

Considérations épistémologiques sur la physique moderne

Autor(en): **Mercier, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Schweizerischen Philosophischen Gesellschaft =
Annuaire de la Société Suisse de Philosophie**

Band (Jahr): **2 (1942)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-883881>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Considérations épistémologiques sur la physique moderne

Par André Mercier.

On connaît la classification des sciences de Naville¹⁾, selon laquelle l'arithmétique est la discipline du nombre, la géométrie celle du nombre et de l'espace, la cinématique celle du nombre, de l'espace et du temps, la physique (dans le sens large, y compris l'astronomie, la chimie etc.) celle du nombre, de l'espace, du temps et de la matière, la biologie celle du nombre, de l'espace, du temps, de la matière et de la vie, enfin la psychologie celle des mêmes concepts ainsi que de la pensée.

C. E. Guye²⁾ a déjà remarqué que l'introduction due à Einstein du principe de relativité et de l'équivalence entre matière et énergie a mis en évidence le caractère conventionnel bien que très commode de cette classification. Il fait plus; il cherche à passer des sciences à la « Science », c'est à dire à relier entre elles les notions métaphysiques (nombre, espace . . . pensée) qui séparent les diverses sciences de la classification de Naville.

Cinq ans déjà avant qu'elle connût le principe de relativité restreinte, la physique avait été enrichie de l'hypothèse des quanta de Planck. Cependant, ce n'est que beaucoup plus tard que l'on a reconnu la vraie signification de la physique des quanta, lorsque Bohr, L. de Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Dirac en eurent exposé les véritables fondements.

Il n'est peut-être pas exagéré de dire que la découverte des fondements quantiques de la physique bouleverse la classification de Naville. Nous reviendrons plus loin sur la désignation de « physique des quanta », pour dire qu'elle n'est pas heureuse. Auparavant, donnons quelques exemples pour mieux faire comprendre notre pensée.

Distinguons entre physique classique et physique quantique. La

¹⁾ A. Naville, Nouvelle classification des sciences, 2^e éd. Paris, 1902.

²⁾ C. E. Guye, L'évolution physico-chimique, 2^e éd. Paris, 1942.

physique classique est celle qui a été fondée sur les idées newtoniennes de la mécanique et qui a trouvé l'expression de son parfait développement dans la Relativité einsteinienne. La physique quantique s'en distingue très nettement. La plupart des problèmes de la physique classique se posent à la manière des problèmes astronomiques. De fait, c'est de préoccupations astronomiques, de la recherche de l'origine du mouvement des astres, qu'est née la mécanique, et de la mécanique qu'est née la physique³⁾. Le mouvement des astres étant la source du problème type, la physique s'est développée comme une science du mouvement des corps, et les corps étant matériels, la physique est devenue la discipline du nombre, de l'espace, du temps et de la matière, et les dimensions fondamentales choisies furent la longueur, l'intervalle de temps, et la masse, mesure de l'inertie (le nombre n'ayant pas de dimensions).

Au début du développement de la physique quantique, on essaya de poursuivre la tradition astronomique, mais on se rendit bientôt compte que l'on faisait fausse route. Voici l'un des phénomènes les plus caractéristiques que la physique classique ne saurait expliquer et que la physique quantique ait à traiter: La matière se compose de corpuscules, qui ont tous une masse et pour la plupart une charge électrique. On parle des électrons, qui sont chargés négativement, des protons, de charge positive et de masse deux mille fois plus grande que celle des électrons, des neutrons, qui ne sont pas chargés, etc. Or on a observé le phénomène suivant: Un neutron fait explosion, pour donner naissance à un proton et à un électron. C'est là le phénomène radioactif le plus élémentaire; il est si différent des phénomènes astronomiques, que la physique classique est incapable d'en rendre compte.

Un corpuscule unique est le cas le plus simple de ce qu'on appelle un système. Un assemblage de corpuscules représente un système plus compliqué. Ainsi un atome, formé de corpuscules, est un système. En général le physicien envisage des systèmes, qu'il sépare par la pensée du reste du monde et qu'il cherche à isoler le mieux possible des objets environnants par des dispositifs expérimentaux appropriés. Et c'est l'évolution, la manière de se comporter de ces systèmes, qu'il étudie.

³⁾ Cf. notre ouvrage: Stabilité, Complémentarité et Déterminabilité, Lausanne, 1942.

Aussi, plutôt que de définir la physique (dans le sens le plus large) comme la discipline où se rallient les notions de nombre, d'espace, de temps et de matière, la définirons-nous comme la *science de l'évolution des systèmes*. La biologie s'en distingue alors, comme dans la classification de Naville, par l'adjonction de la vie au fonctionnement de la Nature physique. Par contre ce ne sont pas le nombre et l'espace qui sont antécédents du temps et de la matière, mais bien la matière et le temps, qui sont les notions métaphysiques fondamentales de l'interprétation de la Nature.

Que la théorie de la Relativité ait réuni l'espace tridimensionnel au temps pour en faire un continuum à quatre dimensions, ne détruit pas la différence de priorité qui peut exister entre ces notions. La physique des quanta commence par parler de l'évolution des systèmes, ce qui introduit les notions primordiales de matière et de temps. Il est évidemment très commode de se rapporter à l'espace comme cadre de référence dans la description de cette évolution. Mais alors, comme les découvertes de L. de Broglie, de Heisenberg et de Bohr l'ont montré, l'étonnante dualité onde-corpuscule et les célèbres relations d'incertitude, en un mot la *complémentarité* inhérente à la physique des systèmes microcosmiques surgissent, pour mettre une borne à la précision de l'expérience physique.

L'élaboration d'une théorie physique (telle que la mécanique newtonienne ou la théorie des quanta) se fait à l'aide d'un *schéma constructif*. C'est là un cadre formel de postulats, dans l'énoncé desquels figurent des notions indéfinissables qui nous sont données par l'intuition. Un schéma constructif n'a d'utilité que s'il est complété par des lois, qui, elles, sont les vraies expressions des phénomènes de la Nature, tandis que le schéma constructif est un instrument qui, tout en étant suggéré par l'observation de l'évolution des systèmes, est forgé par l'intelligence humaine pour permettre d'en donner une description qui, bien qu'elle soit inévitablement approximative, est du moins logique. De là résulte qu'une théorie physique doit être en fin de compte mise sous forme axiomatique⁴⁾. Cela présente d'ailleurs le gros avantage de montrer clairement quelles sont les prémisses et en particulier quelles sont les notions

⁴⁾ Voir notre ouvrage: *Logik und Erfahrung in der exakten Naturwissenschaft*, Bern, 1941.

fondamentales non définies dont la théorie fait usage. Ce n'est pas là une simple opinion ou un point de vue théorique, mais un fait réalisé successivement pour toutes les théories physiques, et nous avons tenté, à la suite ou à l'exemple d'autres auteurs, d'indiquer d'une manière très condensée une forme axiomatique possible de la physique quantique⁵⁾. L'énoncé axiomatique a en même temps une utilité didactique, en particulier dans le cas de la physique quantique, parce que celle-ci diffère à tel point de la physique classique, qu'il est plus important de faire comprendre leur différence que leur ressemblance.

On a vu déjà plus haut qu'il fallait renoncer à la définition de Naville de la physique, pour ne pas rencontrer de difficulté lorsque l'on s'occupe de physique quantique. Science de l'évolution des systèmes, c'est là la définition que nous proposons. On pourrait préciser encore, en disant qu'il s'agit de la science de l'état des systèmes et de leur évolution. Le schéma constructif de la théorie des quanta est pour l'instant l'instrument le plus puissant d'analyse de l'état des systèmes. L'état est représenté par un symbole; la théorie en précise les dimensions physiques⁶⁾, et le calcul quantique en fournit des valeurs numériques. Le postulat particulier, sans lequel il n'y aurait pas de quantification des états, est le suivant: Les valeurs de la fonction état de n'importe quel système restent bornées.

Il nous fallait énoncer ce postulat, afin de justifier le point de vue selon lequel la désignation de théorie des quanta est mal choisie; toute une partie de la physique quantique ne parle pas explicitement des quanta (quanta d'énergie ou de lumière). La désignation de mécanique ondulatoire ne convient pas non plus, pour deux raisons; d'abord parce que la mécanique ondulatoire n'est qu'un aspect de la théorie, ensuite parce que les ondes dont il s'agit n'ont pas grand chose de commun avec ce qu'on désigne communément par le mot d'onde.

Cependant, s'il y a lieu de remplacer la désignation « théorie des quanta » par une autre, on ne peut pas renoncer totalement à l'indication d'une quantification si l'on veut bien caractériser la physique

⁵⁾ Verhandlungen der Naturforsch. Gesellsch. Bern, 1942, pour paraître.

⁶⁾ Par exemple, l'état d'un corpuscule unique placé dans l'espace tridimensionnel ordinaire a les dimensions $L^{-3/2}$, soit l'inverse de la racine d'un volume.

moderne. Il s'agit de la quantification des états des systèmes. Par suite du postulat que nous avons indiqué, chaque système ne peut se trouver, comme on le démontre, que dans *certaines états*, ce sont les états qui lui sont propres en vertu des lois qui le définissent; c'est pourquoi on les appelle des *états propres*. Ceux-ci peuvent se répartir soit d'une manière continue, soit d'une manière discontinue dans un certain domaine de variation. C'est au cas de discontinuité que s'applique vraiment la désignation de quantification.

Un système physique ne peut, lors de son évolution, que passer brusquement de l'un des états qui lui sont propres à un autre. Dans chacun de ces états, on peut observer les propriétés du système: l'énergie qu'il contient, le champ électrique qu'il crée, le moment de rotation qui l'agite, son extension spatiale, etc. Ce sont des observables, dont les valeurs numériques sont bien déterminées dans chacun de ces états propres. Aussi appelle-t-on ces valeurs des *valeurs propres*.

C'est pourquoi nous aimerions appeler non pas théorie des quanta la théorie employée pour décrire les phénomènes du microcosme, mais « théorie des états propres aux systèmes et des valeurs propres des observables qui leur sont attachées ».

Les états particuliers propres à un système et les valeurs propres de ses observables ne sont naturellement pas déterminés uniquement par le schéma constructif de la théorie, mais bien par la nature même du système. Déterminer des états propres et des valeurs propres, c'est donc décrire la Nature. On y parvient grâce à la découverte des lois de la Nature, qui sont des lois d'interaction. Il s'agit d'une part de l'interaction des parties constituantes du système les unes sur les autres et d'autre part de l'interaction du système et des objets qui l'entourent.

La notion d'interaction est utilisée dans toute la physique. Les lois de la physique classique autant que celles de la physique moderne sont des lois d'interaction. C'est seulement la manière de les exprimer mathématiquement qui change selon le schéma constructif de chaque théorie particulière. En mécanique newtonienne, la formule des lois est donnée par l'expression détaillée d'une certaine grandeur appelée force; en théorie de la relativité générale, elles sont données par l'expression d'une certaine grandeur qui fixe des structures spatio-temporelles; en théorie des états propres, leur formule est donnée par l'expression détaillée d'une certaine grandeur observable appelée

hamiltonien, qui fixe précisément la délimitation des états propres.

Mais la notion d'interaction n'est pas propre à la physique uniquement. Elle est responsable, en physique, de l'état des systèmes et de leur évolution. C'est aussi une interaction, mais une interaction d'un autre genre, qui est probablement responsable de l'état et de l'évolution des systèmes biologiques, c'est à dire des êtres vivants. Les lois naturelles qui y correspondent dans le règne vivant seront évidemment beaucoup plus compliquées que celles de la physique, et pour les décrire d'une manière intelligible, il faudra vraisemblablement faire usage de schémas constructifs de type différent de celui des schémas employés en physique.

En psychologie aussi, l'interaction du sujet et de l'objet est certainement décisive dans le comportement du sujet, interaction d'un genre de nouveau très différent de celle dont il est question en physique ou en biologie.

Dans les disciplines mathématiques, il n'est pas question d'interaction, de sorte que les mathématiques prennent une position toute particulière dans l'ensemble des sciences. Si nous avons emprunté aux mathématiques (et à la logique formelle) l'idée et la désignation d'axiomatique pour l'appliquer en physique, cela ne veut pas dire qu'il y ait identité entre les types d'axiomatiques appliquées d'une part aux théories mathématiques et d'autre part aux théories physiques. L'axiomatisation d'une théorie physique est d'emblée soumise à des conditions naturelles qu'elle est d'ailleurs censée expliquer. Si donc on peut dans une certaine mesure comparer l'activité mathématique à un jeu, on ne peut pas le faire des préoccupations du physicien, qui ne peut pas choisir librement des schémas constructifs, mais doit les extraire de la contemplation de la Nature.

Les indications qui précèdent montrent que les physiciens modernes ne se confinent pas à la physique, au sens étymologique (*φυσικα*), mais empiètent sur le terrain de l'épistémologie, puisqu'ils traitent de la manière convenable de raisonner en physique, et que, plus généralement, tout en délimitant leur science par rapport aux autres, ils visent à un schème général pour l'ensemble de la Science.