

## DOCUMENTS

La correspondance entre Albert Einstein et Louis de Broglie est restée jusqu'à présent inédite. Elle fera partie de l'édition des œuvres complètes d'Albert Einstein, préparée par l'Institute of advanced Studies de Princeton. Grâce à la très bienveillante autorisation de M. Louis de Broglie et de M. Otto Nathan, Exécuteur testamentaire d'Einstein, nous sommes en mesure de publier ci-dessous les trois dernières de ces lettres. Les textes nous ont été aimablement fournis par MM. les Secrétaires Perpétuels de l'Académie des Sciences et par M. John Stachel, éditeur des œuvres d'Einstein. Que toutes ces personnes en soient bien vivement remerciées.

Ces lettres sont suivies d'un manuscrit que M. Louis de Broglie nous a offert en prévision du centenaire d'Einstein et qu'il a dédié à ce dernier.

May 1953

Lieber de Broglie,

Der Standpunkt, den Sie in Ihrer Note eingenommen haben, scheint mir sehr einleuchtend. Sie glauben - wenn ich Sie recht verstehe - nicht an die neuerdings von Herrn Bohm wieder vertretene Möglichkeit gemäss dem Programm :

- a) Lösung der Schroedinger-Gleichung durch ein  $\psi$  - Feld
- b) Zuordnung einer "Bahn", die mit der  $\psi$  - Funktion vereinbar ist.

Stattdessen schwebt Ihnen eine Darstellung der physikalischen Realität ("vollständige Beschreibung") vor, die von der Art ist

$$\psi = \Psi \Omega$$

Dies ist eine Produktform, in welcher der eine Faktor der Partikel-Struktur, der andere der Wellen-Struktur entspricht. Dies würde in der Tat eine befriedigende Erklärung der Doppel-Struktur sein, wie sie sich uns empirisch darbietet. Dies würde eine wirklich neue Theorie sein, nicht eine Vervollständigung der gegenwärtigen.

Soweit ich sehen kann, denken Sie daran, dass das Produkt der ursprünglichen Schroedinger-Gleichung genügen soll(?) Oder soll nur der "Wellen"-Faktor diese Eigenschaft haben? Oder beide Faktoren? Oder beide Faktoren und das Produkt?

Ihr Ziel wäre auch erreicht, wenn die gesuchte Funktion als eine Summe solcher Produkte dargestellt wäre. Endlich scheint es dabei auch nicht nötig, dass das Ganze nur durch eine einzige Funktion (Komponente) dargestellt werden müsse, sondern vielleicht durch ein Gebilde mit mehreren Komponenten.

Sie meinen, dass die Freiheit das grösste Unglück für den Theoretiker bedeutet. Diese Freiheit hat mich so entmutigt, dass ich krampfhaft nach einem formalen Prinzip gesucht habe, dass diese Freiheit beschränkt. Nun habe ich zwar die Freiheit überwunden, aber vielleicht auf eine ganz naturfremde Weise.

Gemeinsam aber ist uns die Ueberzeugung, dass wir an der Idee der Möglichkeit einer vollständigen objektiven Darstellung einer physikalischen Wirklichkeit festhalten sollen.

Mit freundlichen Grüssen

Ihr A. Einstein

Mai 1953

Cher de Broglie

Le point de vue que vous avez adopté dans votre note me paraît très clair. Vous ne croyez pas, si je vous comprends bien, à la possibilité d'adopter le programme de nouveau mis en avant par M. Bohm :

- a) Solution de l'équation de Schrödinger par un champ  $\Psi$
- b) Adjonction d'une trajectoire compatible avec la fonction  $\psi$ .

Au lieu de celà, vous proposez une représentation de la réalité physique (description complète) qui serait de la forme

$$\psi = \Psi \Omega$$

Ceci constitue une forme de produit dans laquelle l'un des facteurs traduit la structure particulaire et l'autre la structure ondulatoire. Ce serait là en fait une représentation satisfaisante de la double structure que nous impose l'expérience. Ce serait une théorie vraiment nouvelle et non pas un complément des anciennes théories. Autant que je puis le voir, pensez-vous que le produit doit satisfaire à l'équation initiale de Schrödinger, ou bien seul le facteur "ondulatoire" doit-il posséder cette propriété, ou alors les deux facteurs, ou encore les deux facteurs et leur produit?

Votre but serait aussi atteint si la fonction cherchée pouvait être représentée par une somme de tels produits. Finalement il ne paraît pas nécessaire que le tout puisse être représenté par une seule fonction (une composante), mais peut-être par un ensemble de plusieurs composantes.

Vous pensez que cette liberté constitue un grand malheur pour les théoriciens. Cette liberté m'a tellement préoccupé que je me suis obstiné à rechercher un principe formel qui limiterait notre liberté. Je suis maintenant parvenu à triompher de cette difficulté, mais peut-être d'une façon tout-à-fait artificielle.

Mais nous avons en commun l'idée que la possibilité d'une représentation entièrement objective de la réalité physique doit être maintenue.

Avec mes amicales salutations

Votre A. Einstein

Traduction française de M. Louis de Broglie

den 15. Februar 1954

Lieber de Broglie:

Gestern las ich einen mir schon bekannten Aufsatz von Ihnen über die Frage Quanten und Determinismus in deutscher Uebersetzung und hatte grosse Freude an Ihren klaren Gedanken. Es ist eine drollige Sache, wie alles plastischer und lebhafter wirkt, wenn es in der altgewohnten Sprache erscheint.

Dass ich Ihnen nun schreibe, hat eine eigentümliche Ursache. Ich will Ihnen nämlich sagen, wie ich zu meiner Methodik getrieben worden bin, die von aussen gesehen recht bizarr ist. Ich muss nämlich erscheinen wie der Wüsten-Vogel Strauss, der seinen Kopf dauernd in dem relativistischen Sand verbirgt, damit er den bösen Quanten nicht ins Auge sehen muss. In Wahrheit bin ich genau wie Sie davon überzeugt, dass man nach einer Substruktur suchen muss, welche Notwendigkeit die jetzige Quantentheorie durch Anwendung der statistischen Form kunstvoll verbirgt.

Ich bin aber schon lange der Ueberzeugung, dass man diese Substruktur nicht auf konstruktivem Wege aus dem bekannten empirischen Verhalten der physikalischen Dinge wird finden können, weil der nötige Gedankensprung zu gross wäre für die menschlichen Kräfte. Zu dieser Meinung kam ich nicht durch die Vergeblichkeit vieljähriger Bemühungen sondern auch durch die Erfahrungen bei der Gravitationstheorie. Die Gravitationsgleichungen waren nur auffindbar auf Grund eines rein formalen Prinzips (allgemeine Kovarianz), d.h. auf Grund des Vertrauens auf die denkbar grösste logische Einfachheit der Naturgesetze. Da es klar war, dass die Gravitationstheorie nur einen ersten Schritt zur Auffindung möglichst einfacher allgemeiner Feldgesetze darstellt, schien es mir, dass dieser logische Weg erst zu Ende gedacht werden muss, bevor man hoffen kann zu einer Lösung auch des Quantenproblems zu gelangen. So wurde ich zu einem fanatischen Gläubigen der Methode der "logischen Einfachheit".

Nun sind zwar die Physiker dieser Generation davon überzeugt, dass man auf solchem Wege nicht zu der Theorie der atomistischen und Quanten-Struktur gelangen kann. Vielleicht haben sie darin recht. Vielleicht gibt es keine Feldtheorie

Le 15 Février 1954

Cher de Broglie,

Hier j'ai lu, traduit en Allemand, votre article, qui m'était déjà connu, concernant la question "quanta et déterminisme" et vos pensées si claires m'ont fait grand plaisir. C'est étonnant combien tout apparaît plus plastique et vif quand c'est exprimé dans la langue qui vous a toujours été familière.

Si je vous écris aujourd'hui, la cause en est étrange. Car je voudrais vous dire, comment j'ai été poussé vers ma méthodologie qui, vue de l'extérieur, semble assez bizarre. En effet, je dois ressembler à l'oiseau du désert, l'autruche, qui sans cesse cache sa tête dans le sable relativiste afin qu'il ne doive pas faire face aux méchants quanta. En vérité, je suis, exactement comme vous, convaincu qu'il faut chercher une substructure, une nécessité que la théorie quantique actuelle cache habilement par l'application de la forme statistique.

Mais depuis longtemps je suis convaincu qu'on ne pourra pas trouver cette substructure par une voie constructive en partant du comportement des choses physiques connu empiriquement, car le saut conceptuel nécessaire dépasserait les forces humaines. Ce n'est pas par la futilité de nombreuses années d'efforts que je suis arrivé à cette opinion, mais par mon expérience en théorie de la gravitation. Les équations de la gravitation pouvaient être découvertes seulement sur la base d'un principe purement formel (la covariance générale), c'est-à-dire sur la base de la conviction que les lois de la nature ont la plus grande simplicité logique imaginable. Comme il était évident que la théorie de la gravitation ne constitue qu'un premier pas vers la découverte de lois générales de champ les plus simples possibles, il me semblait que d'abord cette voie logique devait être poursuivie jusqu'à la fin avant de pouvoir espérer arriver également à une solution du problème quantique. C'est ainsi que je suis devenu un adepte fanatique de la méthode de la "simplicité logique".

Les physiciens de la génération présente sont convaincus, il est vrai, qu'on ne peut pas arriver de cette façon à la théorie de la structure atomique et quantique. Peut-être ont-ils raison sur ce point. Peut-être n'y a-t-il pas de théorie de champ

der Quanten. Dann kann meine Bemühung nicht die Lösung des Problems der Atomistik und der Quanten ergeben, vielleicht sogar nicht einmal uns einer Lösung näher bringen. Aber diese negative Ueberzeugung ist nur intuitiv, nicht objektiv begründet. Auch sehe ich keinen andern klaren Weg zu einer logisch einfachen Theorie.

Dies zur Erklärung der Vogel-Strauss-Politik. Ich dachte, dies könnte Sie vom psychologischen Standpunkt interessieren, zumal Sie das Vertrauen in die Endgültigkeit der statistischen Methode wieder verloren haben.

Herzlich grüsst Sie

Ihr

Albert Einstein

Zu Ihrer Bequemlichkeit lege ich eine französische Uebersetzung dieses Briefes bei.

des quanta. Dans ce cas mes efforts ne peuvent pas mener à la solution du problème de l'atomistique et des quanta, peut-être même pas nous rapprocher d'une solution. Mais cette conviction négative est fondée sur une base seulement intuitive et non pas objective. En outre, je ne vois aucune autre voie clairement distincte vers une théorie logiquement simple.

Ceci pour expliquer la politique de l'autruche. Je pensais que ce qui précède pourrait vous intéresser du point de vue psychologique, et cela d'autant plus que vous avez de nouveau perdu confiance en la validité finale de la méthode statistique.

Salutations affectueuses

de votre

Albert Einstein

*Traduction française par le Secrétariat d'Albert Einstein*

8 Mars 1954

Cher Monsieur Einstein

Votre lettre a été pour moi très intéressante à lire et à méditer. Elle m'a apporté un grand encouragement pour continuer à reprendre, en les approfondissant, les idées que j'avais entrevues en 1927. Comme vous le savez, je travaille maintenant avec quelques jeunes collaborateurs à préciser et à étendre ces conceptions et j'ai obtenu dans cette voie quelques résultats qui me semblent encourageants.

Mais il reste, comme vous le pensez bien, des difficultés considérables qui sont bien loin d'être résolues. Néanmoins je suis de nouveau porté à croire que l'interprétation statistique actuellement admise est "incomplète" et qu'il faut rechercher des images spatio-temporelles précises du dualisme onde-corpuscule permettant de justifier le succès des lois statistiques de la Mécanique quantique.

Ce que vous me dites dans votre lettre sur votre attitude vis-à-vis du problème des quanta et sur votre confiance dans la méthode de la "simplicité logique" a beaucoup retenu mon attention. Il me paraît, en effet, vraisemblable que les points de vue très généraux de cohérence logique qui vous ont conduit aux magnifiques résultats de la Relativité généralisée et des théories unitaires sont aussi ceux qui permettront un jour de mieux comprendre le sens véritable des quanta et du dualisme onde-corpuscule.

Dans mes recherches actuelles, je suis amené à l'idée que pour parvenir à rendre compte du dualisme onde-corpuscule il faudrait développer une Mécanique ondulatoire reposant sur des équations non-linéaires dont les équations linéaires habituelles ne seraient que des formes approximatives valables dans certaines conditions. Mais, pour progresser dans cette voie, il faudrait arriver à préciser la forme de ces équations non-linéaires inconnues. C'est là un problème très difficile et je ne vois pas comment on pourrait les trouver en partant uniquement des résultats de la Physique. En accord avec vos idées, ce problème ne pourrait sans doute être résolu qu'en suivant une voie analogue à celle qui a conduit aux équations de la

Relativité généralisée, c'est-à-dire en s'inspirant de l'idée de simplicité logique.

Madame Tonnelat dont vous connaissez bien les travaux sur les théories unitaires s'intéresse avec M. Vigier et moi-même à ces aspects du problème des quanta qui sont évidemment très difficiles.

Je vous remercie encore bien vivement du profit que j'ai eu à lire votre précieuse lettre et du grand encouragement qu'elle m'apporte dans mes nouveaux travaux.

Veillez agréer, Cher Monsieur Einstein, l'expression de mes sentiments de respectueux dévouement.

Louis de Broglie