoire) à conquérir le monde et changer notre vie.

A peine est elle née qu'elle balayait les doutes, grâce à la beauté de son image du monde, la puissance de ses prédictions et la profondeur des questions qu'elle soulevait Et cela quelques critiques qu'on puisse lui faire, car il faut reconnaître que cette théorie étrange, peut-être grandie trop vite, nous aveugle un peu par sa fécondité et nous fait oublier ses mystères. Elle a fourni des principes, des formules, des équations d'une efficacité étonnante, dont nous avons appris à nous servir, mais que nous ne comprenons pas toujours. Elle fait marcher nos usines, la radio, la télévision, l'Internet, elle fait voler nos avions et dicte l'heure à nos montres, au nom d'un monde microscopique sous-jacent à celui que nous voyons, qui nous fascine mais qui garde ses secrets.

Les fondateurs de la théorie le savaient et c'est pour cela qu'ils se disputaient. Même un partisan aussi dur que Bohr a pu dire : « Celui qui croit avoir compris la mécanique quantique prouve par là-même qu'il ne l'a pas comprise ». Voici quelques uns de ces mystères et pas des moindres :

1) *La loi de Planck*. Einstein a écrit peu avant sa mort : « Si quelqu'un vous dit qu'il sait ce que  $E = h\nu$  veut dire, dites lui que c'est un menteur. » Il pourrait le redire aujourd'hui.

2) *Le photon d'Einstein*. Une fausse particule sans masse, tombée du ciel avec une fréquence, mais sans que rien ne vibre, sinon dans l'onde associée qui a été découverte après et qui n'a pas la même fréquence. On apprendra avec de Broglie que c'est une fréquence d'horloge et non pas d'une onde (celle de de Broglie) avec laquelle elle doit quand-même s'accorder. On pourrait être plus intuitif !

3) *Les trajectoires dans l'atome de Bohr*. Pour une fois c'est intuitif



car elles viennent de la théorie classique, mais on les quantifie. Plus tard, dans la mécanique quantique ondulatoire de de Broglie- Schrödinger, ces trajectoires disparaissent complètement sans que rien ne les remplace. Mais où sont les particules ? On l'ignore et pourtant on retrouve - et en mieux - les énergies que Bohr avait trouvées, grâce à ses trajectoires qu'on trouve maintenant primitives, sans savoir faire mieux.

4) *L'onde de de Broglie* : associée à la particule, elle guide son mouvement. L'expérience le confirme, au moins dans certains cas (la diffraction et les interférences) mais pas dans l'atome. L'onde transporte-t-elle de l'énergie ? Rien ne le prouve et on est tenté de dire que l'énergie est dans la particule, comme dans le photon d'Einstein pour la lumière. Mais alors il ne reste plus, pour l'onde, qu'une probabilité. L'ennui c'est que cette probabilité guide le mouvement de la matière et de l'énergie. On comprend qu'il y ait des disputes !

5) *Le principe de Pauli et la théorie de l'atome* (il y a une centaine d'atomes dans le tableau de Mendéléïev). Cette théorie doit généraliser l'atome de Bohr, le plus simple : l'hydrogène. La théorie générale a débuté avec Bohr et Sommerfeld, encore avant la mécanique quantique actuelle. Or la première théorie, comme la nouvelle, exige le *principe de Pauli* qui affirme qu'il n'y a pas, dans l'atome, deux électrons ayant les mêmes nombres quantiques. Un beau théorème expérimentalement vrai. Mais hélas, il ne se déduit pas de la théorie. C'est un principe de plus et on ne sait pas pourquoi.

6) *Le spin*. Dans l'atome de Bohr, non seulement les électrons tournent autour du noyau comme les planètes au tour du Soleil, mais Uhlenbeck et Goudsmit ont découvert que l'électron doit tourner sur lui-même comme font les planètes. C'est le spin et c'est merveilleux. Louis de Broglie avait même trouvé avant eux que le photon d'Einstein devait tourner sur lui-même (autrement que l'électron). Mais rien dans l'électron ou le photon ne permet de savoir ce qui tourne ! Le spin, à vrai dire, c'est une lettre de l'alphabet (s en Latin ou sigma :  $\sigma$  en Grec) qui, si j'ose le dire, obéit à des lois de symétrie qui sont celles d'une rotation. En outre comme, dans l'électron, c'est l'électricité qui tourne et on obtient du magnétisme : l'électron est donc un petit aimant. L'expérience le confirme mais en fait, rien ne tourne vraiment, ce ne sont que des opérateurs. Ce n'est pas grave puisque déjà l'électron ne tourne pas non plus autour du noyau : il tournait chez Bohr mais pas en mécanique quantique !

7) *Les transitions quantiques*. De Broglie aimait à citer un mot de

Schrödinger : « *La théorie des quanta est prolixie tant qu'il ne s'agit que d'états stationnaires où il ne se passe rien, mais elle reste muette au sujet des états de transition qui sont ceux où il se passe quelque chose* ».

L'absence des transitions quantiques dans la théorie est structurelle car cette dernière est hamiltonienne et donc réversible dans le temps. Représenter ces transitions suppose une nouvelle révolution scientifique du même ordre que les quanta. Il faudrait que la stationnarité, qui est à la base de la théorie, soit remplacée par l'évolution et la stabilité asymptotique du mouvement. Ces notions se trouvent dans des formes évoluées de la mécanique classique, chez Poincaré, Birkhoff, Liapounov, Pontriaguine et d'autres mais les résultats connus sont encore loin d'être suffisants.

Cet aperçu des « mystères de la théorie des quanta » montre les trous qui lui restent, ce qui n'est pas étonnant car c'est un enfant prodige, un « surdoué » immature. Vive les générations futures ! Si elles ont du génie et du courage et ne se laissent pas aller à un bavardage pseudo-scientifique, elles réussiront. La grande leçon d'avenir que nous laisse la théorie des quanta, ce ne sont pas tant les belles équations qui « marchent », que le mystère des principes d'où elles sont sorties. Car la science ne commence pas avec le savoir mais avec l'ignorance et avec l'étonnement devant l'inconnu.

Newton a dit sur ses vieux jours, que l'image qu'il se faisait de lui-même était celle d'un petit garçon qui joue avec des galets sur la grève pendant que l'océan de l'inconnu s'étend devant lui. Pasteur a écrit que « le savant est un homme qui sait s'étonner ». Platon l'avait déjà dit. L'un des plus beaux textes de Louis de Broglie s'intitule : « Mon anxiété devant le problème des quanta ».