Quelques remarques sur la physique théorique contemporaine

Autor(en): **Choquard, Ph.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Actes de la Société jurassienne d'émulation**

Band (Jahr): **64 (1960)**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-555397

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

QUELQUES REMARQUES SUR LA PHYSIQUE THÉORIQUE CONTEMPORAINE

PAR

PH. CHOQUARD
Dr ès sc.
Institut Battelle, Genève

QUELQUES REMARQUES
SUR LA
PHYSIQUE THÉORIQUE CONTEMPORAINE[1]

Messieurs les Professeurs,
Mesdames, Messieurs,

Avant d'aborder le sujet même de cette leçon, nous aimerions très respectueusement rappeler le souvenir de ceux de nos maîtres qui ont déterminé notre vocation. Je veux parler du regretté Herbert Jobin, professeur de mathématiques à l'Ecole cantonale de Porrentruy, à qui nous devons le goût du raisonnement synthétique, caractéristique de la géométrie, et, de Wolfgang Pauli, professeur de physique théorique à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, qui a su nous communiquer le respect et la passion de la discipline qu'il enseignait et qu'il exerçait avec un art incomparable. Nous leur sommes redevables d'un précieux héritage que nous tâcherons de transmettre de notre mieux. Nous tenons également à remercier Messieurs les professeurs Gottfried Keller, Ferdinand Gonseth, Paul Scherrer et André Mercier de l'enseignement précieux qu'ils nous ont dispensé au cours de nos études à Porrentruy, Zurich et Berne.

Quant au sujet de cette leçon, nous l'avons choisi dans l'intention de rendre accessibles à une large audience certains traits caractéristiques de la discipline dont une branche sera enseignée dans les cours à venir.

Il n'est pas dans notre intention ni à notre portée de vous exposer ce sujet à partir d'un point de vue supérieur, comme seul un

[1] Texte de la leçon inaugurale donnée, en qualité de privat-docent, au Laboratoire de physique de l'Université de Lausanne, le 31 octobre 1960.

maître pourrait le faire. Nous vous inviterons plutôt à entendre une opinion toute personnelle sur quelques-unes des questions fondamentales que vous pouvez vous poser à l'égard de la physique théorique, à savoir :

« Qu'est-ce que la physique théorique, comment se fait-elle et quelle a été l'évolution de sa pratique, de son origine à nos jours ? »

Répondre à ces questions est ambitieux, car les définitions ne sont jamais satisfaisantes. Nous allons, toutefois, essayer de procéder par étapes pour arriver à une position qualitativement valable, en assignant à la physique théorique sa place précise parmi les autres sciences exactes.

La physique théorique a pour objectif commun avec celles-ci de donner une *interprétation cohérente* des lois de la nature et de *prévoir* ses comportements. Elle se distingue pourtant des sciences expérimentales par le fait que son but est la recherche des *principes* sous-jacents aux lois, et *l'établissement de théories mathématiques* fondées sur ces principes, d'où les lois connues puissent être dérivées et des lois nouvelles être prévues.

Voyons un peu ce qu'une telle définition comporte : il y entre la donnée des lois, c'est-à-dire de relations expérimentales observées et observables entre des grandeurs physiques intéressantes. Il est évident que cette donnée est indispensable, car il n'est pas de concept théorique sans origine, sans racine expérimentale.

Il y entre, en outre, la notion de principes qui soient sous-jacents à ces lois. Ici, la physique théorique, ou plutôt le physicien, fait un acte de foi. Il croit que derrière les phénomènes observés se cachent des principes directeurs que la nature utilise, par exemple des principes de symétrie, des principes d'invariance, des principes d'économie. Ces principes jouent, en physique théorique, le rôle des axiomes en mathématiques, avec cette différence qu'on a le choix des axiomes et non celui des principes. Leur connaissance est capitale, car elle fournit à la recherche l'une de ses contraintes fondamentales.

Enfin, dans cette proposition intervient l'établissement de théories mathématiques fondées sur les principes et d'où puissent être dérivées les lois connues et prévues, les lois nouvelles. Dire que le langage de la physique théorique est mathématique, c'est dire la condition de rigueur à laquelle est soumise cette discipline, et cette condition est la meilleure garantie d'une formulation objective de tout concept théorique.

Ainsi, nous retenons jusqu'ici trois éléments : la donnée de lois, la recherche des principes et l'établissement de théories mathématiques.

Cette proposition épuise-t-elle le contenu de la physique théorique ? Du point de vue idéal, peut-être, mais certes pas du point de vue pratique. Car, si les principes sont importants, leur découverte est chose rare : quelques-uns par demi-siècle, et encore pour des périodes fructueuses de l'histoire. Mentionnons comme exemples le principe de *correspondance,* le principe d'*incertitude* et le principe d'*exclusion,* qui sont les piliers de *toute* la mécanique quantique et qui sont le fait des grands maîtres de l'art : Bohr, Heisenberg, Pauli. On voit mal alors quelles peuvent être les préoccupations courantes des théoriciens dans leurs recherches.

D'autre part, en citant l'« établissement » de théories mathématiques, nous n'avons rien dit de leur genèse.

Ceci nous conduit à introduire un élément qui était masqué dans cette proposition un peu trop rudimentaire et nous aimerions proposer une définition plus réaliste de la physique théorique, en disant qu'elle consiste en *l'élaboration de modèles capables de reproduire analytiquement l'allure observée de relations expérimentales et susceptibles de prédire de nouvelles relations.*

Qu'entend-on par modèle ? En physique classique, un modèle était une représentation visuelle de l'image que le chercheur se formait des mécanismes impliqués dans les phénomènes qu'il étudiait, c'est-à-dire qu'un modèle était concret, qu'on pouvait le réaliser. En mécanique quantique, en revanche, tous les phénomènes n'ayant pas d'analogues classiques, il a fallu, pour les décrire, introduire des représentations abstraites, constituant un ensemble de relations n'ayant plus de caractère visuel mais pour lesquelles on a maintenu la dénomination de modèle, dans un sens élargi. A la limite, on parle, en mathématiques, d'un modèle à propos d'un ensemble d'axiomes. Nous devons donc donner une définition plus générale de cette notion par rapport à ce que l'on en pensait en physique classique, et nous dirons *qu'un modèle est une représentation de l'appréhension globale du système que l'on étudie.* Cette représentation peut être ou concrète ou abstraite, selon les cas, « et le modèle peut être exact ou approximatif », suivant la puissance représentative de l'appréhension.

Ayant ainsi précisé la notion de modèle, nous pouvons parler de son élaboration. Elle implique deux choses : l'invention et la formulation. L'invention du modèle est l'acte créatif par excellence du théoricien. C'est là que le théoricien se compare le mieux à un artiste, car, observant un phénomène de la nature qu'on ne pouvait pas expliquer par les connaissances actuelles, il envisage, il imagine, il se crée dans son esprit une image, une possibilité d'interprétation de ce phénomène, et c'est à cet instant que son génie créatif se manifeste. On *invente* un modèle, on *découvre* des principes. Vient ensuite l'élaboration dans le sens du travail, de la formulation mathématique de ce modèle, car il ne suffit pas, en physique théorique, d'avoir l'intui-

tion d'une interprétation. Il faut, comme nous l'avons vu, se soumettre à cette condition de rigueur de formuler son modèle dans un langage mathématique, tel que, finalement, son expression soit indépendante presque du sujet qui l'a formulé. Et cette condition de rigueur à laquelle est soumise le théoricien, quand il formule son modèle, fait que, pendant des années parfois, il doive travailler sur une idée pour rendre son souci, son obsession, son idée transmissibles. Au cours de son travail, il est guidé par son intuition, dont le modèle est le véhicule.

Maintenant que nous avons précisé notre définition de la physique théorique, nous pouvons aborder la question de sa pratique, qui amène à parler des relations du théoricien avec ses collègues physicien et mathématicien. Commençons par celui avec qui le théoricien collabore au début d'une de ses recherches : l'expérimentateur. Rendons-lui hommage. C'est lui qui découvre les nouveaux effets et qui très souvent pointe l'attention du théoricien sur un phénomène inexpliqué. Cette collaboration est réciproquement enrichissante, stimulante et peut être très fructueuse. Mais elle n'est qu'une époque, qui peut varier de quelques semaines à quelques mois et qui couvre la phase « informative » et inventive de la démarche théorique. Car il arrive souvent qu'une collaboration de quelques semaines seulement soit suffisante pour stimuler des années de travail théorique. Ce fait d'expérience permet de comprendre la nature des relations entre théoricien et expérimentateur, ce dernier étant souvent insatisfait de l'assistance trop brève que son collègue lui accorde. Et l'on pourrait dire, paradoxalement, qu'il faudrait dans un institut de recherches, où l'on veut cultiver les échanges entre disciplines, presque plus de théoriciens que d'expérimentateurs, parce que les problèmes se renouvellent constamment et que la façon de les attaquer efficacement implique une réflexion et une critique préalables, qui contraignent tout chercheur à augmenter le pourcentage non expérimental de sa recherche par rapport au pourcentage expérimental. Tant il est vrai qu'on peut comprendre d'une façon quasiment triviale le travail théorique comme étant tout ce qui n'est pas expérimental, et qu'ainsi on ne le confonde pas avec le travail impliqué dans les calculs. Car si, d'un côté, l'expérimentateur qui veut rester un physicien ne doit pas se laisser trop absorber par les difficultés techniques de l'expérimentation, mais doit garder un certain recul, le théoricien, lui, est exposé à un danger parallèle, provenant des difficultés inhérentes à la maîtrise des techniques mathématiques, accumulées depuis des décennies et qui s'enrichissent constamment, maîtrise qu'il doit nécessairement acquérir pour formuler ses idées. La tentation du calcul est forte, car le calcul satisfait son goût du travail, disons presque du travail manuel. Mais il ne peut satisfaire son esprit cri-

tique, de sorte que le théoricien doit avoir le courage de passer des années, s'il le faut, sans faire de calcul, pour donner un contenu physique aux recherches qui, de toute façon, prendront des années pour aboutir à un résultat valable. Ces dernières années, on a vu dans l'enseignement ou dans la recherche, une sorte de paresse intellectuelle gagner le théoricien, qui se laissait aller à un formalisme ou à un exercice indéfini de calculs, dont il était presque certain qu'ils ne présentaient pas un grand intérêt physique. Faire de la physique théorique, ce n'est pas faire des exercices de style, c'est tendre vers une adéquation entre la forme et le fond, en l'occurrence entre les mathématiques et la physique.

On voit donc que le danger pour le théoricien de se perdre dans les calculs est exactement parallèle au danger pour l'expérimentateur de se perdre dans ses difficultés de réalisation expérimentale. S'il est alors vrai que le théoricien doit avoir le courage de ne pas faire de la théorie, au sens restreint du terme, il ne doit pas pour autant négliger sa culture mathématique, car les méthodes et les théories mathématiques sont en constant développement et leur puissance pratique est souvent imprévisible. Comment peut-il donc se décharger de ce souci de la réalisation mathématique rigoureuse de son sujet ? Mais les mathématiciens sont là, étonnamment serviables, pour l'aider à prouver l'exactitude ou l'inexactitude de ses conjectures. Ils sont là, il faut seulement regagner leur intérêt et recréer un langage commun entre eux et lui. Voyons un peu pourquoi nous disons regagner et recréer.

Jusqu'au siècle passé, on ne parlait pas de physique théorique, on avait l'astronomie, la mécanique, les mathématiques et la physique mathématique, celle-ci à partir de 1820 environ (Gauss, Fourier, etc.). Dans les universités, le droit de cité n'a été reconnu à la physique théorique comme discipline autonome, qu'à la fin du XIXe siècle. Un exemple précis : l'Université de Kiel crée une chaire extraordinaire pour cette discipline vers 1885 et y appelle Max Planck. Cette discipline est donc jeune. Fille des mathématiques et de la mécanique, elle a bien emprunté, à ses débuts, leurs langages, puis elle s'est orgueilleusement émancipée grâce aux génies de ce siècle qui l'ont si brillamment servie. Mais il est malheureux que, depuis trente ans surtout, son émancipation se soit muée en séparation, que l'on constate fréquemment dans les facultés, et je crois que de sa séparation d'avec les mathémathiques surtout, la physique théorique a beaucoup perdu. Car si elle avait fait appel aux mathématiques ou si elle avait su stimuler leur intérêt, depuis de nombreuses années déjà, bien des sujets auraient perdu un peu de cette espèce de mysticisme dont ils sont empreints, et seraient devenus des sujets de stricte physique mathématique. On sait, en effet, que plus on avance dans la formulation d'un problème, mieux on est à même d'en distinguer le contexte physique, la part

des principes, la part du modèle et la part de ce qui est strictement mathématique. Ceci implique toutefois l'abandon, à un certain moment, d'un jargon professionnel bien commode, mais intraduisible.

Venons-en maintenant à parler de la situation du théoricien et de la physique théorique contemporaine.

Nous avons dit que les premières chaires de physique théorique avaient été créées à la fin du siècle passé. Au début de ce siècle, on voit une floraison des chaires à travers l'Europe. Les instituts de physique se développent avec une collaboration plus ou moins fructueuse entre théorie et expérience. On a des exemples brillants dans les deux sens : des cas de bonne collaboration et des cas d'ignorance réciproque. Le théoricien vit en général un peu dans l'isolement. Ceci pour dire que, cette discipline étant jeune, elle n'a pas encore fait vraiment l'apprentissage de la collaboration au même titre que d'autres disciplines, et c'est aujourd'hui encore une chose à apprendre et à développer. Même si, depuis lors, la situation a changé, et nous allons voir dans quel sens, il ne faut pas croire que l'on puisse se fonder sur une longue expérience de la physique théorique pour dire comment on peut actuellement améliorer ses relations avec la physique expérimentale d'une part, et les mathématiques d'autre part.

Jusqu'en 1939, on n'observe pas de changement majeur, le théoricien demeure en général dans sa tour d'ivoire. Puis survient la guerre : les impératifs militaires créent des besoins nouveaux et innombrables en théoriciens, calculateurs, mathématiciens, physiciens, en chercheurs de tout ordre. On doit développer les bombes, le radar et l'électronique. Des recherches s'effectuent des deux côtés à une cadence effrénée. Les savants sont entraînés dans le tourbillon, leur responsabilité se trouve brutalement engagée. « En principe, non ! » répond Pauli, que l'on avait sollicité de collaborer à des recherches nucléaires dans le domaine militaire. Certains refusent, d'autres s'engagent. La guerre se termine. On a *forcé* le théoricien à sortir de sa réserve. C'est là le grand changement survenu en quelques années dans notre discipline.

La période de l'après-guerre commence. Les grands laboratoires industriels et gouvernementaux réorientent leurs recherches vers le secteur civil, partiellement du moins. La question morale de l'engagement du théoricien dans des recherches d'ordre militaire peut être ainsi éludée, sinon résolue. Un nouveau domaine s'offre à lui : à part l'enseignement et la recherche académique, c'est la recherche appliquée ou la recherche fondamentale dans de grands laboratoires extra-universitaires, privés, nationaux ou internationaux. Dans ces laboratoires, le théoricien *doit* participer activement à la conduite, à la gérance des recherches expérimentales. Y est-il préparé ? Non, mais il réalise que la question de sa participation aux efforts conjugués de

la recherche moderne se pose. Il se rend compte que la conception et la réalisation d'un programme d'études ne peuvent se faire que par le truchement d'un groupe de travail où il rencontre et où il apprend à mieux connaître ses collègues des autres disciplines. Il a besoin des autres, et les autres ont besoin de lui. Il s'est intégré.

Ce sens de certaines responsabilités spécifiques, ou de coresponsabilités, est, je crois, ce qui distingue notre génération de la précédente, et j'aimerais terminer en disant dans quel esprit, avec quelle conception la pratique de notre discipline se présente déjà et évoluera de plus en plus. Je pense que si la génération des artistes qui nous ont précédés est passée, c'est aujourd'hui à la génération des artisans de reprendre le flambeau et de trouver dans une forme d'artisanat des temps modernes une satisfaction professionnelle qui ne soit limitée que par nos propres moyens.