

BULLETIN DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES

Author(s): M. L. Guérard des Lauriers and L.-B. Guérard des Lauriers

Source: *Revue des Sciences philosophiques et théologiques*, Vol. 35, No. 3 (Juillet 1951), pp. 431-469

Published by: Librairie Philosophique J. Vrin

Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/44413335>

Accessed: 15-08-2019 00:36 UTC

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <https://about.jstor.org/terms>



JSTOR

Librairie Philosophique J. Vrin is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Revue des Sciences philosophiques et théologiques*

BULLETIN DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES

IV. — COSMOGONIES

M. FERRIER présente, sous les auspices de Descartes, une thèse (1) qu'il a brièvement reprise aux journées du Centre international de Synthèse consacrées à Descartes (2). L'auteur pense que l'œuvre de Maxwell, dont dépendent Lorentz et Einstein, a deux sources : Ampère et Faraday. C'est cette seconde source qui a fini par dominer ; mais, ainsi qu'en témoignent les travaux de Helmholtz et de Poincaré, il serait possible de construire une représentation de l'univers fondée exclusivement sur des principes rationnels. On reconnaît bien là l'idée de Descartes. Les cinq premiers chapitres exposent les théories d'Ampère concernant la nature et les lois d'attraction des condensateurs électrisés. L'auteur développe systématiquement les conséquences du postulat de Poincaré : inertie de l'énergie ; il avait été ainsi amené à introduire, dès 1925, sous le nom d'Ampérien, une grandeur inobservable en pratique parce que ses effets se compensent exactement à l'échelle des expériences ordinaires. Les équations classiques de Lorentz, entre le champ électrique et le champ magnétique produits par des corpuscules chargés, sont remplacées par des équations où e est changé en $i e$ (ou le laplacien en dalembertien). De là résultent des singularités libres, c'est-à-dire dépourvues à la fois de charge et de masse propre : à ces discontinuités correspondent des conditions de quanta, nécessaires et suffisantes pour déterminer l'évolution ultérieure continue du système. L'auteur montre ensuite comment les actions produites sur les pseudo courants élémentaires de Maxwell peuvent également résulter de forces électrodynamiques régies par la seule loi d'Ampère. Enfin ces actions peuvent elles-mêmes être ramenées à des forces portées par des droites joignant deux à deux un ensemble de points et mesurables par leurs distances. F. rejoint ainsi l'idéal cartésien : l'étendue, principe des phénomènes. L'auteur donne d'ailleurs, chemin faisant, un raccourci pénétrant des mécaniques de Schrödinger, de Broglie, Dirac. Une importante idée revient à plusieurs reprises : la réalité elle-même, qu'on la nomme Vide

(1) R. FERRIER *De Descartes à Ampère*. Bâle, Verlag für Recht und Gesellschaft, 1947, in-8, xv-290 pp.

(2) R. FERRIER, *Aperçus nouveaux sur la cosmologie cartésienne*, dans *Revue de Synthèse*, 1948 pp. 31-58.

ou Ether... nous est inaccessible. Nous en observons seulement les perturbations, ce qui semble bien corroborer le caractère linéaire des équations qui sont le point de départ des grandes théories physiques. Corrélativement, les éléments qui tiennent, dans une description de l'univers, à la propagation d'une action par contiguïté, doivent disparaître dans la nouvelle théorie (ainsi, le courant de déplacement) : ils doivent être résorbés dans la réalité dont ils ne sont qu'un mode. On voit donc que la question de l'action à distance se trouve ainsi supprimée. Quelle est maintenant la nature de cette réalité qui est au-delà des apparences que s'attachent à décrire la relativité ou les quanta ? La réalité serait constituée d'un nombre fini de points discontinus dont F. retient, pour simplifier, les centres d'équilibre. Ceux-ci sont distribués dans l'espace en vertu de paramètres qui ne peuvent prendre que des valeurs entières, ces valeurs déterminent la « figure » (linéarité, etc...) formée par les points. Enfin le temps est *défini* comme la valeur moyenne de ces paramètres ; ce qui revient à définir le temps par le mouvement considéré en général et permet ensuite une différenciation qualitative des types de mouvement. L'idée fondamentale de la relativité se trouve ainsi conservée, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une interprétation paradoxale de l'expérience de Michelson.

Ces développements sont intéressants, suggestifs, vraisemblables même. Mais ils sont insuffisamment fondés sur les faits, et beaucoup trop imprécis pour avoir une consistance mathématique autonome. On regrette à cet égard un style diffus et grandiloquent qui remplace trop souvent par des phrases embarrassées ce que devait pouvoir exprimer une formule nette et concise. L'A. tire quelques conclusions d'ordre plus général. Justification utilitaire de la science, caractère subjectif du déterminisme lequel est conçu comme un résidu qui subsiste dans la pensée quand elle suspend l'exercice de sa liberté (p. 280)... Nous ne nous arrêtons pas à discuter ces thèses que l'A. énonce sans donner d'argument. Le caractère discontinu de la réalité est légitimement objet de discussion pour la science qui ne considère pas la réalité *ultime* ; il n'en va pas de même en philosophie. Les tourbillons de Descartes étaient précisément destinés à concilier le mouvement et le « plein » : cela satisfaisait du moins à la règle de l'idée claire. On peut, il est vrai, s'affranchir de ce critère ; mais il reste à voir d'un point de vue intelligible, si la notion d'un discontinu *sensible* ne suppose pas la notion du continu. Nous pensons qu'il y a bien dépendance ; F. pour établir sa thèse, aurait dû montrer le contraire.

Six conférences du chanoine G. LEMAITRE, les cinq premières réunies en un volume (3), la sixième plus récente (4), traitent, à différents points

(3) G. LEMAITRE, *L'hypothèse de l'atome primitif*. Paris, Dunod, 1946 ; in-12, 201 p.

(4) G. LEMAITRE, *Rayons cosmiques et cosmologie*. Louvain, Nauwelaerts, 1949 ; in-12, 37 pp.

de vue, de l'univers en expansion et de l'hypothèse de l'atome primitif (5). L'expansion de l'univers n'est pas une hypothèse ; c'est l'explication qui semble la plus naturelle d'un fait expérimental. On sait que lorsqu'une source sonore s'éloigne, la hauteur du son qu'elle émet diminue. A cette constatation banale correspond un phénomène semblable pour les ondes lumineuses : déplacement vers le rouge des raies spectrales d'une source lumineuse qui s'éloigne. La mesure du déplacement permet de calculer la vitesse d'éloignement. Il y a proportionnalité entre la vitesse d'éloignement et l'éloignement lui-même (loi expérimentale de Hubble) : une nébuleuse située à cent millions d'années de lumière a une vitesse d'éloignement de 15.000 km. par seconde. Comment, dans ces conditions, concevoir l'état actuel de l'univers : c'est la question de la structure de l'univers en expansion ; comment cet état actuel s'est-il réalisé : c'est à quoi répond l'hypothèse de l'atome primitif. La première conférence (n. 3) expose, en termes à la fois clairs et exacts, par des comparaisons accessibles à tous, la conception einsteinienne de l'univers. Espace sans frontière parce que clos, cependant fini dans son ensemble, et dont les singularités observables, qui correspondent à la matière, sont en nombre fini (6). Il reste à caractériser mathématiquement la structure d'univers. Or, le temps intervenant dans cette structure comme une 4^e dimension, l'existence du mouvement n'impose pas que les *coefficients* qui interviennent dans cette structure dépendent du temps. Aussi bien, le premier modèle proposé par Einstein était-il statique. Utilisant les solutions de de Sitter et de Friedmann, L. proposa dans son Mémoire de 1927 : « Un univers de masse constante et de rayon variable rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra galactiques ». L'éloignement des nébuleuses était un fait connu ; mais la formulation de L. en donnait l'expression précise confirmée plus tard par les observations de Hubble. La 2^e conférence expose ces résultats sans recours au calcul tensoriel (renvoyé aux appendices), et met en pleine lumière les rôles antinomiques des deux forces, l'une attractive, l'autre répulsive, qui commandent l'évolution de l'univers. La première est celle de Newton ; la seconde, plus faible, n'intervient qu'entre des éléments assez éloignés, et par suite dans un univers déjà assez dilaté. La force newtonienne, attractive, ne domine cependant pas la tendance naturelle de la matière à se briser en particules de plus en plus nombreuses : ainsi que le prouve la radioactivité et que le montrent quantitativement les lois du rayonnement (7).

(5) Toutes ces considérations ont été récapitulées par l'auteur dans un article de *Sophia*, 1950, pp. 23-32.

(6) Nous reviendrons un peu plus loin sur cette conception qui est l'essence même de la relativité.

(7) Le nombre de photons et l'énergie sont, par unité de volume, respectivement proportionnels à la troisième et à la quatrième puissance de la température absolue. Un calcul simple montre alors que l'uniformisation, c'est-à-dire la dégradation de l'énergie, entraîne une augmentation du nombre de photons. Dégradation et dispersion sont concomitantes.

A partir de ces données, L. décrit comme suit l'évolution de l'univers. A l'origine, l'atome primitif : quant aux dimensions, quelques minutes de lumière, quant à la nature, les rayons cosmiques seraient un vestige de cette énergie à l'état natif dont l'autre partie est devenue nébuleuses, étoiles, planètes. Ce dernier processus comporte, en vertu de la structure d'univers, deux phases. La première est une expansion due, comme on vient de l'expliquer, à la dégradation de l'énergie : dégradation qui, l'expérience le prouve, tient à la matière beaucoup plus intrinsèquement que ne fait la force newtonienne d'attraction. Cette force produirait une contraction de la matière une fois dégradée. Mais, à mesure que l'univers s'étend, la force de répulsion qui est proportionnelle à la distance s'accroît ; il y a un moment où l'univers se trouve en équilibre, ses éléments se trouvent en mutuelle relation, par l'action de deux forces égales et contraires, l'une attractive inversement proportionnelle au carré de la distance, l'autre répulsive directement proportionnelle à la distance : il résulte de là que l'équilibre est instable, une contraction par exemple augmentant la force attractive et diminuant la force répulsive. Alors commence la deuxième phase ; elle pourrait, *a priori*, être contraction ou expansion ; mais, comme il est peu probable que la dégradation de l'énergie soit achevée avec la première phase, il est plus probable qu'elle rompe l'équilibre instable en faveur de l'expansion. L'univers est actuellement en expansion. Mais on ne connaît pas d'argument certain permettant d'affirmer qu'il est dans la première ou dans la seconde phase. S'il est dans la seconde, comme L. le pense plus probable, l'expansion sera indéfinie, et l'univers deviendra un ensemble de poussières infiniment distantes les unes des autres. Si nous sommes encore, actuellement, dans la première phase, il est également possible que l'équilibre instable, lorsqu'il sera atteint, soit rompu en faveur d'une contraction ; alors l'univers finira comme il a commencé, au moins quant aux dimensions : la matière inerte ayant remplacé l'énergie.

L. ne donne cette description que comme une hypothèse. Sa confrontation avec l'expérience dépend « de calculs difficiles qui n'ont pas encore pu être effectués » (n. 5) (p. 23).

Exacte ou non (8) l'hypothèse de l'atome primitif aura apporté à la philosophie de la nature une utile contribution. Tout d'abord elle exprime en termes concrets, et dans la durée — à quoi nos contemporains sont si sensibles — le résultat acquis fondamentalement par la théorie de la relativité : l'espace n'est pas une « donnée *a priori* », il est tout relatif aux corps ; la relativité fait des corps les « singularités » d'un espace « réifié » (n. 6). La philosophie traditionnelle faisait consister le lieu dans une relation entre les corps : l'intuition est, ici et là, la même ; il aurait suffi aux philosophes d'y demeurer fidèles pour percevoir d'emblée le caractère aussi artificiel que vain des antinomies kantienne (9). En second

(8) Nous y reviendrons à propos de l'ouvrage du Professeur Einstein.

(9) Bergson, dans sa seconde thèse *Quid Aristoteles de loco senserit* fait le procès d'Aristote, coupable de n'avoir pas compris l'espace. Bergson lui-même, dont toute la

lieu, l'atome primitif pose avec netteté la question de l'origine, c'est-à-dire la question de la création ainsi que L. l'indique ici et là explicitement. La question n'est pas résoluble par le temps et par l'espace : puisque le temps et l'espace sont concomitants à l'univers, et non des cadres *a priori*. Ainsi l'a toujours tenu une saine philosophie. On ne voit donc pas bien ce que veut dire M. Lupasco en parlant, à propos de ce livre, d'une « expérience scientifique qui... réclame son émancipation » (10). L'expérience scientifique n'a pas à s'émanciper ; elle condamne, par le jeu même du développement de la vérité, les extrapolations hâtives et indues que certains philosophes ont faites des données scientifiques qui leur étaient contemporaines : l'expérience retrouve et confirme ainsi la mise en place des différentes disciplines. Ce serait bien mal profiter de cette expérience que de parler d'émancipation, et rien n'est plus étranger à la facture sobre, humble et précise des articles de L. Pourquoi l'atome primitif existe-t-il ? Pourquoi l'énergie se dégrade-t-elle ? Voilà des questions auxquelles l'hypothèse de l'atome primitif, même si elle est vraie, ne répond en aucune façon et auxquelles elle n'a pas à répondre. Qu'est-ce que l'être, qu'est-ce que le mouvement ? Les ultimes questions demeurent intactes ; ce sont celles-là qui intéressent le philosophe : en deçà des connexions établies par la science, lesquelles unifient l'expérience brute et contraignent de poser avec plus de netteté les problèmes métaphysiques. Les travaux de L. en sont un bel exemple.

Nous ne saurions mieux présenter la très pénétrante étude de Sir WHITTAKER (11) qu'en traduisant la préface de l'auteur : « Ce livre contient la substance des *Tarner Lectures* de 1947, conférences dans lesquelles j'ai tenté de retracer le développement des théories concernant la philosophie de la nature, depuis la redécouverte d'Euclide par les savants d'Occident, jusqu'à l'époque contemporaine. Ces études ne visent à être ni une compilation des connaissances aujourd'hui acquises en physique, ni une monographie des découvertes particulières, mais plutôt l'histoire de l'évolution des notions et des principes, spécialement de ceux qui ont provoqué de longues controverses dont certaines ne sont pas encore achevées. Je me suis efforcé de présenter les idées essentielles sans faire appel à la technique mathématique ».

philosophie devait être une réaction contre Kant, n'a donc pas échappé aux imprégnations kantienne. Et M. Gonseth, dans la préface qu'il a écrite à l'ouvrage de L., pose comme allant de soi que « l'examen des problèmes (de l'origine du monde et de ses limites dans l'espace) conduit à l'antinomie suivante : (suit un passage de la Critique de la raison pure) ». M. Gonseth découvre que l'antinomie kantienne n'a aucun sens en cosmogonie contemporaine, et nous en sommes bien d'accord. On souhaiterait, en ces temps si férus d'histoire, que les auteurs avertis n'ignorent pas qu'il y a eu, avant Kant, d'autres philosophes : et que certains ont, sinon résolu, du moins posé (peut-on faire beaucoup plus ?) les éternelles questions en termes qui se révèlent adéquats.

(10) *Revue philosophique*, 1949, p. 102.

(11) E. WHITTAKER, *From Euclid to Eddington. A study of Conceptions of the external World*. Cambridge University Press, 1949 ; in-8, 204 pp.

W. a parfaitement atteint son but. Cinq chapitres conduisent le lecteur d'Euclide à Eddington. Espace, temps, mouvement ; les concepts de la physique classique ; les concepts de la relativité généralisée ; les concepts de la mécanique des quanta ; l'univers d'Eddington. En quelque domaine que ce soit, on admire combien, dans ces pages, la précision de l'expression répond à l'exactitude de l'information. Le texte topique du philosophe grec, où quelques calculs faciles à suivre viennent, à propos, rappeler au lecteur que si W. n'entend pas présenter un résumé d'informations techniques, il entend cependant demeurer assez près des techniques pour faire de la science authentique (12). Science authentique qui s'efforce d'atteindre à la sagesse : c'est, nous semble-t-il, le plus grand mérite et le plus grand intérêt de ce livre que de montrer comment la succession historique des découvertes et des théories a été souvent dictée par une exigence épistémologique.

Il serait bien difficile de résumer le contenu de ces pages si denses. W. se rallie visiblement à l'épistémologie d'Eddington, au moins quant à ses bases physiques. L'univers d'Eddington est, sinon l'aboutissant, du moins le répondant des conceptions de l'espace et du temps et du mouvement exposées au premier chapitre. Le lieu d'Aristote est, comme la *chôra* platonicienne, relatif au corps ; le temps est relatif au mouvement. Matière, mouvement, énergie sous quelque forme que ce soit, sont, selon Eddington, relatifs à l'« espace-temps ». On retrouve bien, ici et là, la même relation, mais le sens en est inversé. Cette inversion ne pouvait s'effectuer sans que les notions d'espace et de temps ne fussent explicitées pour elles-mêmes et n'aient pris pour ainsi dire une consistance autonome : c'est l'étape Newton-Kant, dont Descartes fut l'inspirateur, mais qu'il a fallu, avec Leibniz et Einstein, renier en même temps que l'existence du vide (les ondes *physiques* supposent un milieu *physique*, p. 86-7), pour retrouver la relationalité. W., qui se borne volontairement à un exposé très dépouillé quoique très organique, ne porte pas de jugement de valeur sur cette évolution qu'il se garde de dégager explicitement au plan philosophique du moins. Nous y reviendrons dans un instant. Notons, pour le moment, avec W., que « la métaphysique de l'espace physique ne peut être découverte en étudiant l'espace géométrique » (p. 9), et que les géométrisations de Weyl, Cartan..., sont « suffisamment complexes pour pouvoir représenter dans une construction unique plus d'une branche de la physique ; mais qu'elles n'ont pas réalisé une unification véritablement physique des forces de la nature, ainsi que Faraday l'avait espéré » (p. 131). Cette distinction

(12) Par exemple, W. donne une déduction *a priori* du groupe de Lorentz qui est, à notre connaissance, la plus élégante de toutes celles, si nombreuses, qui ont été tentées (pp. 49-51, 60-62). La loi de composition des vitesses fait intervenir trois événements de l'espace-temps. W. lui impose, d'emblée, une symétrie ternaire (tandis qu'on raisonne d'ordinaire sur une symétrie binaire) : là est la raison de l'efficacité du procédé. Notons également l'exposé élémentaire et précis de l'intuition originelle de de Broglie (pp. 140-143) ; le spin expliqué comme un mouvement en spirale de l'électron (pp. 170-172), etc.

du *métaphysique*, du *physique* et du *mathématique* nous paraît aussi heurieuse... que classique. Il eût été bon d'en tenir compte ici ou là, d'une manière un peu plus ferme. L'application du principe « Omne quod movetur, ab alio movetur » n'a été aberrante que dans l'ordre physique, non dans l'ordre métaphysique (p. 66). Peut-on dire que la relativité apporte une solution à la question de l'action à distance ? (p. 127). Oui, à la condition d'entendre que la relativité ne pose pas cette question, dans la mesure où elle affirme de l'espace-temps, c'est-à-dire de l'ensemble des phénomènes, qu'il est la réalité. Semblablement, W. compare, non sans humour, la réalité physique à un distributeur automatique comportant l'alternative : bonbon, chocolat. Non pas qu'il y ait, à l'intérieur du distributeur, deux choses différentes ; il n'y a qu'une seule pâte, mais l'introduction de la pièce de monnaie dans l'une ou l'autre fente entraîne la transformation de cette même pâte soit en bonbon soit en chocolat (p. 146). La comparaison insinue que, dans le moment où on fait une expérience *descriptible* et *mesurable* en théorie ondulatoire, la réalité est seulement onde et non corpuscule. C'est-à-dire que, là encore, il faut que notre représentation quantifiée soit l'expression *adéquate* de la réalité. Peut-on admettre, avec Eddington, qu'il n'y a qu'une seule espèce de particules ultimes ? N'y a-t-il pas là une sorte de monisme qualitatif imposé à la réalité physique, et qui procède, au fond, d'un mathématisme ? Tous les êtres mathématiques sont au même degré ontologique et ne se différencient que par un ordre dont la valeur opérationnelle constitue le critère ; peut-on en dire autant des êtres de la physique ? (13). Autrement dit, peut-on assimiler, voire identifier, les réalités physiques elles-mêmes avec les nombres et les symboles par lesquels elles figurent dans les synthèses théoriques ?

La physique classique répondait non ; elle maintenait, entre les différentes grandeurs physiques, une différenciation qualitative qui ne se trouvait réduite à l'homogénéité que du point de vue de la mesure. C'est cette position épistémologique qui est la raison tacite ou avouée des oppositions à la relativité et aux quanta. Le petit livre de A. IDESTRÖM est un témoin

(13) Si l'import, en physique, de l'univocité des mathématiques ne va pas sans difficulté, en retour il n'est pas moins hasardé d'ériger en thèse de logique des assertions physiques qui ont une portée nettement circonscrite. La logique trivalente, si l'on entend ainsi comme il est d'usage : « exclusion du tiers exclu », n'est pas applicable à des cas réels. Dans l'exemple de la p. 157 : « Ni l'une ni l'autre des propositions q_1 a la valeur a_1 , q_2 n'a pas la valeur a_2 , ne peut être affirmée absolument », q_2 n'a selon les conditions précisées, qu'une réalité potentielle. Que l'être en puissance ne puisse être le sujet d'attributions catégoriques, c'est l'évidence même. Mais précisément, l'être en puissance se distingue, par son indétermination même, aussi bien de l'être que du non-être ; il est donc fallacieux de parler d'une logique à trois valeurs, comme si on pouvait comparer le déterminé et l'indéterminé. Les comparer, c'est nier qu'ils s'excluent : c'est nier, au fond, le tiers exclu, mais ce n'est pas donner un fondement à cette négation. On ne saurait comparer que des choses déterminées : seule la logique à deux valeurs a un fondement dans la réalité. Nous reviendrons sur ce point à propos du livre de M. Reichenbach.

de cet attachement aux notions « classiques » (14). Le 1^{er} ch. montre fort justement, que les mêmes mots ont pour le philosophe une portée absolue à laquelle le physicien ou le mathématicien ne songent nullement. I. rappelle ensuite comment « notre univers commun » peut se construire à partir des notions classiques (l'énergie, notamment, constituant la réalité de la substance) et comment la loi ordinaire de composition des vitesses y a cours. Vient ensuite la critique d'Einstein (invariance de la vitesse de la lumière et gravitation). Malheureusement l'A. ne fait guère appel qu'à des arguments de bon sens. Or le bon sens mêle, entre autres, deux sortes de choses qu'il convient de distinguer soigneusement. L'accoutumance à certaines représentations imaginatives leur donne, psychologiquement, force de loi ; l'acte d'intelligence consiste en une conformation à l'être, de laquelle résultent certains principes qui sont lois de la connaissance. Les lois de la seconde sorte sont intrinsèques à l'être aussi bien qu'à l'intelligence : toute interprétation d'expérience qui semblerait aller contre elles est certainement aberrante. Par contre, les lois « imaginatives » sont de nulle valeur ; on n'en doit tenir aucun compte, en regard d'une expérience correctement critiquée. Le discernement entre ces deux sortes de lois n'est pas toujours aisé, surtout lorsqu'il s'agit de la représentation du monde sensible ; il est du moins très clair que certains relativistes ont employé des formules qui contreviennent au sens commun, mais il nous semble que I. abuse un peu du bon sens.

On sait que le Professeur MILNE a, en 1935 (15), proposé une cosmologie, que les relativistes n'ont pas assez prise en considération et qui constitue cependant, au plan épistémologique, une critique extrêmement sérieuse de la relativité. Rappelons en quelques mots l'essentiel de la conception de Milne (16) ; il sera plus clair d'examiner une question précise, laquelle d'ailleurs commande tout le développement ultérieur : comment deux observateurs A et B peuvent-ils établir une relation entre les chronométries des systèmes auxquels ils appartiennent respectivement ? A envoie, à l'époque t_1 , un rayon lumineux qu'il recueille à l'instant t_2 , après réflexion en B. Ce même instant de la réflexion en B a une double époque. La première est celle que lui attribue A, à savoir $T_A = \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$; la seconde est celle que B lui attribue, au moyen de l'horloge de son propre système soit T_B . Cette époque T_B peut être lue directement par A sur l'horloge de B, ou bien notifiée à A par B qui peut employer à cet effet le rayon lumineux réfléchi. La relation entre les deux chronométries s'exprime, du point de vue de A, par la relation $T_A = f(T_B)$. Maintenant le même processus peut être répété du point de vue de B,

(14) A. IDESTRÖM, *The relativity theories of Einstein — unlenable. A critic in popular form*. Upsala, Almqvist et Wiksells, 1948 ; in-8, 106 pp.

(15) Nous n'avons pas encore reçu le dernier ouvrage de cet auteur : *Kinematic Relativity*. Oxford, Clarendon Press, 1948.

(16) E. A. MILNE, *Relativity, Gravitation and World Structure*. Oxford, Clarendon Press, 1935.

et la chronométrie s'exprimera alors par $T_A = \varphi(T_B)$. Il est alors naturel de faire l'hypothèse $f(x) = \varphi(x)$. C'est-à-dire de supposer que la comparaison des deux époques d'un même événement s'exprime de la même façon : que l'événement se passe en B ou qu'il se passe en A. Quelques calculs extrêmement simples permettent alors de déduire les formules de Lorentz-Poincaré, puis la dynamique de la relativité restreinte. On entrevoit la portée épistémologique considérable de ce résultat curieux. Il se pourrait que les formules de la relativité ne soient que l'expression d'un besoin de cohérence de l'esprit. Milne admet bien un postulat de relativité, mais ce postulat concerne la *représentation* de la réalité, non la réalité elle-même ; A doit se représenter ce qui se passe en B de la même façon que B se représente ce qui se passe en A : on retrouve bien, de cette façon, l'invariance de la vitesse de la lumière, mais *au lieu d'être un fait physique, elle est, comme le dit Milne, une convention*. Le même principe permet d'expliquer comment les nébuleuses s'éloignent mutuellement les unes des autres avec une vitesse proportionnelle à leur distance : vitesse « apparente » en ce sens du moins que la loi de vitesse attribuée par A à B peut être déduite de ce seul fait que la même loi doit être attribuée par B à A. Milne se réclame, à plusieurs reprises, de Poincaré, et il en pousse le nominalisme à l'extrême. Nominalisme original cependant, et auquel l'influence de l'école de Vienne pourrait n'être pas étrangère. Il consiste à disjoindre absolument les résultats expérimentaux et les théories. Les mesures d'un mouvement relatif expriment un fait physique ; et, de même, toutes les lectures d'appareil nous renseignant sur les grandeurs physiques : tout cela est objectif, et constitue même la seule norme objective qu'il est nécessaire de respecter. Mais la coordination des résultats peut être effectuée au moyen de tel instrument mathématique que l'on veut. On peut en particulier employer une géométrie euclidienne ou non euclidienne : cela n'a pas de rapport avec la réalité physique. Il n'est donc pas possible de décider par l'expérience si l'espace de représentation est euclidien ou non ; mais en retour on peut exprimer l'essentiel des observations relativistes en se servant du cadre classique qui est euclidien. C'est cela que montre Milne (17). Il est amené, par voie de conséquence, à nier la réalité de l'espace-temps au sens où l'entend Einstein. Seules correspondent à un contenu réel les expériences, les observations et les mesures qui relèvent des sens ou des instruments les prolongeant immédiatement ; le reste est pure construction de l'esprit : l'espace n'est qu'un cadre de représentation, il n'y a pas d'espace-temps physique. Il est donc absolument illégitime de prétendre renverser au nom de l'expérience une organisation qui, arbitraire il est vrai quant à la structure abstraite, respectait du moins les différentiations qualitatives qui s'imposent au sens commun.

(17) D'autres auteurs avaient déjà travaillé dans ce sens, Leroux par exemple. Mais l'originalité de la synthèse de Milne vient de ce qu'elle dérive de l'application systématique d'un seul principe épistémologique ; d'où sa profonde unité.

On peut faire à cette manière de voir (18) deux séries d'objections. D'abord la disjonction entre expérience immédiate et théorie suppose une mise au point qui est loin d'être faite. La lecture d'un thermomètre, *a fortiori* l'usage d'un microscope électronique, supposent en fait non pas une théorie mais tout un ensemble de théories. A quelles approximations faudrait-il consentir pour que l'expérience pût être considérée comme indépendante de la théorie ? Serait-il même possible d'organiser les différents types qui le précèdent dans la classification ? Cela n'est pas prouvé, et cela paraît fort douteux : il n'y a pas plus d'expériences-élément que d'idée-élément. Chaque expérience ou chaque idée a bien un contenu distinct ; mais ces contenus ne sont pas séparables en telle manière qu'on puisse les classer et attribuer à l'un d'entre eux une priorité absolue. — En second lieu, il faudrait montrer que tous les phénomènes dont la mécanique classique ne rend pas compte et dont la relativité rend compte peuvent être également expliqués par le principe adopté. Ce travail, à notre connaissance, n'a pas été fait. Le principe de Milne se révèle puissant et fécond dans l'ordre cinématique, pour les lois universelles et macroscopiques. Est-il suffisant pour tel cas particulier et pour le domaine microscopique ? Or, la relativité a fait ses preuves en cette double occurrence.

(18) Nous n'en retenons ici que ce qui nous intéresse. Les raisons pour lesquelles Milne rejette la relativité sont de deux sortes. Les unes relèvent du sens commun : irréductibilité des prédicaments à laquelle nous venons de faire allusion dans le texte ; ces objections là sont sérieuses : mais, ainsi que nous l'expliquerons un peu plus loin, nous ne croyons pas qu'elles portent contre la relativité convenablement interprétée. Les autres difficultés nous paraissent être d'ordre imaginaire ; et on peut supposer que certaines critiques de Milne ont indisposé les relativistes qui n'ont pas accordé à la partie constructive de sa théorie la considération qu'elle mérite. N'admettant pas l'univers « fini et sans borne », Milne ne conçoit un univers non borné que s'il est infini. Il contient d'ailleurs un nombre infini de nébuleuses puisque, leurs relations mutuelles étant rigoureusement réciproques, chacune doit pouvoir être considérée comme le centre de toutes les autres. Les nébuleuses s'éloignent sans cesse, avec une vitesse proportionnelle à leur distance ; elles paraissent s'accumuler vers la frontière de visibilité jusqu'à ce qu'elles la dépassent. Nombre infini de corps qui s'éparpillent indéfiniment dans l'espace infini. Tandis que l'univers de Lemaitre-Eddington est une quantité finie de matière organisée en un espace qui est, de par sa structure géométrique, fini, Mais cet espace s'accroît indéfiniment. (Nous verrons qu'Einstein n'est pas de cet avis). Le résultat final sera le même : densité de matière nulle dans un espace de structure euclidienne. Mais cette structure ne sera, selon la relativité, réalisée qu'à la « fin du monde » ; tandis qu'elle est pour Milne un *cadre* permanent. Sur ce point, la théorie de Milne ne nous paraît pas satisfaisante. L'espace vide, ou ce qui revient au même ; le vide, est métaphysiquement impossible. Sir Whittaker fait sienne la critique d'Aristote sur ce point ; et nous ne croyons pas qu'une cosmogonie *réelle* puisse faire intervenir explicitement, ou même supposer implicitement, le vide comme principe d'explication : c'est l'ontologie elle-même qui est ici engagée. Tandis que l'univers courbe fini et sans frontière ne met à l'épreuve que notre imagination. Nous ne pouvons nous *représenter* un espace qu'en le plaçant dans un espace à un nombre supérieur de dimensions. Nous ne pouvons ni nier ni affirmer l'existence d'une quatrième dimension *spatiale*. Cela n'a rien à voir avec le fait que l'espace à trois dimensions a, en lui-même, intrinsèquement, une structure, quoi qu'il en soit de son rapport possible avec une quatrième dimension éventuelle.

Le nominalisme de Milne présente donc des écueils ; mais faut-il, pour accepter la partie constructive de la théorie de Milne, rejeter, comme le fait Milne, l'interprétation relativiste ?

Nous y reviendrons dans un instant ; il nous faut maintenant indiquer une interprétation de la relativité qui, à l'opposé de ce nominalisme, mériterait le nom de surréaliste, voire de « chosiste » si on employait le mot que certains critiques malveillants ont forgé aux intentions d'Aristote. Dans son beau livre sur la Relativité restreinte (19), M. COSTA DE BEAUREGARD traite, comme il se doit, du problème classique du disque tournant (p. 45). La vitesse de déplacement d'un élément linéaire est parallèle à cet élément si cet élément appartient à la circonférence du disque, perpendiculaire à cet élément si cet élément appartient à un rayon du disque. Et C. de B. conclut que la circonférence subit *dans son ensemble* la contraction de Lorentz tandis que le rayon ne la subit pas ; le rapport de la circonférence au rayon est donc diminué, en sorte que le disque a une géométrie qui n'est pas euclidienne. Une analyse plus précise de Lorentz, non moins que l'exposé d'Eddington, montrent que cette conclusion est inexacte. Le raisonnement peut être critiqué du seul point de vue technique (20) : mais c'est l'aspect épistémologique qui nous intéresse plus spécialement ici. On peut, tout mouvement étant relatif, ce qu'il est particulièrement difficile de nier du point de vue du relativiste, interpréter la rotation en disant que le disque tourne par rapport à sa monture, ou inversement que la monture tourne par rapport au disque. Si donc le raisonnement indiqué montre que, du fait de la rotation, la géométrie du disque est *intrinsèquement* non euclidienne, il montre *ipso facto* que, en vertu de la même rotation, la géométrie de la monture du disque devient *intrinsèquement* non euclidienne. Même à supposer que le calcul et le résultat proposés fussent exacts, ils sont énoncés d'une manière partielle qui les rend inexacts. Ce qui devient non euclidien du fait de la rotation : 1) c'est l'ensemble disque-support (et non pas l'un ou l'autre) : le raisonnement insuffisant montre cette réciprocité là aussi bien que le ferait un raisonnement correct ; 2) ce ne sont ni le disque ni le support considérés seulement selon les trois dimensions d'espace, mais ce sont *disque et support tournant par rapport l'un à l'autre* : en un mot c'est l'*espace-temps*, dont les quatre dimensions sont absolument requises pour exprimer un phénomène qui dépend du temps. Voyons cela d'un peu plus près, et indiquons en quoi les réalistes ont raison, en quoi ils ont tort et qu'elle est la cause de leur erreur.

Qu'un phénomène quelconque entraîne, en relativité, une modification *intrinsèque* de la réalité et doive par conséquent s'exprimer par une modification de la structure de l'espace temps, c'est à quoi il faut tenir absolument.

(19) Nous le recenserons pour lui-même un peu plus loin.

(20) Il ne considère que l'aspect cinématique. Or un mouvement de rotation relatif suppose une force ; et cette force influe également sur la déformation des grandeurs physiques.

C'est l'essence même de la relativité ; et les raisons générales qui rendent la synthèse relativiste beaucoup plus satisfaisante que la représentation classique interdisent une dérogation quelconque au principe posé. Voilà ce que sentent les réalistes et en cela ils ont raison. Mais nous croyons qu'ils se trompent, surtout lorsqu'ils traitent de la relativité restreinte, en ce qui concerne le *sujet* de cette modification intrinsèque. En langage ordinaire, les formules de Lorentz s'expriment : « La longueur qui défile paraît plus courte ; la seconde qui défile paraît plus longue ». Elles ne permettent pas de dire quoi que ce soit d'autre. Le mot *paraître* est suspect aux réalistes : ne signifie-t-il pas que la modification vient de l'observateur et ne s'oppose-t-il pas à *réel* ? Or, cette crainte de subjectivisme n'est pas fondée. Car le mot *paraître* exprime seulement ici une qualité de l'observation ; et nous sommes maintenant familiarisés avec ce fait que l'observateur et ses instruments de mesure font partie intrinsèque de l'observation au même titre que de la réalité observée. L'expérience imaginée par Einstein illustre très clairement la formulation précédente et en montre l'exactitude. Un observateur considère deux segments rectilignes d'abord au repos par rapport à lui et en coïncidence. Puis ces deux segments sont supposés se déplacer, l'un et l'autre avec la même vitesse v par rapport à l'observateur, mais AB vers la droite, $A'B'$ vers la gauche. L'observateur ayant noté l'instant t_0 du commencement du mouvement, où A et A' sont encore en coïncidence, il note l'instant t' où il observe la coïncidence spatiale entre A et B' . La différence $t_1 - t_0$, mesurée dans le système de l'observateur est plus courte que le temps nécessaire pour parcourir, avec la vitesse v , la longueur AB supposée au repos dans ce même système. Ce dispositif a l'avantage d'indiquer une expérience qui donne *un sens physique précis* à la contraction de Lorentz. Or, que fait l'observateur ? Il note deux coïncidences, il note ce qui lui *apparaît* : c'est justement cela observer ; et on ne voit pas bien ce qu'un observateur pourrait faire d'autre. Tout ce que peut affirmer l'observateur, c'est que, exprimant dans son propre système ce qu'il observe de la longueur qui défile, il doit lui assigner un nombre plus petit. Il s'exprimerait d'une manière incorrecte en disant : « La longueur qui défile *est* plus courte » ; car cela insinue : 1) qu'il mesure cette longueur au repos ; 2) qu'il la mesure en mouvement ; 3) qu'il compare les deux résultats. Mais « mesurer une longueur en mouvement » n'a aucun sens physique précis. Si celui qui mesure est au repos par rapport à la grandeur mesurée, il trouve toujours le même nombre ; et s'il n'est pas au repos, il ne mesure pas ; il observe, selon un dispositif expérimental semblable à celui qu'a imaginé Einstein, c'est-à-dire qu'il observe ce qui apparaît. La locution « la longueur qui défile *est* plus courte » n'a donc de sens dans aucun des deux systèmes considérés : elle est donc pour le moins incorrecte, et nous avons vu un peu plus haut qu'elle peut être fallacieuse. La circonférence du disque tournant *n'est pas plus courte*, sans cela la circonférence fluide qui l'enveloppe immédiatement devrait, elle aussi, *être plus courte*, et on arrive à cette

contradiction d'ailleurs souvent notée que lorsque deux longueurs sont en translation relative chacune des deux *est* plus courte que l'autre. Il faut donc bien maintenir le mot « paraître ».

Il faut, d'autre part, conserver absolument à ce mot une portée objective. La chose est très simple, à la condition de ne pas oublier cette vérité, si élémentaire surtout en relativité que nous nous excusons presque de la rappeler : quand deux objets se déplacent par rapport l'un à l'autre, ce qui premièrement est modifié, ce n'est pas cet objet ci ou celui-là, c'est leur *relation*. La relation étant ici conçue, non comme un rapport n'ayant de réalité que dans la pensée mais comme *un aspect de la réalité objective*. Si la longueur qui défile paraît plus courte, cela ne tient ni à cette longueur, ni à l'observateur mais à leur relation, laquelle consiste si on peut ainsi parler en un certain état de mouvement mutuel. *L'erreur du surréalisme consiste donc à attribuer à l'objet observé ce qui appartient en réalité à la relation entre l'objet et l'observateur.*

La cause de cette erreur paraît assez évidente. C'est d'abord le refus de faire dériver la contraction *observée* d'une pure représentation, sensible ou mentale, de l'observateur. Et cela, répétons-le, est parfaitement légitime. Mais pourquoi, à partir de là, attribuer la contraction à l'objet ? Cela suppose qu'on renonce à penser la relation comme telle ; et que, un phénomène étant donné, on cherche spontanément à le localiser, à l'attribuer à une *chose* : d'où le nom de chosisme que nous évoquions en parlant de cette attitude. Il est, il est vrai, difficile de penser en relation ; mais s'il y a une habitude de pensée que la relativité devrait développer, c'est bien celle-là. Il est d'ailleurs assez typique que la relativité généralisée ne donne pas lieu aux inexactitudes que nous venons de relever. C'est qu'en effet, dans ce cas, la réalité premièrement donnée, c'est l'espace-temps. Or l'espace-temps est exprimé par une forme différentielle, c'est-à-dire qu'il est signifié comme écart, comme *relation*. C'est donc la relation qui devient le sujet immédiat de l'attribution. Cela n'ôte pas qu'il y ait des « événements » ; et, quand on revient aux applications, on utilise en fait des systèmes de référence du type classique. Mais cette mise en évidence organique de la relation empêche, en relativité généralisée, d'attribuer aux événements eux-mêmes (et l'observateur comme tel en est un), ce qui n'appartient qu'à leur relation. La relativité restreinte devrait être conçue dans le même esprit que la relativité généralisée. Mais, comme on n'en considère ici qu'une seule dimension d'espace, on a à sa disposition un espace à deux ou trois dimensions qui permet une représentation *imaginative* ; on adopte alors sans y prendre garde les schèmes usuels en physique classique, et notamment : on place les objets dans un espace supposé préexistant, on attribue aux objets et à eux seuls les propriétés des mesures. Or, ces deux manières de faire sont parfaitement étrangères à la nouvelle physique : l'espace-temps et les corps sont rigoureusement concomitants, et il est impossible d'imaginer une quelconque antécédence de l'un par rapport à l'autre ; l'observation, la mesure qui en est l'expres-

sion quantitative dépendent, pour partie, du dispositif utilisé pour observer. En un mot, la relativité généralisée élimine les difficultés ou les confusions qui apparaissent en relativité restreinte parce qu'elle rend impossible toute représentation imaginative : elle contraint de faire uniquement œuvre d'intelligence et de penser en relation. La chose est si difficile que nous l'évitons toutes les fois que c'est possible ; mais ce n'est pas au bénéfice de l'épistémologie scientifique.

On voit, d'après ce qui précède, comment, d'une manière précise, se situent le nominalisme et le surréalisme. Le nominalisme fait des théories un vêtement jeté sur la réalité (et même sur la réalité observée) : ces théories résultent de l'initiative de l'esprit beaucoup plus qu'elles ne sont exigées par la nature de l'objet, elles constituent un cadre commode et suffisant mais indépendant. C'est donc ici la réalité de la relation de l'esprit aux choses qui est niée. Le surréalisme admet bien la réalité de cette relation, mais il reporte cette réalité entièrement sur les choses par une crainte excessive de tomber dans l'arbitraire du subjectivisme. On voit que les équations de Lorentz-Poincaré, bien qu'elles puissent paraître aux yeux du philosophe une question bien modeste, n'en posent pas moins toutes les profondes apories avec lesquelles la pensée humaine s'est toujours affrontée. Or il se trouve ici que ni le nominalisme à la manière de Milne-Poincaré, ni le surréalisme chosiste ne sont conformes aux exigences techniques. La vérité est que l'esprit dépend des choses, mais qu'impuissant à les saisir en elles-mêmes, il décrit leurs relations : cela est vrai surtout d'une analyse qui considère l'être réversible et mobile, et qui demeure toujours soucieux de se traduire en mesures. C'est, nous semble-t-il, l'apport le plus considérable de la relativité au point de vue épistémologique : avoir montré que l'investigation physique porte sur la relation ; le mouvement, la force, etc., ne doivent pas être conçus *physiquement* comme postérieurs aux corps, mais comme constituant avec les corps dont ils sont inséparables l'espace-temps lui-même ; espace-temps signifié analytiquement comme relation ; relation qui n'a pas d'autre sujet que cet ultime sujet qui est le *tout*. La réalité du tout, signifiée par mode de relation (entre les parties), est le fondement réel, et nécessitant, de la relation également réelle que l'esprit soutient avec elle. C'est la réalité de cette relation qui est rejetée à la fois par le nominalisme et par le surréalisme, en cela curieusement d'accord ; c'est donc elle qui se trouve, *a contrario*, désignée comme la clé d'une interprétation adéquate.

Par interprétation adéquate, nous entendons celle qui coordonne d'une manière cohérente les appoints positifs de l'une et l'autre positions examinées. Dans l'une comme dans l'autre il y a, nécessairement puisque nous sommes en physique, un aspect théorique et un aspect expérimental ; et la convergence souhaitée peut être considérée à l'un ou à l'autre point de vue. Commençons par l'aspect théorique qui est le plus facile. L'observation est, disions-nous, toute relative à la réalité observée, en ajoutant cependant que le dispositif d'observation compose intrinsèquement avec

la réalité observée. Cette loi constitue l'affleurement, dans l'ordre physique, d'une vérité métaphysique plus haute qui en est le fondement. L'intelligence est toute relative à l'être ; et il faut ajouter, non plus qu'elle compose avec l'être, mais que, scrutant ses propres lois, elle retrouve, de par sa connaturelle relationalité à l'être, les lois mêmes de l'être. Cela étant, il est en quelque sorte évident *a priori* que l'on peut déterminer la relation de l'intelligence à l'être en partant de l'un ou l'autre de ses termes : on retrouve bien les mêmes « premiers principes » fondamentaux. Il en va de même de la relation, intelligible puisqu'il s'agit de théorie, entre la réalité qui a ses lois objectives, et l'observateur soucieux d'organiser les données observées à partir des seules lois de la cohérence intelligible. Cette relation peut être déterminée en raisonnant sur l'un ou sur l'autre de ses termes : soit en posant l'invariance de la vitesse de la lumière comme un fait physique dont on peut déduire le groupe de Lorentz ; soit en montrant que ce même groupe ne fait qu'exprimer la cohérence réciproque entre les observateurs, exigeant comme sa conséquence l'invariance de la vitesse de la lumière. Cette invariance est un fait physique, cette invariance est une exigence épistémologique ; nous ne voyons pas que l'un exclut l'autre : à la condition, bien entendu, d'admettre qu'il y a, entre la pensée et l'être, entre l'observateur et l'observable, relation réelle, harmonie et non pas antinomie.

Au point de vue expérimental, la convergence entre « classiques » et « modernes » se présente d'une manière plus complexe. Milne, nous l'avons vu, insiste sur le réalisme de la différenciation qualitative : temps, espace... sont d'espèce différente ; et c'est justement tomber dans l'irréalisme que de vouloir les assimiler. On sait d'autre part que la relativité présente le temps comme une quatrième dimension, homogène en un sens aux dimensions d'espace. Et il semble que, dans l'esprit de certains théoriciens, il s'agisse bien là d'une homogénéité réelle (21). On peut voir là l'ultime

(21) Dans l'ouvrage déjà mentionné, M. Costa de Beauregard écrit (p. 67) : « il aurait suffi, pour échapper au dilemme des U. E. S. et des U. E. M., d'attribuer à c la dimension zéro et la valeur numérique 1, c'est-à-dire d'établir entre les longueurs et les temps l'équivalence physique que la Relativité découvrit plus tard ». Dans une communication au Congrès de philosophie des sciences (Paris 1949), le même auteur a montré comment la relativité introduit une spatialisation du temps. Il rappelle il est vrai dans son ouvrage que « A la suite d'Einstein, la plupart des auteurs ont écrit que la manière dont la Relativité rend compte de la différence des comportements physiques de l'espace et du temps procède du signe négatif du carré temporel, dans le Δs^2 » (p. 36). Suit un calcul, élégant et original, dont la précision ne laisse rien à désirer. Mais on peut se demander ce que signifie cette « équivalence physique » entre les longueurs et les temps ; équivalence qui serait en effet affirmée d'une manière tout à fait radicale en attribuant à une vitesse la dimension zéro. La locution équivalence physique risque de suggérer une assimilation du temps et de l'espace quant à leur *nature*. Or c'est à quoi la relativité reste parfaitement étrangère. Tout ce qu'expriment les formules de Lorentz, c'est qu'il existe une relation entre la mesure du temps et la mesure de l'espace. Il est toujours loisible de fixer que la vitesse de la lumière a pour dimension zéro ; mais ce sera là une convention purement arbitraire qui ne découle pas de la relativité.

conséquence du surréalisme. Le physicien moderne, surtout le physicien théoricien, considère les réalités physiques en tant que mesurables ; l'unicité propre à la quantité fait que l'esprit saisit les différentes grandeurs selon une homogénéité qui est ensuite attribuée aux réalités physiques elles-mêmes. Eddington, qui a poussé à l'extrême cette attitude, a employé la locution « étoffe d'esprit ». Comment, ici, départager les deux thèses ? Si on admet, et nous croyons qu'il le faut admettre, que l'espace courbe doit, au nom d'une exigence d'intelligibilité, remplacer l'espace euclidien qui semblait une évidence sensible, la même exigence, qui postule l'unité maximum, ne conduit-elle pas à renoncer à des différences qui pouvaient n'être fondées que sur l'habitude ? Dans quelle mesure l'exigence d'intelligibilité doit-elle supplanter les données immédiates de l'expérience ? Ce sujet si difficile met aux prises idéalisme et réalisme ; il engage par là, implicitement, une conception de l'homme et de l'univers ; pour en bien traiter, il faudrait tenir compte de beaucoup de présupposés que ni Milne ni Eddington n'ont explicités. Nous ne pouvons entrer ici en trop de détails, voici quelques brèves remarques.

La confrontation harmonieuse des données expérimentales et de la théorie exigerait, de part et d'autre, une critique rigoureuse qui, en général, n'est point faite. L'orientation générale de cette critique est suggérée par la conclusion qui s'est imposée *a contrario* : la relation de l'esprit à l'être est réelle. L'esprit atteint l'être, l'être est intelligible : voilà ce qu'il faut poser et tenir comme condition nécessaire, sinon suffisante, d'une entente possible. La raison en est simple. Les sens atteignent bien le phénomène, mais le phénomène comme tel n'est pas intelligible ; ce qui est intelligible c'est la nature que manifeste le phénomène : la preuve en est que les théories, dont l'objet est par définition même intelligible, doivent, selon certains physiciens théoriciens, nous renseigner sur la nature des choses, sur la nature du temps par exemple. L'expérience et la théorie se trouvent donc engagées sur deux degrés différents ; et si on en reste là, toute rencontre est impossible, ce qui est un grand dommage pour l'unité du savoir, et donc pour le savoir tout court ; mais, ce qui est plus dommageable encore, les conflits sont inévitables : parce que, expérience et théorie, s'érigeant l'un et l'autre en absolu, sortent de leurs domaines respectifs et jugent ce qui n'est pas de leur compétence. La rencontre n'est possible que si on peut assigner un terme commun au phénomène et à la nature. Or ce terme commun existe, et c'est l'être : être dont la nature est la détermination ; être dont le phénomène est la forme matérielle, c'est-à-dire divisible, et par là même quantifiée, qualifiée... Il est bien entendu que ni l'expérience physique ni la théorie physique ne sont concernées par l'être en tant qu'être. Mais, si l'expérience et la théorie peuvent se rencontrer c'est en raison de leur ouverture sur l'être, ouverture commune quoique

Du seul point de vue, partiel, de l'espace, Hamelin amorçait déjà la théorie des jauges en remarquant que l'espace non-euclidien n'est pas homogène (*Essai sur les éléments de la représentation*, pp. 88-92).

respectivement spécifiée (22). Cette spécification c'est, concernant la théorie, l'intelligibilité ; et c'est concernant l'expérience, la généralité, ou d'une manière plus précise l'extension analogique des données qui tombent sous l'observation. Par spécification, nous entendons ce qui suit. Si la théorie atteint l'être, c'est en tant que celui-ci est intelligible. L'intelligibilité du physicien est, il est vrai, à celle du métaphysicien comme la nature est à l'être : les différences sont assez claires. Mais il y a aussi des traits communs : l'*unité*, dont la cohérence rationnelle et l'ampleur universelle sont l'affleurement dans les théories scientifiques ; la *beauté*, dont l'ordre et l'élégance sont également l'écho ; la *conformité à la réalité*, dont l'efficacité est le critère, sont des propriétés intrinsèques à toute connaissance. Elles sont ce par quoi une connaissance de quelque type que ce soit atteint, en même temps que son objet propre, l'être même immanent à cet objet propre et fondement de l'un, du beau, du vrai. Une théorie physique atteint donc l'être, et il s'agit toujours de l'être en tant qu'intelligible, dans l'exacte mesure où, par sa puissance de synthèse, par sa rigueur, par son efficacité elle atteint « les harmoniques » accessibles à une théorie proprement physique, de l'un, du bien et du vrai. Nous ne disons là rien de bien nouveau : nous faisons simplement observer que les caractères qui sont usuellement considérés comme les critères de la valeur d'une théorie et qui en ce sens intéressent surtout les savants, ces caractères donc ne sont que l'expression dans l'ordre physique des propriétés transcendantales de l'être. Ces propriétés ou caractères sont, en même temps que l'être, le fondement de l'intelligibilité : une théorie qui les possède se révèle donc comme expressive de l'intelligibilité de l'être lui-même. Autrement dit, les mêmes caractères valent, comme critères de valeur, aussi bien dans l'ordre physique que dans l'ordre métaphysique. Il importe donc de conserver avec soin leur équilibre épistémologique. Aussi le théoricien qui philosophe ne doit-il pas oublier que la cohérence, l'amplitude, l'efficacité ne sauraient être règle suprême si on les considère au seul niveau physique. Elles doivent toujours être, au moins implicitement, confrontées avec leurs harmoniques métaphysiques. Cela empêchera, par exemple, d'accorder une valeur absolue, c'est-à-dire ontologique, à la cohérence ou à l'harmonie, lorsqu'elles ne se vérifient strictement que pour les mesures c'est-à-dire pour la quantité ; et voilà, semble-t-il, une limitation imposée aux droits du théoricien, mais seuls sont visés des droits illégitimes ; il s'agit simplement de prévenir l'empiètement d'une branche particulière du savoir sur l'ensemble de toutes les autres. En retour, cette référence au moins implicite au degré méta-

(22) La rencontre se fait bien dans l'induction ; ou, selon une expression qui a l'audience de nos contemporains, la rencontre se fait dans la « synthèse inductive ». Mais le fondement métaphysique de l'induction c'est, comme Lachelier et Hamelin l'ont dégagé, la correspondance entre l'esprit et la réalité : c'est la relation réelle dont nous parlons dans le texte. Nous laissons de côté la description de l'induction et l'analyse de ses conditions. Nos quelques remarques se rapportent au fondement métaphysique de l'induction.

physique, assure au théoricien qui y est habituellement fidèle un double avantage. La théorie, demeurant de cette façon ouverte sur l'être, sa conjonction avec l'expérience se trouve assurée en droit sinon toujours en fait. D'autre part, il sera possible de distinguer, parmi les présupposés que requiert nécessairement l'intelligibilité des théories, deux groupes différents. Les présupposés requis au développement formel sont eux-mêmes formalisables et généralement empruntés à la mathématique. D'autres présupposés, non formalisables, dérivent de l'intelligibilité métaphysique : ces présupposés-là, le théoricien attentif à la dimension métaphysique peut les découvrir par réflexion sur les théories elles-mêmes ; et ces présupposés-là, qui ressortissent à l'intelligibilité métaphysique, doivent être intégrés à la philosophie elle-même. Nous voulons dire que le philosophe, non certes en tant qu'il considère l'être, mais du moins en tant qu'il cherche à définir les natures, doit tenir compte expressément des présupposés non formalisables des théories. La requête adressée par les savants aux philosophes n'est donc pas sans fondement, mais c'est à la condition que les savants usent d'un discernement qui les suppose un peu philosophes. Voilà ce qui concerne la spécification des théories en direction de l'être par l'intelligibilité métaphysique : ou, ce qui revient au même, par une intelligibilité s'ouvrant sur l'universel.

L'expérience physique doit être, elle aussi, si on veut que la physique soit une, spécifiée en direction de l'être ; et cette spécification se caractérise, elle aussi, par l'universalité : ou d'une manière plus précise, par le fait que les données de l'expérience doivent demeurer ouvertes sur l'extension analogique maxima avec laquelle elles sont compatibles. L'expérience doit en effet, par définition même, atteindre ce qui est. On pourrait poursuivre, d'une manière trop sommaire mais évocatrice : or l'être est analogique, donc l'expérience, si elle est réelle, doit pour le moins être en continuité de fait avec d'autres expériences. Raisonement trop sommaire, puisque l'expérience physique explore l'être matériel (mobile, sensible...), puisque chaque type d'expérience physique envisage un aspect particulier de l'être matériel. De l'analogie, il reste du moins ceci que le même aspect formel, qui spécifie un type d'expérience, peut se retrouver dans des réalisations différentes de l'être matériel : ne s'agirait-il que de différences d'échelle : microscopique, humaine, macroscopique... et les zones « ultra » dans les deux sens. Il est évident, du point de vue métaphysique, qu'une notion qu'on retrouve semblable à elle-même dans ces différents degrés est plus proche de l'être qu'une autre notion circonscrite dans un degré déterminé. Mais il n'est pas nécessaire, pour tenir cette conclusion, de faire de la métaphysique : la valeur intelligible de la convergence et de l'unité suffit à la fonder. Cela implique une double conséquence. D'abord il est illégitime d'accorder une valeur absolue à une expérience cantonnée dans un seul degré ; en retour il est également illégitime de révoquer en doute absolument une notion qui n'est mise en échec que par des expériences appartenant à un seul degré, à l'exclusion des autres. Les notions dites de sens.

commun (23) sont généralement fondées sur l'expérience à l'échelle humaine. Cela est insuffisant. Et si l'une ou l'autre se révélait incompatible avec des expériences soigneusement critiquées appartenant à un autre degré, il faudrait la sacrifier. Mais, en retour, il n'est pas légitime de nier la réalité d'une notion ou d'en limiter la portée à un degré particulier sous le prétexte qu'une expérience isolée ou une interprétation valable pour une catégorie de cas limitée en a rendu l'application difficile (24). C'est seulement sous la condition de cette critique interne, en fait délicate nous la reconnaissons, que l'expérience est assurée en droit de rencontrer la théorie ; et que l'expérience peut être normative par rapport aux empiétements éventuels de la théorie.

L'écueil principal est, pour le théoricien, de s'enfoncer dans un monde de symboles qui a une intelligibilité propre, et de substituer cette intelligibilité à l'intelligibilité métaphysique qui seule est ouverte sur l'être. L'erreur n'est pas ici d'explorer une zone particulière de l'intelligibilité, mais de la considérer comme normative absolument, c'est-à-dire comme étant pratiquement la seule valable. L'écueil pour le partisan de l'expérience c'est d'introduire, sous ce nom, des données imaginatives qui se trouvent fallacieusement investies d'une valeur absolue qu'elles n'ont pas. L'erreur est ici de ne pas critiquer l'expérience en la comparant à d'autres expériences de même nature mais appartenant à un autre degré. Il est clair que les excès des théoriciens sont inscrits au compte de la théorie elle-même par les tenants de l'expérience pure ; et que les simplifications et les allégations arbitraires de ceux-ci sont inscrites par les théoriciens au compte du sens commun. Ce n'est pas le moyen de s'entendre. Il serait plus efficace que chacun critiquât ses propres conclusions par le critère de l'universalité : universalité en profondeur il est vrai, c'est-à-dire s'étendant en droit à plusieurs degrés d'être ou d'intelligibilité ; universalité que le philosophe appelle donc légitimement ouverture sur l'être. C'est, redisons-le, sur cette ouverture commune, quoique spécifiée diversément pour l'expérience et pour la théorie, que repose l'unité de la physique.

Nous pouvons maintenant revenir rapidement, en terminant ce paragraphe, sur le dilemme dont nous étions partis. Eddington ou Milne ? Nous répondons : les deux, du moins, en ce qu'ils apportent de positif. Il n'y a aucune difficulté à ce que les formules de Lorentz-Poincaré soient obtenues de deux manières différentes : le postulat d'invariance du phénomène physique par rapport aux différents systèmes de référence pourrait être interprété comme un fait physique *objectif* dont la réalisation première est l'invariance de la vitesse de la lumière, ou bien comme une exigence

(23) Il est entendu que nous ne nous occupons ici que des notions qui concernent la physique : temps, espace... non des notions métaphysiques.

(24) Par exemple, la notion d'individualité n'est mise en question que par un seul type de statistique : celle de Bose-Einstein ; non celle de Maxwell ou de Fermi-Dirac. Il est illégitime d'infirmer à partir de là, comme on a tenté de le faire, la notion de substance.

épistémologique. L'erreur serait de dire : le postulat n'est *que* cette exigence, ou bien il n'est *que* ce fait objectif qui s'impose à l'esprit du dehors. La vérité est que ce postulat est l'expression simultanée d'une loi de la réalité et d'une loi de l'esprit. Concordance singulièrement suggestive, puisqu'elle est, exprimée relativement à un cas très précis, le principe fondamental de toute épistémologie soucieuse tout à la fois d'être accueillante aux exigences de la critique et de ne point enfermer l'esprit en lui-même. Maintenant, il y a deux points essentiels sur lesquels il est nécessaire de choisir. En premier lieu, il nous semble qu'il faut, avec Eddington, admettre un espace-temps courbe fini et sans bornes. Cette notion est d'une richesse intelligible beaucoup plus grande que l'espace euclidien, lequel en est d'ailleurs un cas particulier ; et d'autre part, les objections qui lui sont faites ne viennent au fond que d'un besoin de représentation imaginative : il ne convient donc pas d'en tenir compte. C'est un cas dans lequel une théorie s'ouvrant sur l'être parce qu'universelle l'emporte sur une pseudo-expérience qui n'est en fait qu'une catégorie acquise. Il n'y a pas, dans cette vue, à demander si l'espace-temps est réel : pareille question n'avait de sens que dans la représentation classique. On peut dire, soit que l'espace-temps est tout relatif aux réalités qu'observe le physicien, soit que ces réalités sont des modifications de l'espace-temps : on exprime, d'une manière également impropre d'ailleurs, la même vérité ; la vérité c'est que les réalités physiques, y compris le temps et la quantité, sont organisées entre elles en telle façon que leur ensemble a une certaine structure qu'on attribue à l'espace-temps et que seule l'expérience permet de déterminer... Et on s'exprime d'une manière impropre en signifiant une antériorité réelle soit des corps soit de l'espace-temps... Autrement dit, pour le physicien, la réalité c'est le tout. Il est donc normal que le physicien cherche à exprimer cette vérité en employant, pour désigner cette unique réalité qui est le tout, une locution et une formule uniques dans laquelle tous les aspects sont récapitulés. Mais le cheminement de la découverte a fait que le mot choisi se réfère, selon l'usage antérieur, à un aspect particulier. Le mot trahit l'idée. Mais ce serait une méprise que de rejeter l'idée (25).

En retour nous ne croyons pas qu'Eddington ait rendu un bon service à l'épistémologie de la physique par l'apologue, devenu célèbre, des deux tables : celle du physicien et celle de l'homme moyen. Le contraste suggère qu'il n'y a pas de rapport entre ces deux tables. Ce serait s'engager dans une voie aberrante que de le penser. De même, y aurait-il deux temps, deux notions d'espace ?... La théorie, ici, ne lie que des mesures ; elle n'a donc pas le type d'universalité qui la rend normative. D'autre part, la notion de temps, par exemple, est fondée sur une expérience beaucoup plus ample que celle de la physique. On dira que la durée de conscience

(25) On sait l'importance du « pan » dans la cosmogonie grecque. Aristote utilise cette notion dans le traité du ciel.

et le temps astronomique sont des choses bien différentes, et c'est vrai. Mais y aurait-il un temps quelconque s'il n'y avait un sujet pensant pour le distinguer selon l'avant et l'après ? Aristote et Bergson sont d'accord pour répondre non : et c'est l'évidence même. Inversement notre durée humaine, même la plus intime, suppose la perception du temps cosmique. Enfin, bien qu'on n'ait pas réussi, à l'échelle microscopique, à définir et à mesurer le temps, aucune expérience faite à cette même échelle n'infirmes l'existence d'un temps. Le temps propre d'un électron n'est pas celui d'une conscience humaine : cela n'empêche pas qu'une même notion se vérifie ici et là conformément au degré de chaque être. Nous sommes là dans un cas où l'expérience réduit les visées excessives et arbitraires de la théorie. L'existence d'une vitesse invariante, qui est d'ailleurs considérée selon sa mesure, ne permet nullement d'affirmer qu'il y ait entre l'espace et le temps communauté de nature. Il en est de même de tous les rapprochements numériques, d'ailleurs si intéressants, suggérés par Eddington. Ils montrent bien, par exemple, que l'attraction newtonienne dépend de l'univers pris dans son ensemble ; on ne peut pas en conclure que la force soit l'univers lui-même. Il s'appellerait, dans ces conditions, aussi bien *électricité* ou *magnétisme*... On dira que toutes ces choses sont un, en ce sens qu'elles sont des modifications du même espace temps ; mais on s'exprime alors, nous l'avons remarqué, d'une manière impropre : il n'y a pas, dans la vue relativiste, une réalité antécédente modifiée par autre chose ; mais il y a l'ensemble de tous les états de l'univers, compte tenu des phénomènes de toute nature ; et c'est cet ensemble *considéré aussi bien selon le temps que selon l'espace*, qui en sont des aspects, qui forme un tout structuré qu'on appelle espace-temps. Réduire, en nature, les grandeurs physiques d'un certain type à des grandeurs d'un autre type, ce serait en fait supprimer tout un ensemble de transformations entre ces grandeurs de types différents : par là même, mutiler l'espace-temps au lieu d'en manifester l'unité. Répétons-le, les relations entre les mesures n'entraînent pas l'assimilation des natures. Rien ici n'autorise à abandonner les notions du sens commun. Cela ne présente d'ailleurs aucun bénéfice pour personne : cela appauvrit la synthèse idéale dont la valeur est précisément de dominer une diversité ; et cela dissout les fondements immédiats dont l'expérience a besoin (26). On pourrait évidemment, à ce jeu, intriguer assez facilement le « grand public », mais on risque aussi de déconcerter les philosophes qui, sur ce point au moins, n'ont certes pas besoin de l'être davantage (27).

(26) M. Renoirte a insisté sur ce point. Le physicien a besoin d'un donné qualitativement différencié.

(27) Nous devons nous borner : il y a d'autres questions au sujet desquelles les deux cosmogonies s'opposent et que le progrès de la science peut seul résoudre.

V. — QUESTIONS PHILOSOPHIQUES LIÉES A LA PHYSIQUE

Nous groupons simplement ici les études qui ne rentrent pas dans les précédentes catégories; parce qu'elles se placent à un point de vue formellement philosophique sans avoir trait à une question particulière.

M. J. O. WISDOM présente de judicieuses remarques (28) destinées à mettre en place différentes conceptions de la causation (29). Reproduisons le schéma très clair qui récapitule les conclusions de l'auteur. « Distinguons, dans la relation causale, différents facteurs possibles : 1) régularité ; 2) relation objective transcendantale ; 3) relation induite au plan psychologique ; 4) habitude mentale ; 5) relation objective logique ; 6) nécessité physique. Berkeley et Hume tiennent que la causation consiste en 1 ; Kant en 1 et 2 ; Ramsey en 1 et 4 ; le Docteur Ewing en 1 et 5. Nous pensons que la causation englobe les trois facteurs 1, 3, 6 ». On peut laisser 3 de côté dans les investigations scientifiques. Précisons que, selon W., il faut, relativement à une expérience quelle qu'elle soit (par exemple la production de l'eau à partir d'hydrogène et d'oxygène), distinguer trois aspects : a) la consécution au niveau microscopique, c'est-à-dire le fait que la configuration « eau » est substituée à l'ensemble, non combiné, des deux configurations hydrogène et oxygène ; b) la consécution au niveau macroscopique, c'est-à-dire l'enchaînement immédiatement observable des phénomènes : réunion des deux gaz, étincelle électrique les combinant, etc. ; c) connexion causale, à chaque étape, entre la réalité qui est au niveau microscopique et le phénomène observé qui est macroscopique (Microcentric Causation). — La véritable causalité est donc une connexion physique nécessaire, mais elle appartient au domaine microscopique dont nous ignorons certains éléments. A cause de cette ignorance, la causalité telle qu'elle nous apparaît se réduit bien à une séquence régulière comme le veulent les empiristes. Et, par cette même raison, nos inférences ne peuvent jamais rejoindre le lien physique nécessaire : par suite, l'induction ne peut pas être une déduction.

Ces distinctions sont très éclairantes ; elles mettent au fond en œuvre, du point de vue physique de la causalité, la distinction entre la réalité et l'apparaître, entre l'être et le phénomène. Il reste cependant une assez grave ambiguïté concernant le « microphysique ». Au point de vue scientifique, c'est un niveau qui recule sans cesse, donc mal défini. Quant au niveau actuellement atteint, les empiristes n'admettent certainement pas la

(28) J. O. WISDOM, *Causation and the Foundations of Science*. Paris, Hermann, 1946 ; in-8, 55 pp.

(29) Nous conservons à dessein *Causation*. L'anglais a les deux mots *Causality* et *Causation*. Nous croyons qu'il serait bon de conserver également en français les deux mots causalité et causation : le premier ayant l'acception la plus large, celle que l'on envisage d'ordinaire en philosophie et qui inclut la cause transcendante ; causation désignant l'aspect particulier de la causalité envisagée par les sciences : relation de cause à effet entre deux phénomènes.

connexion physique nécessaire dont parle W. Parce qu'un certain déterminisme est scientifiquement indubitable et parce que, d'autre part, on confond d'ordinaire lien causal nécessaire et déterminisme (30). Deux voies, qui d'ailleurs ne s'excluent pas, sont alors ouvertes si on veut sauvegarder la nécessité d'un lien causal physique, nécessité requise pour fonder la régularité observée, aussi bien que l'induction. La première voie consiste à distinguer nettement causalité et déterminisme : c'est ce que nous a rappelé M. Born. La seconde voie, qui au fond est classique, est celle que retrouve W. : il y a un au « delà » (ici le microphysique) qui, absolument, est inaccessible. Cet au delà ne peut rendre le service qu'on en attend que s'il est au delà de tout phénomène ; mais alors est-il encore d'ordre physique ? Nous ne le pensons pas. Nous ne croyons donc pas non plus que le recours à la « Microcentric Causation » résolve un problème philosophique en formulant un problème scientifique, la réponse se trouvant reléguée hors la philosophie (p. 50). Que les rapports entre phénomènes appartenant aux deux échelles microscopique et humaine constituent un problème scientifique, c'est indubitable. Que ce problème soit équivalent à celui de la causation (et *a fortiori*, à celui de la causalité), non. Une critique précise de la notion de « microphysique » eût certainement amené W. à nuancer ses conclusions sur ce point.

L'étude de M. A. MERCIER (31) est un résumé sommaire mais exact des grandes étapes de la théorie des quanta : Planck, Bohr, de Broglie, Schrödinger, Heisenberg. L'auteur souligne leur correspondance formelle avec la mécanique classique ; enregistre sans discussion l'écart entre les deux domaines macroscopique et microscopique.

Nous mentionnons ici l'étude du R. P. J. M. DEL BARRIO (32) à cause de l'intention de son auteur... Cet important fascicule fait suite à un premier, consacré à l'atome. Son véritable titre eût été « La différenciation de la matière », nous explique l'auteur lui-même dans l'avertissement. Et il poursuit : « La différenciation de la matière est le grand problème cosmologique posé par les philosophes il y a vingt siècles ; l'atomistique moderne l'a résolu d'une manière satisfaisante en presque toutes ses parties ». Cependant, le fascicule s'intitule « La molécule ». Cette dualité

(30) W. donne quelque peu dans cette confusion : Causality (and hence Determinism) (p. 50) « notre problème est de montrer que le déterminisme est compatible avec ce principe (d'incertitude) » (p. 52). Le principe d'incertitude recouvre une contingence objective. La causation est un déterminisme sur lequel se greffe cette contingence objective. Il est donc juste de dire que c'est la causation qui est compatible avec le principe d'incertitude, tandis que le déterminisme s'oppose formellement à ce même principe.

(31) A. MERCIER, *Stabilité, complémentarité et déterminabilité*. Paris, Gauthier-Villars, 1946 ; in-8, 77 pp.

(32) M. DEL BARRIO, S. J., *Las Fronteras de la Física y de la Filosofía*. Tome II. *La Molécula*. Santander, Comillas, 1949 ; in-8, xvi-204 pp.

de titre traduit assez exactement le divorce qui existe entre l'inspiration de l'A. et son moyen d'expression. En fait il s'agit d'une véritable encyclopédie divisée en trois parties : différenciations des corps composés (1-77) ; différenciation des éléments (81-180) ; différenciation des particules élémentaires (183-194). Plus fidèle qu'il ne le croit aux causes formelles qu'il finit par renier, B. indique d'une manière très précise dans chacune de ces parties comment le composé se distingue de la juxtaposition de ses constituants, comment se distinguent les isotopies, les allotropies, les états colloïdal, gazeux, liquide, etc... d'un même corps, ou bien comment se distinguent les différentes variétés d'un même état... ; les procédés physiques, chimiques, électriques qui permettent de détecter ces distinctions sont également décrits et associés aux résultats qu'ils ont permis d'obtenir. Il serait difficile de condenser plus de renseignements en aussi peu de pages ; et, au titre d'encyclopédie, ce travail nous paraît une réussite qui pourra rendre les plus grands services. Quant au problème philosophique lui-même, nous croyons, pour reprendre l'agréable euphémisme de Sir E. Whittaker, que B. a « misunderstood the situation ». Aussi bien dans ce qu'il veut combattre que dans ce qu'il veut affirmer. D'abord en ce qu'il veut combattre. D'une part B. semble avoir dans les veines un peu du sang de Sancho Pança ; car enfin qui voit encore dans les quatre éléments ou dans les épicycles autre chose que des pièces de musée ? que S. S. Pie XII ait justement voulu dire cela aux Dominicains assemblés en Chapitre général le 22-9-46 (p. 197), c'est possible, mais cela ne nous paraît pas ajouter de lumière décisive à l'évidence de la raison naturelle. D'autre part, B. fait une confusion qui semble assez familière à une certaine école théologique (33). Les 4 éléments d'Aristote sont remplacés par 92 éléments : cette détermination appartient à la science positive dont le progrès s'effectue par substitution. Il reste du moins que la notion d'élément est conservée : et c'est là une notion appartenant à la philosophie de la nature. Ce serait bien entendu une simplification primaire que d'attribuer au mot « élément » le même contenu en Aristote et en Mendeleeff ; mais c'est bien cependant la *même idée*, qui a revêtu des modalités différentes, exprimant ainsi deux représentations différentes du monde. Une comparaison instituée, comme il se doit, sur ce qui est comparable, montre alors que le progrès scientifique requiert un fondement permanent qui, comme tel, ressortit à la philosophie. Il ne faut pas confondre l'essence, même concrète, d'une réalité (philosophie), avec les réalisations individuées et multiples de cette même réalité (science). C'est cette confusion que commet B. : implicitement, nous venons de le voir, en ce qui concerne la notion d'élément ; mais tout à fait explicitement en ce qui concerne la

(33) C'est très exactement l'erreur du R. P. Bouillard dans son ouvrage *Conversion et grâce chez saint Thomas d'Aquin*. Paris, Aubier, 1944. Et la présentation est la même : une conclusion qui mêle deux perspectives, rejette sans aucune preuve des notions métaphysiques après avoir examiné seulement leurs correspondants physiques. Nous nous sommes expliqués sur ce point : *L'Année théologique*, 1946, pp. 15-55.

notion de forme : citant un article de *Scholastik* B. insiste : « La seule chose qui m'importe est le dernier paragraphe : Concluons. L'édifice atomique s'explique entièrement et parfaitement par les forces efficientes sans qu'il soit besoin de l'hypothèse des causes formelles ». Cette assertion est contredite par toute l'enquête de B. Il insiste en effet sur le fait que l'univers physique est constitué par la combinaison de particules qui sont de trois et même de deux natures différentes : proton, électron. Cela suppose évidemment que tous les protons sont de la même espèce, que deux protons sont une même chose et pourtant deux choses différentes. Maintenant, comment donc deux atomes de substances différentes, ou bien de parahydrogène et d'orthohydrogène sont-ils différents ? Parce que, répond B. très exactement, le nombre des électrons (la constitution, corrélative, du noyau), leur répartition en couches, leur spin, sont différents. En un mot, deux atomes sont différents parce qu'ils sont deux organisations différentes de particules élémentaires qui sont cependant de même espèce. Or, qu'est-ce que la forme, sinon 1) ce qui se retrouve le même en plusieurs individus différents ; 2) un principe d'ordre aussi bien statique que dynamique (celui-ci étant justement inclus dans le couple *morphè-eidos*). Dire après cela que l'édifice atomique peut être construit sans cause formelle, c'est presque se moquer. La scolastique suarézienne a pu évidemment faire de la forme une chose en soi. Cette forme-là, non seulement on n'en a pas besoin mais il faut la proscrire absolument de la science comme de la philosophie : elle n'est qu'une monstruosité bâtarde. La véritable forme c'est, dans le monde sensible, celle dont la matière est corrélative. Et nous ne voyons pas comment, sans faire appel à ce couple ou à un autre équivalent, il est possible de rendre compte de ce fait élémentaire admis par tous les physiciens qu'il existe 1) plusieurs existants de même espèce ; 2) des existants d'espèce différente.

Examinons maintenant la thèse positive de B. Elle s'exprime, si nous l'avons comprise, comme suit. La différenciation de la matière consiste en ce que les constituants se trouvent dans le composé : 1) sans aliéner leur nature ; 2) sans cependant être juxtaposés ; 3) partant, selon une organisation originale (p. 21). Nous croyons tout cela très juste ; mais on ne saurait voir là le problème *philosophique* de la différenciation de la matière. On ne le saisit justement que dans une zone médiane qui n'intéresse pas formellement le philosophe. Celui-ci, prolongeant ses pourquoi en deux sens opposés, retrouvera aux deux bouts la même question, pour laquelle les descriptions précises rappelées par B. ne constituent nullement une réponse. On décrit bien comment les ions de chlore et de sodium composent un cristal de sel marin ; mais 1) comment est composé intrinséquement chaque atome de chlore, et comment sont composés les éléments qui le composent... 2) comment se distinguent deux cristaux de sel marin... Dans un cas comme dans l'autre on retrouve le même problème, d'essence philosophique celui-là, et que nous formulions déjà tout à l'heure sous une forme particulière : comment deux protons sont-ils à la fois semblables

et distincts ? D'autre part, si la matière se différencie à l'intérieur d'un même corps par une organisation compatible avec la nature des constituants, le même principe ne vaut-il pas pour tout l'univers ? L'univers est-il alors un seul corps ? Comment sa structure se distingue-t-elle de celle d'un corps, un cristal de sel marin par exemple ? Fixité plus grande dans ce deuxième cas ? Sans doute, mais voici, encore une fois, la notion de forme ! Ainsi, cette belle petite encyclopédie, très bien réussie comme telle, manque son but. L'A. semble être inconscient de ce qu'est véritablement la philosophie : il s'est contenté de rapprocher d'une bonne enquête scientifique des formules dont il a mal discerné le sens, confondant le physique et le métaphysique. Le patronage de Suarez et Balmès à qui ce livre est dédié a porté fruit : on aspire en effet, dans ce rejeton vigoureux et bien né cet éclectisme savant, mais à la fois rationnel et inorganique, qui est l'arôme propre du tronc suarézien.

L'ouvrage de A. GRÉGOIRE (34) — dont le dernier chapitre a été rédigé par le P. ISAYE S. J., qui a suppléé l'auteur défunt — rendra service aux étudiants et aux professeurs désireux d'une documentation précise et assez rapide concernant les grandes thèses de la philosophie des sciences à l'époque contemporaine. Monographies précises, fidèles à la pensée de l'auteur étudié, suivies de quelques remarques critiques qui défendent judicieusement les thèses traditionnelles.

VI. — OUVRAGES TECHNIQUES

Relativité. — Les pages que le Prof. Einstein a consacrées à la « Signification de la relativité » (35) ont été éditées une quatrième fois 1922, 1937, 1946, 1950. Elles contiennent les conférences faites pour la première fois par l'auteur à l'université de Princeton en 1921 ; l'édition que nous recensons est identique à la 3^e des éd. publiées à Princeton. Nous ne nous étendrons pas sur le corps de l'ouvrage (pp. 1-103) dont le contenu a été, depuis trente ans, rendu classique par de multiples travaux dans toutes les langues. Voici une brève analyse de deux appendices ajoutés, le premier dès l'édition de 1946, le second à la présente édition.

L'appendice I traite du *problème cosmologique*. Nous avons mentionné ci-dessus les exposés de M. l'abbé Lemaitre ; ils sont assez détaillés et facilement accessibles. Situons, en regard, les pages concises d'Einstein. Le déplacement vers le rouge du spectre des nébuleuses extra galactiques a été observé et mesuré par Hubble, et interprété par lui comme résultant d'un éloignement des nébuleuses : la vitesse d'éloignement étant en fait proportionnelle à la distance. E. montre que le déplacement vers le rouge

(34) A. GRÉGOIRE, S. J., *Leçons de philosophie des sciences expérimentales*. Paris, Vrin, 1950 ; in-8, 230 pp.

(35) A. EINSTEIN, *The meaning of Relativity*. Londres, Methuen, 1950, in-8, 145 pp.

ne peut résulter d'une variation de la vitesse de la lumière avec le temps, ce qui atteindrait évidemment le fondement même de la théorie relativiste. E. sur ce point, est en accord avec M. Lemaître dont la théorie avait prévu l'observation de Hubble, en recevant par là-même, *post factum*, confirmation. Mais L. s'inspirait, pour assigner la forme de la structure d'univers, des premiers résultats d'E. Or E. avait introduit dans la structure d'univers un « terme cosmologique » exigé par ce fait que la matière ne pouvait avoir, dans un univers fini, une densité non nulle. E. est maintenant d'un autre avis : « Si l'expansion de Hubble avait déjà été découverte lors de la création de la relativité générale, le terme cosmologique n'eût jamais été introduit... » (p. 121, note). « Bien que possible du point de vue de la relativité, l'introduction du terme cosmologique est à rejeter du point de vue de l'économie générale (de la théorie) » (p. 120-121). L'analyse de L. est donc la formulation théorique d'un fait qui, selon E. ruine le fondement de cette formulation. Il résulte de là que les interprétations et les points d'interrogation posés par E. et par L. ont une portée épistémologique différente, bien qu'ils soient, matériellement, identiques. Pour L., la question est de déterminer, au moyen de l'expérience, en quelle phase l'univers se trouve de son expansion : phase antérieure ou postérieure à la position d'équilibre instable. Pour E., l'expérience doit servir à déterminer *une structure* ; et, de cette structure découle nécessairement le type de l'évolution de l'univers. Ajoutons que, la densité de matière dans l'univers pouvant être évaluée avec certitude par défaut et *non par excès*, il en résulte que l'expérience ne peut prouver avec certitude que dans un seul sens : en faveur d'un univers à courbure positive qui doit s'achever par une condensation indéfinie, non en faveur d'un univers à courbure négative et à expansion indéfinie. On voit donc que, sur ce point encore, E. s'oppose à L. : l'expansion indéfinie, qui semble plus probable à L., ne pourra jamais, selon E., être prouvée avec certitude (36). Enfin, E. conclut, avec l'objectivité modeste qui est la pierre de touche de la vraie science, qu'il faudrait renoncer à la structure qu'il propose si des mesures concordantes fixaient pour la durée de l'univers une période beaucoup plus grande que ne le prévoit cette structure.

L'appendice II expose une théorie généralisée de la gravitation. Nouvel effort pour élaborer la « théorie unitaire » qui a suscité tant de recherches depuis trente ans. Il faudrait, pour les bien situer, entrer dans la technique du calcul tensoriel plus avant que nous ne pouvons le faire ici. Les deux tenseurs de matière et d'électricité doivent répondre à des caractéristiques différentes : divergence nulle, ou invariant contracté nul ; telle était la pierre d'achoppement de toute théorie unitaire, c'est-à-dire de toute théorie cherchant à exprimer par un même tenseur tous les phénomènes

(36) On sait que chaque étoile a son histoire. Cette histoire se termine par une contraction maximum : élévation de densité et de température, amortissement du rayonnement. Mais on ne peut évidemment raisonner par homologie.

physiques. Dans la première théorie d'Einstein, les tenseurs utilisés dérivent de la forme qui caractérise la structure d'univers. Weyl chercha à se libérer de cette condition ; Eddington fit, dans cette même direction, un pas nouveau et décisif. Dans une série de notes aux *Proceedings of the Royal Irish Academy* (1943-1944), E. Schrödinger a repris la même idée : les tenseurs non dérivés d'une forme fondamentale ne sont pas symétriques, et leur généralité plus grande permet de fonder une théorie unitaire. A. Einstein et V. Bargman avaient également, en 1944, tenté un effort dans ce sens : leur théorie des « champs de bi-vecteurs » (37) définit la covariance, essentielle au calcul tensoriel, non plus par rapport à un point mais par rapport à un couple de points. Théorie victorieusement critiquée par Schrödinger en 1945. L'originalité de notre appendice II c'est de revenir à l'idée origine convenablement modifiée. Les tenseurs dérivent d'une forme fondamentale ; et la covariance est définie en chaque point. Mais cette forme fondamentale est constituée de deux formes superposées : l'une à coefficients symétriques, ainsi qu'il était d'usage, l'autre à coefficients antisymétriques.

Le procédé peut paraître artificiel, et l'auteur s'en excuse, à un double point de vue. Abstraitement d'abord : toutes les entités dérivées de la forme fondamentale se trouvent, comme cette forme elle-même, scindées en deux parties, l'une symétrique, l'autre antisymétrique, chacune de ces deux parties ayant en général ses lois de transformation propres. Or la théorie unitaire vise évidemment à établir une unité réelle ; elle ne peut consister en la juxtaposition d'entités mathématiques qui seraient mutuellement aussi étrangères que le sont les entités physiques correspondantes. On fit à M. E. Cartan des reproches semblables. Ils ne nous paraissent pas fondés : le fait qu'un même groupe de transformations comporte des sous-groupes ne peut pas être considéré comme rompant l'unité du groupe. La seconde objection nous paraît plus importante, et E. ne cherche pas à l'é luder : « I have not yet found a practicable way to confront the results of the theory with experimental evidence » (p. 128). Il est certain que, dès le départ, on n'aperçoit pas bien l'interprétation physique des coefficients de la forme antisymétrique. Mais il convient d'ajouter que cette carence d'interprétation immédiate pèse actuellement sur toute la physique théorique. Si on se montre plus exigeant à l'égard de la relativité, c'est parce qu'elle demeure solidaire de la physique classique à laquelle elle s'oppose ; mais cette rigueur n'est pas justifiée. Si on admet qu'une théorie unitaire est premièrement algorithmique, ces quinze pages d'E. constituent la synthèse la plus ingénieuse et la plus achevée. Ni l'ordonnance générale ni le détail technique des calculs n'offrent de difficulté. Étant posée la forme quadratique fondamentale, les procédés ordinaires permettent de déduire les coefficients de Christoffel, les covariants, les invariants, les règles de dérivation. Chacune de ces étapes est évidemment plus complexe

(37) *Annals of Mathematics*, 1944, pp. 1-14.

et plus riche que dans la relativité de 1921. Il résulte de là que le groupement entre eux des tenseurs qu'il est possible d'obtenir, d'une part, le choix de certains de ces tenseurs pour représenter des grandeurs physiques d'autre part, laissent place à une plus grande initiative. L'élargissement du champ tensoriel n'avait d'ailleurs pour but que de permettre ces groupements et ces choix. Matière et électricité correspondent alors à deux tenseurs qui ont, comme il se doit, des propriétés différentes ; mais ces tenseurs découlent aussi naturellement l'un que l'autre de la forme fondamentale. Ainsi se trouve résolue l'antinomie qui constituait l'obstacle radical à toute théorie unitaire.

Ajoutons que cette dernière forme de la synthèse relativiste offre plus d'intérêt, immédiatement au moins, pour le mathématicien ou l'épistémologue que pour le physicien. Mise en ordre vigoureuse des éléments que les synthèses antérieures coordonnaient mal, elle n'intègre cependant pas la physique quantique. Elle est l'achèvement magistral, et peut-être définitif, d'une branche de la physique : elle ne marque, nous semble-t-il, aucun progrès par rapport aux théories dont elle est l'achèvement original, en ce qui concerne la conjonction de la relativité et des quanta. Cette conjonction là s'avère, on le sait, singulièrement difficile à réaliser. Il est d'ailleurs probable qu'elle n'est au fond que la forme moderne d'une question vieille comme le monde : celle de l'unité entre le continu et le discontinu. Le philosophe restera à bon droit sceptique au sujet d'une théorie unitaire qui dominerait cette antinomie-là. Il n'en aura que plus de sympathie pour la synthèse d'Einstein, laquelle étroitement moins, mais, est, dans son ordre, une réussite.

Le beau livre de M. COSTA DE BEAUREGARD (38), magistralement préfacé par M. L. de Broglie, se place à un point de vue tout différent. L'auteur ne cherche pas à élaborer une théorie unitaire également hospitalière à toutes les grandeurs physiques dont les lois de transformation sont déjà mises sous forme tensorielle ; il s'attache plutôt à donner une forme tensorielle à certaines lois ou relations qui, en relativité restreinte du moins, n'avaient pas encore reçu cette forme. Il y avait là une fâcheuse anomalie. Anomalie qui s'explique d'ailleurs aisément : la relativité restreinte, ne portant que sur une seule dimension d'espace, est représentable dans le cadre de l'espace euclidien tridimensionnel qui est aussi le cadre de l'expérience, sur laquelle était fondée la mécanique classique. La mécanique de la relativité restreinte s'est donc normalement développée par transposition de la mécanique classique, ce qui a abouti, sur plusieurs points, à des compromis. L'exposé de C. rétablit d'une manière parfaite la cohérence relativiste. La méthode employée en relativité consiste essentiellement, on le sait, à accoupler des grandeurs physiques (et premièrement le temps et l'espace) de telle façon que les représentations abstraites de

(38) O. COSTA DE BEAUREGARD, *La théorie de la relativité restreinte*. Paris, Masson, 1949 ; in-8, 173 pp.

ces grandeurs ainsi groupées (en particulier leurs mesures) forment, *dans leur ensemble*, un tenseur : le tenseur étant au fond une réalité mathématique qui peut être caractérisée indépendamment du système de référence auquel elle est rapportée. C'est donc le choix de ces groupements qui est, dans l'élaboration de la relativité, la part propre de l'invention. C. apporte sur plusieurs points une contribution originale et décisive : définition de la force, du barycentre, de la densité de spin. Sur d'autres points : température et chaleur, hydrodynamique, il coordonne lucidement des résultats déjà obtenus. Ajoutons que la méthode de la relativité peut, tout en demeurant essentiellement la même, être appliquée de bien des façons. L'originalité de C. se manifeste sur deux points d'ailleurs connexes. Au lieu de considérer des sections à temps constant dans lesquelles une première approximation est fournie par la mécanique classique, à quoi il faut ensuite adjoindre artificiellement un terme concernant la quatrième dimension, C. analyse l'espace-temps au moyen de « tubes » dont la *paroi* est du genre espace, limités par des *cloisons* qui sont du genre temps : l'ensemble paroi-cloison ayant quatre dimensions, la symétrie relativiste se trouve ainsi sauvegardée au principe même de l'analyse. D'autre part, les grandeurs physiques étant considérées à l'intérieur de l'un de ces tubes, leur mesure est fournie par une intégrale quadruple ; et les lois sont originellement formulées par des relations entre de telles intégrales. Un passage à la limite (par effilement du tube, qui devient une ligne d'univers) donne alors quasi automatiquement la loi sous la forme covariante souhaitée ; mais on aperçoit immédiatement que ce même passage à la limite introduit, à la place des grandeurs physiques dont on était parti, les densités qui leur correspondent.

C'est, semble-t-il, l'application systématique de ce point de vue qui a conduit C. à ses contributions les plus originales : ainsi la co-force, c'est-à-dire la partie complémentaire qu'il faut adjoindre à la force pour obtenir le groupement tensoriel dont nous avons parlé un peu plus haut, s'introduit très naturellement sous forme densitaire. On peut voir, dans cette réussite, une intéressante confirmation d'un fait bien connu. Le traitement du continu est toujours plus aisé que celui du discontinu : on résout les questions les plus difficiles de l'arithmétique en les ramenant à des questions qui leur correspondent en théorie des fonctions. C'est cependant dans le discontinu qu'il faut chercher le fondement ultime parce que les éléments en sont par essence même, irréductibles. Cette vérité, évidente en mathématiques, semble bien être expérimentalement fondée en physique contemporaine ; elle peut faire craindre que le traitement continu n'épuise pas la réalité. Il se déploie à l'aise dans un espace lui-même continu, que le mathématicien jugera même un continu assez raffiné puisqu'il doit permettre des passages à la limite qui exigent des conditions restrictives ; cet espace, qui n'est pas un pur champ opérationnel, qu'on laisserait de côté après s'en être servi, puisqu'il laisse une trace de lui-même dans la densité, cet espace n'est-il pas bien abstrait ? Quel rapport soutiennent ces éléments

abstrait avec la réalité ? Ce rapport n'est-il pas semblable à celui qui existe entre l'instrument continu et la réalité discontinue qu'il permet d'analyser mais qu'il ne représente aucunement ? Ces difficiles questions concernent *in globo* une très grande partie de la physique théorique contemporaine : on ne saurait donc en tirer un grief contre la belle réussite de C. ; mais enfin ces questions demeurent ouvertes, et c'est au fond à leur sujet que, comme nous l'avons vu un peu plus haut, des physiciens aussi éminents que Born et Einstein lui-même demeurent en désaccord.

Le livre de C. n'est pas seulement un exposé technique : l'auteur y fait des remarques fort intéressantes qui concernent l'épistémologie générale. Présentons deux observations. La première se rattache à l'essence même de la méthode relativiste. C. note que « la part de l'induction est moindre quand on établit la dynamique relativiste en commençant par les milieux continus » (p. 105). Or, si l'induction peut être ici diminuée au profit de la déduction, cela vient de ce que le tenseur d'inertie est symétrique (pp. 92-93). Cette propriété, à son tour, se déduit de la symétrie de certaines composantes du même tenseur. Mais c'est évidemment à la condition que les composantes du tenseur d'inertie soient, d'abord, assignées. Or le choix de ces composantes se présente sans doute comme très naturel ; il est justifié en définitive du fait que l'ensemble présente justement le caractère tensoriel ; mais peut-on voir dans ce choix une déduction ? Il faudrait pour cela, qu'il n'y eût pas d'autre choix possible, présentant le caractère tensoriel : la preuve resterait à faire... Au vrai, nous croyons que si la déduction et l'induction se distribuent d'une manière différente quand on procède à partir des milieux continus, leurs contributions respectives sont, au total, les mêmes que dans la présentation classique. Cela n'altère d'ailleurs nullement la beauté propre de la méthode de C. : elle se trouve au contraire rehaussée par le fait qu'elle confirme une sorte d'invariance qui semble être une grande loi de l'économie mentale.

Notre seconde observation reprendra, à un autre point de vue, les remarques que nous avons faites plus haut en comparant deux types d'interprétation de la relativité, l'un idéaliste, l'autre surréaliste. Nous avons alors montré, à propos de la déformation du disque tournant (traitée par C. p. 46), la nécessité et la difficulté de penser vraiment en relation, même au sein de la relativité. Une autre réflexion est suggérée par le rapprochement du « disque tournant » et de la « force vive ». « On notera l'interprétation très nouvelle que prend en relativité le théorème de la force vive : *il s'agit d'un théorème purement cinématique*, l'énergie cinétique apparaissant lorsqu'on n'est pas dans le système propre du point. En dernière analyse, cette nouvelle interprétation est beaucoup plus satisfaisante que l'ancienne ; on voyait mal, en théorie classique, comment le caractère *relatif* de la vitesse, et par conséquent de l'énergie cinétique, s'accordait avec les caractères réputés *absolus* de la force, de la masse et de l'énergie en général » (p. 106). La vitesse est relative, c'est clair. De même le mouvement. Il est parfaitement légitime de considérer comme donné un

état de mouvement (donc relatif), d'examiner les conséquences qui en résultent pour les différentes grandeurs physiques, et d'exprimer ces conséquences en fonction du mouvement en tant que relatif. C'est précisément tout cela que l'on fait, en relativité restreinte ; et il était parfaitement légitime que C. se plaçât à ce point de vue, strictement. Maintenant, cela signifie-t-il que, en se plaçant exclusivement à ce point de vue, on décrive adéquatement la réalité ? Certainement pas. Nous avons vu précisément que l'interprétation, partielle, que C. donne de la déformation due à la rotation d'un disque, serait erronée si elle prétendait être adéquate (39). Et l'interprétation est partielle parce qu'elle est exclusivement cinématique. Il y a là, s'il en était besoin, la vérification de ce que l'hypothèse d'un état de mouvement ne peut se suffire à elle seule, absolument. Le mouvement a une cause, nous entendons ici cause physique bien entendu. En exerçant une force, on produit le mouvement ; on ne saurait réduire la tension d'un ressort au déplacement qu'il est capable de produire. Le tenseur d'inertie, construit comme le fait C., à partir d'impulsion, convient-il encore en statique ? Ou bien devra-t-on refuser que la force qui s'exerce soit de même nature que la force qui ne s'exerce pas ? On pourra, il est vrai, alléguer que la mécanique newtonienne admettait la permanence du mouvement rectiligne et uniforme sans aucune force. Mais s'il est une théorie qui remet ce postulat en question, c'est bien la relativité. Einstein le critique (40). D'autre part les repères galiléens en translation relative uniforme de la relativité restreinte ne sont, au vrai, qu'une abstraction, du point de vue même de la relativité. L'analyse de C., par cloisons et parois, a voulu précisément éviter ces coupes à temps constant dans lesquelles la mécanique classique serait valable en bloc.

Dans ces conditions rien n'autorise, et même l'expérience interdit, de réduire la force physique au mouvement qui est seulement un effet de la force lorsqu'elle s'exerce. Que la force vive soit relative en ce sens qu'elle se manifeste dans le mouvement qui est, par essence, relatif, c'est l'évidence même. Mais il n'en suit pas que le théorème des forces vives soit purement cinématique : car le mouvement, dans lequel se manifeste l'énergie cinétique dérive lui-même d'une force qui peut très bien être d'une autre nature, non cinétique. Cela ne signifie d'ailleurs pas non plus que la force, la masse ou l'énergie soient des « absolus » : ce que C. note fort opportunément. Car, en relativité, il n'y a d'absolu que *le tout* : et c'est sans doute cette vieille vérité, retrouvée, qui sera l'acquis épistémologique le plus durable de cette théorie. Mais il existe différents aspects du tout ; leurs mesures interfèrent ; elles peuvent même être, en droit, en involution, ainsi qu'il arrive pour le temps et l'espace ; il n'en résulte pas que ces aspects soient de même nature. L'idéal relativiste vise à condenser

(39) Il n'est pas tenu compte des déformations concomitantes à l'état de mouvements. Maints auteurs l'ont noté : EINSTEIN, *The Meaning of Relativity*, 1950, p. 59, note ; E. WHITTAKER, *From Euclid to Eddington*. 1949, p. 110.

(40) *Op. cit.*, p. 54-55.

tous ces aspects dans une forme unique, unitaire avons-nous expliqué ci-dessus : la structure d'univers, étant l'expression différentielle de l'ensemble de ses points, c'est-à-dire, en langage usuel, de la succession de ses états. C'est seulement l'ensemble de tous ces états qui est le *tout* et qui est absolu. Cet ensemble comprend aussi bien espace et temps, magnétisme et électricité, chaleur et énergie, mouvement et force, etc... Chacun de ces aspects est, en droit, inséparable des autres, bien que la connexion ne soit pas toujours découverte en fait ; mais chacun de ces aspects est distinct des autres comme il est distinct du tout. C'est justement de ces distinctions que dérive la valeur éminemment synthétique de la relativité. Il ne faut pas dissoudre la spécificité des qualités dans l'homogénéité, relative d'ailleurs, des mesures. C'est de là que vient, principalement, la regrettable et mutuelle incompréhension qui existe entre les savants et les philosophes (41).

Théorie des Quanta. — Nous mentionnons parmi les ouvrages techniques les réflexions de M. REICHENBACH sur les « fondements philosophiques de la mécanique des quanta » (42). L'auteur pense en effet que « la philosophie de la physique doit être aussi claire que la physique elle-même » (p. VII) ; aussi s'est-il efforcé « de développer une interprétation philosophique de la physique des quanta qui soit indépendante (*free from*) de la métaphysique ». D'ailleurs « la physique consistant en la connaissance du monde physique, la philosophie consiste en l'analyse de la connaissance que nous avons du monde physique ». On voit, par ces citations, que R. est de ceux qui font de la métaphysique sans le savoir. Car enfin la physique ne permettra jamais d'établir que la réalité se réduit à celui de ses aspects qui concerne justement la physique. L'ouvrage comprend trois parties : I. Considérations générales (Lois de probabilité ; indéterminisme et ses causes ; ondes et corpuscules) ; II. Les grandes lignes de la mécanique des quanta ; III. Interprétations (corpuscules ; ondes ; indétermination entendue comme impossibilité de déterminer ; utilisation d'une logique à trois valeurs...).

C'est la question de l'indéterminisme qui est abordée dans cet ouvrage. A deux points de vue : quant à son essence et quant à sa formalisation. Quelle est, en premier lieu, la nature de l'indéterminisme ? Il vient de ce que l'observation modifie l'observable : voilà du moins ce que l'on

(41) Puisque nous écrivons surtout pour ces derniers, rappelons par exemple que le fait d'assimiler le temps à une quatrième dimension n'entraîne pas qu'il soit *qualitativement* homogène à l'espace. D'ailleurs la technique relativiste elle-même marque cette différence, compte tenu évidemment du module d'univocité propre à toute mathématisation. Cela est bien mis en évidence au début de l'ouvrage de C. Einstein note également dans le même sens : « We must remember that the time coordinate is defined physically wholly differently from the space coordinate » (*op. cit.*, p. 30).

(42) H. REICHENBACH. *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*. University of California Press, 1948 ; in-8, x-182 pp.

dit habituellement. Mais cela n'est pas particulier à la microphysique. La perturbation de l'observable était déjà connue de la physique classique, laquelle faisait subir aux résultats de l'expérience des corrections fondées sur la théorie des instruments de mesure. R. montre en empruntant la forme précise du calcul, que cette perturbation serait, *en droit*, compatible avec la prévisibilité, bien qu'elle ne le soit pas en fait. L'indéterminisme, c'est-à-dire la non prévisibilité tient donc à autre chose ; il tient en *droit* : et à la perturbation de l'observable, et au « principe d'indétermination ». Ce principe signifie concrètement, comme le montre bien R. par voie abstraite, que la probabilité d'obtenir telle valeur en mesurant telle grandeur « ne dépend pas seulement des *résultats* de mesure d'autres grandeurs, mais également du *fait* de ces mesures » (p. 103). Autrement dit, le fait, pour le phénomène, de subir une mesure s'inscrit dans le phénomène lui-même : et cela, d'une manière qui n'est pas mesurée par cette mesure ; autrement dit encore, l'expérience qui permet de mesurer modifie l'observable à un point de vue qui n'est pas formellement celui sous lequel l'observable intervient dans l'expérience destinée à le mesurer : cette modification échappe donc à la mesure.

Sur quoi nous présenterons deux remarques. Premièrement : ce résultat n'a rien que d'assez naturel. Le développement formel lui donne une formulation précise, ce qui constitue un gain considérable ; mais la métaphysique permettait de prévoir ce fait, et c'est un des cas, très rare, où elle peut rendre quelque service en science : parce qu'il s'agit des principes de la science, principes selon lesquels la science se rattache à l'ontologie. Rappelons, d'un mot, que l'accident n'a pas l'être en propre ; mais seulement dans la substance. L'expérience destinée à mesurer l'observable, et qui atteint par conséquent l'observable sous le rapport accidentel, où il est mesurable, l'atteint donc dans son être, c'est-à-dire sous un rapport autre que celui sous lequel, formellement, il est mesurable. Le *fait* de la mesure se réalise dans une actuation, commune à l'observable et à ce qui mesure ; cette actuation, qui par nature concerne l'être, n'atteint pas seulement l'observable selon la quantité : et comme seule la quantité est mesurable, la modification due à une mesure ne peut être formellement, ni par conséquent adéquatement, mesurée par cette mesure. Enfin, la prévision consistant à inférer du mesurable à partir de ce qui est déjà mesuré, la modification dont nous venons de parler introduit nécessairement dans l'observable un fondement de l'imprévisibilité. Nous ne voulons, en aucune façon, *remplacer* par cette inférence métaphysique l'analyse de R. ; mais il nous semble intéressant qu'un même résultat puisse être obtenu par deux voies épistémologiques différentes et convergentes. Nous voyons ainsi que la physique et la métaphysique ne sont pas étrangères l'une à l'autre.

Notre seconde remarque ira plus loin. La véritable racine de l'indéterminisme, c'est, on vient de le voir, le *fait* de la mesure. Or le *fait* de la mesure vient de l'initiative humaine. R. récuse (p. 15) une interprétation qu'on pourrait appeler subjective des relations d'incertitude, à savoir :

ces relations ne feraient que donner une expression quantitative à la thèse traditionnelle « La sensation est l'acte commun du sentant et du senti » ; le « sentant », ou l'observateur, apporte donc, à la nature de la perception, une contribution intrinsèque. R. récuse cette interprétation, il fait remarquer que l'œil de l'observateur pourrait être remplacé par un compteur, en sorte que l'observateur lui-même n'intervienne pas dans l'expérience. Remarque juste, matériellement, mais qui ne va pas au fond de la question. Ni le calcul développé par R., ni l'inférence métaphysique que nous avons proposée ne font acception de la *nature* du dispositif qui sert à observer : que ce soit un œil ou un compteur importe peu, R. a parfaitement raison de le noter. Ce qui importe, c'est qu'un dispositif soit interposé : c'est le *fait* de cette interposition qui entraîne l'imprévision. Et ce *fait* vient évidemment d'une initiative humaine. Le compteur ne sera placé là où il doit l'être pour mesurer que parce qu'un être humain, libre, décide de l'y placer. Cela signifie que l'homme agit sur le devenir microphysique, en telle façon qu'il le soustrait à un déterminisme absolu. Nous tenons d'ailleurs à rassurer R. : nous sommes tout à fait opposés à la mauvaise apologétique qui a cru découvrir dans l'indéterminisme un argument en faveur de la liberté. Mais, en retour, il n'y a nul inconvénient et même il est très cohérent, que la liberté humaine, réalisant un maximum au point de vue de l'indéterminisme et de l'imprévisibilité, contribue à produire ces mêmes choses dans les êtres non raisonnables et même dans les entités matérielles qu'étudie la physique.

Passons maintenant à la formalisation de l'indéterminisme. R. part du postulat admis : l'indéterminisme vient de la modification de l'observable par l'observateur. Il discute donc la question de savoir si l'observable demeurerait le même indépendamment de l'observation qui en est faite. Il fait, à ce propos, en dehors de la physique, et dans le domaine métaphysique, des incursions que nous ne suivrons pas : la question est, pour les philosophes, vieille comme le monde, et R. n'apporte à ce point de vue rien de nouveau. Mais il fait une distinction importante du point de vue du physicien, qui est celui de l'expérimentation ordonnée à la mesure. Le *phénomène* est ce qui est immédiatement objet de la mesure ; il est donc de l'ordre de grandeur qui peut être atteint par un dispositif de mesure. L'*interphénomène*, c'est le processus qui relie entre eux deux phénomènes dont l'un produit l'autre : il est inféré au moyen de la théorie, mais il a également une réalité physique. Ainsi, par exemple, lorsque la lumière issue d'une source traverse un trou percé dans un écran et vient impressionner un second écran, les plages lumineuses produites sur ce second écran, et la source sont des phénomènes : on peut mesurer leur intensité, le nombre des photons... La relation entre la source et les plages lumineuses peut être décrite en ondes ou en corpuscules : voilà les interphénomènes ; ils ne sont pas mesurables parce que l'interposition d'un dispositif de mesure modifierait d'une manière imprévisible la relation entre la source et les plages, et partant les plages elles-mêmes, lesquelles

ne pourraient donc plus être objet de mesure, du moins au cours de la même expérience. Autrement dit, on ne peut prendre un interphénomène comme phénomène sinon en ôtant la propriété d'être des phénomènes aux événements primitivement choisis comme tels. Cela posé, la question du déterminisme se pose différemment pour les phénomènes et pour les interphénomènes. Le phénomène est déterminé par définition même, puisque déterminé signifie, pour le physicien, « mesurable » et que le phénomène est le mesurable. Nous devons observer, en passant, que ces définitions qui paraissent si claires masquent l'aspect le plus profond de la question. Pour qu'un phénomène soit mesurable, il faut que la loi en demeure « la même ». Que la loi d'un phénomène demeure la même, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas observation : voilà à quoi, en définitive, R. ramène ce qu'il appelle un « système normal ». Existe-t-il un seul système normal ; existe-t-il, même pour les phénomènes (nous reviendrons dans un instant sur les interphénomènes), une loi, fût-ce une loi de probabilité, indépendante du fait de l'observation ? Où donc se trouve inscrite cette loi « indépendante » ? Le physicien n'a pas, dira-t-on, à se préoccuper de cette question. Nous l'accordons. Mais il la suppose résolue, le silence de R. sur ce point en témoigne. C'est-à-dire qu'au fond le physicien suppose résolu le vieux débat entre idéalisme et réalisme. Le réalisme semble bien avoir en l'occurrence quelque avantage : mais ne nous attardons pas à cela ; ce qu'il convient de souligner, c'est que, quoiqu'en pense R., il n'est pas possible de faire une philosophie de la physique qui se passe de philosophie tout court.

Cela dit, admettons que le déterminisme ait cours pour le phénomène et venons-en à l'interphénomène. C'est pour lui qu'il peut y avoir, en droit, indéterminisme et imprévisibilité. Maintenant, il peut y avoir plusieurs interphénomènes (ondes et corpuscules dans l'exemple précédent). Si l'un de ces interphénomènes a la même loi que le phénomène (43), on dit qu'il constitue avec lui un système normal. Il est évidemment préférable de choisir, pour décrire une expérience qui en comporte plusieurs, celui des interphénomènes auquel correspond un système normal. R. en donne un exemple (p. 30), mais ne propose pas de principe de discrimination bien net ; notamment sur le point suivant : on peut toujours construire *abstraitement* un interphénomène conduisant à un système normal, mais encore faut-il que cet interphénomène corresponde à la réalité et ne soit pas une pure abstraction. Il y aurait un éclaircissement à apporter à ce sujet, pour que la notion de système normal eût une portée efficace en physique. Lorsque l'interphénomène n'est pas intégrable dans un système normal, il y a indéterminisme et imprévision. Il suffit, pour faire rentrer cette anomalie dans le déterminisme de la légalité, d'admettre une

(43) C'est-à-dire si cette loi demeure la même, qu'il y ait ou non observation. Nous venons de rappeler que R. suppose cette indépendance en ce qui concerne le phénomène, ce qui constitue d'ailleurs un présupposé métaphysique.

logique à trois valeurs : le vrai, le faux, l'indéterminé. R. rappelle les règles de cette logique, puis il montre qu'elle permet de décrire d'une manière cohérente les phénomènes quantiques. Cette mise au point très claire rendra service. Nous noterons très brièvement deux choses. D'abord, cette création d'une logique assurant l'indéterminisme est, en fait, l'expression irrécusable de la tendance à ne conserver dans la science construite que ce qui est parfaitement déterminé. L'expérience montre que l'indéterminisme existe (44) ; d'autre part, en logique, une catégorie existe et est déterminée par le seul fait qu'elle est définie. Le « non déterminé » physique devient, comme catégorie logique, du déterminé : il figure d'ailleurs comme tel, exactement au même titre que le vrai et le faux, dans tous les tableaux de la logique à trois valeurs. Cette hégémonie du formalisme sur l'expérience est au fond un aveu de l'incapacité de l'esprit humain à penser l'indéterminé (ou, en d'autres termes, le contingent). En second lieu, il faut bien voir la portée de cette logique à trois valeurs (cf. *supra*, n. 12). Distinguons avec R. (p. 141) et avec les logiciens modernes : le *langage objectif*, qui concerne les réalités ; et le *métalangage*, qui concerne les proportions ayant trait aux objets, c'est-à-dire les propositions qui composent le langage. « Langage » et « métalangage » constituent une distinction de principe qu'il convient d'appliquer conformément au point de vue auquel on se place. Chaque langage a son métalangage : ainsi l'expérience, la mécanique des quanta, la logique trivalente ont chacune leur langage, lequel est métalangage par rapport à celui qui précède. La logique trivalente a aussi son métalangage et « la méthode pour construire une logique trivalente est déterminée par cette idée que le métalangage du langage considéré peut être considéré comme appartenant à une logique bivalente » (p. 150). C'est-à-dire qu'un raisonnement fait en logique trivalente et *pris dans son ensemble* a ou bien la valeur vraie, ou bien la valeur faux ; il relève du « tiers exclus ». Autrement dit, lorsque l'esprit *raisonne*, que ce soit en science ou en métaphysique, il utilise, spontanément et nécessairement, la logique à deux valeurs. Les *objets* sur lesquels il raisonne peuvent être multiples ; ils peuvent être le vrai, le faux, l'indéterminé, et même une infinité de valeurs ; il reste que l'*acte* même du raisonnement relève de la logique à deux valeurs. On voit qu'une prétendue « révolution des lois de la pensée » qui serait imposée par la nouvelle mécanique n'est qu'un mythe, que de regrettables excès de langage ont contribué à forger et à entretenir.

W. PAULI, après avoir reçu le prix Nobel de physique (1945), fit, à Stockholm, une conférence sur le principe qui porte son nom (45). P. explique la genèse de la découverte qu'il fit du principe d'exclusion et

(44) Notons que là encore, il n'y a de nouveau que la précision quantitative. La contingence *objective* joue dans le système d'Aristote, un rôle essentiel.

(45) W. PAULI, *Exclusion Principle and Quantum Mechanics*. Neuchâtel, Griffon 1947 ; in-8, 53 pp.

comment il passa du stade empirique à la justification théorique, de Képler à Newton. Malgré une réticence initiale, P. a fini par rattacher le principe d'exclusion au nombre quantique du spin. En description ondulatoire, lorsqu'un tel nombre, est moitié d'un nombre entier impair, il lui correspond une fonction d'onde antisymétrique (et c'est en quoi consiste le principe d'exclusion) ; si le nombre quantique du spin est entier, il lui correspond une fonction d'ordre symétrique. La justification de cette loi peut être recherchée à partir de la mécanique ondulatoire *relativiste*. La perturbation due à une mesure effectuée en un point ne peut, d'après la relativité, atteindre que les points liés au premier par un vecteur du genre temps. Pour deux particules de même nature, liées par un vecteur du genre espace, les opérateurs de même nature doivent donc commuter. Or cela serait impossible, a montré P., si les spins, supposés parallèles, de ces deux particules avaient une valeur entière et obéissaient au principe d'exclusion. — P. tient pour une fiction abstraite, sans portée physique, l'interprétation de la théorie de Dirac au moyen de l'énergie négative.

Nous devrions, bien entendu, mentionner ici les travaux de M. L. de Broglie ; nous y reviendrons dans une autre étude.

Microphysique. — Signalons deux ouvrages conçus dans un esprit un peu différent, mais s'adressant l'un et l'autre à un public assez étendu, l'un et l'autre de grande valeur. Celui de M. DARMOIS (46) est théorique et technique. Il requiert, pour être suivi avec fruit, une première initiation mathématique. Mais il est bien autre chose qu'un cours, il joint à la rigueur précise du calcul l'ampleur d'information d'un physicien éminent, qui tient, on le sent, à ne pas s'évader dans les abstractions coupées de l'expérience. On trouvera, réunies dans ce livre, la théorie des applications récentes (microscope électronique) et l'exposé de résultats classiques concernant l'électron. Il sera aussi précieux aux étudiants qu'aux esprits cultivés désireux de s'instruire d'une manière précise des progrès de la science.

Le livre de M. THIBAUD (47), qui porte en sous-titre « Du microscope électronique à la bombe atomique » est, en un sens, une vulgarisation : la lecture n'en suppose aucune initiation ; c'est également une réflexion philosophique, volontairement discrète et de fort bon aloi : à la longue introduction (« Enquête sur le réel » pp. 11-32) répond la sobre et éloquente conclusion « ... nous pouvons nous arrêter un instant et méditer sur la vision, trop rapide, certes, que nous avons eue de l'univers. Et nul ne me refusera qu'elle est harmonie et beauté... » (p. 318). Nous n'avons pas, dans ce bulletin de philosophie, à faire l'analyse du contenu d'un ouvrage de physique ; mais nous en recommandons vivement la lecture : on y trouvera des exposés extrêmement clairs, et empruntant des images appropriées, de toutes les grandes questions de la physique contemporaine ;

(46) E. DARMOIS, *L'électron*. Paris, PUF, 1949 ; in-8, 235 pp.

(47) J. THIBAUD, *Énergie atomique et univers*. Lyon, Audin, 1947 ; in-8, 318 pp.

on y trouvera également des notations précises et très concrètes relatant les expériences et les recherches personnelles de T.

Signalons, concernant la microphysique, la bonne monographie de RICE et TELLER (48). C'est une sorte de « somme » de toutes les connaissances actuellement acquises en ce domaine ; précision, étendue, aucune technicité mathématique : les résultats sont énoncés sous forme qualitative. Ce livre sera donc fort apprécié par les ingénieurs, physiciens ou chimistes, et par tous ceux qui désirent être informés sans avoir le loisir ou la possibilité de recourir aux études techniques. L'ouvrage veut d'ailleurs n'être qu'une introduction et, à ce titre, il est une réussite.

Vulgarisations. — Sir W. BRAGG, bien connu par ses travaux en cristallographie, explique (49) la nature : de l'atome, des gaz, du liquide, du cristal (diamant, glace et neige, métal). L'auteur excelle à présenter des expériences très simples dont il dégage la signification physique profonde. Trente deux planches achèvent de faire de cet ouvrage une véritable leçon de choses ; il est, par surcroît, une magistrale leçon de pédagogie, concernant l'enseignement élémentaire des sciences.

Le petit livre de M. DESTOUCHES (50) est à l'antipode du précédent. On y retrouve le tour très abstrait du gros ouvrage de D. sur le même sujet. Il donne donc, même à cet égard, une fidèle image d'une théorie qui est en effet fort abstraite.

M. FILIPPI n'a pas banni tout calcul de son exposé (51), mais il en fait un usage si modéré que tout lecteur attentif le suivra aisément : ampleur, précision, clarté, sont les qualités dominantes de ces pages. L'A., en terminant, rappelle avec Pascal, que l'esprit humain a besoin d'un enchaînement rationnel que ce monde-ci ne peut lui apporter (telle est la conclusion de l'enquête sur la physique) ; c'est donc seulement dans un au-delà du monde physique que l'esprit peut se satisfaire.

Signalons enfin, dans la « Bibliothèque scientifique » suisse, les deux fascicules qui inaugurent le *Précis de physique générale* : I. Introduction (52) ; II. Chaleur (53). Ouvrage clair dont un index rend la consultation aisée.

Le Saulchoir.

M. L. GUÉRARD DES LAURIERS.

(48) F. O. RICE and E. TELLER, *The Structure of Matter*. New-York, Willey, Londres, Chapman, 1949 ; in-8, XIII-361 pp.

(49) W. BRAGG, *Concerning the Nature of things*. Londres, Bell, 1948 ; in-8, xi-232 pp.

(50) J. L. DESTOUCHES, *La mécanique ondulatoire*. Paris, PUF, 1948 ; in-8, 128 pp.

(51) S. FILIPPI, *Connaissance du monde physique*. Paris, Albin Michel, 1947 ; in-8, 342 pp.

(52) A. MERCIER, *Précis de Physique générale. I. Introduction à la physique et à la mécanique*. Paris, Dunod, 1945 ; in-8, 197 pp.

(53) P. et A. MERCIER, *Précis de Physique générale. II. La Chaleur*. Paris, Dunod, 1947 ; in-8, 105 pp.