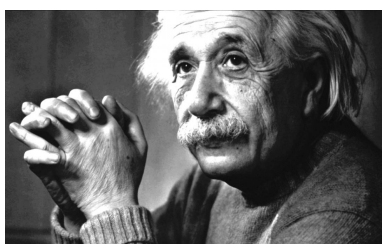


<https://www.amessi.org/einstein-les-fondements-de-la-physique-theorique>



Einstein, Les fondements de la physique théorique

- CHERCHEURS-SAVANTS-DECOUVERTES



Date de mise en ligne : mardi 30 avril 2019

Copyright © AMESSI.Org® Alternatives Médecines Évolutives Santé et

Sciences Innovantes ® - Tous droits réservés

La science est la tentative de faire correspondre la diversité chaotique de notre expérience sensible à un système de pensée logiquement unifié. Dans ce système les expériences particulières doivent être mises en rapport avec la structure théorique de telle sorte que la coordination résultante soit unique et convaincante.

Les expériences sensibles forment la matière qui nous est donnée ; mais la théorie qui doit les interpréter est faite par l'homme. Elle est le résultat d'un processus d'adaptation extrêmement laborieux : hypothétique, jamais complètement achevée, toujours sujette à la controverse et au doute.

Sommaire

- [Les fondements de la physique théorique](#)

Les fondements de la physique théorique

« Einstein - Les fondements de la physique théorique - 1940 »

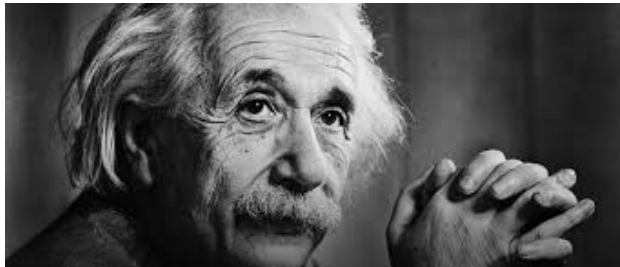
La manière scientifique pour former des concepts diffère de celle que nous employons dans notre vie quotidienne, non pas quant à la base, mais seulement par la définition plus précise des concepts et des conclusions, par un choix plus laborieux et plus systématique de la matière expérimentale et par une économie logique plus grande. Par cette dernière nous entendons l'effort de réduire tous les concepts et toutes les corrélations à un nombre aussi petit que possible de concepts et d'axiomes fondamentaux logiquement indépendants.

Ce que nous appelons physique comprend ce groupe de sciences de la nature qui basent leurs concepts sur des mesures, et dont les concepts et les propositions se prêtent à être formulés mathématiquement. Son domaine est, par conséquent, défini comme étant cette partie de la somme totale de nos connaissances qui est capable d'être exprimée en termes mathématiques. Avec le progrès de la science le domaine de la physique s'est tellement étendu que ses limites paraissent être celles de la méthode elle-même.

La plus grande partie de la recherche physique est consacrée au développement des différentes branches de la physique, dont chacune a pour objet la compréhension théorique de champs d'expérience plus ou moins grands, et dans chacun desquels les lois et les concepts restent aussi étroitement que possible en rapport avec l'expérience.

C'est cette branche de la science, avec sa spécialisation toujours croissante, qui a révolutionné la vie pratique dans ces derniers siècles et créé la possibilité pour l'homme d'être enfin libéré du fardeau du labeur physique.

D'un autre côté on a essayé, dès le début, de trouver une base théorique pour unifier toutes ces sciences particulières, base formée d'un minimum de concepts et de relations fondamentales, d'où tous les concepts et toutes les relations des disciplines particulières pourraient être déduits par un procédé logique. C'est ce que nous entendons par la recherche d'un fondement pour toute la physique. La conviction intime que ce but ultime pourrait être atteint est la principale source du dévouement passionné dont le chercheur a toujours été animé. C'est dans ce sens que les observations suivantes sont consacrées aux fondements de la physique.



De ce qui vient d'être dit il est clair que le mot de fondements ne signifie pas, dans cette connexion, quelque chose qui est, sous tous les rapports, analogue aux fondements d'un édifice. Certes, au point de vue logique, les différentes lois particulières de la physique reposent sur ce fondement.

Mais tandis qu'un édifice peut être sérieusement endommagé par une violente tempête ou par une forte marée et garder néanmoins ses fondements intacts, il en est tout autrement en science. Ici, de nouvelles expériences ou une nouvelle connaissance constituent un plus grand danger pour le fondement logique que pour les disciplines particulières qui sont en contact plus étroit avec l'expérience. C'est dans les rapports entre le fondement et toutes les parties particulières que réside sa grande importance, mais aussi son plus grand danger en face d'un nouveau facteur. Quand on s'en rend compte on se demande pourquoi les soi-disant époques révolutionnaires de la science physique n'ont pas plus souvent et plus complètement changé ses fondements qu'il n'en a été réellement le cas.

La première tentative en vue de poser un fondement théorique unifié est représenté par l'oeuvre de Newton. Dans son système tout est ramené aux concepts suivants : (1) Des points matériels dont la masse est invariable ; (2) action à distance entre deux points matériels ; (3) loi du mouvement pour le point matériel. Il n'y avait pas, rigoureusement parlant, de fondement embrassant tout, parce qu'une loi explicite n'y était formulée que pour les actions à distance de la gravitation, tandis que pour d'autres actions à distance rien n'était établi *a priori*, excepté la loi de l'égalité de l'action et de la réaction. De plus Newton se rendait parfaitement compte que le temps et l'espace étaient des éléments essentiels, en tant que facteurs physiques en fait, de son système, quoique seulement d'une manière implicite.

Cette base newtonienne se révéla éminemment féconde et fut regardée comme définitive jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Non seulement elle permit d'expliquer les mouvements des corps célestes dans leurs plus infimes détails, mais elle fournit aussi une théorie de la mécanique des masses discrètes et des milieux continus, une explication simple du principe de conservation de l'énergie et une théorie complète et brillante de la chaleur. L'explication des faits de l'électrodynamique était moins naturelle ; la moins convaincante était, dès le début, la théorie de la lumière.

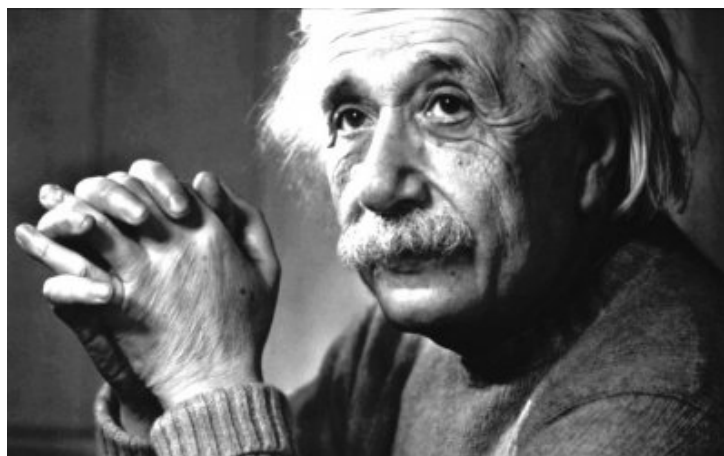
Il n'est pas surprenant que Newton n'ait rien voulu entendre d'une théorie ondulatoire de la lumière, car une telle théorie était très peu appropriée à son fondement théorique. La supposition que l'espace était rempli de points matériels, qui propageaient des ondes lumineuses sans manifester d'autres propriétés mécaniques, devait lui paraître tout à fait artificielle. Les plus forts arguments empiriques en faveur de la nature ondulatoire de la lumière, comme la vitesse déterminée de la propagation, les interférences, la diffraction, la polarisation, étaient ou bien

inconnus ou bien n'étaient pas connus en une synthèse bien ordonnée. On comprend qu'il soit resté attaché à la théorie corpusculaire de la lumière.

Pendant le XIX^e siècle la discussion se termina en faveur de la théorie ondulatoire. Mais aucun doute ne se manifesta au sujet des bases mécaniques de la physique, en premier lieu parce que personne ne savait où trouver des bases d'un autre type. Ce n'est que lentement, sous la pression irrésistible des faits, qu'une nouvelle base de la physique se développa, la physique du champ.

Depuis le temps de Newton, la théorie de l'action à distance fut toujours regardée comme artificielle. Les efforts ne manquèrent pas pour expliquer la gravitation par une théorie cinétique, c'est-à-dire en se basant sur des forces de collision de particules matérielles hypothétiques. Mais ces tentatives étaient superficielles et n'aboutirent à rien. Le rôle étrange joué par l'espace (ou le système d'inertie) dans les fondements de la mécanique fut aussi clairement reconnu et critiqué d'une façon particulièrement lumineuse par Ernst Mach.

Le grand changement fut opéré par Faraday, Maxwell et Hertz - à vrai dire d'une façon quelque peu inconsciente et contre leur volonté. Tous les trois, tout au long de leur vie, se considérèrent comme adhérents de la théorie mécanique. Hertz avait trouvé la forme la plus simple des équations du champ électromagnétique et déclara que toute théorie conduisant à ces équations était une théorie du même genre que celle de Maxwell. Mais vers la fin de sa courte existence il composa un écrit où il présentait comme fondement de la physique une théorie mécanique affranchie du concept de force.



Pour nous, qui avons pour ainsi dire sucé les idées de Faraday avec le lait de notre mère, il est difficile d'apprécier leur grandeur et leur audace. Faraday, avec son instinct sûr, a dû comprendre combien sont artificielles toutes les tentatives de rattacher les phénomènes électromagnétiques aux actions à distance entre particules électriques réagissant l'une sur l'autre. Comment dans la limaille de fer répandue sur une feuille de papier chaque grain pouvait-il connaître les particules électriques circulant dans un conducteur placé tout près ? Toutes ces particules électriques ensemble paraissaient créer dans l'espace environnant un état qui, à son tour, produisait un certain ordre dans la limaille. Ces états de l'espace, appelés aujourd'hui champs, une fois qu'on aura bien compris leur structure géométrique et la manière dont ils agissent solidairement, pourraient, pensa-t-il, expliquer les mystérieuses interactions électromagnétiques.

Il concevait ces champs comme des états de tension mécanique dans un milieu qui remplit l'espace, pareils aux états de tension dans un corps élastiquement distendu. Car en ce temps c'était la seule façon dont on pouvait concevoir des états qui étaient apparemment distribués d'une manière continue dans l'espace. Le caractère particulier de l'interprétation mécanique de ces champs resta à l'arrière-plan - une sorte d'apaisement de la conscience scientifique en face de la tradition mécanique du temps de Faraday. A l'aide de ces nouveaux concepts de champ Faraday réussit à former une conception qualitative de tout le complexe d'effets électromagnétiques découverts par lui et ses prédécesseurs.

L'énoncé précis des lois de ces champs dans l'espace-temps fut l'oeuvre de Maxwell. Représentons-nous les sentiments qu'il a dû éprouver quand les équations différentielles qu'il avait formulées lui prouvèrent que les champs électromagnétiques se propagent sous la forme d'ondes polarisées et avec la vitesse de la lumière ! Il fut donné à peu d'hommes au monde de faire une telle expérience. A ce moment émouvant il ne soupçonnait sûrement pas que la nature énigmatique de la lumière, en apparence si complètement éclaircie, continuerait à déconcerter les générations suivantes. En attendant, les physiciens mirent quelques décades pour saisir la pleine signification de la découverte de Maxwell, tellement fut audacieux le bond en avant que son génie marqua sur les conceptions de ses contemporains. C'est seulement après que Hertz eut démontré expérimentalement l'existence des ondes électromagnétiques de Maxwell que la résistance à la nouvelle théorie fut vaincue.

Mais si le champ électromagnétique pouvait exister comme une onde indépendante de la source matérielle, alors l'interaction électrostatique ne pouvait plus être expliquée comme une action à distance. Et ce qui était vrai pour l'action électrique ne peut pas ne pas l'être pour la gravitation. Partout les actions à distance de Newton cédèrent la place aux champs se propageant avec une vitesse finie.

Des fondements de Newton ne restèrent maintenant que les points matériels soumis à la loi du mouvement. Mais J.J. Thomson montra qu'un corps en mouvement chargé d'électricité doit, conformément à la théorie de Maxwell, posséder un champ magnétique dont l'énergie agissait précisément comme le fait un accroissement d'énergie cinétique du corps. Si, donc, une partie de l'énergie cinétique est constituée d'énergie de champ, ceci ne pourrait-il pas être vrai de toute l'énergie cinétique ? Peut-être la propriété fondamentale de la matière, son inertie, pourrait-elle être expliquée à l'aide de la théorie du champ ! La question conduisit au problème d'une interprétation de la matière en termes de la théorie du champ, dont la solution fournirait une explication de la structure atomique de la matière. On se rendit bientôt compte que la théorie de Maxwell ne pouvait pas réaliser un tel programme. Depuis lors plusieurs savants ont cherché avec ardeur à compléter la théorie du champ par quelque généralisation qui comprendrait une théorie de la matière ; mais jusqu'ici de tels efforts n'ont pas été couronnés de succès. Pour construire une théorie, il ne suffit pas d'avoir une claire conception du but. Il faut aussi avoir un point de vue formel qui permette de restreindre suffisamment la variété illimitée des possibilités. Jusqu'à présent on ne l'a pas trouvé ; par conséquent, la théorie du champ n'a pas réussi à fournir une base à toute la physique.

Pendant plusieurs décades la plupart des physiciens eurent la conviction qu'une substructure mécanique pourrait être trouvée pour la théorie de Maxwell. Mais les résultats peu satisfaisants de leurs efforts firent qu'on accepta graduellement les nouveaux concepts du champ comme des principes fondamentaux irréductibles - en d'autres termes, les physiciens se résignèrent à abandonner l'idée d'une base mécanique.

Les physiciens s'en tinrent ainsi au programme d'une théorie du champ. Mais celle-ci ne pouvait pas être considérée comme une base, puisque personne ne pouvait dire si une théorie cohérente du champ pourrait jamais expliquer, d'une part, la gravitation et, d'autre part, les composants élémentaires de la matière. Dans cet état de choses il était nécessaire de considérer les particules matérielles comme des masses ponctuelles soumises aux lois du mouvement de Newton. C'est ainsi que procéda Lorentz en créant sa théorie des électrons et la théorie des phénomènes électromagnétiques des corps en mouvement.

Voilà où en étaient les conceptions fondamentales au commencement de ce siècle. Un immense progrès avait été réalisé dans l'intelligence théorique de groupes entiers de nouveaux phénomènes, mais l'établissement d'une base unifiée pour la physique semblait, en vérité, loin. Et cet état de choses fut même aggravé par les développements qui suivirent. Le développement pendant notre siècle est caractérisé par deux systèmes théoriques essentiellement indépendants l'un de l'autre : la théorie de la relativité et la théorie des quanta. Les deux systèmes ne se contredisent pas directement l'un l'autre, mais ils semblent peu appropriés à fusionner en une théorie unique. Nous devons brièvement discuter l'idée fondamentale de ces deux systèmes.

La théorie de la relativité naquit des efforts en vue d'améliorer, quant à l'économie logique, les fondements de la physique tels qu'ils existaient au commencement de ce siècle. La théorie de la relativité appelée restreinte est basée sur le fait que les équations de Maxwell (et, ainsi, la loi de la propagation de la lumière dans le vide) sont transformées en équations de la même forme quand elles subissent une transformation de Lorentz. Cette propriété des équations de Maxwell est complétée par notre connaissance empirique assez bien assurée du fait que les lois de la physique sont les mêmes relativement à tous les systèmes d'inertie. Ceci conduit au résultat que la transformation de Lorentz - appliquée aux coordonnées d'espace-temps - doit gouverner le passage d'un système d'inertie à un autre. Le contenu de la théorie de la relativité restreinte peut, par conséquent, être résumé en une seule proposition : toutes les lois de la nature doivent satisfaire à la condition d'être covariantes relativement aux transformations de Lorentz.

De là il suit que la simultanéité de deux événements distants n'est pas un concept invariant et que les dimensions des corps rigides et la vitesse des horloges dépendent de leur état de mouvement. Une autre conséquence était la modification de la loi du mouvement de Newton dans les cas où la vitesse d'un corps donné n'était pas petite comparée à la vitesse de la lumière. De là découlait en outre le principe de l'équivalence de la masse et de l'énergie, et les lois de la conservation de la masse et de l'énergie se fondirent en une seule loi. Une fois qu'il fut prouvé que la simultanéité était relative et dépendait du système de référence, toute possibilité de maintenir les actions à distance dans les fondements de la physique disparut, étant donné que ce concept présupposait le caractère absolu de la simultanéité (il doit être possible de constater la position des deux points matériels agissant l'un sur l'autre « au même moment »).

La théorie de la relativité générale doit son origine à la tentative d'expliquer un fait connu depuis le temps de Galilée et de Newton, mais qui se déroba à toute interprétation théorique : l'inertie et le poids d'un corps, en eux-mêmes deux choses entièrement distinctes, sont mesurés par une seule et même constante, la masse. De cette correspondance il s'ensuit qu'il est impossible de découvrir par l'expérience, si un système donné de coordonnées est accéléré, ou si son mouvement est rectiligne et uniforme et qu'alors les effets observés sont dus à un champ de gravitation (ceci est le principe d'équivalence de la théorie de la relativité générale). Les concepts du système d'inertie sont mis en pièces dès qu'on introduit la gravitation. Il convient de faire remarquer ici que le système d'inertie est un point faible de la mécanique de Galilée et de Newton. Car il y est présupposée une propriété mystérieuse de l'espace physique, déterminant le type de systèmes de coordonnées pour lesquels la loi de l'inertie et la loi du mouvement de Newton sont vraies.

Ces difficultés peuvent être évitées grâce au postulat suivant : les lois de la nature doivent être formulées de telle sorte que leur forme reste identique pour des systèmes de coordonnées dans n'importe quel type d'états de mouvement. C'est en cela que consiste la tâche de la théorie de la relativité générale. D'autre part, nous déduisons de la théorie de la relativité restreinte l'existence d'une métrique Riemannienne dans le continuum d'espace-temps, qui conformément au principe de l'équivalence, décrit et le champ gravifique et les propriétés métriques de l'espace. En supposant que les équations du champ de gravitation sont des équations différentielles du second ordre, la loi du champ est clairement déterminée.

A côté de ce résultat, la théorie libère la physique du champ de l'incapacité dont elle souffrait, en commun avec la mécanique newtonienne, d'attribuer à l'espace ces propriétés physiques indépendantes qui, autrefois, avaient été cachées par l'emploi d'un système d'inertie. Mais on ne saurait prétendre que les parties de la relativité générale qui peuvent aujourd'hui être considérées comme achevées aient doté la physique de fondements complets et satisfaisants. En premier lieu, le champ total y paraît être composé de deux parties qui sont sans lien logique : la gravitation et l'électromagnétisme. En second lieu, la théorie, semblable aux théories du champ plus anciennes, n'a pas jusqu'à présent fourni une explication de la structure atomique de la matière. Cet insuccès est probablement en connexion avec le fait qu'elle n'a jusqu'à présent contribué en rien à l'intelligence des phénomènes quantiques. Pour rendre compte de ces phénomènes, les physiciens ont été forcés d'adopter des méthodes entièrement nouvelles, dont nous allons maintenant discuter la caractéristique fondamentale.

En l'année 1900, au cours d'une recherche purement théorique, Max Planck fit une découverte tout à fait remarquable : la loi du rayonnement des corps en fonction de la température ne pouvait pas être déduite uniquement des lois de l'électrodynamique de Maxwell. Pour arriver à des résultats qui soient en harmonie avec les expériences en question, le rayonnement à une fréquence donnée devait être traité comme s'il était composé d'atomes d'énergie individuelle $h\nu$, où h est la constante universelle de Planck et ν la fréquence. Dans les années suivantes il fut prouvé que la lumière était partout émise et absorbée ainsi, par quanta d'énergie. Niels Bohr, en particulier, arriva ainsi à comprendre en grande partie la structure de l'atome en supposant que les atomes peuvent avoir seulement des valeurs d'énergie discrètes et que les passages discontinus de l'une à l'autre sont liés à l'émission ou à l'absorption d'un tel quantum d'énergie. Ceci jeta quelque lumière sur le fait que, dans leur état gazeux, les éléments et leurs composés rayonnent et absorbent la lumière à certaines fréquences nettement définies. Tout cela était absolument inexplicable dans le cadre des théories existant jusque-là. Il était clair que, du moins dans le domaine des phénomènes atomiques, le caractère de tout ce qui s'y passe est déterminé par des états discrets et par des passages apparemment discontinus entre eux, la constante h de Planck jouant un rôle décisif.

Le pas suivant fut fait par de Broglie. Il se demanda comment on pouvait, à l'aide des concepts courants, comprendre les états discrets et il devina une ressemblance avec les ondes stationnaires, comme c'est le cas, par exemple, des fréquences propres aux tuyaux d'orgues et des cordes en acoustique. Certes, des actions ondulatoires comme celles exigées ici étaient inconnues, mais elles pouvaient être construites et leurs lois mathématiques formulées en employant la constante h de Planck. De Broglie conçut un électron tournant autour du noyau atomique comme étant lié à un tel train d'ondes hypothétiques et rendit, jusqu'à un certain degré, intelligible le caractère discret des chemins « permis » de Bohr grâce au caractère stationnaire des ondes correspondantes.

Or, en mécanique le mouvement de points matériels est déterminé par les forces ou les champs de force qui agissent sur eux. D'où il fallait s'attendre à ce que ces champs de force exerçassent aussi, d'une manière analogue, une influence sur les champs d'ondes de de Broglie. Erwin Schrödinger montra comment on pouvait tenir compte de cette influence, en réinterprétant par une méthode ingénieuse certaines formulations de la mécanique classique. Il réussit même à étendre la théorie de la mécanique ondulatoire à un point où, sans l'introduction d'aucune hypothèse nouvelle, elle devenait applicable à tout système mécanique composé d'un nombre arbitraire de points matériels, c'est-à-dire qui possède un nombre arbitraire de degrés de liberté. Ceci était possible, parce qu'un système mécanique composé de n points matériels est mathématiquement équivalent, dans une très large mesure, à un seul point matériel se mouvant dans un espace à $3n$ dimensions.

Sur la base de cette théorie on a obtenu une représentation étonnamment bonne d'une immense variété de faits, qui paraissent autrement tout à fait incompréhensibles. Mais, chose assez curieuse, il y avait un insuccès : il était impossible d'associer à ces ondes de Schrödinger des mouvements définis de points matériels - et c'est cela, après tout, qui avait été le dessein originel de toute la construction.

La difficulté paraissait insurmontable jusqu'à ce qu'elle ait été vaincue par Bohr d'une manière aussi simple qu'inattendue. Les champs d'ondes de de Broglie-Schrödinger ne devaient pas être interprétés comme une description mathématique de la façon dont un événement a réellement lieu dans le temps et dans l'espace, bien que, en réalité, ils se rapportent à un tel événement. Ils sont plutôt une description mathématique de ce que nous pouvons réellement savoir sur le système. Ils servent seulement à présenter des énoncés statistiques et des prédictions concernant les résultats de toutes les mesures que nous pouvons effectuer sur le système.

Nous allons illustrer ces traits généraux de la mécanique quantique par un exemple simple : considérons un point matériel maintenu dans une région limitée G par des forces d'intensité finie. Si l'énergie cinétique du point matériel est au-dessous d'une certaine limite, il ne pourra, conformément à la mécanique classique, jamais quitter la région G . Mais, d'après la mécanique quantique, le point matériel, après une période non immédiatement prévisible, est capable de quitter la région G dans une direction imprévisible et de s'échapper dans l'espace environnant. Ce cas est, selon Gamow, un modèle simplifié de la désintégration radioactive.

Le traitement de ce cas par la théorie des quanta est le suivant : au moment t_0 nous avons un système d'ondes de Schrödinger entièrement à l'intérieur de G. Mais à partir de l'instant t_0 les ondes quittent l'intérieur de G dans toutes les directions, de telle sorte que l'amplitude de l'onde sortante est petite comparée à l'amplitude initiale du système d'ondes à l'intérieur de G. Plus ces ondes extérieures se propagent loin, plus l'amplitude des ondes à l'intérieur de G diminue et également l'intensité des ondes qui sortent de G. C'est seulement après un temps infini que la provision d'ondes à l'intérieur de G est épuisée, tandis que l'onde extérieure s'est de plus en plus étendue sur un domaine qui s'agrandit continuellement.

Mais ce processus ondulatoire, qu'a-t-il à faire avec l'objet qui nous a intéressé tout d'abord, la particule originellement enfermée en G ? Pour répondre à cette question, nous devons imaginer quelque arrangement nous permettant d'effectuer des mesures sur la particule. Imaginons, par exemple, quelque part dans l'espace environnant un écran fait de telle sorte que la particule s'y fixe quand elle entre en contact avec lui. De l'intensité des ondes qui frappent l'écran en quelque point nous tirons alors des conclusions quant à la probabilité que la particule frappera l'écran en ce point à ce moment. Aussitôt que la particule a frappé quelque point particulier de l'écran, tout le champ d'ondes perd toute sa signification physique ; son seul but était de faire des prédictions de probabilité quant au lieu et au moment où la particule frappe l'écran (ou, par exemple, quant à sa quantité de mouvement au moment où elle frappe l'écran).

Tous les autres cas sont analogues. Le but de la théorie est de déterminer la probabilité des résultats des mesures sur un système à un moment donné. D'autre part, elle n'essaie pas de donner une représentation mathématique de ce qui est réellement présent, ou de ce qui se passe dans l'espace et dans le temps .

Sur ce point la théorie des quanta d'aujourd'hui diffère fondamentalement de toutes les théories physiques précédentes, des théories mécanistes aussi bien que des théories du champ. Au lieu de fournir un modèle de description des événements réels dans l'espace-temps, elle fournit des distributions de probabilité des mesures possibles en fonction du temps.

Il faut reconnaître que la nouvelle conception théorique ne doit son origine à un essor de l'imagination, mais à la force irrésistible des faits expérimentaux. Toutes les tentatives pour représenter la particule et les caractères ondulatoires, qui se manifestent dans les phénomènes de la lumière et de la matière, directement par un modèle d'espace-temps se sont terminées jusqu'à présent par un échec. Comme l'a montré d'une manière convaincante Heisenberg, du point de vue empirique, toute décision relative à une structure rigoureusement déterministe de la nature est définitivement exclue, à cause de la structure atomique de nos appareils d'expérience. Il n'est donc guère probable qu'une connaissance future puisse contraindre la physique à abandonner les fondements théoriques actuels, de nature statistique, en faveur de fondements déterministes, qui s'occuperaient directement de la réalité physique.

Logiquement le problème paraît offrir deux possibilités, entre lesquelles nous pouvons, en principe, choisir. Finalement, le choix sera déterminé par le type de description qui, logiquement parlant, permet de formuler les fondements les plus simples. A présent, nous ne possédons pas de théorie déterministe nous permettant de décrire directement les événements eux-mêmes et qui soit en harmonie avec les faits.

Pour le moment nous devons admettre que nous ne possédons pas une base théorique générale pour la physique qui puisse être regardée comme son fondement logique. La théorie du champ a jusqu'ici échoué dans la sphère moléculaire. Il est reconnu de tous côtés que le seul principe qui pourrait servir de base à la théorie des quanta serait celui qui constituerait une traduction de la théorie du champ dans le schéma de la statistique quantique. Que ceci puisse réellement se produire d'une manière satisfaisante, personne n'oserait le dire.

Certains physiciens, parmi lesquels je me trouve moi-même, ne peuvent pas croire que nous devions abandonner,

réellement et pour toujours, l'idée d'une représentation directe de la réalité physique dans l'espace et dans le temps, ou que nous devons accepter l'opinion que les événements dans la nature ressemblent à un jeu de hasard. Il est permis à chacun de choisir la direction de ses efforts, et tout homme peut tirer consolation de la belle maxime de Lessing que la recherche de la vérité est plus précieuse que sa possession.

Einstein - Les fondements de la physique théorique - 1940