

La théorie physique. Introduction à l'étude d'Einstein

In: Revue néo-scholastique de philosophie. 25^e année, N°100, 1923. pp. 349-375.

Citer ce document / Cite this document :

Renoirte Fernand. La théorie physique. Introduction à l'étude d'Einstein. In: Revue néo-scholastique de philosophie. 25^e année, N°100, 1923. pp. 349-375.

doi : 10.3406/phlou.1923.2353

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/phlou_0776-555X_1923_num_25_100_2353

XVI

LA THÉORIE PHYSIQUE

INTRODUCTION

A L'ÉTUDE D'EINSTEIN

Avant de porter un jugement sur les théories d'Einstein, il convient de se demander de quel point de vue ce jugement devrait être formulé. On colporte sous le nom d'Einstein des énoncés qui heurtent le sens commun et la saine philosophie : tout le scandale ne vient-il pas de l'imprudence avec laquelle on a donné aux propositions d'une théorie physique un sens qu'elles ne peuvent comporter ?

Qu'est-ce donc qu'une théorie physique ? Nous ne rechercherons pas aujourd'hui ce qu'elle fut au sens des anciens, ni ce qu'elle pourrait être dans l'esprit de la tradition thomiste ¹⁾. Il se fait que la physique moderne s'est con-

1) « Les sciences positives, dit le P. GARRIGOU-LAGRANGE, ne peuvent jamais que classer des faits généraux par des hypothèses provisoires (hypothèses représentatives et non explicatives)... » (*Le sens commun, la philosophie de l'être*, p. 70).

De son côté, M. J. MARITAIN écrit : « Ne pourrait-on pas accorder l'interprétation mathématique des phénomènes à une conception du monde conforme aux principes d'une saine philosophie de la nature ?... Besogne presque surhumaine et qui, au surplus, n'intéresse point les savants... Ce qu'on appelle de nos jours la science obéit plus à la loi de l'art qu'à celle de la science elle-même, et cherche moins la conformité au réel et la cohérence logique, qu'une fabrication de concepts ou de formules offrant le meilleur rendement en découvertes de faits nouveaux et en applications pratiques » (*Théonas*, p. 101).

Le P. ROUSSELOT considère aussi que « les sciences, telles que maintenant on

stituée selon une méthode très spéciale dont les physiciens contemporains prétendent avoir pris plus clairement conscience : essayons de saisir le sens très limité, mais parfaitement défini, qu'il faut, d'après eux, donner aux énoncés de la science physique.

Nous ne nous proposons pas, dans cette courte introduction, de faire un exposé même rapide des diverses théories de la valeur de la physique ; nous ne voulons pas davantage justifier un système. Mais, sans prendre parti et sans même vouloir critiquer ou approuver certaines idées, nous voudrions montrer où aboutit logiquement la tendance qui inspire le mouvement de la physique moderne, telle que la récente critique des sciences la conçoit.

Nous croyons qu'en marquant fortement le point de départ très épuré que l'on accepte et le but très limité que l'on veut atteindre, nous aiderons nos lecteurs à constater que plusieurs critiques faites aux systèmes physiques actuels tombent à faux, que bien des prétentions sont illusoires, que beaucoup d'oppositions viennent de *quiproquos*, que la limitation du domaine de la physique n'implique aucun agnosticisme et que les généralisations paradoxales ne sont pas imputables à la théorie physique.

*
* *
*

Les mathématiques pures sont entièrement composées d'affirmations construites sur le modèle suivant : Si telle proposition est vraie d'une chose quelconque, telle autre

les entend », devraient être dites, selon le vocabulaire de saint Thomas, « des arts », tandis que seule la synthèse philosophique répond au sens ancien du mot « science » (*L'intellectualisme de saint Thomas*, p. 153).

M. le Professeur Nys marque très nettement la différence entre les sciences et la philosophie : « Reconnaître à l'intelligence humaine le pouvoir d'atteindre non seulement la réalité du sensible, mais les réalités plus profondes, substantielles et accidentelles, c'est du même coup distinguer les sciences de la cosmologie et attribuer à celle-ci un objet qui est, en fait, inaccessible aux autres ». (*Cosmologie*, 1916, pp. 51-52).

proposition est vraie de cette même chose. Il est inutile de chercher à savoir si la première proposition est vraie et de spécifier la nature particulière de la chose dont il s'agit. On peut donc définir les mathématiques pures : une étude où l'on ignore de quoi on parle et où on ne sait pas si ce qu'on dit est vrai ¹⁾. La mathématique pure est un ensemble d'implications formelles.

La physique théorique moderne ne mérite certes pas une définition aussi tranchante ; mais, peut-on dire cependant qu'un physicien sait toujours *ce que sont* les choses dont il parle ? Celui qui demanderait à un physicien : qu'est-ce que l'électricité ? qu'est-ce que la chaleur ? qu'est-ce que la lumière ? se verrait certainement éconduire. Et pourtant la physique est l'étude de l'électricité, de la chaleur, de la lumière.

Les physiciens savent sans doute, dans certains cas, de quoi ils parlent, mais alors c'est qu'ils l'ont défini. Leurs définitions sont pourtant d'un genre assez particulier.

DÉFINIR EN PHYSIQUE C'EST ÉNONCER, MONTRER LE PROCÉDÉ QUE L'ON EMPLOIE POUR MESURER.

« Quand on dit que la force est la cause du mouvement, on fait de la métaphysique, et cette définition, si on devait s'en contenter, serait absolument stérile. Pour qu'une définition puisse servir à quelque chose, il faut qu'elle nous apprenne à *mesurer* la force ; cela suffit d'ailleurs, il n'est nullement nécessaire qu'elle nous apprenne ce que c'est que la force *en soi*, ni si elle est la cause ou l'effet du mouvement »²⁾. « Ce qui importe, ce n'est pas de savoir ce que c'est que la force, c'est de savoir la mesurer »³⁾.

« La mesure est pour moi [le physicien] le seul moyen

1) EDDINGTON, *Espace, temps, gravitation*. Paris, Hermann, p. 18. — RUSSELL, *Recent Work on the principles of mathematics*. The International Monthly. Vol. IV, n° 1, p. 84.

2) POINCARÉ, *La Science et l'hypothèse*. Paris, Flammarion, p. 120.

3) POINCARÉ, *ibid.*, p. 129.

de trouver les lois de la nature » ¹⁾. « Une expérience se traduit par un tableau de nombres » ²⁾. « La science d'aujourd'hui est une science qui *mesure* et qui *prédit* » ³⁾.

« ... Ces données doivent être complétées par une définition du temps qui permette de considérer... les valeurs du temps comme des grandeurs soumises en principe à l'observation (résultats de mesure) » ⁴⁾.

« ... Je ne vois aucun inconvénient à ce qu'on définisse la masse d'un corps en décrivant la façon dont on fait une pesée (une double pesée, si l'on veut), au moyen d'une balance : si l'on équilibre avec des grammes, on dira que la masse est exprimée en grammes, ou encore qu'on a pris le gramme pour unité de masse : c'est la même chose. Quant au gramme, il ne me gênerait nullement que les élèves pensassent aux petits cylindres de cuivre que l'on sait » ⁵⁾.

Les propriétés sont définies par les procédés de mesure. Cette proposition conduirait à demander ce que sont les propriétés que l'on va mesurer, quel rapport elles ont avec notre connaissance sensible. Voyons plutôt comment on justifie l'affirmation. Les éléments de connaissance qui serviront à constituer notre physique doivent être, dit-on, communicables, précis, objectifs, c'est-à-dire indépendants de l'état de l'observateur. Pour mettre d'accord un fiévreux qui grelotte et son voisin qui s'éponge, il faut leur montrer un thermomètre. Mais si, ayant des sensations différentes, ils conviennent sans discussion aucune que la température de la chambre est évidemment celle qu'indique le thermomètre, c'est que la connaissance qu'ils prétendent avoir du « chaud » ou du « froid » extérieur, ou mieux de la température, n'est pas fondée sur les sensations mais sur la définition

1) EDDINGTON, *Espace, temps, gravitation*. Paris, Hermann, p. 3.

2) BOUASSE, *De la méthode dans les sciences*. Paris, Alcan, p. 152.

3) PAINLEVÉ, *De la méthode dans les sciences*. Paris, Alcan, p. 73.

4) EINSTEIN, *La théorie de la relativité*. Paris, Gauthier-Villars, p. 9.

5) TANNERY, *Science et philosophie*. Paris, Alcan, p. 323.

admise par tous deux : la température est ce qui est mesuré par ce petit instrument.

Il paraît bien évident qu'il n'est nullement nécessaire d'avoir perçu des sensations qualitatives de couleur pour faire ou pour comprendre la physique de la lumière. Il n'est pas davantage nécessaire de savoir ce que c'est que la lumière. Mesurer l'angle de réfraction d'un rayon lumineux est une opération totalement indépendante de nos sensations de couleur et de la nature de leur objet. Il convient, en effet, de ne pas s'arrêter aux mots : les noms que l'on donne aux attributs étudiés en physique ont un rapport évident et immédiat avec des hypothèses sur la nature de ces attributs. L'expression « longueur d'onde d'une lumière » a un sens obvie dans la théorie de l'ondulation et elle ne répondrait à rien dans la théorie de l'émission. Mais elle correspondra toujours à un procédé opératoire par lequel on trouve un nombre-mesure. Quoi qu'on imagine sur la nature de la matière, le procédé fera trouver le même nombre ; on continuera sans doute à le représenter par λ , mais on préférera l'appeler autrement que « ci-devant longueur d'onde ».

L'hydrogène est un gaz incolore, inodore, insipide, se liquéfiant à telle température, de telle densité, ayant tel indice de réfraction. Toutes ces propriétés qui définissent physiquement ce corps simple ne signifient que ceci : on appellera hydrogène tout corps, — et on en a déjà rencontré, — qui, soumis aux instruments qui définissent fluidité, viscosité, compressibilité, température, réfraction, etc., donnera comme résultats de mesure les nombres cités dans la définition ¹⁾. — Poids : 73 kilos, taille : 1^m70, front : haut, nez : moyen, menton : rond, signe particulier : néant, empreintes digitales : ci-contre ; ce ne sont là non plus que des mesures.

1) On ne fera pas de difficultés au sujet des termes « inodore et insipide », aucune théorie physique actuelle ne prétendant traiter des qualités correspondant aux sens de l'odorat et du goût.

Sont-ils si rares ceux qui ont étudié l'électricité et n'ont jamais bondi sous une forte secousse ?

Pour faire des expériences de physique, il faut avoir des instruments et savoir lire une mesure sur leur échelle. Le nombre ainsi trouvé n'est pas un nombre abstrait. Mais, s'il est concret, ce n'est pas du tout parce qu'il correspond à telle ou telle sensation ; c'est simplement parce qu'il est fourni, dans un cas donné, par tel instrument définissant telle propriété.

Il est bien clair que si les hommes n'avaient pas disposé des quelques sens qu'ils ont, ils auraient attendu aussi longtemps le thermomètre que le voltmètre. Mais la connaissance physique que nous avons aujourd'hui de la chaleur est aussi indépendante de notre sens du chaud, que la connaissance que nous avons de l'électricité est indépendante de la perception sensible qui nous révélerait directement une différence de potentiel électrique. La seule connaissance sensible qui semble requise pour comprendre la physique ou faire des expériences est celle de la coïncidence et de l'extériorité dans l'espace et le temps, jointe à une perception quelconque, tactile ou visuelle (blanc et noir), permettant de suivre le déplacement d'une portion déterminée de matière et de connaître le nombre indiqué sur un instrument de mesure.

Les propriétés physiques sont définies par les procédés de mesure.

Ces procédés — donc aussi les attributs physiques — sont de deux catégories bien différentes.

Certaines propriétés, outre qu'elles peuvent être rangées en ordre croissant, sont de telle nature que l'on peut toujours obtenir une grandeur déterminée en réunissant plusieurs grandeurs plus petites, et cela indépendamment de l'ordre des composantes ou du remplacement de certaines composantes par la grandeur que l'on obtient en les réunis-

sant. Un ruban peut être aussi long, plus ou moins long qu'un autre. On peut toujours obtenir un ruban d'une longueur déterminée en cousant bout à bout des rubans plus petits. Le résultat ne dépend pas de l'ordre dans lequel on coud les morceaux, ni du fait qu'on en ait cousu plusieurs bout à bout avant de les coudre aux autres. Ces propriétés caractérisent une grandeur quantitative et sont les seules que l'on suppose aux nombres en arithmétique. Autrement dit, certaines définitions physiques, — celles des propriétés quantitatives, — consistent à déterminer 1° la grandeur à laquelle nous attribuons la valeur 1, et 2° le procédé par lequel on peut trouver combien de fois la grandeur unité est contenue dans un objet d'expérience quelconque.

D'autres propriétés ne sont pas quantitatives ; ce sont les qualités capables d'intensité. Un corps peut être plus ou moins rouge, plus ou moins chaud (non pas « contenir plus ou moins de chaleur », mais avoir telle ou telle température), un son peut être plus ou moins aigu, un homme peut être plus ou moins géomètre. Mais une qualité d'une certaine intensité ne contient pas, à titre de partie intégrante, la même qualité à une intensité moindre. Un « la » ne contient pas le « la bémol » ; on ne peut pas augmenter la température d'un corps en lui ajoutant la température d'un autre (on peut, bien entendu, faire passer une « quantité de chaleur » d'un corps dans un autre).

La définition physique de ces propriétés les distingue des précédentes. Elle consiste à établir 1° une échelle des intensités, c'est-à-dire, une correspondance entre la série des intensités croissantes et la série des nombres croissants ; et 2° le procédé par lequel on peut identifier une intensité donnée avec une intensité de la série constituant l'échelle.

Pour enlever tout élément subjectif à l'échelle, on établit la correspondance des intensités avec les nombres par l'intermédiaire d'une variation quantitative concomitante à la variation qualitative.

L'allongement d'une colonne de mercure fournira ainsi

un nombre concret au moyen duquel on caractérisera l'intensité de chaleur d'un milieu ; l'angle de réfraction caractérisera la couleur d'une lumière ; le nombre de vibrations l'acuité d'un son.

En formulant les définitions et en construisant les instruments de telle sorte qu'un enregistreur puisse mécaniquement inscrire les mesures, on rend l'échelle simplement indépendante des conditions psychophysiologiques d'un observateur déterminé. Mais cela n'empêche que l'échelle reste arbitraire et que les différences de mesure constatées aient une valeur purement conventionnelle. Si je dis : il y a la même différence de température entre deux corps à 10 et 11 degrés qu'entre deux autres à 150 et 151 degrés, j'énonce un truisme, puisque j'ai convenu que la température est ce qui se mesure en degrés au moyen de tel instrument, et qu'il y a la même différence entre les nombres 10 et 11 qu'entre 150 et 151 que cet instrument me fournit. Poser la question : — indépendamment des mesures, y a-t-il la même différence entre les deux couples d'états de corps quelconques à 10 et 11 degrés, d'une part et à 150 et 151, d'autre part ? — n'a pas plus de sens que de demander s'il y a la même différence entre deux étudiants qui méritent respectivement 10 et 11 points et deux autres qui en méritent 18 et 19.

Il est trop évident dès lors que la connaissance du monde extérieur que nous fournira la théorie physique n'épuise pas tout ce que nous pouvons connaître des objets matériels. Il y a des « choses » que nous sentons et qu'on ne mesure pas en physique ; il y a des instruments qui mesurent des « choses » que nous ne sentons pas. Le physicien ne prétend dire le dernier mot de rien ; on ne peut donc lui faire un reproche de limiter ses éléments de connaissance, d'autant plus que cette limitation est la rançon nécessaire d'une précision et d'une objectivité impersonnelle que la connaissance sensible n'atteindra jamais. Pour ne pas critiquer à tort ou ne pas se laisser illusionner par les « métaphores

que le savant ne doit pas s'interdire plus que le poète » ¹⁾, il faut ne pas perdre de vue la convention fondamentale : « Définir un corps par ses propriétés physiques », c'est énumérer l'ensemble des procédés opératoires de mesure auxquels ce corps peut être soumis et réciter la série des nombres que fourniront les instruments. Les noms de propriétés — qui font que les nombres sont concrets — ne représentent pas telle sensation (effort pour soulever, chaud ou froid, couleur ou son), mais désignent des instruments (balance, thermomètre, spectroscopie ou enregistreur de pression).

*
* * *

Dès maintenant, — car c'est au point de départ que les graves problèmes se posent, — on pourrait objecter que cette façon de définir les propriétés physiques constitue un cercle vicieux. Les propriétés sont définies par les procédés de mesure ; un procédé de mesure comporte l'emploi de certains instruments ; un instrument ne peut être connu ou défini que par ses propriétés. Toutes les considérations faites plus haut pour diminuer la rôle de la connaissance sensible qualitative ne sont qu'un leurre : que nos sens nous soient nécessaires pour connaître directement les propriétés des corps, ou pour connaître des instruments qui indirectement nous font atteindre ces mêmes propriétés, peu importe ; la science physique ne peut avoir que la connaissance sensible qualitative pour point de départ et pour fondement. D'ailleurs, cette définition des propriétés physiques ne correspond nullement à la façon dont la physique s'établit. Et en effet, de même que nous corrigeons et précisons la connaissance que les sens nous fournissent par des mesures instrumentales, combien de corrections ne fait-on pas subir aux indications que nous fournissent les instruments ? Mais si les sens ne peuvent servir de point de départ certain, si

1) POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*. Paris, Flammarion, p. 193.

les instruments eux-mêmes, — outre que leur intervention implique au point de départ un cercle vicieux, — ne peuvent être le fondement d'une certitude, puisqu'il faut les corriger, où trouverons-nous un point de départ satisfaisant ? Il n'y a pas deux réponses possibles. Il faut dire, si paradoxal que cela paraisse : il n'y a pas de fondement ou de point de départ absolument satisfaisant ; il y a un point d'arrivée que l'on cherche. La physique théorique ne part pas de l'expérience ; elle cherche à savoir d'où il faut partir pour retrouver un aspect de la réalité.

Autrement dit : il ne s'agit pas de parcourir la longue série des expériences particulières dont on peut détailler les éléments sensibles qualitatifs, et à partir de laquelle une adroite induction conduirait à une loi, mais on veut définir certaines grandeurs conceptuelles dont les rapports, déduits mathématiquement, reproduisent, avec l'approximation de l'expérience, les rapports entre les mesures effectuées. Autre est la tournure d'esprit du positif qui veut induire, autre celle du mathématicien qui déroule des conséquences et les applique au réel pour les vérifier ; ils manient, peut-être, le même matériel, mais leur méthode est totalement différente, et aussi la réflexion critique qu'ils feront sur leur œuvre.

Quant au cercle vicieux, la solution en est aisée. Quand on a ébauché, grâce à la connaissance sensible, une théorie physique élémentaire, on peut remplacer les sens par une série d'instruments. Les résultats plus précis que ceux-ci fourniront, montreront que la première théorie était bien grossière et on la précisera. Cette nouvelle théorie permettra de considérer dans un instrument perfectionné un plus grand nombre d'influences et on sera de nouveau amené à corriger les instruments, puis à modifier la théorie, et ainsi de suite. Il n'y a donc pas de cercle vicieux, mais — pour ainsi parler — une progression en spirale, chaque progrès dans la précision expérimentale amenant une correction à la théorie, et par contre-coup aux instruments mêmes par

lesquels on a obtenu cette nouvelle précision. Mais, d'autre part, on peut se rendre compte de la complexité d'un résultat expérimental précis : en effet, une mesure, si élémentaire soit-elle, implique la théorie physique tout entière, puisque l'instrument, au moyen duquel elle est faite, doit être construit et que ses indications doivent être corrigées en tenant compte de toutes les propriétés physiques. Il reste en tous cas qu'au degré de précision atteint à un moment déterminé, la seule définition possible d'une propriété physique est l'énoncé du procédé par lequel on la mesure.

*
* * *

L'observation et l'expérimentation en physique ont donc pour résultat de procurer au savant une collection de nombres concrets fournis par les instruments de mesure. Les expériences se traduisent par des tableaux de nombres. Le problème qui se pose alors est d'obtenir une expression générale des résultats fournis par une série d'expériences analogues.

Les matériaux dont on dispose n'étant que des nombres, ce résultat — la loi cherchée — ne peut être que l'expression d'une relation entre ces nombres.

La loi d'Ohm, $I = \frac{E}{R}$ peut s'énoncer : dans un conducteur l'intensité du courant est égale à la force électromotrice divisée par la résistance. Mais elle ne signifie rien de plus que cet autre énoncé. Si on effectue sur un objet quelconque des séries de trois mesures par des procédés définissant l'intensité d'un courant, la différence de potentiel et la résistance entre deux points, les nombres obtenus vérifieront l'égalité $I = \frac{E}{R}$, quelles que soient les valeurs de chacun de ces nombres.

La loi de Mariotte, $PV = C$, s'énonce : à une température fixe, le produit de la pression extérieure par le volume

qu'occupe une masse donnée d'un gaz parfait est constante. Elle ne peut avoir que la signification suivante : si on effectue sur du gaz les mesures définissant sa température, sa masse, la pression à laquelle il est soumis, le volume qu'il occupe, et que les deux premiers nombres ne varient pas, le produit des deux derniers sera constant, quelles que soient leurs valeurs ¹⁾).

Il importe de bien se rendre compte du but poursuivi dans la recherche des lois et de la signification exacte qu'il faut leur donner. La loi $PV=C$ nous apprend certes ce qu'il faut faire, et dans quelle mesure, pour contracter ou dilater un gaz : augmenter ou diminuer le poids qui pèse sur la surface mobile du récipient. Mais y a-t-il un rapport causal réel entre pression et volume ? Ce qu'on a cherché et ce que la loi signifie, c'est un rapport constant entre deux séries de mesures. Si ce rapport est établi il en résulte que toute cause modifiant la pression modifiera aussi le volume occupé par le gaz. Ainsi la pression et le volume ne sont pas « causes » l'un de l'autre (cette causalité devrait être réversible); ils sont « fonctions » l'un de l'autre.

LA LOI N'EXPRIME QUE LA RELATION NUMÉRIQUE DE PLUSIEURS MESURES. Cette relation fonctionnelle indique quelle sera la grandeur d'une des mesures pour toutes les valeurs possibles des autres. Si la mesure du temps intervient dans la loi, c'est simplement que la grandeur des autres propriétés varie avec le temps. L'antécédent suit le conséquent, mais la loi ne nous apprend pas qu'il le cause, puisque aussi bien on peut déduire le second du premier. Exprimer la loi sous une forme causale, c'est faire une métaphore ou bien l'interpréter au moyen d'un principe étranger à la physique.

Une loi n'est donc qu'une relation entre des nombres

1) La relation $B = \frac{S}{H}$ traduite : la base d'un rectangle est égale à sa surface divisée par sa hauteur, ne signifie pas qu'on peut diviser une surface par une longueur, ni qu'à surface constante la variation de la base soit l'effet de la variation de la hauteur.

provenant de mesures. Il en résulte immédiatement que toute loi est nécessairement provisoire, car elle est approximative et symbolique.

Le caractère tantôt approximatif et tantôt symbolique des lois résulte du perfectionnement, pour ainsi dire alternatif, de la théorie et des procédés expérimentaux.

Toute loi est d'abord *approximative*. En effet, les mesures ne sont jamais faites qu'avec une exactitude relative. Quand le physicien, résumant en une formule la série des tableaux de nombres que lui a fournis l'expérience, exprime une loi suggérée par la convergence de rapports particuliers, il est certain que la loi ne pourra jamais être vérifiée qu'approximativement. Autrement dit, il peut exister à tout moment, entre des mesures bien définies, plusieurs relations différentes exprimant de façon également satisfaisante les moyennes des mesures expérimentales. La théorie, devançant l'expérience, affirme qu'il existe une relation entre certaines mesures déterminées et propose une première forme pour cette relation. Quand les mesures deviennent plus précises, les rapports ou bien convergent de mieux en mieux vers celui qui exprimait la loi, ou bien accusent une divergence petite mais permanente et supérieure aux erreurs d'observation. Dans le premier cas, la loi se trouve confirmée avec une meilleure approximation ; dans le second, elle est controuvée. Il faut alors la corriger de façon qu'elle exprime, avec la précision atteinte, les résultats expérimentaux. Les lois qui expriment, par exemple, la forme géométrique des trajectoires des planètes sont provisoires, parce que les observations ne sont pas assez précises. La grossièreté des premières observations fit qu'on fut satisfait en considérant que les trajectoires étaient circulaires. Les mesures devenant plus précises, il fallut dire qu'elles étaient elliptiques. Puis, l'ellipse dut être considérée comme une première approximation : la trajectoire d'une planète est une ligne qui ondule autour d'une ellipse fixe dans un système d'axes liés au soleil. Enfin des mesures de plus en plus précises font

corriger cette dernière loi et on est amené à dire que la trajectoire d'une planète est une ligne qui ondule autour d'une ellipse qui, elle-même, se déplace dans le système d'axes liés au soleil. Il faut remarquer que ces corrections successives de la loi n'entament en rien la première affirmation de la théorie, à savoir qu'il y a une relation entre certaines mesures déterminées. Les progrès de l'expérience ont amené à modifier la forme de la relation ou les coefficients numériques qu'elle contient, mais sans faire intervenir dans la loi la mesure d'une nouvelle propriété variable. La loi était donc provisoire uniquement parce qu'elle était approchée.

Les lois sont aussi provisoires parce qu'elles sont *symboliques*.

« Le résultat d'une mesure, en réalité, se traduit toujours par une inégalité. Une mesure ne donne jamais une égalité telle que $x = a$, en désignant par x la quantité que l'on cherche et par a un nombre connu ; le résultat s'exprime par $a > x > b$, et la mesure est d'autant plus précise que $a - b$ est plus petit. Mais ce n'est pas seulement l'imperfection des appareils qui limite la petitesse de $a - b$, c'est aussi l'imperfection des définitions ; et la méthode de mesure est arrivée à la perfection lorsque la précision de la mesure est susceptible de dépasser celle qui résulte de la définition. A partir de ce moment, si l'on veut obtenir des données plus précises, ce ne sont pas les appareils de mesure qu'il faudra perfectionner, c'est la définition même de la quantité mesurée » ¹⁾.

La définition d'un attribut physique est l'énoncé d'un procédé de mesure. Cette description ne peut tenir compte de toutes les circonstances et la schématisation qu'elle implique amène donc à ne pas tenir compte de certaines influences, négligeables dans un champ d'expérience limité et avec des instruments peu précis, mais dont il faudrait

1) FABRY, *La théorie de la relativité*. Scientia I-IX, 1923.

tenir compte dans un domaine d'observation plus large et avec de meilleurs appareils. Nous constaterons alors que ce que nous mesurons n'était pas telle propriété que nous croyions bien définie, que le symbole que nous avons imaginé ne correspondait pas à un attribut simple de la matière. Nous devons changer la loi, non plus comme précédemment en modifiant des coefficients numériques mais en y faisant intervenir d'autres symboles de propriétés.

Autrement encore. La théorie devançant l'expérience avait proposé une loi unissant certaines mesures. Cette loi ne faisait pas intervenir toutes les mesures que nous pouvions faire et constituait donc une schématisation de la réalité par laquelle nous affirmions l'existence d'une relation entre certaines propriétés indépendamment des autres. Lorsqu'elles atteignent une précision plus grande que celle que prévoyait cette schématisation théorique, les mesures expérimentales nous forcent à modifier la loi de nouveau en y exprimant d'autres attributs, mais sans devoir changer nos définitions.

Dans chacun de ces deux cas il faut donc compliquer les lois. « Le symbole mathématique forgé par la théorie s'applique à la réalité comme l'armure au chevalier... Si nombreux que soient les fragments qui la composent, jamais l'armure n'épousera exactement le modelé du corps humain » ¹⁾.

Au lieu de modifier une loi controuvée par l'expérience, on peut en conserver l'énoncé mais convenir qu'elle s'applique à un objet idéal qui est précisément défini par les mesures que la loi contient. Par exemple : gaz parfait, chute libre, transformation réversible, mouvement sans frottement, système isolé, etc. Il est bien évident que la loi qui s'applique à un objet idéal n'est plus soumise au contrôle de l'expérience. Mais il reste, entre l'objet idéal défini et les choses que l'expérience mesure, de légères différences que nous ne

1) DUHEM, *La théorie physique*, p. 287.

pouvons déterminer avec une précision absolue. Par conséquent, dans tous les cas où la loi prétend exprimer une relation entre des résultats de mesures réelles, elle reste provisoire. « La science est une transposition des faits à un tant pour cent près connu » ¹⁾.

A l'inverse maintenant. Nous ne pouvons admettre qu'à chacun des appareils que nous construisons corresponde une nouvelle propriété, pour laquelle nous inventerons un nouveau symbole. Nous remarquerons, en effet, des relations entre les mesures fournies par plusieurs instruments. Une relation constante entre les mesures fournies par deux d'entre eux, indiquera qu'ils définissent tous deux la même propriété. (Il y a plusieurs types de thermomètre, de baromètre, etc.). Une relation entre plusieurs mesures différentes indiquera qu'un procédé ne nous fait pas évaluer une propriété distincte mais que le nombre qu'il fournit est une fonction d'autres mesures. L'affirmation que toute mesure peut s'exprimer en centimètres-grammes-secondes implique que tous les instruments ne fournissent que des combinaisons numériques de ces trois mesures fondamentales (ainsi la mesure de la température devient une mesure d'énergie cinétique moyenne $\frac{mv^2}{2}$). Dans la loi symbolique, au lieu de représenter un attribut par un signe spécial, nous écrirons une combinaison d'autres mesures. Nous définissons une propriété comme une combinaison d'autres propriétés irréductibles ; nous remplaçons un procédé de mesure par plusieurs autres. (Dans le système C. G. S. toutes les mesures pourraient théoriquement se faire avec une règle, une montre et une balance.) Ici donc, loin de corriger les lois en augmentant le nombre des symboles, nous le diminuons.

En résumé, les lois physiques n'atteignent pas les causes des phénomènes, elles n'expriment que les rapports fonctionnels qui lient algébriquement les résultats des

1) BOUASSE, *De la méthode dans les sciences. Physique générale*, p. 144. Paris, Alcan, 1915.

mesures. Ceux-ci sont des nombres concrets fournis par des procédés qui définissent les propriétés physiques. Sous peine de perdre toute signification objective en échappant au contrôle de l'expérience, les définitions de propriétés et les lois restent provisoires. Admettre le caractère absolu et définitif d'une loi c'est poser arbitrairement un principe. Ce principe est alors au-dessus de toute vérification expérimentale, c'est une convention qui peut être commode ; c'est aussi la définition d'un des termes énoncés dans la loi ou de l'objet idéal auquel la loi s'applique (mouvement sans frottement, gaz parfait, corps en chute libre).

Remarquons qu'à parler strictement on ne « découvre » pas une loi mais on la « pose ». On la vérifie ensuite plus ou moins exactement.

*
* *
*

La théorie physique a pour but de synthétiser les lois et de les expliquer. Mais synthèse et explication peuvent s'obtenir de différentes manières.

Tout d'abord on peut synthétiser un ensemble de lois relatives à certains phénomènes en faisant connaître les causes de ces phénomènes. L'explication réelle, découvrant la cause, permet d'en connaître adéquatement tous les effets. La physique moderne n'a plus l'ambition d'atteindre l'essence des choses ; ses théories ne prétendent pas être immédiatement des explications réelles.

Sans vouloir rechercher ici quelle sorte de causalité pourraient atteindre les sciences physiques ou naturelles, suggérons la remarque suivante : toutes les propositions énonçant une causalité ont pour sujet une substance. Dans les disciplines où l'on prétendrait atteindre les essences des choses, on pourrait — dans la mesure où cette prétention serait justifiée — énoncer des relations causales : « Le zinc

cause la décomposition de l'acide sulfurique. Un microbe déterminé cause telle maladie ». Mais la physique n'étudie que les propriétés générales des corps. La proposition : « la chaleur cause l'allongement d'une barre de métal », signifie qu'à une variation de température d'une barre de métal correspond une variation de même sens de la longueur de la barre ; celle-ci est, par la même cause, chauffée et dilatée. La liberté de langage qu'on se permet en disant que la chaleur cause, n'a aucun inconvénient puisqu'on a convenu de dire : « une barre de métal reçoit de la chaleur » quand sa température s'élève, expression qui, à son tour, signifie simplement qu'on lit un nombre plus grand sur l'échelle du thermomètre.

Est-ce à dire que le physicien se désintéresse totalement de la réalité, de la substance et de la causalité ? Non, sans doute. Maint physicien a cru, et peut-être croit encore que ses formules le mettent sur le chemin d'une réalité plus sûre que celles du sens commun. Mais nous demandons ici où va logiquement la méthode de la physique moderne. Il est clair que cette méthode ne peut permettre de penser que des « puissances » réelles nous soient directement révélées par les propriétés qu'elle étudie, ce qui reviendrait à dire par les instruments qui définissent ces propriétés ¹⁾. Mais en cherchant à synthétiser avec toujours plus de précision l'ensemble toujours plus vaste des résultats de l'expérience, elle reste continuellement dépendante d'une réalité qui la domine et qui, de quelque façon, commande ses progrès.

1) « La science physico-mathématique de la nature, écrit M. MARITAIN, est un pur symbolisme mathématique, absolument étranger à la prétention de représenter directement la réalité sensible... elle manifeste une puissance de généralisation... d'autant plus merveilleuse qu'elle s'affranchit plus parfaitement du souci de calquer les symboles dont elle use sur les natures et les causes réellement données dans le monde. » (*Théonas*, p. 99). Le même auteur fait allusion aux « illogismes » et aux « erreurs philosophiques originelles dont souffre peut-être — et qui le sait ? et a-t-on besoin de les savoir pour mettre en formule les faits — la grande et séculaire entreprise » de la physique moderne (p. 101). Il insinue d'autre part que « les lois qu'elle découvre manifestent encore une certaine sorte de « cause », la cause formelle mathématique ou l'harmonie numérique de la création » (p. 80).

A supposer la physique achevée et parfaite, en possession de postulats fondamentaux dont on pourrait déduire toutes les lois expérimentales, ne semble-t-il pas que ces axiomes devraient exprimer, de quelque façon, certains caractères essentiels de la réalité matérielle ? On ne pourrait dire que l'intention dernière de la méthode physique n'est pas une certaine connaissance du monde réel. Mais à coup sûr, provisoirement, les procédés qu'elle emploie commencent par s'en détacher.

Un autre procédé d'explication consiste à imaginer un modèle mécanique disposé de telle façon que ses mouvements soient assimilables aux phénomènes constatés. Dans ce sens on aura expliqué le mouvement des planètes si on construit un ensemble de rouages dont les mouvements représentent les changements observés. « Il me semble que le vrai sens de cette question : Comprendons-nous ou ne comprenons-nous pas tel sujet de Physique ? est celui-ci : Pouvons-nous construire un modèle mécanique correspondant ¹⁾ » ? « Je ne suis jamais satisfait tant que je n'ai pu construire un modèle mécanique de l'objet que j'étudie ; si je puis faire un modèle mécanique, je comprends ; tant que je ne puis faire un modèle mécanique, je ne comprends pas » ²⁾.

Pour d'autres, « une théorie physique est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible un ensemble de lois expérimentales » ³⁾.

« Les théories mathématiques n'ont pas pour objet de nous révéler la nature des choses ; ce serait là une préten-

1) W. THOMSON, *Lectures on molecular Dynamics*. Baltimore, 1884, p. 131, cité par DUHEM, *La théorie physique*. Paris, Chevalier et Rivière, 1906, p. 112.

2) W. THOMSON, *op. cit.*, p. 270, dans DUHEM, *op. cit.*, p. 113.

3) DUHEM, *op. cit.*, p. 26.

tion déraisonnable. Leur but unique est de coordonner les lois physiques que l'expérience nous fait connaître » ¹⁾.

« Les gens du monde sont frappés de voir combien les théories scientifiques sont éphémères. Après quelques années de prospérité, ils les voient successivement abandonnées... C'est ce qu'ils appellent la *faillite de la science*. Leur scepticisme est superficiel ; ils ne se rendent pas compte du but et du rôle des théories scientifiques... [les théories physiques] nous apprennent, après comme avant [leur abandon], qu'il y a tel rapport entre quelque chose et quelque autre chose ; seulement ce quelque chose nous l'appelions autrefois *mouvement*, nous l'appelons maintenant *courant électrique*. Mais ces appellations n'étaient que des images substituées aux objets réels que la nature nous cachera éternellement. Les rapports véritables entre ces objets réels sont la seule réalité que nous puissions atteindre, et la seule condition, c'est qu'il y ait les mêmes rapports entre ces objets qu'entre les images que nous sommes forcés de mettre à leur place .. En cas de contradiction, l'une [de deux théories] au moins devrait être regardée comme fausse. Il n'en est plus de même, si l'on cherche seulement ce qu'on y doit chercher. Il peut se faire qu'elles expriment l'une et l'autre des rapports vrais et qu'il n'y ait de contradiction que dans les images dont nous avons habillé la réalité... Les hypothèses de ce genre n'ont donc qu'un sens métaphorique. Le savant ne doit pas plus se les interdire que le poète ne s'interdit les métaphores ; mais il doit savoir ce qu'elles valent » ²⁾.

« La physique cherche dans son domaine à reconstruire le monde, à le déduire par voie purement syllogistique d'un principe une fois admis » ³⁾. La préface d'Osiander au *De revolutionibus orbium coelestium libri VI* de Copernic n'est

1) H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*. Flammarion, 1912, p. 245.

2) H. POINCARÉ, *op. cit.*, pp. 189 et suiv.

3) BOUASSE, *De la méthode dans les sciences*. Alcan, 1915, p. 124.

pas moins catégorique : « L'objet propre de l'astronome, en effet, consiste à rassembler l'histoire des mouvements célestes à l'aide d'observations diligemment et artificieusement conduites. Puis, comme aucun raisonnement ne lui permet d'atteindre aux causes ou aux hypothèses véritables de ces mouvements, il conçoit et imagine des hypothèses quelconques, de telle manière que, ces hypothèses une fois posées, ces mêmes mouvements puissent être exactement calculés, au moyen des principes de la géométrie, tant pour le passé que pour l'avenir... Il n'est pas nécessaire que ces hypothèses soient vraies ; il n'est pas même nécessaire qu'elles soient vraisemblables ; cela seul suffit, que le calcul auquel elles conduisent s'accorde avec les observations... Il est bien évident que cette science ignore purement et simplement les causes des inégalités des mouvements des planètes... Il peut arriver que des hypothèses différentes s'offrent à qui veut rendre compte d'un seul et même mouvement... Que personne, touchant les hypothèses, n'attende de l'astronomie aucun enseignement certain ; elle ne saurait rien lui donner de tel. Qu'il se garde de prendre pour vraies des suppositions qui ont été feintes pour un autre usage ; par là, bien loin d'accéder à la science astronomique, il s'en écarterait, plus sot que devant » ¹⁾.

LE BUT D'UNE THÉORIE PHYSIQUE EST DONC DE FAIRE APPARAÎTRE LES LOIS EXPÉRIMENTALES COMME DES CONCLUSIONS LOGIQUEMENT NÉCESSAIRES. Ce qu'elle va énoncer n'est pas la structure réelle dont l'effet réellement nécessaire serait l'ensemble des phénomènes constatés, mais un point de départ d'où les lois expérimentales puissent être déduites à titre de conséquences logiquement impliquées.

Cette conception nous permet de déterminer quelle forme auront les postulats fondamentaux, quels sont les éléments

1) Cité par DUHEM, *Essai sur la notion de théorie physique*. Paris, Hermann, 1908, p. 78.

qu'implique toute théorie, quelles sont les qualités qu'elle doit avoir, quelles sont les limites qu'elle s'impose et, d'autre part, quelles restrictions elle ne peut admettre.

Puisqu'en formulant la théorie on se borne à vouloir retrouver par voie déductive les lois, — c'est-à-dire des relations numériques, — le point de départ s'exprimera sous forme de relations numériques générales unissant les mesures que l'on considère comme irréductibles (telles centimètre-gramme-seconde). La possibilité de concentrer, pour ainsi dire, toutes nos connaissances physiques dans l'énoncé de quelques principes généraux où n'interviennent que très peu de mesures différentes démontre péremptoirement que la physique est, à très peu de choses près, une science exclusivement numérique et que « les images dont nous habillons la réalité » et par lesquelles le physicien semble parler de substances, énoncer des essences ou découvrir les causes, ne sont que des « métaphores » paraphrasant des rapports numériques.

La théorie physique comporte en plus un dictionnaire. Le mathématicien pur qui combine les éléments des postulats fondamentaux et explicite toutes les conséquences des premières relations ne se soucie pas de donner une signification à ce qu'il fait. Jamais ses travaux ne se rapportent aux objets familiers, à moins que le physicien ne mette résolument la main sur ses symboles pour les traduire dans le langage des expérimentateurs. Pour qu'on puisse identifier une des propositions déduites dans laquelle ne sont exprimées que des mesures de longueur, masse et temps, avec une loi expérimentale comportant une mesure de température, il faut identifier la mesure de température et une combinaison algébrique des mesures de longueur, masse et temps. Cette condition est fournie par l'article du dictionnaire où l'on définit la mesure de température par la mesure de l'énergie cinétique moyenne des molécules. Le dictionnaire mathématico-physique que comporte toute théorie permet donc de donner à des combinaisons symboliques de

mesures fondamentales ($\frac{mv^2}{2}$) la signification d'une mesure de propriété définie par un instrument (température).

On voit immédiatement que la question : telle théorie est-elle vraie ? ne peut être posée. La théorie n'est pas faite pour énoncer ce que sont réellement les choses ¹⁾, elle ne prétend pas formuler des vérités ontologiques. Le physicien a commencé par limiter ses éléments et ses procédés de connaissance : il ne retient que des nombres fournis par des instruments de mesure. Il a ensuite énoncé des lois : elles n'expriment que des rapports numériques qui ne sont vérifiés qu'approximativement par les mesures expérimentales. Il veut maintenant formuler le minimum de relations et de définitions à partir duquel il pourra déduire les lois, — non pas précisément celles qu'il a précédemment énoncées et vérifiées, mais des relations qui, dans tout le domaine expérimenté, ne s'écarteront pas plus des résultats observés que les lois qu'il avait admises. Après avoir affirmé la limitation et l'approximation de sa connaissance physique expérimentale, le physicien commettrait une trop grossière faute de logique s'il donnait à ses énoncés théoriques une valeur ontologique et s'il affirmait la vérité absolue et précise de ses postulats initiaux. Il ne veut qu'une synthèse logique, sa théorie ne prétend être que cela. On ne cherche plus, comme les philosophes mécanistes, quelle est la réalité fondamentale qui cause tous les phénomènes, on cherche des relations entre mesures fondamentales d'où on puisse déduire les lois. Le physicien connaît l'adage : *e falso quidlibet*.

D'autre part l'indétermination, — de plus en plus petite d'ailleurs, — provenant du caractère approximatif des mesures et des lois, permet au physicien d'énoncer les résultats de ses expériences sous plusieurs formes différentes. Puisque le point d'aboutissement de la déduction logique est indéterminé, le point de départ de la théorie pourra lui

1) Voir cependant ce que nous écrivons p. 366 et la note.

aussi se présenter sous plusieurs formes différentes qui réaliseront, aussi parfaitement l'une que l'autre, le but que l'on poursuivait. Plusieurs théories — même contradictoires entre elles — peuvent donc être en même temps également bonnes.

Le progrès de la science, — augmentant d'une part le champ expérimental étudié et d'autre part la précision des mesures, — tend à diminuer le nombre des théories différentes et bonnes. Si l'on voulait prétendre qu'une théorie dont les conclusions s'accordent avec les lois expérimentales est vraie, il faudrait logiquement conclure que le progrès de la science tend à diminuer le nombre des vérités.

Si plusieurs théories peuvent être également logiques, d'autres qualités permettront de différencier leur valeur. Une théorie sera d'autant plus utile qu'elle suggérera un plus grand nombre d'expériences nouvelles dont les résultats pourront faire abandonner ou confirmeront certaines conceptions. La constatation de la courbure des rayons lumineux rasant le soleil a été provoquée par la théorie de la relativité. Mais surtout les théories sont plus ou moins commodées d'après la concision de leur point de départ. « A moins que la science ne doive dégénérer en un jeu de devinettes sans utilité, on ne peut juger de la valeur d'une théorie que par le nombre aussi petit que possible, des hypothèses et arguments nécessaires pour expliquer les faits qu'elle prétend embrasser ¹⁾ ».

Enfin — et ici nous arrivons aux préliminaires immédiats du système d'Einstein — il est certaines restrictions dont la théorie physique veut s'affranchir.

La géométrie d'Euclide est un ensemble de propositions que l'on peut déduire de postulats et de définitions. Ces postulats et définitions fournissent un certain nombre de concepts et de relations qui caractérisent un « espace » mais qui n'ont par eux-mêmes aucun rapport avec les objets

1) EDDINGTON, *Espace, temps et gravitation*. Paris, Hermann, 1921, p. 37.

matériels de l'expérience. La géométrie d'Euclide est une partie de la mathématique pure, c'est un ensemble d'implications ; c'est une forme vide. On peut, — comme pour toute loi ou théorie, — essayer de constater expérimentalement si les mesures faites avec des règles sur des objets matériels vérifient les relations de la géométrie euclidienne ; autrement dit, on peut tenter de faire rentrer les mesures expérimentales dans le « moule » euclidien. Mais il faut bien remarquer que nous appliquons alors à la « matière » des propositions qui sont énoncées sur l'« espace géométrique », lequel n'est qu'un concept défini par les axiomes et postulats.

Pourquoi les corps matériels — même idéalement rigides — seraient-ils régis par cette géométrie ? Il faut en tout cas s'en assurer et le seul procédé est de faire des mesures. Mais alors l'étude de la géométrie naturelle doit être mise sur le même pied que l'étude d'une propriété physique quelconque. Car on ne voit pas bien la différence essentielle qu'il y a à explorer l'Univers avec une aiguille aimantée pour y vérifier les lois du champ magnétique, avec un thermomètre pour y vérifier les lois de la chaleur ou avec une règle graduée pour y vérifier les propositions d'une géométrie. Il semble pourtant que ceci ne soit pas tout à fait exact puisque toutes les autres mesures impliquent des mesures de longueur. Soit ; mais puisque nous corrigeons tous les résultats bruts des expériences en tenant compte de la température, de la pression, de l'intensité des champs électriques et magnétiques, bref, en fonction de tout l'ensemble de la théorie physique, pourquoi faudrait-il conférer aux mesures de longueur l'indépendance absolue d'une construction conceptuelle et affirmer a priori que ces mesures ne sont pas fonction de circonstances telles que le mouvement de l'expérimentateur ou le champ de gravitation constaté à l'endroit où elles s'effectuent ? Pourquoi surtout, parmi les propositions qui constituent le point de départ *logique* de sa synthèse totale, le physicien doit-il inscrire

que les règles matérielles vérifient dans l'univers expérimenté les relations d'une géométrie particulière ? Cette obligation « a priori » n'est-elle pas aussi arbitraire que celle qui consisterait à imposer, avant tout essai de synthèse, certaines lois de l'optique ou de la chaleur ?

« Si la géométrie de Lobatchewsky est vraie, écrit H. Poincaré, la parallaxe d'une étoile très éloignée sera finie... Ce qu'on appelle la ligne droite, en astronomie, c'est simplement la trajectoire du rayon lumineux. Si donc, par impossible, on venait à découvrir... que toutes les parallaxes sont supérieures à une certaine limite, on aurait le choix entre deux conclusions : renoncer à la géométrie euclidienne ou bien modifier les lois de l'optique... »¹⁾.

Cette alternative montre bien la dépendance mutuelle des lois de deux parties de la physique : la géométrie naturelle et l'optique. Dans certaines limites on pourra arbitrairement imposer une forme déterminée à l'une des parties, quitte à modifier convenablement l'autre.

Et alors, puisque la physique a pour objet toutes les mesures faites sur les objets matériels ; et que la théorie physique est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible les lois expérimentales, le physicien doit adopter, dans sa théorie physique, la géométrie au moyen de laquelle toutes les lois sont synthétisées de la manière la plus simple.

Faisons en terminant une dernière remarque que nous ne pouvons commenter ici. Le développement historique de la physique montre que le point central des théories, celui sur lequel l'attention des chercheurs s'est successivement concentrée, a beaucoup changé au cours des âges. On peut distinguer trois étapes dans cette lente évolution, caracté-

1) H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*. Paris, Flammarion, p. 93.

risées par ces trois désignations : physique réaliste, physique mathématique, physique formelle.

On a d'abord cherché quelles sont les réalités que l'étude de la nature nous fait découvrir et l'on discutait pour savoir si telle « chose » était une substance ou un accident. A un stade de critique plus avancée, on voit que l'expérience du laboratoire ne permet pas d'atteindre ces constituants derniers des objets matériels et l'on cherche des rapports numériques que l'on veut déterminer avec le maximum de précision. Puis — la théorie d'Einstein en est un exemple frappant — ce qui semble plus important, c'est la forme algébrique des principes ; on cherche comment doivent s'exprimer les lois qui seront vérifiées par tous les observateurs. Cette progression continue tend à énoncer des relations de plus en plus indépendantes du sujet qui observe ; les relations invariantes de la théorie d'Einstein sont, dans ce sens, bien plus objectives que les lois classiques qui ne sont vraies que par rapport à un repère privilégié.

* * *

Traduire, c'est trahir ; résumer c'est caricaturer. Nous n'avons voulu dans l'exposé précédent que marquer une tendance de la physique moderne. Sous sa forme accentuée il est certainement incomplet et prête le flanc à la critique. Nous espérons qu'il aura l'heureux résultat d'empêcher le lecteur de donner à la théorie de la relativité une signification que ses auteurs n'ont pas voulu lui donner. On raconte qu'une âme pieuse, pour compléter sa formation ascétique, entreprit un jour la lecture de la « Retraite des dix mille ». Ceux qui demanderaient à une théorie physique, comme celle d'Einstein, de leur révéler des vérités neuves sur le fond essentiel des choses, courraient à une désillusion semblable.

F. RENOIRTE.