



ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

68



EXPOSÉS DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES

Publiés sous la direction de

L. DE BROGLIE

Professeur à la Sorbonne
Prix Nobel

I

RÉEL ET DÉTERMINISME
DANS LA PHYSIQUE QUANTIQUE

PAR

ÉMILE MEYERSON



Meyerson, Emile
Réel et déterminisme dans la physique



* 3 8 0 5 6 *

PARIS

HERMANN & C^{ie}, ÉDITEURS

6, Rue de la Sorbonne, 6

1933



LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE HERMANN ET C^{ie}
6, rue de la Sorbonne, Paris (5^e)

Actualités Scientifiques et Industrielles

Série 1929 :

I. L. DE BROGLIE. La crise récente de l'optique ondulatoire.	
II. G. FOEX. Les substances mésomorphes, leurs propriétés magnétiques.	
III. BLOCH EUGÈNE. Les atomes de lumière et les quanta.	
IV. L. DUNOYER. La cellule photo-électrique et ses applications.	
V. G. RIBAUD. Le rayonnement des corps incandescents.	
VI. Lt-Colonel JULLIEN. Applications du courant électrique à la réalisation d'instruments de musique.	
VII. BLOCH LÉON. Structure des spectres et structure des atomes.	
VIII V. KAMMERER. Les hautes pressions de vapeur.	
IX. R. MESNY. Les ondes dirigées et leurs applications.	
<i>Conférences réunies en un volume</i>	35 fr.

Série 1930 :

X. G. RIBAUD. Température des flammes	5 fr.
XI. J. CABANNES. Anisotropie des molécules. Effet Raman.....	8 fr.
XII. P. FLEURY. Couleurs et colorimétrie.....	5 fr.
XIII. G. GUTTON. Les ondes électriques de très courtes longueurs et leurs applications.....	4 fr.
XIV. P. DAVID. L'électro-acoustique	5 fr.
XV. L. BRILLOUIN. Les statistiques quantiques	5 fr.
XVI F. BALDET. La constitution des comètes	5 fr.
XVII. G. DARMOIS. La structure et les mouvements de l'univers stellaire.	3 fr.

Série 1931 :

XIX. A. PÉRARD. La haute précision des mesures de longueur.....	5 fr.
XX. P. AUGER. L'effet photo-électrique des rayons X dans les gaz.....	5 fr.
XXII. F. PERRIN. Fluorescence, durée élémentaire d'émission lumineuse.	5 fr.
XXIII. M. DE BROGLIE. Désintégration artificielle des éléments par bombardement des rayons alpha	5 fr.
XXV. J.-J. TRILLAT. Les applications des rayons X à l'étude des composés organiques	5 fr.
XXVI. J.-J. TRILLAT. L'état liquide et les états mésomorphes.....	5 fr.
XXVII. PH. LE CORBEILLER. Les systèmes auto-entretenus et les oscillations de relaxation	8 fr.
XXVIII. F. BEDEAU. Le quartz piézo-électrique, ses applications à la T. S. F.....	5 fr.
XXIX. E. DARMOIS. L'hydrogène est un mélange : Ortho et para-hydrogène	5 fr.
XXX. R. AUDUBERT. Les piles sensibles à l'action de la lumière.....	8 fr.

Série 1932 :

(Voir quatrième page de la couverture).

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

68

EXPOSÉS DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES

Publiés sous la direction de

L. DE BROGLIE

Professeur à la Sorbonne
Prix Nobel

I

RÉEL ET DÉTERMINISME
DANS LA PHYSIQUE QUANTIQUE

PAR

ÉMILE MEYERSON



PARIS

HERMANN & C^{ie}, ÉDITEURS

6, Rue de la Sorbonne, 6

—
1933

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays.

COPYRIGHT 1933 BY LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE HERMANN ET C^{ie},
PARIS.



PRÉFACE

LE présent fascicule est le premier d'une série nouvelle destinée à contenir des exposés relatifs à la philosophie des sciences. A notre époque où les progrès des sciences sont si rapides, si admirables dans leurs résultats et parfois si déconcertants par l'étrangeté des horizons inconnus qu'ils découvrent à notre pensée, les problèmes fondamentaux de la philosophie des sciences et de la théorie de la connaissance se trouvent renouvelés et nombre d'entre eux nous apparaissent aujourd'hui sous un jour inattendu. Les exposés portant sur toutes les branches de la connaissance scientifique dont la maison Hermann a entrepris la publication, appelaient donc comme complément naturel une série consacrée à la philosophie des sciences. L'importance des problèmes philosophiques qui ont été posés par les étonnants progrès récents de la Physique pourront peut-être servir d'excuse au physicien téméraire qui ose, malgré son incompetence, en assumer la direction !

* * *

Pour ouvrir cette série d'exposés sur la philosophie des sciences, nous avons pensé que nous ne pouvions trouver une personnalité plus qualifiée que M. Emile Meyerson. Tous les philosophes et beaucoup de savants connaissent les belles études par lesquelles M. Meyerson s'efforce depuis vingt-cinq ans avec une admirable continuité de vues appuyée sur une connaissance étendue de

l'histoire des sciences, d'établir comment procède la raison humaine quand elle cherche à « comprendre ». Selon lui, dans la recherche scientifique comme dans la vie quotidienne, notre raison ne croit vraiment avoir compris que si elle est parvenue à dégager dans la réalité mouvante du monde physique des identités et des permanences. Ainsi s'explique en particulier la structure commune des théories physiques qui tentent de grouper des catégories de phénomènes par un réseau d'égalités, d'équations, cherchant toujours, autant que faire se peut, à éliminer la diversité et le changement réel et à montrer que le conséquent était en quelque sorte contenu dans l'antécédent. La réalisation complète de l'idéal poursuivi par la raison apparaît alors comme chimérique puisqu'elle consisterait à résorber toute la diversité qualitative et toutes les variations progressives de l'univers physique en une identité et une permanence absolues. Mais si cette réalisation complète est impossible, la nature du monde physique se prête néanmoins à un succès partiel de nos tentatives de rationalisation. Il existe, en effet, dans le monde physique non seulement des objets qui persistent à peu près semblables à eux-mêmes dans le temps, mais des catégories d'objets assez semblables entre eux pour que nous puissions les identifier en les réunissant dans un concept commun. Ce sont ces « fibres » de la réalité, comme dit M. Meyerson, que notre raison saisit dans l'expérience de la vie quotidienne pour constituer avec elles notre représentation habituelle du monde extérieur ; ce sont ces fibres également et d'autres plus subtiles, révélées à notre connaissance par les méthodes raffinées de la recherche expérimentale, dont la raison du savant s'empare pour chercher à extraire de la réalité variée et mouvante la part d'identique et de permanent qu'elle renferme. Aussi, grâce à l'existence de ces fibres, bien que l'idéal de la science soit en toute rigueur irréalisable, quelque science est possible : c'est là la grande merveille. Cette situation se trouve résumée par une phrase de M. Paul Valéry, phrase sans doute inspirée par la lecture même des ouvrages de M. Meyerson : « L'esprit humain est absurde par ce qu'il cherche ; il est grand par ce qu'il trouve. »

Mais comme en définitive l'univers ne peut pas se réduire à une vaste tautologie, nous devons forcément nous heurter çà et là dans notre description scientifique de la nature à des éléments « irrationnels » qui résistent à nos tentatives d'identification,

l'effort jamais lassé de la raison humaine s'acharnant à circonscrire ces éléments et à en réduire le domaine.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir résumé dans les quelques lignes qui précèdent la pensée si riche et si profonde de l'auteur d'« Identité et Réalité ». Nous avons cherché seulement à en exposer quelques aspects tels qu'ils nous sont apparus à la lecture de ses œuvres ou au cours de conversations que nous avons eu l'honneur et le plaisir d'avoir avec lui dans ces dernières années pour le plus grand profit de nos connaissances personnelles.

Entièrement opposée en cela aux doctrines anti-intellectualistes, la critique Meyersonienne voit dans l'œuvre de science un effort d'une inestimable valeur et considérant cet effort comme l'une des plus nobles tâches de l'espèce humaine, elle proclame qu'on lui doit l'admiration la plus complète et le respect le plus absolu ; mais elle conduit à rejeter tout dogmatisme étroit qui prétendrait s'appuyer sur les résultats présents ou futurs de la science, la connaissance scientifique, bien que susceptible d'un progrès indéfini, ne pouvant être par essence que limitée et partielle à cause même du but, en toute rigueur impossible à atteindre, que la raison s'assigne.

Avec une activité intellectuelle qu'aucune épreuve n'a pu entamer, M. Emile Meyerson s'est tenu au courant de tous les progrès de la physique contemporaine et des difficiles problèmes que ces progrès ont soulevés. Dans les pages qui suivent l'éminent penseur a exposé certaines réflexions que lui ont suggérées les bouleversements récents des conceptions classiques de la philosophie naturelle. Le lecteur y retrouvera les qualités maîtresses d'une pensée clairvoyante et pondérée servie par une vaste et sûre érudition.

LOUIS DE BROGLIE.



RÉEL ET DÉTERMINISME DANS LA PHYSIQUE QUANTIQUE

Au § 447 du *Cheminement de la pensée* (1), nous avons, en résumant principalement le contenu d'entretiens avec M. Langevin, exposé que la physique pourrait être amenée à modifier plus ou moins profondément sa conception du réel. Elle le ferait, bien entendu, poussée par des constatations expérimentales, telles que les connaît notamment la physique des quanta, considérations qui, d'ores et déjà, pourraient rendre quelque peu malaisé le maintien de la notion du réel objectif, sous la forme que la théorie avait accoutumé de lui prêter jusqu'à ce jour. Nous avons fait ressortir à ce propos que, dans la physique mécaniste déjà, l'*objet* destiné à tenir la place de celui de notre perception immédiate avait subi une transformation : l'atome, cet « objet du deuxième ordre », ainsi que le qualifie B. Erdmann (cf. *ib.*, § 215), ressemble sans doute encore fortement à une masse molaire, mais s'en distingue cependant par certains aspects. L'évolution est encore plus marquée dans la théorie électronique de la matière, puisque le corps électrisé n'agit pas directement sur nos organes de sens. Ainsi une évolution ultérieure n'apparaît nullement inimaginable.

Toutefois, nous ne nous étions pas avancé au delà de cette prévision très générale, estimant que la question n'était pas encore suffisamment éclaircie, étant donnés, d'une part, les bouleversements étonnamment profonds et rapides auxquels ce chapitre de

1. Traitant de matières dont nous avons parlé dans nos livres, nous serons obligé ici, afin de ne pas trop allonger notre exposé, de nous y référer. Dans ce qui suit, nous en abrègerons les titres en désignant par I. R. : *Identité et réalité*, 4^e éd., 1932, par E. S. : *De l'explication dans les sciences*, 2^e éd., 1927 par D. R. : *La déduction relativiste*, 1925 et par C. P. : *Du cheminement de la pensée*, 1931.

la physique paraissait soumis depuis le petit nombre de lustres où il avait été ouvert aux investigations par les travaux de M. Planck, et, d'autre part, l'impossibilité, qui nous paraît cardinale (et sur laquelle nous avons insisté à mainte reprise au cours de nos travaux), de prédire avec quelque certitude la marche que la raison adopterait devant une difficulté qui ne s'était pas encore réellement présentée.

Depuis, M. Langevin est allé plus loin. Dans un court article inséré dans la Revue *Le Mois* (2^e fascicule, mars 1931, p. 273-275), le célèbre savant prévoit que, cédant à la pression qu'exercent et exerceront sans doute de plus en plus fortement les faits constatés, le physicien, pour maintenir à la fois la notion d'un réel objectif, indépendant de l'observateur, et le déterminisme strict considéré communément comme étant indispensable à la science, sera amené à abandonner l'*individualité* du réel postulé.

Une opinion analogue a été également exprimée par M. M. Planck. L'illustre initiateur de la physique des quanta juge, comme le physicien français, que le maintien du déterminisme constitue une nécessité absolue, et estime de même que les constatations quantiques amèneront une modification profonde de l'essence du réel postulé ; lequel serait dorénavant « dépouillé de son caractère individuel » (1).

M. Planck va même, en un certain sens, plus loin que M. Langevin, car il maintient que non seulement le déterminisme constitue la base de tout savoir scientifique, mais que c'est cette notion qui, dans le sens le plus littéral du terme, a créé la science entière, y compris les théories sur la nature du réel. Il y a là une manière de voir qui, croyons-nous, appartient en propre à M. Planck, et comme elle tend à accroître considérablement l'importance du rôle que joue, dans les sciences, cette notion du déterminisme général, nous devons en dire quelques mots ici.

On sait que la présence, en physique, de théories portant manifestement sur la nature de l'être a constitué de tout temps un embarras pour la conception purement empiriste et positiviste du savoir, laquelle, depuis deux ou trois générations, a prévalu au

1. Max PLANCK, *Der Kausalbegriff in der Physik*. Leipzig, 1932, p. 14, 15, 17.

point qu'elle semblait aller presque de soi, que l'on ne concevait, pour ainsi dire, qu'il pût y en avoir une autre.

En effet, le positivisme repose essentiellement sur ce postulat, déjà implicitement contenu dans la conception de Bacon, que la science n'a en vue et ne saurait avoir en vue que l'action : *scientia propter potentiam*, comme l'a formulé Hobbes. Il en résulte non seulement — ce qui est juste et le demeure quand on abandonne, comme nous le faisons, les principes positivistes — que la science repose sur la prévision, mais qu'en outre elle ne doit chercher rien d'autre : une fois le cours du phénomène parfaitement connu, déterminé, la tâche du savant est accomplie, il n'a rien à trouver au delà de cette donnée *positive*, et tout ce qui dépasserait les limites de ce schéma doit être rejeté de la science comme non seulement inutile, mais comme directement nuisible. La science n'est donc autre chose qu'un ensemble de lois, les théories n'étant que des excroissances parasites ou, tout au plus, des échafaudages destinés à disparaître ultérieurement et dont le seul but est d'aider à l'établissement de nouvelles lois. Nous nous sommes appliqué, dès notre premier livre, à faire ressortir combien peu ce schéma correspond au facies véritable de la science, que ce soit avant ou après Auguste Comte. Il n'en est pas moins vrai que, par sa clarté et sa simplicité, ainsi que par le fait qu'elle flatte subtilement l'amour-propre légitime du physicien — en faisant apparaître son domaine comme à la fois isolé du reste du savoir et comme néanmoins devant fournir les normes de la pensée juste — cette conception a paru infiniment séduisante. Elle a, on peut dire, pénétré l'intellectualité entière de l'homme de nos jours, et ses conséquences se font sentir même chez des hommes qui professent en toute sincérité des principes contraires.

Tel est le cas, en particulier, de M. Planck. En effet, comme on sait, ce dernier s'est vivement élevé contre la manière de voir positiviste que cherchait à faire prévaloir le penseur qui a le plus puissamment contribué à développer l'épistémologie comtienne et à en assurer la victoire (tout en se gardant bien, il faut le dire, d'évoquer le nom du fondateur) : nous avons nommé Mach. Car Mach, à un moment où la physique, par un tournant significatif, introduisait l'atomisme dans un domaine où il n'avait pu pénétrer auparavant, a protesté violemment contre cette évolution, en affirmant qu'il y avait là une véritable régression et que la science

devait se passer de cette « métaphysique ». Il n'a même pas hésité à opposer, dans une polémique des plus vives, cette opinion si tranchée à celle de M. Planck, malgré la haute autorité de ce dernier, lequel s'est donc, dans cet ordre d'idées, montré l'adversaire résolu du positivisme rigide. Qu'il reste néanmoins, chez ce physicien aussi, quelque chose des convictions positivistes, c'est ce dont on se rend compte en envisageant précisément ce qu'il dit des rapports entre le déterminisme et les théories sur l'être. M. Planck juge en effet que ces théories, et la notion entière du réel, l'image de l'univers (*Weltbild*) que forme leur ensemble, tout cela ne serait qu'une « construction jusqu'à un certain point arbitraire, édifiée dans le but de se libérer de l'incertitude qui s'attache à chaque mesure particulière et de rendre possibles des relations conceptuelles précises (1). »

Il est de fait que si l'on se contente d'examiner la science de nos jours, c'est-à-dire, pour préciser, la physico-chimie telle qu'elle se présentait avant les récentes recherches sur les quanta, une telle affirmation peut paraître fort plausible. Car cette physique, d'une part, fait grand usage de théories, et, d'autre part — ainsi que l'a fait ressortir M. Metz (cf. *C. P.*, § 74) — traduit incontestablement ses observations et mesures directes en des déterminations ayant trait à ce qui se passe dans le monde de l'être hypothétique (en apportant au besoin, des corrections aux données numériques relevées sur les instruments), ces déterminations définitives étant d'ailleurs manifestement supposées être d'une précision absolue. Il peut paraître dès lors permis de lier ces constatations et d'affirmer que la construction entière d'un réel hypothétique n'a d'autre but que de permettre de conserver cette détermination rigoureuse — ce qui présenterait d'ailleurs l'avantage de faire rentrer ces hypothèses dans le cadre d'une science uniquement orientée vers l'action. Mais il en va ici comme de la conception purement empirique des principes de conservation : le

1. *Ib.*, p. 9. — Constatant, ce qui est l'évidence même, que la physique fait usage d'éléments qui « pour le monde des sens, ne présentent aucune importance ou n'en présentent qu'une très faible », M. Planck suppose que de tels composants apparaissent tout d'abord comme constituant simplement un poids mort (*als Ballast*), mais on les agrée à cause de l'avantage décisif que présente l'introduction du *Weltbild* et qui consiste en ce que ce dernier « rend possible l'affirmation d'un déterminisme rigoureux ».

schéma devient insoutenable aussitôt qu'on se donne la peine de jeter un coup d'œil, même superficiel, sur l'historique de la conception. L'on oserait même dire qu'il est moins soutenable encore ici qu'ailleurs. Car rien ne serait plus vain que de vouloir nier la continuité, la solidarité entre l'atomisme grec et le nôtre ; au besoin l'exemple de Newton seul — aux convictions atomistes (quoi qu'on ait prétendu, en se prévalant de la boutade du *hypotheses non fingo*) si solidement assises et qui, en les formulant, invoque expressément les anciens — suffirait à rétablir les faits. Or, il n'y a, chez les penseurs de l'antiquité, rien qui permette de conclure à une origine telle que la postule la conception de M. Planck. Démocrite avait-il même conçu nettement la notion de loi, sous les espèces où elle nous apparaît actuellement ? Ce qui en fait douter, c'est le fait que deux générations plus tard encore, Aristote, si attentif à ce qu'avaient affirmé les atomistes, l'ignore apparemment. Et d'autre part, le même Aristote, l'homme au génie si universel et si pénétrant, expose, avec une précision qui ne laisse rien à désirer, d'où vient la conception de Démocrite : elle dérive de la doctrine éléatique de la permanence de l'être, l'être unique de Parménide ayant été morcelé pour « sauver les phénomènes » par l'existence et le déplacement de particules immuables.

La situation est, si possible, plus claire encore si, à l'atomisme de Démocrite, nous substituons celui d'Épicure. Du temps d'Épicure, en effet, nous ne pouvons en douter, le concept de loi, tel que le connaît la physique actuelle, se trouvait parfaitement dégagé, puisqu'une école philosophique très répandue, la *stoa*, proclamait la domination rigoureuse de la nécessité universelle dans les phénomènes naturels (cf. *E. S.*, p. 121). Mais les épicuriens, précisément, rejetaient cette affirmation, ils étaient, comme nous le verrons tout à l'heure (p. 38 et suiv.), nettement indéterministes. Ainsi, là encore, il est manifestement impossible de supposer que l'image atomistique du réel ait été enfantée par la tendance déterministe. Alors que, d'autre part, M. Metz a fort bien montré que c'est le souci du réel qui explique la transposition, à l'aide de « corrections », des constatations imparfaites, relevées directement sur les instruments, en mesures hypothétiques et considérées comme absolument précises.

Toutefois, l'abandon de cette partie de la conception de M. Planck

laisserait debout son fondement essentiel, qui lui est commun avec ce qui a été exposé par M. Langevin, et que nous devons maintenant examiner à son tour. Nous avons dit plus haut avec quelle extrême précaution nous entendons nous mouvoir sur ce terrain où, quoi que l'on fasse, on est conduit à raisonner sur le comportement *futur* de l'intellect. Cependant, cette réserve formulée une fois de plus, nous croyons devoir exposer pourquoi l'éventualité envisagée par M. Langevin nous paraît, en dépit de la haute autorité de son auteur, difficile à agréer, du moins jusqu'à nouvel ordre.

Par quelle voie le concept d'un réel indépendant du moi se crée-t-il en nous ? Il naît, cela est évident, instantanément et intégralement, dans le sens commun. Dès que j'ouvre les yeux le matin, dès que je remue la main, je *perçois*, et ce terme même implique que mes organes de sens m'apparaissent comme ne jouant qu'un rôle purement passif, comme recevant des impressions venant du dehors, d'un réel préexistant à la sensation. Ce n'est que par une analyse ardue que j'arrive à comprendre que la sensation primitive, la *donnée immédiate* de la conscience, avait un caractère tout autre, et que le monde des objets constitue une élaboration postérieure. Mais, précisément, la manière rapide et complète dont s'accomplit ici la transformation rend malaisé d'en observer les phases, et mieux vaut donc examiner le processus là où il se poursuit avec plus de lenteur et de manière moins inconsciente, ce qui a lieu, évidemment, dans la science. Et là encore il y aura avantage à examiner tout d'abord, non pas un concept, tel que celui d'*atome*, dont l'existence, presque dès qu'il fut présenté (chez Démocrite et chez Épicure), parut immédiatement évidente en quelque sorte, mais par une notion où cette existence ne fut jamais considérée comme parfaitement avérée, où l'évolution menant du *concept* à la *chose*, ne fut, à aucun moment, pour ainsi dire achevée.

Nous choisissons le concept de *force*, concept sur lequel notre attention a été particulièrement attirée, dans cet ordre d'idées, par une lettre de M. Lichtenstein.

Nous avons exposé autrefois (*I.R.*, p. 70 et suiv., 514 et suiv.) comment, quand les travaux de Newton avaient donné naissance à la supposition d'une action à distance, la force avait reçu droit de cité en physique, et à quelles résistances cependant, en dépit

des conquêtes brillantes de la science newtonienne, cette manière de voir s'était heurtée. Nous avons dit aussi la raison de cet accueil et avons constaté que de nos jours, tout en ayant fréquemment recours (surtout dans les exposés didactiques de mécanique) à cette notion de force, les physiciens cherchaient cependant à l'éliminer le plus que faire se pouvait. C'est là un côté de la question dont nous ferons abstraction ici, examinant plutôt l'aspect de la notion chez ceux qui croyaient ou qui croient encore à son objectivité, ou qui du moins sont enclins à la traiter en véritable *chose*.

Il n'est pas douteux, tout d'abord, que le concept se rattache étroitement à une sensation que nous éprouvons tous de manière immédiate, à savoir à la sensation d'*effort*. Leibniz, dans des passages fréquemment cités (nous les avons nous-même reproduits, *I. R.*, p. 520), a fait ressortir ce rapport. Il est vrai, sans doute, que c'est se méprendre sur le sens de ses déclarations que d'en conclure qu'il avait, à un moment donné de sa carrière, adopté la conception d'une action à distance ; tout au contraire, il n'a jamais cessé de protester contre une telle hypothèse, et il concevait la force uniquement comme agissant par le contact des corps. Mais il n'en a pas moins reconnu que le sentiment de l'effort était susceptible de faire naître en nous l'idée de quelque chose qui était différent de la matière et du mouvement et qui, néanmoins, *existerait* autant que ces notions.

Comparons maintenant cette sensation d'effort à la notion à laquelle elle a donné naissance. Qu'est-ce qui distingue l'une de l'autre — les considérations mêmes de subjectivité et d'objectivité, dont nous cherchons précisément à reconnaître le fondement, mises à part ? Il ne peut, semble-t-il, y avoir de doute à ce sujet : le trait distinctif, c'est la permanence absolue de la force, à l'égard de la variation incessante de l'effort. Du soleil, pour les newtoniens, émane une attraction, et une attraction constante, qu'il y ait ou non dans l'espace des planètes sur lesquelles elle s'exerce. C'est une sorte de flux perpétuel. On peut évidemment prétendre que la notion, ainsi comprise, est étrange, et c'est là une des raisons que ceux qui se refusaient à adopter le point de vue newtonien n'ont cessé de faire valoir. Mais qu'elle fut ainsi conçue par les partisans de l'action à distance, cela est certain. Or, en ce qui concerne l'effort, il est tout aussi évident que non seulement il varie, mais qu'en outre cette particularité fait partie de l'essence

même de la notion. Cela résulte de cette considération primordiale qu'il s'agit d'une *sensation* et que la sensation ne peut être conçue comme permanente : *semper idem sentire et non sentire idem est*, a dit Hobbes. Mais n'est-il pas clair, par ailleurs, que l'effort est lié au vouloir, et que celui-ci, à son tour, inclut la notion du libre arbitre ? L'effort constant constitue donc une notion contradictoire en elle-même.

Comment se fait-il que cette absurdité ait été, néanmoins, agréée, et que la notion de force ait pu être adoptée par la science ? La réponse est simple : c'est parce que, ainsi constitué, l'être purement paradoxal qu'est la force a pu servir à *expliquer* les phénomènes. Car le besoin d'explication, impérieux et incessant, est en nous, et commande tous nos raisonnements.

Or, nous le savons, toute explication se ramène inmanquablement à un schéma unique, celui d'identité. La force ne pourra donc expliquer qu'en tant qu'elle sera conçue comme identique à elle-même, et, en premier lieu, comme identique, constante dans le temps.

Ainsi, la notion de force, vue sous cet angle, c'est le sentiment de l'effort, moins la variabilité, ou, ce qui revient au même, plus la permanence de cet effort. Et il est clair que la force n'eût pu acquérir de l'objectivité, de la réalité si on ne l'avait auparavant dotée de permanence.

Cela deviendra plus clair encore si, maintenant, nous considérons la particule de la théorie corpusculaire. L'atome n'est plus de la matière telle que la connaît notre perception, c'est de la matière *sublimée*, de la matière à laquelle on a enlevé certaines de ses caractéristiques.

Or, il est manifeste que l'opération par laquelle on effectue cette transformation est analogue à celle que subit la notion de l'effort : cette fois-ci encore, on a enlevé un élément (ou des éléments) de *variété*. Car l'objet réel est toujours divers, et nous nous déclarons même assurés *a priori*, en vertu du *principe des indiscernables*, qu'il est d'une diversité proprement infinie. Alors que les particules des théories scientifiques — molécules, atomes, sous-atomes, corpuscules — si elles sont de même espèce, sont censées être exactement pareilles les unes aux autres. L'on a dit qu'elles ressemblaient non pas à des êtres formés par la nature, mais à ceux façonnés par la main de l'homme. Mais il faudrait, à vrai dire, aller plus loin

encore, car l'artisan manuel est certainement incapable de produire une telle uniformité, et ce n'est que depuis l'avènement du machinisme que nous connaissons de ces choses fabriquées *en série*. L'on sait aussi que, selon la théorie, ces êtres, contrairement aux objets que nous percevons directement, ne se modifient pas dans le temps. « Dieu, dit Newton, au commencement des choses, a formé la matière en particules solides, massives, dures, impénétrables, mobiles... Ces particules primitives, étant des solides, sont incomparablement plus dures que n'importe quels corps composés d'elles ; elles sont même tellement dures qu'elles ne s'usent et ne se brisent jamais. » (cf. *I. R.*, p. 492).

Peut-on douter, néanmoins, qu'en dépit de ces dissimilitudes, l'atome ne soit issu de la matière, et que le concept n'ait donc sa source dans des sensations ? Mais la sensation est essentiellement mouvante, elle va et vient sans désespérer. Et l'atome est, par essence, indestructible, immuable, incréable et uniforme. Sa fonction consiste à agir par le choc ; c'est en vue de cette action uniquement qu'il a été imaginé et, dans l'intervalle entre les chocs, il ne se manifeste par rien. Si l'on définit la matière par son action seule, on pourrait donc affirmer que dans l'intervalle entre les chocs, l'atome, strictement parlant, n'existe pas. Or il est évident, tout au contraire, qu'il est conçu comme parfaitement persistant dans ces conditions, puisque constamment préparé à agir.

Voici, enfin, l'objet du sens commun. Ici, l'élaboration à l'aide de la sensation est évidente : l'objet n'est véritablement qu'un groupe de sensations, que nous avons liées de manière plus ou moins opportune et que nous avons ensuite projetées au dehors, dans le non-moi. Mais là encore nous avons ajouté la permanence, J'ai vu la table, j'ai fermé les yeux, et elle a disparu ; je les rouvre et elle reparait. Si je la suppose existante dans l'intervalle, si je lui prête une existence indépendante de ma sensation, — ainsi que le fait, sans hésitation, le sens commun — disparition et réapparition s'expliqueront sans peine. Et cette fois, après ce que nous avons reconnu concernant les concepts de force et d'atome, il n'est plus permis d'en douter ; c'est parce qu'il est moins variable que la sensation fugitive, que l'objet se substitue avec une telle promptitude à celle-ci que c'est un ensemble de tels objets qui constitue le monde réel de la perception. Et l'on ne peut douter non plus qu'une telle conception ne soit, en son essence même, contradic-

toire. Car comment ce qui n'est, au fond, que sensation pourrait-il subsister alors que la sensation elle-même a disparu ? M. B. Russell a déclaré qu'il ne sent pas, personnellement, qu'il soit monstrueux « d'affirmer qu'une chose peut présenter une apparence quelconque dans un endroit où il n'existe aucun organe nerveux ni aucune structure à travers laquelle elle pourrait apparaître » (cf. *E. S.*, p. 335). Nous croyons, tout au contraire, que, pour l'immense majorité des hommes pensants, l'idée d'un « mal de dents que personne n'aurait », selon la plaisante expression de Lotze, présente des difficultés invincibles, et qu'il est fort malaisé de contester cette affirmation de Reid : « Que notre pensée et nos sensations doivent se rattacher à un sujet, sujet que nous appelons *nous-même*, n'est point... une opinion à laquelle nous sommes parvenus par le raisonnement, mais un principe naturel », ces principes naturels formant « une partie de notre constitution, dans la même mesure que la faculté de penser » (1).

Il n'en est pas moins certain que de telles conceptions naissent pour ainsi dire irrésistiblement en nous dès que nous essayons d'expliquer les phénomènes. Nous avons exposé autrefois (*I. R.*, p. 333, 334) comment, tentant de combattre les conceptions cinétiques des physiciens, Boutroux et M. Bergson avaient affirmé que l'agent extérieur devait contenir en lui les aspects divers (tels que chaleur, lumière, électricité) sous lesquels il est susceptible de nous impressionner. Or ceci, exprimé dans le langage de tout le monde, implique évidemment la croyance que nos sensations, en tant que telles, peuvent se promener (si l'on ose dire) au dehors. C'est bien là ce que suppose le sens commun. Nous nous étions aussi (*E. S.*, p. 574 et suiv.) appliqué à étudier d'un peu plus près la manière dont la sensation parvient ainsi, paradoxalement, à se détacher du moi. Ce qui est manifeste, en tout cas, c'est que ce sont les considérations de permanence qui sont, ici, déterminantes : si je n'avais conçu la permanence de l'objet, il n'y aurait pas de réel.

1. Th. Reid, *Works*, éd. Hamilton, Edimbourg, 1846. *Of the Human Mind*, p. 130. Cf. *ib.*, p. 183 : « Mais quand nous faisons attention à notre sensation même et que nous la séparons d'autres choses, qui se trouvent y être jointes dans l'imagination, elle nous apparaît comme étant quelque chose qui ne saurait avoir d'existence hors d'un esprit sentant, et qui ne saurait se distinguer de l'acte de l'esprit qui l'éprouve. »

L'examen des théories physiques qualitatives ne fait que confirmer la conclusion à laquelle nous venons d'aboutir par l'analyse aussi bien des théories mécanistes que des conceptions du sens commun. Ce qui caractérise véritablement les éléments péripatétiques, ce qui fait que leur essence est celle d'éléments, de composants censés former les corps de l'univers sensible, c'est manifestement la persistance de cette qualité, qui change de lieu, mais demeure identique à elle-même, reconnaissable par la sensation immédiate ; tels le chaud et le froid, le sec et l'humide chez Aristote. Les alchimistes, issus de la même manière de penser qualitative, y ajoutent (ou y substituent même partiellement) des concepts moins immédiats, plus raffinés en quelque sorte, et celui d'une qualité de combustibilité, entre autres, a une fortune singulière, puisqu'il survit longuement à la ruine de la physique péripatétique tout entière, faisant preuve d'une pleine vigueur et d'une véritable fécondité scientifique encore au beau milieu du XVIII^e siècle. Des témoignages de chimistes autorisés, tels que J.-B. Dumas, M. Berthelot et Grimaux (sans parler du jugement le plus compétent de tous, celui de Kopp, qui pourrait paraître suspect, en tant qu'Allemand), ne permettent aucun doute à ce sujet, en dépit des rares opinions adverses — telle que celle de Wurtz, inspirée manifestement par un parti pris étranger à des considérations de pure science, et aussi du préjugé assez répandu, en effet, de nos jours, lequel a sa source dans la mésestime systématique pour le savoir et la pensée du passé. Et il est presque inutile de faire ressortir que c'est bien la permanence d'une qualité — ou même de plusieurs, car le principe de la combustibilité devient aussi celui de la couleur, de l'odeur, etc. — qui *crée* le phlogistique.

Cependant, rappelons-le, cette permanence n'est qu'une forme du postulat d'identité, de notre désir de comprendre le réel senti, de le concevoir comme rationnel. Or, comment supposer un identique autre qu'individuel ? Comment — et surtout si ce signe distinctif de la sensation, qui caractérisait, nous venons de le rappeler, l'élément des théories qualitatives, fait défaut, fera-t-on pour reconnaître l'élément identique, comment arrivera-t-on à concevoir son déplacement, qui est, nous le savons, le seul changement qu'il soit susceptible de subir et qui doit donc, de ce fait même, constituer la véritable essence de tout ce qui nous apparaît comme changement dans le monde phénoménal ?

Sans doute, à première vue, serait-on enclin à penser que c'est là une objection — étant donné surtout que nous nous mouvons ici, en supputant les possibilités d'explications futures, sur un terrain semé d'embûches — un peu trop abstraite pour être jugée décisive. Mais il n'est pas impossible, croyons-nous, de montrer comment, dans le passé de la science, des considérations de cet ordre sont intervenues effectivement et très efficacement, en déterminant la structure générale des théories. Stallo, en critiquant l'atomisme (cf. *I. R.*, p. 478, 479) a insisté sur ce que le fondement même de cet édifice apparaissait comme erroné en son essence, étant donné que la théorie cinétique aboutissait manifestement à expliquer l'état gazeux de la matière par l'état solide, alors qu'il est avéré que les lois régissant les gaz sont infiniment plus simples que celles qui concernent les corps solides. Ainsi, puisque le complexe doit s'expliquer par le simple, on devrait s'appliquer à créer des théories où les gaz expliqueraient les solides, et non inversement. Mais, nous l'avons exposé, un tel raisonnement pêche par la base. Ce n'est nullement la simplicité qui, au point de vue de l'intellection, de la rationalisation du réel, joue le rôle décisif, c'est l'identité (en l'espèce, l'identité dans le temps, la permanence). C'est ce que démontre, précisément, l'atome de la théorie cinétique. Il peut servir à expliquer la masse gazeuse (qui le dépasse grandement en simplicité), parce qu'il est conçu comme demeurant identique à lui-même dans le temps. Or il est clair que la particule ne peut demeurer identique que par le fait qu'elle est individuelle. Et dès lors, on est amené à se demander comment pourrait se créer la notion d'un réel qui serait dépourvu de tout attribut individuel, comment, une fois conçu, un tel réel pourrait recéler en lui une véritable force explicative, fournir, ainsi que l'espère M. Langevin, « une représentation satisfaisante du monde nouveau » que les quanta nous ont fait entrevoir. Et sans vouloir se lancer, à ce propos, dans un dogmatisme négatif trop appuyé, l'on se prend à douter que ce soit là la voie que l'effort explicatif prendra à l'avenir.

D'ailleurs — et cela est très important à noter — il suffit d'y prendre garde pour reconnaître qu'au cours de son travail même, le physicien se libère de manière bien moins complète du réalisme naïf du sens commun qu'il n'aimerait peut-être le croire. Le chercheur dans le domaine des quanta, si phénoméniste qu'il entende demeurer, sera inévitablement amené à penser, dès qu'il s'agira de

faire mouvoir ces êtres, au mouvement qu'il connaît dans le molaire, c'est-à-dire surtout au mouvement des objets du sens commun, et ce n'est qu'en introduisant graduellement des correctifs qu'il pourra chercher à modifier cette notion. Il est incontestable qu'il y a, dans ce cas précis, réussi dans une certaine mesure. Mais cette réussite est bien moins grande que certains ne sont portés à se le figurer, ou du moins, à le prétendre. Elle n'est surtout point *complète*, tout simplement parce qu'elle ne saurait l'être. Est-il tout à fait juste d'affirmer, avec M. Bohr (1), que M. Heisenberg, dans son travail fondamental « parvient à s'affranchir complètement du concept classique du mouvement ? » Il suffit, semble-t-il, d'y prendre garde pour se convaincre que si, chez le célèbre physicien allemand, le mouvement a perdu la continuité que lui prêtait la physique pré-quantique et qu'elle avait empruntée au comportement des objets de la perception immédiate, cependant, à d'autres égards, et du fait même que l'on parle de *mouvements*, ce concept ne laisse pas d'avoir quelque chose qui lui est commun avec ce qu'on désigne à l'ordinaire par ce terme. Il implique, en effet, toujours la constatation que le *même* objet est susceptible de paraître dans des endroits différents de l'espace ; M. L. de Broglie a fait ressortir, dans cet ordre d'idées, que l'électron est censé se mouvoir comme un obus chargé (cf. *C.P.*, p. 759). Et si, au contraire, c'est le paquet d'ondes qui devient l'élément fondamental, il est tout aussi clair que nul n'eût songé à le concevoir sous cet aspect sans les ondulations que nous percevons dans le réel sensible. A plus forte raison, quand M. Eddington, de manière plus générale, prétend que le physicien « qui avait l'habitude d'emprunter ses matériaux à l'univers familier..., ne le fait plus », que « ses matériaux bruts sont l'éther, les électrons, les quanta, les potentiels, les fonctions hamiltoniennes, etc. » et qu'il prend, à l'heure actuelle « un soin scrupuleux de garder ces notions de toute contamination par des conceptions empruntées à l'autre univers » (cf. *C.P.* § 373), il est très certainement le jouet d'une illusion. Il faut que, par un côté, le concept de la théorie scientifique rappelle celui du sens commun, sans quoi le physicien ne saurait comment le manier. « Demandez à votre imagination, — a dit avec raison Tyndall, en

1. N. Bohr, *La théorie atomique et la description des phénomènes*, tr. A. Legros et Rosenfeld, Paris, 1932, p. 66.

parlant des hypothèses sur la nature de la lumière, — si elle voudra accepter le concept d'une proportion multiple en vibration » (*I. R.*, p. 419). Or, pour qu'il y ait phénomène, il faut qu'il y ait vibration, ondulation, ou transport d'un projectile, c'est-à-dire, en un mot, *mouvement*, et ce mouvement, encore un coup, nous ne pouvons guère que l'imaginer, au moins partiellement, selon ce que nous connaissons par notre perception naïve.

Il n'est point impossible de trouver, dans l'évolution même des conceptions quantiques, des traits qui viennent en confirmation de cette manière de voir. Quand M. L. de Broglie, par un véritable coup de génie — c'est l'expression même dont s'est servi M. Einstein, en nous parlant de cette découverte — présenta son image de l'onde, ce fut, de toute part, comme un cri d'allégresse unanime. Sans doute l'espoir inavoué que l'on se rapprocherait ainsi d'une image du réel était-il pour beaucoup dans cette impression. Mais il y eut aussi certainement cette conviction intime que, du moment où il y avait analogie dans le comportement, celle-ci devait permettre de découvrir des traits encore inconnus. Et l'on sait aussi que si la première d'entre ces deux prévisions ne s'est réalisée que très partiellement par la suite, la seconde, par contre, a eu des accomplissements brillants.

Dans le même ordre d'idées, on peut faire cette observation banale que si, entre eux, les physiciens n'hésitent point à faire allusion à l'existence d'êtres créés par les théories, en substituant ainsi l'ontologie scientifique à celle du simple sens commun, cette substitution, cependant, n'est jamais que très partielle. L'expérimentateur le plus fermement persuadé de l'absolue justesse des conceptions de MM. Bohr, Born et Heisenberg n'aura qu'à s'observer lui-même si peu que ce soit pour se rendre compte de ce qu'en s'entretenant, au sein d'un laboratoire, avec un collaborateur, il ne cesse d'impliquer, dans son discours, l'existence d'objets tels que les instruments, etc., sous la forme que leur prête le sens commun. Ainsi ce qui est nécessité par l'action sur les choses est grandement favorisé par celle sur les hommes.

Le réel de la perception spontanée n'étant jamais véritablement absent de nos réflexions — même si nous avons cru pouvoir l'écartier par décret — on comprend que la raison, sans en avoir conscience, le fasse constamment renaître. Il est une hydre aux cent têtes, et qui ont une aptitude quasiment indestructible

à repousser quand on croit les avoir tranchées. C'est ce qui explique que le physicien idéaliste, en entrant au laboratoire, n'a aucun effort à faire pour revenir au sens commun ; tout au contraire, celui-ci s'empare de lui aussitôt que cesse ou même faiblit si peu que ce soit l'effort philosophique idéaliste ou phénoméniste. Et le physicien des quanta, en particulier, ne peut, en observant et quoi qu'il en ait, douter de l'*existence* d'un réel, tout en se reconnaissant impuissant à indiquer ce qu'est véritablement ce réel qu'il postule, c'est-à-dire de préciser son *essence*.

Est-il besoin, maintenant, de faire ressortir à quel point une telle attitude est peu faite pour surprendre le philosophe ? L'idée d'un réel nécessairement postulé et cependant essentiellement inconnaissable est évidemment apparentée à celle de la *chose-en-soi* kantienne, et quelles que soient les objections que l'on ait pu formuler, depuis le grand criticiste, contre ce système du *réalisme transcendantal*, personne n'osera, certes, affirmer qu'il faille le considérer comme périmé. A ce point de vue donc, encore, le nouveau réel quantique ne comporterait aucune brisure véritable.

L'on oserait même prétendre que si cette manière de voir n'est pas envisagée plus souvent, si même, la plupart du temps, la solution qu'elle comporte se trouve écartée en quelque sorte par pré-térition, cela provient d'une confusion pure et simple entre ces deux concepts d'existence et d'essence. On raisonne en effet implicitement comme suit : ce dont on devrait supposer l'existence ici, l'on ne peut indiquer ce que c'est, donc cela n'existe pas. Cela revient évidemment à nier l'existence d'un irrationnel. Le philosophe anglais Burnet (cf. *E.S.*, p. 190) a affirmé que le fait d'accepter l'existence, dans la nature, d'un élément irréductible à l'égard de notre raison équivaut à un suicide de cette raison elle-même. Mais il a aussitôt ajouté que la philosophie moderne a dû, à l'encontre de l'ancienne, se soumettre à cette dure nécessité. C'est qu'en effet, dans la pensée antique, la physique ne pouvait prétendre, à beaucoup près, au rôle qu'elle joue dans la nôtre. L'Ionien pouvait donc, en poursuivant en toute rigueur les exigences impitoyables de la raison, aboutir à cette image de la sphère immobile et uniforme, qui n'est autre chose qu'un *acosmisme*, l'affirmation qu'aucun phénomène n'existe ni ne saurait exister. Mais il est interdit au moderne de s'aventurer jusqu'à une telle extrémité, car cette affirmation entraîne, au fond, l'abandon de toute phy-

sique, alors que cependant, l'homme de nos jours voit — à juste titre — dans le savoir scientifique l'acquis le plus solide et le plus précis de son intellect. Et c'est bien Kant qui, ici, nous indique la possibilité d'une issue. Il nous apprend en effet, que nous pouvons être amenés à conclure à l'existence de ce dont l'essence nous demeure cachée.

Il est d'ailleurs aisé de se convaincre qu'à l'encontre de ce raisonnement implicite dont nous venons de parler, la pensée véritable du physicien, celle qui naît en lui spontanément à la vue des phénomènes, donne, sur ce point, raison à Kant. Demandez à un électricien ce que c'est que ce courant qu'il manie avec tant de dextérité ; il vous répondra nécessairement qu'il ne saurait vous l'expliquer. Si vous le poussez un peu, et s'il s'agit d'un homme qui a réfléchi sur les fondements de son savoir, il vous dira même probablement que vous n'avez pas le droit de lui poser cette question, ni de faire valoir des objections telles que : « on ne sait pas ce que c'est que l'électricité », les formules mathématiques devant suffire en l'occasion. En d'autres termes, il affirmera que votre question était illégitime, « mal posée ». Mais il est presque inutile de faire ressortir que ce n'est pas là un véritable argument ; ce n'est qu'une échappatoire ou une fin de non-recevoir, indiquant que l'on ne peut ou ne veut pas répondre à la question. Bien entendu, le positivisme justifie pleinement une telle manière de voir, et l'on pourrait donc prétendre que ce qui se manifeste chez l'électricien dans ce cas, c'est tout simplement un attachement ferme aux principes de cette épistémologie, la conviction que la science ne doit rien rechercher qui aille au delà de la règle d'action pure et simple. Mais il suffit d'y prendre garde pour se convaincre que ce contre quoi l'électricien proteste concerne uniquement l'essence. Il doute aussi peu de la persistance de ce courant quand il a cessé d'avoir sous les yeux le galvanomètre, qu'il doute de celle de la table quand il détourne la tête (*J. R.*, p. 422). C'est donc bien qu'il croit à l'existence là où cependant il est obligé d'avouer qu'il ignore l'essence.

On peut même affirmer que le scepticisme en ce qui concerne la vérité de l'image que la théorie scientifique fournissait du réel, était en certain sens familier aux physiciens : c'est en effet sur cette constatation que reposait certainement, en grande partie, la foi en le schéma positiviste, ou du moins en la nécessité d'un langage purement phénoméniste. Puisqu'on ne pouvait dire ce qu'était le

réel, il fallait s'abstenir d'en stipuler l'existence, et l'attitude la plus logique, dès lors, paraissait consister à supposer que l'on n'avait pas cherché ce réel, que l'on n'avait cherché que des règles d'action, des rapports. Sous cette forme, on aperçoit qu'il s'agit d'une manière de pensée apparentée à celle de Parménide. Mais, nous l'avons dit plus haut, cette attitude envers le réel n'était pas, par le fait, celle du physicien. Elle ne pouvait l'être, pour la raison bien simple que le physicien avait besoin du réel à chaque pas, qu'il ne pouvait absolument pas se passer de supports, puisqu'il n'attachait jamais ses rapports qu'à des supports.

On peut, à un point de vue un peu différent encore, reconnaître que le physicien théoricien du XIX^e siècle n'était pas éloigné de penser tout au fond selon le schéma kantien. Dans un court exposé inséré dans la revue *Le Mois* (1^{er} mai-1^{er} juin 1931, p. 265-267), nous avons comparé les opinions courantes de ces savants à celle de leurs prédécesseurs médiévaux. De même que ceux-ci croyaient connaître l'essence du réel, qui *ne pouvait* être que conforme aux théories formulées par Aristote, ceux-là s'estimaient assurés que tout *devait* se ramener à la matière et au mouvement ; pour eux aussi, tout comme pour les tenants de la physique péripatéticque, le réel était sans mystère. Cependant, nous avons fait ressortir qu'il n'y avait là qu'une similitude et non une analogie complète, et que le savant moderne, si ferme que fût parfois son matérialisme, était, à cet égard, bien moins dogmatique. Car sa matière, il ne pouvait méconnaître qu'il en devait le concept à une expérience complexe, et que ce concept était par conséquent sujet à être modifié par l'expérience. Dans *I. R.* (chap. II), en examinant les fondements des théories mécanistes, nous avons noté à quel point l'ensemble des idées que le physicien se faisait de la matière et de son action était contradictoire ; ni les théories corpusculaires, ni les théories dynamiques, ni aucune hypothèse mixte n'aboutissaient à une conception consistante (cf. plus loin, p. 45). Ainsi, en définitive, le physicien se trouvait, en dépit de lui-même, en quelque sorte, poussé vers l'idée d'un réel proprement insaisissable.

L'on pourrait donc prétendre qu'à cet égard les constatations de la physique quantique n'ont rien changé à la philosophie implicitement contenue dans les théories physiques, qu'elles n'en ont fait que plus clairement ressortir les arêtes.

Cela ne serait pas tout à fait juste, et pour le discerner nous

n'aurons qu'à rappeler les conclusions qu'Ed. de Hartmann croyait pouvoir tirer de l'ensemble de la physique de son temps, conclusions que nous avons résumées autrefois (*I. R.*, p. 483 et suiv.). Hartmann constatait bien, d'une part, que la science, en partant des notions du sens commun leur substituait une conception entièrement différente, celle du mécanisme : mais il croyait, d'autre part, pouvoir affirmer que, tout en détruisant ainsi la réalité du sens commun, elle maintenait cependant en leur intégrité les notions de temps et d'espace : c'est donc qu'elle aboutissait à un noumène soumis aux conditions de temps et d'espace, c'est-à-dire à un système métaphysique déterminé, que Hartmann désignait sous le nom de « réalisme transcendantal » (distinct cependant de ce que Kant avait conçu sous ce terme).

Nous nous étions, en discutant cette manière de voir, appliqué à montrer qu'elle ne pouvait être maintenue. En effet, il suffit d'y prendre garde pour s'apercevoir que le mécanisme s'applique en dernier terme à dissoudre l'atome, censé former l'essence du réel, en espace indifférencié, ce qui entraîne en fin de compte l'évanouissement de l'espace lui-même comme celui du temps (dont la théorie physique, d'ailleurs, altère grandement, dès le début, la nature, en cherchant à représenter les phénomènes comme réversibles). Ainsi la science semble bien conclure non pas au système métaphysique de Hartmann, mais à un dogmatisme négatif très poussé, lequel, si l'on maintient néanmoins l'existence du réel (ainsi que le physicien y semble contraint), ne peut qu'aboutir à l'inconnaisable de Kant.

Que si, cependant, on se demande comment l'erreur de Hartmann a été possible, on est amené à reconnaître qu'il n'avait pas tout à fait tort en caractérisant l'attitude du physicien comme il l'a fait. La conception était sans doute inconsistante. Mais cette inconsistance, le savant pouvait, jusqu'à un certain point, ne pas s'en apercevoir, car elle ne se révélait qu'à une critique approfondie des fondements de la science théorique, critique que le savant était enclin à considérer comme sortant des limites de son domaine propre, comme étant plutôt du domaine de la philosophie.

Il n'en est plus du tout ainsi dans le domaine des phénomènes quantiques. Ici, l'énigme ne peut être repoussée vers un lointain brumeux, et *l'ignoramus* s'impose à l'attention de la manière la plus flagrante, la plus voyante. Et c'est sans doute cette circons-

tance qui trouble le savant, qui lui fait croire à un ébranlement profond des assises de son savoir, alors qu'en vérité la difficulté à laquelle il se heurte était inhérente à la conception mécaniste même de l'univers physique. Nous verrons d'ailleurs tout à l'heure que, considérée sous un aspect un peu différent, cette attitude du savant se comprend mieux encore.

Reste cependant à examiner — à supposer, bien entendu, qu'aucune découverte ultérieure ne vienne alléger les difficultés qui tourmentent le physicien des quanta à l'heure actuelle — ce que deviendrait dans ce cas le déterminisme scientifique. Car, nous l'avons fait ressortir au début de cet exposé, c'est pour ne pas permettre qu'il soit atteint que M. Langevin a précisément conçu cette éventualité d'un réel non-individuel. Celle-ci écartée, il semble bien que l'on soit acculé à proclamer que le fin fond du réel, à savoir l'ensemble du sous-atomique, est constitué par des phénomènes qui, ni dans l'espace ni dans le temps, ne peuvent être prévus en tous leurs détails.

Il n'est pas douteux qu'une telle manière de concevoir le cours des choses choque la conception que l'homme de science a accoutumé de s'en former. Mais est-elle réellement destructive de l'essence même du savoir scientifique, ainsi qu'on l'affirme bien souvent, tantôt explicitement, et plus souvent encore de manière implicite ? C'est ce que nous allons rechercher à présent.

D'où vient la conviction — qui est celle, nous le répétons, que tout savant digne de ce nom formule implicitement — que les phénomènes sont gouvernés par des lois imprescriptibles ? Elle ne tire point son origine, contrairement à ce que certains ont prétendu, de l'expérience. Cela ressort de cette constatation primordiale que, dès le début de la vie, nous avons agi. Car toute action implique évidemment une intention et, par conséquent, prévision du résultat. Or, l'action est indispensable à tout organisme animal, elle est la condition même de sa survie. Il en est donc de même de la prévision : « Devine ou tu seras dévoré », a dit Fouillée. Ainsi, il n'est pas étonnant que la croyance à la prévisibilité et, ce qui s'en suit, à la détermination complète du cours des événements, à la domination de la légalité (comme nous l'avons appelée) soit fortement ancrée en nous. C'est à son aide que nous abordons l'étude de la nature. Cette étude semble — ou du moins semblait jusqu'il y a peu d'années — pleinement confirmer ladite croyance ; là même

où l'humanité primitive ne voyait que des phénomènes échappant par essence à toute prévision, puisqu'on les supposait dus à des actes de volition d'êtres supérieurs, l'homme moderne reconnaît des conséquences de lois naturelles. Ainsi la légalité, en étendant constamment son domaine, s'affermît encore grandement.

Peut-on dire cependant qu'il y ait là une vraie preuve, que la science ait réellement démontré que tout phénomène est gouverné par une loi ? Le nombre des phénomènes étudiés par la science est nécessairement fini, et celui de l'univers entier, par essence, illimité ; toute conclusion générale fondée sur les phénomènes connus et embrassant la totalité de la nature est donc, d'avance, frappée de caducité (*I. R.*, p. 6). Mais croire scientifiquement établi le règne absolu de la légalité, ne serait-ce pas en outre oublier que nous y avons cru *avant* la science proprement dite, que celle-ci n'a pu être édifiée que *parce que* nous y avons cru ? La vérité est, tout au contraire, que la légalité est bien une supposition nécessaire, indispensable à la science, mais à celle-ci seulement : en observant un phénomène nous devons, tout d'abord, supposer qu'il obéit strictement à une loi. Cela prouve-t-il qu'il n'y ait que de tels phénomènes dans le réel ? En aucune façon, et pour raffermir notre conviction, nous n'avons qu'à nous adresser aux philosophes, ou du moins à ceux d'entre eux qui ont admis l'existence d'un libre arbitre. On ne pourrait même pas faire valoir que ces penseurs avaient adopté de telles opinions parce qu'ils n'avaient pas toujours tenu compte, autant qu'il eût fallu, de la valeur supérieure de l'acquis scientifique. Ce reproche, juste peut-être à l'égard de certains, ne le serait certainement point, pour ne citer que cet exemple unique, à l'égard de Renouvier. Renouvier occupe en effet, tout au contraire, une place éminente dans la belle chaîne des épistémologues (comme nous oserions les appeler d'un terme qui, il est vrai, n'a été créé que de nos jours), qui, en France ont su maintenir efficacement la liaison entre le savoir philosophique et le savoir scientifique, si fâcheusement rompue ailleurs. Or, Renouvier non seulement admet le libre arbitre, mais en fait une des pierres angulaires de son système. Un acte de libre arbitre constitue, pour lui, un « commencement absolu ». Il entraîne, comme tel, une suite infinie de conséquences strictement déterminées ; mais il n'est pas déterminé lui-même, et si l'on remonte dans la chaîne des causes, elle s'arrêtera là. Où voit-on qu'une

telle manière de voir serait anti-scientifique, pourrait être réfutée par la science ? La science, jusqu'à l'avènement de la physique quantique, ne s'occupe que de ce qui est déterminé. Ce qui ne l'est pas restant, par convention préalable, en dehors de son giron, il est évident que, quels que soient le nombre et la portée des constatations auxquelles elle aboutira, elle ne parviendra jamais à entamer la conviction de ceux qui jugent que l'acte de volonté est libre par essence.

La question du libre arbitre, tel que le concevait par exemple Renouvier, est-elle en jeu quand on pose l'existence d'un indéterminisme quantique ? M. Bohr répond résolument par l'affirmative. Pour lui, la mécanique quantique constitue un domaine intermédiaire entre celui « où est applicable l'idéalisation causale et spatio-temporelle, et le domaine de la biologie, caractérisé par le mode de raisonnement téléologique ». Il fait d'ailleurs remarquer, à ce propos, que l'activité biologique peut avoir pour point de départ des phénomènes infimes ; ainsi « quelques photons suffisent à provoquer une réaction visuelle (1) ».

Afin de bien saisir la portée de cette dernière remarque, il convient de se rendre compte tout d'abord de la difficulté fondamentale à laquelle se heurte la conception. Quand nous parlons du libre arbitre, ce à quoi nous pensons, ce sont très certainement des phénomènes de la vie commune. Or, ceux-ci appartiennent incontestablement et sans exception à l'ordre des phénomènes molaires. Ceux dont traite le physicien des quanta sont au contraire atomiques et sous-atomiques. C'est là, et là uniquement, que se manifeste le « facteur d'incertitude ». En effet, à mesure que, de ces phénomènes infiniment délicats, nous avançons vers d'autres moins ténus, les lois de la statistique entrent en jeu de manière de plus en plus efficace, et bien avant que nous ne parvenions à ces grossières constatations qui forment la base de la conception du sens commun, la certitude et la prévisibilité sont devenues quasi absolues. Le fait que cette certitude et cette prévisibilité n'aient néanmoins pour fondement qu'une statistique n'est même pas, on le sait, une innovation datant de l'introduction de la physique quantique. Il était en effet présumé par la thermodynamique. Selon la remarque bien connue de M. Perrin, le maçon

1. *L. c.*, p. 20, 110.

qui attendrait que la brique lui fût montée à l'échafaudage par le mouvement brownien, serait à bon droit considéré comme fou (cf. *E. S.*, p. 122). Cependant, sous le microscope, nous voyons parfaitement des mouvements tout pareils se produire, et ce qui les rend impossibles dans le molaire, c'est uniquement le fait que, par suite du nombre immense des éléments mis en jeu, l'improbabilité d'un tel phénomène s'accroît jusqu'à devenir quasiment infinie.

Il s'ensuit que si l'on doit admettre que l'indéterminisme quantique, dans le cas du libre arbitre, se répercute dans le molaire, on devra supposer que le cours des phénomènes suit, cette fois, une direction inverse de celle que nous lui avons vu prendre dans la physique des corps inanimés : au lieu de s'estomper à mesure qu'il passe du sous-atomique (ou microscopique) à l'atomique, au moléculaire et au molaire macroscopique, pour se trouver enfin complètement oblitéré dans ce dernier, cet indéterminisme devra se manifester de plus en plus visiblement. C'est là assurément ce que pense M. Bohr, et l'observation relative aux rapports entre le photon et la sensation visuelle est destinée à montrer qu'il est au moins possible qu'il en aille ainsi.

C'est ce qui a été aussi exposé tout récemment et d'un peu plus près par M. Jordan (1) dont on connaît les importantes contributions à la théorie des quanta. L'homme — ainsi que d'ailleurs tout organisme vivant — nous dit cet auteur, ne doit point être considéré comme étant constitué à la manière des objets macroscopiques inorganisés. La conception qu'exprime le terme bien connu *l'homme-machine* est tout simplement erronée. Car ce qui caractérise l'organisme, c'est précisément le fait que l'indétermination atomique s'y renforce de manière à devenir une indétermination macroscopique. Cela évidemment suppose l'existence de dispositifs particuliers conditionnant un « renforcement », et M. Jordan n'hésite point à supposer que de tels « arrangements de renforcement » se trouvent en effet réalisés dans l'organisme. Ils le mettent à même de se soustraire, dans un cas particulier, au déterminisme strict qui gouverne le molaire inorganisé ; le déterminé des grands nombres ne se retrouve ici que si l'on considère un

1. P. Jordan, *Die Quantenmechanik und die Grundprobleme der Biologie und Psychologie*, Die Naturwissenschaften, 20^e an., fascicule 45, 4 nov. 1932, p. 818-821.

ensemble d'organismes individuels, tels que par exemple un troupeau. Et c'est ainsi que s'établirait une transition, un pont entre le fait physique (ou physiologique) et le fait psychologique.

Ce raisonnement — car il s'agit évidemment d'un tel — est-il pleinement convaincant ? On nous dit que nous devons penser *simultanément* à ce qui relève de l'un et de l'autre ordre de choses, et que ce n'est qu'ainsi que nous nous formerons de ce qui se passe là une idée juste, les deux aspects étant *complémentaires*. Mais la pensée est-elle vraiment à même de réaliser la simultanéité que l'on prétend lui imposer ? M. Jordan fait valoir que ce n'est pas, somme toute, exiger d'elle un effort plus considérable que celui qui consiste à considérer le rayonnement comme étant *à la fois* projection de corpuscules et propagation d'ondes, et il y a certainement beaucoup de juste dans cette manière de voir. Mais précisément, est-il possible, dans ce cas encore, de fondre véritablement les deux images ? N'est-il pas clair, tout au contraire, que tout ce à quoi le physicien des quanta le plus résolu peut parvenir, c'est à passer rapidement, mais successivement, alternativement, de l'une à l'autre de ces images par essence inconciliables (*C. P.*, § 38 et suiv.) ?

Eh bien, il en sera de même, on peut, semble-t-il, l'affirmer avec une certaine assurance, de l'aspect physique ou physiologique d'une part et de l'aspect psychologique d'autre part : jamais on ne réussira à les confondre. Supposons réalisé — évidemment dans des conditions tout autres que celles imaginées par le philosophe — le rêve qui a inspiré à Leibniz l'image bien connue du *moulin* : nous aurons *vu* au cerveau une particule se détacher et se mouvoir dans telle ou telle direction (1). Ce que nous aurions perçu là du dehors serait un acte de libre arbitre, et ce serait conforme à ce que nous voyons s'accomplir dans le quantique non-organisé. Cela est-il tout à fait exact ? Ce que nous montre la physique quantique, ce sont des phénomènes que nous sommes forcés d'attribuer au pur hasard, alors que la particule cérébrale obéirait à une

1. Il convient d'ajouter que ni M. Bohr, ni M. Jordan ne croient que l'on parvienne jamais à réaliser une observation de ce genre, pour cette simple raison, qu'il est fort probable qu'en essayant d'observer, on dérangerait le phénomène même, on le *modifierait* : ce serait un concours de circonstances analogue à celui qui nous empêche de déterminer à la fois la localisation et la vitesse du corpuscule.

volonté. Comment cet être mental, spirituel, qu'est la volonté parviendrait-il à se traduire en physique, à exercer une influence physique, si infime fût-elle ? Sans doute une telle manière de voir peut-elle se réclamer d'illustres répondants : Descartes n'affirmait-il pas que l'esprit, s'il était incapable de *créer* du mouvement dans le corps, avait néanmoins le pouvoir de modifier la direction de ce mouvement ? Mais pour l'homme de nos jours, habitué à une pensée mécanique plus rigoureuse, laquelle, au point de vue de la détermination, enserme d'une même manière la force vive et la quantité de mouvement, des suppositions de ce genre sont peu acceptables, et tout ce que l'on parviendrait à accomplir dès lors, ce serait de constater le *fait*. Mais ce fait, si indubitable que l'on se l'imagine, n'en resterait pas moins parfaitement inexplicable. Ce ne serait rien de moins qu'un miracle. Et il y aurait alors un autre miracle du fait que l'indéterminé quantique, dans les organismes, se répercuterait dans le molaire, étant donné qu'il en va tout autrement dans l'inorganisé.

Il est parfaitement vrai que la science ne peut nier l'existence du miracle ; elle ne peut qu'en restreindre progressivement le domaine, en montrant, pour tel cas précis, que ce qu'on prenait pour un miracle était dû à l'action de causes naturelles, restées primitivement inconnues. Pour des raisons analogues, d'ailleurs, on ne peut, contrairement à ce que supposent certains, démontrer scientifiquement qu'un miracle s'est produit, car les incrédules auront toujours beau jeu pour affirmer qu'il y a eu intervention de facteurs dont on n'a pas su démêler la présence. Ainsi le miracle — tout comme l'acte de libre arbitre, qui ne serait qu'un miracle dans ce sens — reste bien en dehors du domaine de la science. Et dès lors on serait tenté de dire que l'on ne gagne rien en passant par les constatations quantiques. Car on est toujours libre d'admettre le miracle, mais il ne devient point plus compréhensible si l'on stipule, au lieu de son intrusion directe dans l'univers du sens commun, une action de l'esprit sur la particule et une répercussion de l'indétermination quantique dans le molaire.

Il y aurait cependant, à notre avis, de l'imprudence à se prononcer, dans ce cas, dans le sens d'un dogmatisme négatif trop absolu. De toute évidence, il y a là de l'irrationnel, et quoi qu'on fasse, et quels que soient les progrès que l'on s'imagine accomplir dans l'avenir, il est tout aussi évident que le mystère ne disparaît-

tra jamais complètement, qu'il restera toujours de l'irrationnel. Mais il ne s'en suit nullement qu'il ne faille point s'attaquer à lui, qu'il faille le laisser subsister tel quel. D'ailleurs la raison ne souffrirait pas une telle abstention, sa fonction essentielle consistant justement à rationaliser le réel. Elle le fait en l'expliquant, et il est parfaitement clair qu'en discutant sur cette question de l'assimilation entre l'indéterminé quantique et le libre-arbitre, nous nous mouvons en plein sur ce terrain de la véritable explication. Sans doute, les physiciens dont nous avons plus haut résumé les opinions n'en ont-ils pas conscience ; ils se servent du terme *causal* uniquement pour désigner ce qui est simplement déterminé (c'est-à-dire, selon notre terminologie, *légal*). Mais il suffit d'y prendre garde pour se convaincre que la question de savoir s'il y a ou non indétermination n'entre pas en jeu dans ces exposés. En effet, le libre arbitre comme le phénomène quantique sont, l'un et l'autre, conçus comme indéterminés, et l'assimilation, à ce point de vue, tout en étant aisée, ne présenterait qu'un bien faible intérêt. Ce qui, au contraire, lui prête un intérêt puissant, c'est évidemment le fait qu'à l'aide de l'indéterminisme quantique, on espère pouvoir expliquer le libre arbitre, le comprendre.

Ceci dit, il faudra nous rappeler à quel point, précisément dans cet ordre d'idées de l'explication causale (ce terme, bien entendu conçu selon notre nomenclature), le comportement futur de la raison est malaisé à prévoir. Nous avons, à ce propos, parlé autrefois (*D. R.*, § 121) d'une erreur commune à deux puissants esprits d'un passé récent, à savoir du mathématicien Poincaré et du philosophe Lotze, erreur d'autant plus significative qu'ils l'ont commise indépendamment l'un de l'autre. Cette erreur a consisté à nier que la raison si, à propos de certaines constatations, une explication par les concepts de la géométrie transcendante lui était offerte, pût s'engager dans cette voie, en d'autres termes que le physicien réussit jamais à *comprendre* un aspect quelconque du réel par ce moyen. Or, on le sait assez, les physiciens de nos jours, à d'infimes exceptions près, sont très certainement einsteiniens et donc comprennent parfaitement par la voie que Poincaré et Lotze entendaient leur interdire à tout jamais. C'est là, il est presque inutile d'y insister, une constatation qui doit nous inspirer, dans une situation qui est manifestement assez analogue, beaucoup de prudence. On ne parviendra point, assurément, à

rationaliser complètement. Mais ne réussira-t-on pas à rationaliser partiellement, par un bout, si l'on ose dire ?

Peut-être sera-t-il bon de réfléchir, à ce propos, sur un autre exemple encore du passé, exemple d'autant plus frappant que, dans ce cas, pour nos contemporains, la conscience qu'il y avait eu là une difficulté à vaincre semble s'être à peu près complètement oblitérée. Nous entendons parler du phénomène chimique. Il ne saurait faire aucun doute, semble-t-il, que pour un chimiste de nos jours la théorie lavoisienne fournit une véritable explication de ce qui se passe là. L'eau *est* composée d'oxygène et d'hydrogène, elle *contient* véritablement ces deux éléments, et de même le sel marin contient du chlore et du sodium. Que si vous essayiez de combattre ces affirmations, et surtout de faire valoir que, dans un passé en somme très récent, le rôle de l'élément chimique fut compris de manière tout autre, le chimiste vous répondra probablement qu'oxygène, hydrogène, chlore et sodium sont des êtres réels, alors que le phlogistique n'était qu'un être chimérique, et sans doute quantité d'esprits parfaitement judicieux, en dehors même du monde des laboratoires, seront-ils enclins à vous faire des réponses analogues. Or, il suffit de considérer les choses sans parti-pris pour reconnaître ce qu'il en est véritablement. Les éléments atomiques, ceux qui entrent véritablement dans la composition des corps, sont certainement, tout comme le phlogistique, des êtres de raison. D'ailleurs la chimie est née science qualitative et, en dépit des apparences, l'est toujours restée. Car c'est là sa raison d'être, la cause véritable de ce fait qu'elle ne forme point un simple chapitre de la physique, qu'elle a ses méthodes de recherche et de raisonnement, ses théories propres. En effet, elle est née de cette constatation, qui s'impose à l'observation même la plus rapide, qu'il existe des propriétés, des qualités des corps plus persistantes que d'autres, et que néanmoins, dans certaines circonstances déterminées, ces propriétés se modifient grandement. C'est à expliquer cette persistance et ces modifications que tendent les efforts de la chimie théorique et, cela est à noter, des théories les plus récentes comme de celles qui les avaient précédées. Parlant des « états stationnaires » de l'atome qui, selon la conception quantitative, « correspondent en général à une série de valeurs de l'énergie », M. Bohr souligne que leur stabilité fournit un point de départ approprié à l'explication des propriétés physiques et chimiques

des éléments. De même, il estime que la déduction de la constante de Balmer constitue un résultat qui « peut être considéré comme un premier pas vers la réalisation du programme que nous a imposé la découverte de l'atome moléculaire : rendre compte des propriétés spécifiques des éléments à l'aide du seul *nombre atomique* »... (1). Ainsi les chimistes, jusqu'aux phlogisticiens inclusivement, n'ont nullement procédé, contrairement à ce que l'on entend affirmer fréquemment, de manière anti-scientifique en se préoccupant en première ligne de la qualité, et il a fallu le coup d'œil de génie de Lavoisier pour reconnaître qu'il était nécessaire de concevoir le réel tout autrement, tourner résolument le dos à ce qui apparaissait comme la voie la plus directe et placer en première ligne des considérations de poids, que tout le monde avait considérées jusque-là comme à peu près dénuées d'intérêt. Le grand maître incontesté de la chimie française à cette époque, Macquer, qui fut non seulement un admirable expérimentateur, mais en outre un esprit des plus judicieux, ne déclara-t-il pas, après les premières attaques de Lavoisier contre la théorie régnante, qu'il se sentait parfaitement rassuré sur le sort du phlogistique du moment où on ne pouvait faire valoir à cet égard que des raisons de quantité (cf. *E. S.*, p. 605) ? Aussi la rupture fut-elle pénible et la lutte longue et violente.

Comment se fait-il que la situation ait changé au point que ce passé apparaisse étrange, paradoxal, malaisément compréhensible ? On affirme quelquefois que c'est le simple fait que, par la pesée, on pouvait attacher au concept de matière un coefficient numérique qui a joué le rôle décisif : le réel, dit-on, est ce qui permet la mesure. Mais quoi que l'on puisse avancer pour justifier une telle métaphysique, il est certain que personne ne l'a professée à l'époque ; on en chercherait vainement la trace dans les écrits polémiques, si abondants et si violents, qui ont marqué l'avènement de la théorie anti-phlogistique. Sans doute la conception que nous venons de mentionner paraît-elle confirmée par le schéma positi-

1. N. Bohr, *l. c.*, p. 30, 34, 42 ; cf. *ib.*, p. 98 : « la masse du noyau détermine le poids atomique du corps, mais n'a qu'une influence minime sur les autres propriétés, celles-ci sont déterminées principalement par la charge électrique du noyau » et p. 99 : « la grande stabilité des éléments provient de ce que les réactions physico-chimiques ordinaires n'atteignent pas l'atome, mais ne modifient que la liaison des électrons dans l'atome ».

viste du savoir, qui pousse à surestimer la valeur, pour l'entendement, de ce qui contribue à accroître la précision de la description légale ; le lecteur a vu, au début du présent article, comment, pour M. Planck, l'image ontologique du réel, le *Weltbild* lui-même, ne devrait son existence qu'à ce souci de précision. Mais nous avons constaté combien peu cette manière de voir se justifie en face de l'évolution réelle des théories scientifiques. Il en est de même ici. Le physicien, assurément, a de tout temps considéré la matière comme un réel, et l'usage de la balance est très antérieur à tout savoir systématique ; mais Descartes encore, on le sait, nie expressément que ce soit le poids qui indique véritablement la quantité de la matière, et l'affirmation contraire n'a prévalu que par suite, précisément, du triomphe des idées de Lavoisier. Ainsi l'on doit supposer que lors de la lutte, à la fin du XVIII^e et au début du XIX^e siècle, l'avantage du facteur numérique n'a pu agir qu'en qualité d'adjuvant : ce dont la théorie nouvelle affirmait la conservation, apparaissait sans doute comme moins important, moins essentiel que cet élément de qualité dont naguère on avait prétendu suivre le déplacement, mais cela était saisissable de manière plus nette. Cependant, ce qui, en dernier terme, a décidé de la victoire, ce qui l'a rendue si complète, surtout, c'est très certainement le succès même de la théorie antiphlogistique. Car elle fournit immédiatement, entre les mains de Lavoisier et celles de ses disciples immédiats, la moisson la plus étonnante de découvertes précieuses. Et depuis, tout un immense savoir en a surgi, savoir infiniment riche en résultats expérimentaux, et de plus, admirablement ordonné à l'aide de conceptions théoriques fortement cohérentes. C'est ainsi que le réel *pondéré* a fini par s'imposer définitivement comme le seul réel véritable, au point que le chimiste de nos jours croirait blasphémer en doutant que le chlore et le sodium sont réellement contenus dans le sel marin — alors que cependant aucune des propriétés caractéristiques du gaz verdâtre et irritant et du métal brillant et mou n'apparaît dans les cristaux incolores et que, de ce chef, l'affirmation serait, par un esprit non prévenu, immanquablement jugée comme étant dénuée de sens. Mais le chimiste, lui, nous l'avons dit, a certainement l'impression de *comprendre* ce qui se passe quand les deux éléments s'unissent. L'on pourrait affirmer que cet aspect de l'évolution de la pensée dans le temps se rapproche du schéma pragmatiste. Mais ce serait

à condition de ne pas perdre de vue que ce rapprochement ne peut être que partiel. L'expérience et le succès dans l'expérience, assurément, guident la pensée dans le choix qu'elle opère en ce qui concerne la voie par laquelle s'effectuera l'identification. Mais celle-ci, qui est le but immuable, n'a pas sa source dans ce qui provient du réel, elle constitue l'apport de la pensée elle-même.

Le chimiste, croyant comprendre, est-il le jouet d'une illusion ? Sans doute, partiellement, puisqu'il est évident qu'il ne pourrait complètement comprendre que par l'identité parfaite, et que l'espoir d'y atteindre — dont son signe d'égalité est le symbole — est manifestement chimérique : c'est le succès qui a créé ce que nous avons qualifié d'illusion causale, illusion qui fait apparaître ce qui sert à l'identification comme étant l'essence, ce qui varie ne pouvant qu'être accidentel, négligeable. Mais ce succès même nous montre que, d'autre part, tout ici n'est point illusion, puisque l'intellect a réussi, par cette voie, à pénétrer le réel. Et voici que la théorie, après s'être détournée du qualitatif, y revient. Par le détour du quantique, elle commence réellement à l'expliquer, à l'expliquer, certes, infiniment mieux que ne savait le faire la chimie purement qualitative. N'est-ce pas la merveille des merveilles, et cette évolution n'achève-t-elle pas de nous persuader que les voies de la raison rationalisante sont [décidément imprévisibles ?

En résumé donc, la conception de MM. Bohr et Jordan, si étrange que l'on puisse la juger, ne saurait être repoussée par une sorte de question préalable. On ne parviendra point ainsi, d'accord, à une intellection parfaite de l'acte du vouloir. Mais il se peut, cependant, qu'on arrive à le comprendre un peu mieux que cela n'a lieu actuellement si la conception réussit, c'est-à-dire si elle suggère des expériences que l'expérience confirmerait. Ce jour-là il est pour le moins possible que là encore l'illusion causale se crée, et que le physiologiste et le psychologue de l'avenir — d'un avenir que l'on peut supposer très proche ou fort lointain — *croient* comprendre à la manière du chimiste lavoisien. Et là encore, ce ne serait pas illusion pure. On n'aurait pas aboli l'irrationnel, mais on l'aurait serré d'un peu plus près, enfermé entre des limites plus étroites. Il est évident que c'est par là, par le trop d'espace, en quelque sorte, qu'elles prétendent embrasser, que pèchent les théories telles que celle de l'*entéléchie* de M. Driesch,

qui entendent de nos jours préciser l'irrationnel biologique : on soupçonne aussitôt qu'il doit y avoir, dans cet amas de phénomènes, des parties plus ou moins accessibles au raisonnement. Que si, au contraire, on parvenait à nous faire toucher du doigt, pour ainsi dire, où l'explication se heurte à un obstacle, ou à plusieurs, parfaitement infranchissables et en même temps suffisamment précis, un pas immense en vue de la pénétration des phénomènes biologiques se trouverait évidemment accompli.

Il importe de constater, d'autre part, que la supposition d'un indéterminisme dans le sous-atomique ne constitue aucunement une atteinte aux fondements sur lesquels repose la conviction de l'existence d'un lien légal entre les phénomènes. En effet, nous l'avons dit, la source d'où dérive cette conviction, c'est uniquement la nécessité d'agir. Devons-nous considérer que c'est là, en définitive, chez l'homme moderne, la base *unique* de cette croyance ? Il est presque inutile d'insister sur l'extrême difficulté qu'il y a à parvenir à de véritables certitudes dès qu'il s'agit de démêler les motifs qui régissent ces mouvements de l'esprit qui constituent l'essence la plus profonde de notre moi. Et nous verrons tout à l'heure (p. 38) que Leibniz, en affirmant la nécessité d'un déterminisme général de l'ensemble des phénomènes, a donné à cette conviction un fondement bien différent. Contentons-nous donc de maintenir que le besoin d'action constitue assurément la base primitive — et qui reste principale — de notre foi dans cet ordre d'idées. Il va sans dire que l'action dont il est question ici et qui est celle qu'exerce tout animal, ne vise et ne peut viser, nous venons de le constater, que le réel molaire. Or, celui-ci demeure, aux yeux du physicien des quanta, aussi déterminé que pour nous tous. Afin de se rendre compte à quel point, dans cet ordre d'idées, la situation se trouve peu modifiée, l'on n'a qu'à se rappeler que (comme nous l'avons mentionné p. 27), dans la physique pré-quantique déjà, des considérations de probabilité intervenaient de manière très efficace, notamment à propos de tout ce qui a trait au principe d'entropie, c'est-à-dire à l'irréversibilité des phénomènes, c'est-à-dire encore au cours des événements dans le temps, présumé, dès le début, dans la physique. Sans doute ne pourrait-on assimiler *entièrement* l'une à l'autre les deux situations. En effet, pour ce qui est de l'entropie, nous supposons que les mouvements moléculaires dont l'ensemble assure le fonctionnement de

la loi sont néanmoins tous individuellement déterminés. Il y a ainsi, au-dessous du réel molaire directement observable, quelque chose de simplement probable, mais résultant cependant d'une détermination foncière. Dans le quantique, tout au contraire, c'est l'indétermination que nous devons considérer comme fondamentale. On pourrait, dit M. Heisenberg « se laisser entraîner à supposer que derrière l'univers statistique perçu se dissimule un autre univers encore, un univers « véritable », où le principe causal serait valable. Mais de telles spéculations nous apparaissent, nous l'affirmons expressément, stériles et dénuées de sens. La physique doit se borner à décrire de manière formelle ce qui est perçu (1) ». Cependant, en ce qui concerne la manière dont l'indétermination, par l'intervention de la probabilité, aboutit à une détermination rigoureuse, la situation est bien, dans les deux cas, analogue ; aucun savant n'hésite à traiter ce qui se rattache au deuxième principe de la thermodynamique comme aussi rigoureusement établi que le reste de la physique.

Peut-on affirmer, du reste, que dans le passé les deux conceptions de science physique (dans le sens moderne de ce terme) et de déterminisme furent toujours étroitement associées ? Il suffira, pour nous convaincre du contraire, de reprendre, sur une base plus large — puisqu'il s'agira, cette fois, non pas de l'image hypothétique seule, mais de l'ensemble du savoir scientifique — l'examen des rapports, dans l'évolution de la pensée, entre le déterminisme et la physique, que nous avons amorcé au début de l'article, à propos de la conception de M. Planck. Dans l'antiquité, nous y avons fait allusion, le déterminisme fut proclamé, avec toute la rigueur voulue, par les stoïciens. Nous avons cité autrefois (*E. S.*, p. 121) un résumé de leurs doctrines dû à Alexandre d'Aphrodisias (qui était leur adversaire) et où l'on voit proclamé que « tous les êtres demeurent soumis à d'éternelles lois qui procèdent par série et enchainement » et que « dans le monde, rien n'arrive que nécessairement quelque autre chose ne s'ensuive », de telle sorte que « c'est de l'infini à l'infini que se déploie d'une

1. M. Heisenberg, *Ueber den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, *Zeitschrift fuer Physik*, t. 43, 1927, p. 197. — Il va sans dire qu'ici le « principe causal » (conformément du reste à une nomenclature qui a prévalu chez les physiciens des quanta) désigne ce que nous qualifions de principe de légalité.

manière évidente autant qu'imperturbable ce régime de l'univers ». Or, ce qui est certain, c'est que les stoïciens n'avaient pas de physique, ne s'intéressaient pas à ce domaine du savoir. En revanche, leurs adversaires épicuriens y insistaient beaucoup, et nous connaissons fort bien cette partie de leur doctrine par des fragments d'Épicure lui-même, et surtout par ce chef-d'œuvre de la poésie latine, le *De natura rerum* de Lucrèce. Mais on sait que les fondements de cette physique renferment, sous les espèces du fameux *clinamen*, un élément nettement indéterministe.

A l'origine de la physique moderne (nous en avons dit un mot plus haut, p. 30), Descartes n'est certainement pas déterministe dans le sens que nous donnons actuellement à ce terme, et il va sans dire que l'opinion scientifique de l'Europe entière emboîte, en cette matière, le pas au grand penseur. Pourtant, dès la génération suivante, Spinoza, semble, avec autant de précision que les stoïciens, réaffirmer le déterminisme universel : « Il n'est rien donné de contingent dans la nature, mais tout y est déterminé par la nécessité de la nature divine à exister et à produire quelque effet d'une certaine manière ». Spinoza était-il néanmoins, en ce qui concerne la loi régissant le mouvement des corps, de l'avis de Descartes ? On sait qu'il ne s'intéressait pas particulièrement à la physique et qu'il se comportait en général, quand il en parlait, en cartésien d'assez stricte observance. Il semble aussi que, s'il avait différé, sur ce point important, de son grand prédécesseur, il n'eût pas manqué de nous en avertir. Il est donc pour le moins douteux qu'il n'y eût point, chez lui, dans cet ordre d'idées, quelque imprécision. Leibniz, par contre, est véritablement déterministe et insiste même beaucoup sur cette matière ; il se moque aussi bien du *clinamen* d'Épicure que de la conception cartésienne qui, déclare-t-il, a « fort mal réussi » (*Opera philosophica*, éd. Erdmann, p. 185, 598, 772, 778). Mais il est à remarquer que ce profond esprit — à qui rien n'était étranger de ce qui constituait le savoir de son époque, dans quelque domaine que ce fût — ne fait point valoir (nous l'avons mentionné plus haut, p. 36) la solidarité entre le déterminisme et la science, telle que la conçoivent les défenseurs actuels de ce point de vue. En effet, ce qu'il affirme, c'est que l'indétermination violerait le « grand principe » de la raison suffisante, puisque « vouloir qu'une détermination vienne d'une pleine indifférence absolument indéterminée, est vouloir qu'elle vienne natu-

rellement de rien ». Ainsi il met en jeu non pas la *légalité* (selon notre nomenclature), mais bien la *causalité*, c'est-à-dire l'identité de la cause et de l'effet. Au début du XIX^e siècle, nous trouvons les fameuses déclarations de Laplace sur l' « intelligence qui embrasserait les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé serait présent à ses yeux ». Expriment-elles réellement le credo immuable du physicien de cette époque ? Ce qui en fait douter, c'est l'exemple de Renouvier, que nous avons cité, et qui était certainement nourri de la pensée de ces savants. Et celui d'Auguste Comte (sur lequel nous reviendrons plus longuement un peu plus loin) est tout aussi significatif à cet égard. Car il eût certainement hésité à nier le déterminisme fondamental du réel si la science de son temps avait été pénétrée de la croyance contraire ; ou, du moins, s'il l'avait fait, eût-il motivé son opinion en s'appliquant à réfuter expressément l'affirmation contraire. Or, on ne trouve rien de pareil dans ses exposés.

Il nous semble même, à vrai dire, qu'il est permis de s'étonner de la vivacité des protestations qu'a soulevées cette affirmation de l'indétermination quantique. On comprend, sans doute, que des physiciens ne se résignent que difficilement à abandonner un principe très évidemment essentiel et qui paraissait devoir à tout jamais guider leur travail (nous verrons d'ailleurs tout à l'heure qu'en un certain sens il continuera à leur servir de guide à l'avenir). A ce point de vue les déclarations de M. Planck (cf. *C.P.*, § 83) — que le fait même qu'elles émanent de l'initiateur de toute cette physique des quanta revêt d'une haute autorité — paraissent entièrement justifiées ; il faudra certainement attendre des confirmations ultérieures avant d'admettre définitivement l'indéterminé. Mais en supposant que l'on soit obligé d'avoir recours à cette extrémité, ni le travail du chercheur, ni son attitude essentielle à l'égard des phénomènes qu'il constatera, nous venons de le reconnaître, ne se trouveraient modifiées.

Pourquoi, dès lors, l'indéterminé paraît-il, à beaucoup de bons esprits, une éventualité à tel point redoutable, qu'ils sont prêts, pour l'écartier, à se lancer dans des suppositions aussi aventurées que celle d'un réel non-individuel ? Nous l'avons indiqué au début du présent article : il s'agit d'une conséquence de l'épistémologie positiviste, laquelle pousse à exagérer la portée de ce

que nous avons qualifié de principe de légalité. Du moment, en effet, où tout savoir concernant le réel physique doit se borner à la loi, n'est-il pas naturel d'affirmer que ce réel est entièrement dominé par des lois ? Ainsi la constatation de phénomènes n'obéissant pas à la loi apparaît, d'emblée, impossible, impensable.

Il est fort remarquable que Comte lui-même n'ait pas succombé à la tentation et ne se soit pas aventuré dans cette direction. Il a, tout au contraire, comme on sait, parfaitement prévu qu'au-dessous du réel observé par le physicien et réglé par des lois, pourrait se trouver un réel plus profond et entièrement dérégulé. Il n'est pas douteux que cette affirmation ne se rattachait nullement aux principes formulés par lui qui, s'ils n'exigeaient pas absolument, favorisaient cependant nettement la conception contraire. Le créateur du positivisme fut indubitablement conduit à cette dérogation, on l'a exposé maintes fois, par des considérations de politique sociale. Entendant fonder l'ordre dans la société sur la science, il était amené à reconnaître à celle-ci une stabilité bien plus grande qu'elle ne pouvait offrir en réalité. Ainsi, la science ne connaissant que la loi, il fallait que les lois une fois formulées et reconnues suffisamment simples (les théories de Comte lui interdisaient de rechercher un autre critère) demeuraient inattaquables. Or, de son temps déjà des constatations parurent, ébranlant manifestement des lois que Comte classait dans cette catégorie, et notamment la fameuse loi de Mariotte. C'était là une anomalie mettant en danger les fondements de son système politique, lequel était non seulement le couronnement de la construction entière, mais véritablement le but en vue duquel l'édifice avait été érigé. Il fallait donc à tout prix écarter cette menace, et Comte eut alors recours à cette supposition du substrat indéterminé du réel, en interdisant en même temps expressément au savant de toucher à ces phénomènes ; tout ce qui concernait une connaissance de ces derniers était d'avance écarté de la science, déclaré anti-scientifique, ou plutôt nul et non avvenu. A quel point tout cela tenait peu à la véritable essence de la doctrine positiviste, on s'en rend facilement compte en parcourant les exposés courants de cette épistémologie. Nulle part — du moins chez ceux qui ne traitent pas spécialement de l'aspect politique et social (ou quasi religieux) de la théorie — on ne trouvera une allusion à cette conception de l'indétermination foncière des phénomènes

sous-jacents, ni à l'interdiction de recherches trop détaillées ; beaucoup de savants qui se croient sincèrement positivistes se montrent surpris quand on leur révèle cet aspect de l'enseignement de Comte. Il est clair aussi que l'on ne saurait véritablement affirmer que Comte avait prévu la récente tournure de la physique quantique, puisque celle-ci repose précisément sur des recherches frappées par lui d'un tabou solennel. Il n'en reste pas moins vrai qu'en dépit de ces circonstances, en dépit même du fait que Comte était mû, en l'occasion, par des considérations qui n'avaient en réalité rien de commun avec la science physique, son attitude, dans cet ordre d'idées, fournit une preuve magnifique du génie de l'homme et fait mieux comprendre la prodigieuse influence qu'il a exercée sur la pensée pendant près d'un siècle — influence qui, cependant, nous venons de l'indiquer, n'a pas fait prévaloir les restrictions qu'il entendait imposer au fonctionnement de la légalité. Celle-ci fut, tout au contraire, généralement conçue comme gouvernant inéluctablement, selon le schéma de Laplace, la totalité des phénomènes, et il va sans dire que, dans ces conditions, le positivisme accroissait encore énormément son prestige ; que ce principe dût, à lui seul, présider à la création de la science, apparaissait comme une vérité évidente par elle-même.

Que si, au contraire, on arrive à se persuader de l'insuffisance du schéma positiviste, à saisir — comme nous croyons l'avoir démontré — l'intervention, dans la formation du savoir, d'un principe distinct de celui qui trouve son expression dans la conception de loi, la situation, au point de vue que nous envisageons en ce moment, se trouve grandement modifiée. En effet, ce second principe dont nous avons discerné la présence, celui de causalité, ne saurait être conçu comme agissant d'une manière analogue à celle dont la légalité était censée créer la science selon le schéma positiviste. La causalité, on le sait, n'est qu'une forme de l'identité logique, qui est le moule où se coule invariablement toute pensée et qui inspire tous nos efforts en vue de l'intellection du réel. Or, il suffit de saisir avec quelque netteté cette situation pour reconnaître immédiatement que c'est là un but situé dans un lointain infini, un idéal qui indique la direction de la marche de la pensée, mais que celle-ci ne saurait véritablement atteindre, dont elle ne saurait même, à parler en toute rigueur, se rapprocher sensiblement, puisqu'elle n'accomplit que des progrès finis. Ainsi la causalité

inspire bien la recherche, mais ne peut être conçue comme régissant véritablement le réel. Nous tentons néanmoins, parce que contraints précisément par cette tendance causale qui domine le fonctionnement de l'intellect, d'appliquer la causalité aux phénomènes. Nous y réussissons partiellement, et c'est de ces réussites partielles qu'est faite la science, tout autant que de l'application du principe de légalité ; mais nous constatons en même temps que, dans une certaine mesure, les phénomènes résistent, et que cette résistance apparaît comme un obstacle définitif, obstacle que les efforts de l'homme ne sauraient vaincre ; ce sont là les irrationnels, comme nous les avons appelés. Ainsi le principe de causalité, en son application à la recherche scientifique, apparaît comme un schéma flexible, qui s'adapte au réel dans la mesure où le permettent les constatations expérimentales et qui, pour le reste, admet des exceptions, reconnaît des limites à son application (*I. R.*, p. 511 et suiv.). Or, c'est ainsi également que l'on devra évidemment — si l'on accepte l'affirmation de l'existence de l'indéterminé dans le quantique — concevoir le fonctionnement du principe de légalité. C'est ce qui vient d'être fortement mis en lumière par M. Schlick, sans que, bien entendu, cet éminent penseur ait songé à mettre en parallèle, comme nous venons de le faire, légalité et causalité. En effet, M. Schlick est fortement imprégné de principes positivistes et reconnaît Mach comme son maître ; tout ce qui concerne la causalité (telle que nous la concevons) paraît lui être resté étranger, et, connût-il peu ou prou cette pensée, qu'elle lui semblerait sans doute devoir être écartée. Mais il insiste sur ce que le physicien devra, désormais, voir dans le principe légal une simple directive guidant sa recherche. Il devra certainement chercher à la faire prévaloir partout où ce sera possible, mais ne devra nullement s'étonner si la nature se montre rétive, s'il est amené à constater des phénomènes qui se trouvent soustraits à la domination du principe (1). En d'autres termes, la légalité apparaît comme un principe régissant entièrement l'intellect, mais comme ne régissant que partiellement les choses.

Le physicien a-t-il besoin d'aller au delà, est-il indispensable, au point de vue strict de sa recherche expérimentale, de proclamer,

1. M. Schlick, *Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik*, Die Naturwissenschaften, 19^e année, fasc. 7, 1931, p. 155 et suiv.

comme le faisaient les stoïciens, la domination absolue de la nécessité dans l'univers ? On peut raisonnablement en douter. Car M. Planck lui-même, dont nous avons indiqué l'intransigeance déterministe, conclut, dans l'opuscule dont nous avons tiré nos citations, simplement que « la loi causale est un indicateur de la voie à suivre (*ein Wegweiser*), le plus précieux que nous possédions » (1). Or, à ce point de vue, la situation reste sans changement.

Ainsi la supposition selon laquelle la science serait solidaire du déterminisme constituait une erreur, erreur fort excusable certes, puisque (le positivisme même mis à part) le physicien était naturellement poussé à attribuer au réel ce qui constituait effectivement un postulat indispensable au travail de celui qui cherchait à pénétrer ce réel.

A la fin de notre premier travail (*I. R.*, p. 511 et suiv.), nous avons envisagé la possibilité de considérer le principe de légalité comme une sorte d'abrégé de celui de causalité. Cette supposition, en fin de compte, nous avait paru difficilement admissible, étant donnée, précisément, la rigidité de l'énoncé légal, ne comportant aucune exception, en dehors des actes régis par une volonté terrestre ou supra-terrestre, en tant que comparée à la flexibilité de de l'énoncé causal. Cependant nous avons pris soin d'ajouter que l'hypothèse ne nous paraissait point entièrement inacceptable. Et l'on a vu plus haut (p. 38) que, défendant le point de vue rigoureusement déterministe, Leibniz a fait intervenir non la légalité, mais la causalité ; l'apparition du non-déterminé serait contraire au principe de la raison suffisante, car on le supposerait alors venant de *rien*. Or, il ne peut y avoir de doute à cet égard, il est impossible d'admettre que le principe de raison suffisante, l'*ex nihilo nihil* de Lucrèce, gouverne absolument le réel. S'il le faisait, il n'y aurait jamais rien de nouveau, aucun changement, voire aucun divers, même simultané, tout se confondant dans la parfaite et éternelle identité de la sphère de Parménide ; d'où précisément la nécessité de supposer la causalité *flexible*, ainsi que nous le rappelions plus haut. Par conséquent, si l'on adopte le point de vue leibnitien, tout en le modifiant comme on y est, semble-t-il,

1. *L. c.*, p. 26. Le terme *loi causale* désigne chez M. Planck, comme chez M. Heisenberg (cf. plus haut, p. 37, note) notre principe de légalité.

contraint par les considérations que nous avons fait valoir, la légalité, étant effectivement issue de la causalité, perd sa rigidité, et devient, tout comme chez M. Schlick, un principe régissant la raison, mais non le réel. Ainsi la supposition d'une parenté intime des deux principes, que nous avons écartés autrefois, devient bien moins malaisée à agréer. On reconnaît aisément que dès lors, l'indéterminé quantique fera figure d'un irrationnel, mais d'un irrationnel d'un genre nouveau, plus profond en quelque sorte que ceux dont nous avons relevé l'existence, puisqu'il se rapportera au légal, lequel pouvait se concevoir, jusqu'à ce jour, comme une caractéristique essentielle du réel lui-même.

Pour se rendre compte de la portée de l'évolution que l'on impose ainsi à l'entendement scientifique, il suffit de constater que le doute concernant le réel, que le physicien, avant les quanta, pouvait (et devait même) concevoir, ne pouvait porter nulle atteinte à la précision de ses formules, alors qu'à l'heure actuelle, tout au contraire, c'est justement cette précision qui trouve une limite, laquelle semble infranchissable, dans l'existence du quantum d'action. Ce que nous venons d'exposer au sujet de l'essence de l'irrationnel nouveau explique d'ailleurs suffisamment pourquoi il doit en être ainsi. La formule mathématique exprime un rapport entre des grandeurs qui ont été, nécessairement, par une opération préalable ou pour une série de telles opérations, dépouillées de tout caractère qualitatif. Si, de ce squelette abstrait, on entend retourner vers le réel, c'est-à-dire si l'on cherche à transformer ce mathématique en physique, il faut y ajouter l'interprétation, et ce n'est que par cette interprétation également que la théorie devient explicative. C'est ce qui fait que les doutes du physicien mécaniste, si graves qu'ils fussent, s'arrêtaient au seuil de l'appareil mathématique. Mais le nouvel irrationnel, se rapportant au légal, à la détermination du phénomène, trouve forcément son expression dans la formule même. Ce n'est là, sans doute, qu'un aspect un peu différent de ce que nous venons d'exposer, mais il nous fait peut-être mieux comprendre pourquoi le physicien, comme nous l'avons dit tout à l'heure, est porté à s'exagérer plutôt l'importance du sacrifice que cette conception lui impose.

En effet, considéré au point de vue philosophique, l'obstacle auquel se heurte ici l'intellection du réel apparaît certainement plutôt moins grave que celui qui empêchait l'atomiste de naguère

de considérer sa théorie comme fournissant une image satisfaisante du réel. Car les constatations de la physique du sous-atomique n'aboutissent qu'à une affirmation d'ignorance — mettons même d'une ignorance définitive : nous ne pouvons dire où se trouve le corpuscule ou, si nous prétendons le savoir, nous ne pouvons dire quel est son mouvement, c'est-à-dire que nous pouvons, d'un côté ou de l'autre, formuler des suppositions diverses et qui, néanmoins, s'accorderont également bien avec les phénomènes. Mais à part le fait qu'il nous serait permis, à la rigueur, de considérer cette incertitude comme provisoire, d'admettre qu'il s'agit d'un *ignoramus* et non d'un *ignorabimus*, il est clair que cette situation ne recèle rien qui soit de nature à embarrasser véritablement notre imagination, car nous pouvons parfaitement nous figurer le corpuscule comme ayant un lieu et une vitesse déterminés, tout en demeurant incapables d'énoncer ces déterminations. Alors que l'action transitive de l'atome est réellement et foncièrement imaginable (p. 23) : l'atome corpusculaire est manifestement incapable d'agir, et l'on ne conçoit pas comment une action pourrait s'exercer sur l'atome dynamique, qui n'est qu'un point, donc un rien physique, une simple abstraction mathématique, l'atome composite, à la fois corpuscule et centre de forces, ajoutant à ces difficultés celle de concevoir un lien entre ces deux éléments si disparates. Ici, il y a donc non pas simplement ignorance, insuffisance, mais véritablement conflit entre les exigences de la raison et ce que la théorie physique lui offre en guise de réponse. Et, à plus forte raison, n'y a-t-il, dans la nouvelle physique, rien qui contredise la conception de Kant.

Nous ajouterons que l'ensemble de l'évolution nous paraît constituer une preuve de plus que le positivisme avait eu tort de dresser en quelque sorte un piédestal à ce concept du légal, étant donné que l'intellect, dans son effort de pénétration du réel, a été amené à s'attaquer à cette notion, à concevoir un réel effectivement soustrait à l'empire du principe.

Nous ne voudrions cependant pas que le lecteur demeure sous l'impression que nous entendons nier la profondeur de l'ébranlement que les assises sur lesquelles repose la pensée du physicien ont éprouvé du fait des constatations quantiques. Car il est parfaitement exact que, dans une certaine mesure, il y a eu non point simplement évolution, mais révolution. L'atomiste de naguère,

quand il réfléchissait à l'ensemble des résultats acquis dans un domaine plus ou moins nettement délimité de recherches, avait certainement l'habitude de rattacher sa pensée à une image, de la fixer à l'aide de cette image. Sans doute sentait-il simultanément (quoique plus ou moins obscurément) qu'il n'y avait là rien de définitif, rien qui ressemblât au *clou* dont parle Leibniz. Mais enfin cette image, pour vague, flottante, peu cohérente qu'elle fût, offrait néanmoins à l'esprit, obligé d'abandonner l'ontologie du sens commun, un abri au moins provisoire. Il n'en est plus ainsi à l'heure actuelle. Il suffit de parcourir les travaux de ces physiciens, de discuter avec eux ou d'assister à leurs débats pour se convaincre qu'à l'encontre de leurs aînés, ils ne sont plus en possession d'une véritable « image de l'univers » : au moment où ils réfléchissent sur les constatations expérimentales, le *Weltbild*, qui joue un rôle si considérable dans l'exposé de M. Planck dont nous avons parlé, est parfaitement absent de leur pensée, laquelle se contente alors d'un cadre abstraitement mathématique. Sans doute, cela ne veut-il pas dire que cette pensée fasse complètement abstraction du comportement du réel physique. Non seulement en ce sens que tout mathématique — ainsi que nous croyons l'avoir montré, et comme cela a été confirmé, depuis, en ce qui concerne les hautes mathématiques, par une étude approfondie de M. Lichtenstein (1) — y fait nécessairement appel pour progresser, mais parce que toute physique visant, par essence, à expliquer les phénomènes, et la raison pure étant constitutionnellement incapable de nous fournir le *changement* qui est le trait qui les caractérise, nous sommes dans l'obligation de le tirer, que nous le voulions ou non, du réel. Nous avons dit tout à l'heure (p. 19, 20) ce qu'il en est, aussi bien du corpuscule que de l'onde, à ce point de vue, et il serait assurément difficile de nier que, dans l'un comme dans l'autre cas, l'image intervient, ou du moins est intervenue lors de la formation de la théorie.

Il ne sera peut-être pas inutile de dire ici quelques mots au sujet d'une confusion, que certains exposés de physiciens des quanta fort autorisés sont susceptibles de faire naître (nous oserions pres-

1. L. Lichtenstein, *La philosophie des Mathématiques selon M. Emile Meyerson*, Revue Philosophique, mars-avril 1932, tr. André Metz, p. 169 et suiv.

que écrire : sont destinés à faire naître). Nous entendons parler de la confusion entre détermination et représentation. « Nous croyons, écrit M. Heisenberg, comprendre de manière intuitive (*anschaulich verstehen*) — comme c'est le cas par exemple pour la théorie de l'espace tridimensionnel fermé de M. Einstein — quand les conséquences expérimentales de cette représentation (ou imagination, *Vorstellung*) sont imaginables sans qu'il y ait contradiction (1). »

Il est vrai, sans doute, que, le physicien empruntant au réel les traits qui mettront en flux les concepts qu'il aura substitués aux *objets* du sens commun, le comportement de son nouveau réel lui suggérera des vues concernant la prévision de ce qu'il observera. Mais est-il exact qu'en formant une représentation, nous pensions véritablement avant tout aux conséquences que nous pourrions en déduire concernant la marche future des phénomènes ? N'est-il pas évident, tout au contraire, que ce que nous voulons surtout, c'est connaître ce qui est, en pénétrer l'essence ? Le positiviste nous dira que nous avons tort. Cela se peut. Mais ce qui, en tout cas, paraît difficilement niable, c'est que ce soit là la pente que l'esprit suit naturellement, spontanément. Et nulle assimilation n'est possible, à y regarder d'un peu plus près, entre cette tendance et le désir de déterminer ce qui se passera.

Que si, maintenant, on rapproche le raisonnement de M. Heisenberg de celui de M. Planck dont nous avons parlé au début du présent article, on ne tardera pas à discerner, croyons-nous, qu'en dépit de dissimilitudes apparentes, ce qui se manifeste chez l'un et chez l'autre, c'est une même tendance, à savoir celle visant à amoindrir le rôle de la véritable explication à l'aide d'un réel ima-

1. W. Heisenberg, *Ueber den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, Zeitschrift fuer Physik, vol. 43, 1927, p. 172, cf. *ib.*, p. 196 : « Comme, en outre, nous pouvons imaginer de manière qualitative les conséquences de la théorie dans tous les cas simples, on ne devra plus considérer la théorie des quanta comme étant non-intuitive (ou non-représentative, *unanschaulich*) et abstraite ». M. Heisenberg s'inscrit expressément en faux contre l'affirmation de M. Schroedinger, qui a qualifié la mécanique quantique de « théorie formelle », caractérisée par un « défaut d'intuitivité et un abstrait effrayants, voire rebutants ». — Nous nous excusons de nos traductions très approximatives, par lesquelles nous avons cependant tenu à serrer le texte d'aussi près que possible, les termes, comme le lecteur le verra tout de suite, prenant ici une importance particulière.

giné. Car ce réel, M. Planck nous le montre comme devant son origine uniquement au désir de rendre plus précis le déterminisme des phénomènes, alors que, chez M. Heisenberg, il s'évanouit entièrement en quelque sorte, se confondant avec ce déterminisme même. Mais n'y a-t-il pas au fond, tout au contraire, dans cette double tentative, plutôt une sorte d'hommage — bien involontaire certes — rendu à cette idée d'une véritable explication, que l'on cherche à écarter et qui, néanmoins, s'insinue subrepticement dans les exposés ?

Cependant, il est important d'observer que le physicien des quanta se trouve, à cet égard, dans une situation très particulière, puisqu'il est en présence de *deux* images et que celles-ci sont parfaitement contradictoires, inconciliables dans l'imagination. Le physicien, quoi qu'il en ait, ne peut penser à une chose qui serait *à la fois* corpuscule et ondulation et doit se contenter de penser à un objet qui est tour à tour l'un ou l'autre. Et dès lors, la notion même de l'objet tend à pâlir chez lui, elle tend à lui échapper, au point qu'il arrive, dans son désarroi, à borner sa pensée au mathématique pur, à ne plus raisonner qu'en mathématicien. C'est de là — et non des anomalies indéterministes — que proviennent, à ce qu'il nous semble, les affirmations phénoménistes ou idéalistes de certains savants (tels notamment que MM. Bohr, Born et Heisenberg). Nous avons dit avec quelle prudence il convient de les accueillir. Le physicien des quanta, en tant que physicien, pense très certainement en réaliste, ne peut penser qu'en réaliste. Mais le substrat de son réel — qui, étant censé revêtir simultanément deux aspects contradictoires, ne peut être véritablement conçu sous aucun des deux — manque à tel point de contour précis qu'il semble constamment prêt à s'évanouir, à se dissoudre dans le néant. Et l'on voit aussi comment il se fait que MM. Born et Heisenberg ont pu affirmer que les difficultés de la théorie n'ont point leur source dans la dualité des corpuscules et des ondulations, dualité qu'ils jugent, au contraire, parfaitement compréhensible (*C. P.*, p. 762). C'est que ces savants sont bien accoutumés à se mouvoir, dans cet ordre d'idées, dans le mathématique abstrait et que, dès lors, les contradictions de l'image physique concrète leur paraissent négligeables. Ce sont cependant bien ces contradictions qui sont, selon nous, au fond de l'évolution — si considérable qu'elle ressemble en effet à une révolution — qui est survenue dans la

manière de penser des physiciens des quanta ou du moins d'un grand nombre d'entre eux. Ainsi ce sont véritablement des difficultés concernant l'essence qui ont entamé la foi en l'existence. Mais cette attitude n'est évidemment qu'un pis-aller, un renoncement douloureux. Le physicien, dans l'avenir, sera presque inévitablement poussé, d'éminents savants l'ont dit, à rechercher la signification physique des concepts que lui fournit le raisonnement mathématique ; il ne pourra s'empêcher de penser que, comme l'a dit M. Compton, « s'il doit y avoir des ondulations, il doit y avoir un milieu dans lequel ces ondulations se produisent ». L'on ne saurait véritablement douter que si la moindre possibilité s'en offrait, on verrait les chercheurs, avec empressement, revenir à une image tant soit peu concrète, réalisable dans la pensée, de l'univers, à un *Weltbild* selon l'expression de M. Planck.



LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE HERMANN & C^{ie}
6, rue de la Sorbonne, Paris (5^e)

P. AUGER. L'effet photoélectrique des rayons X.....	5 fr.
E. BLOCH. L'ancienne et la nouvelle théorie des quanta.....	90 fr.
MARCEL BOLL. Exposé électronique des lois de l'électricité.....	15 fr.
— L'idée générale de la mécanique ondulatoire et de ses premières applications.....	15 fr.
— L'électron et les phénomènes chimiques.....	5 fr.
— La synthèse des ondes et des corpuscules, d'après l'ouvrage de K. Darrow, 1931.....	10 fr.
LÉON BRILLOUIN. Les nouvelles statistiques quantiques. Les électrons dans les métaux.....	5 fr.
L. DE BROGLIE. Recueil d'exposés sur les ondes et corpuscules, broché.	20 fr.
— Relié.....	30 fr.
— Introduction à l'étude de la mécanique ondulatoire, broché.....	85 fr.
— Relié.....	95 fr.
— Théorie de la quantification dans la nouvelle mécanique.	70 fr.
CAMPBELL. La théorie électrique moderne. Théorie électronique.....	50 fr.
— La relativité. Théorie quantique des spectres.....	25 fr.
— La structure de l'atome.....	28 fr.
CHWOLSON. Traité de physique en 14 fascicules et deux suppléments.....	823 fr.
EDDINGTON. Etoiles et atomes.....	35 fr.
RENÉ FORTRAT. Introduction à l'étude de la physique théorique, 7 fascicules. Chaque fascicule broché.....	10 fr.
— Relié.....	14 fr.
VICTOR HENRI. Structure des molécules.....	30 fr.
MIE. Principe de la théorie Einsteinienne et de la gravitation.....	10 fr.
H. OLLIVIER. Cours de physique générale (3 ^e édition):	
— Tome I.....	65 fr.
— Tome II.....	65 fr.
— Tome III.....	100 fr.
MAX PLANCK. Thermodynamique.....	45 fr.
PEKRY. Mécanique appliquée, en 2 volumes.....	100 fr.
RICHARD (P.) La gamme.....	28 fr.
THOMPSON (S.). Radiations visibles et invisibles.....	25 fr.
THOMSON (Sir J. J.). Les rayons d'électricité positive.....	30 fr.
VAN'T HOFF. Leçons de chimie physique, en 2 parties. Chaque partie.....	35 fr.
WOLFERS. Éléments de la physique des rayons X.....	25 fr.
— Sur quelques nouvelles propriétés de la lumière et des rayons X.....	14 fr.

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE HERMANN & C^{ie}

6, rue de la Sorbonne, Paris (5^e)

Actualités Scientifiques et Industrielles

Série 1929, 1930, 1931 :

(Voir deuxième page de la couverture).

Série 1932 :

XXXI. L. DE BROGLIE. Généralisation des relations d'incertitude.....	6 fr.
XXXII. IRÈNE CURIE et F. JOLIOU. L'existence du neutron.....	6 fr.
XXXIII. JEAN-LOUIS DESTOUCHES. Etat actuel de la théorie du neutron.....	18 fr.
XXXIV. S. ROSENBLUM. Origine des rayons gamma ; structure fine du spectre magnétique des rayons alpha.....	12 fr.
XXXV. A. MAGNAN. Premiers essais de cinématographie ultra-rapide...	15 fr.
XXXVI. A. SAINTE-LAGUE. Probabilités et morphologie.....	6 fr.
XXXVII. N. MARINESCO. Influence des facteurs électriques sur la végétation.....	7 fr.
XXXVIII. ANDRÉ GEORGE. Mécanique quantique et causalité.....	6 fr.
XXXIX. L. BRILLOUIN. Notions de mécanique ondulatoire ; les méthodes d'approximation.....	10 fr.
XL. E. BAUER. Critique des notions d'éther, d'espace et de temps, cinématique de la relativité.....	7 fr.
XLI. F. PERRIN. La dynamique relativiste et l'inertie de l'énergie.....	6 fr.
XLII. L. DE BROGLIE. Conséquences de la relativité dans le développement de la mécanique ondulatoire.....	6 fr.
XLIII. G. DARMOIS. La théorie Einsteinienne de la gravitation, les vérifications expérimentales.....	7 fr.
XLIV. E. CARTAN. Le parallélisme absolu et la théorie unitaire du champ.....	6 fr.
XLV. P. LANGEVIN. La relativité, conclusion générale.....	6 fr.
XLVI. A. MAGNAN. Cinématographie jusqu'à 12.000 vues par seconde... ..	15 fr.
XLVII. CH. FRAIPONT et SUZANNE LECLERQ. L'évolution, adaptations et mutations. Berceaux et migrations.....	9 fr.
XLVIII. CH. FRAIPONT. Adaptations et mutations. Position du problème.....	6 fr.
XLIX. HANS REICHENBACH. La Philosophie scientifique, vues nouvelles sur ses buts et ses méthodes.....	10 fr.
L. P. SWINGS. Les bandes moléculaires dans les spectres stellaires.....	7 fr.
LI. H. BRASSEUR. Structure et propriétés optiques des carbonates.....	7 fr.

Série 1933 :

54. M. CHATELET. Spectres d'absorption visibles et ultra-violetes des solutions.....	7 fr.
55. L. LEPRINCE-RINGUET. Les transmutations artificielles : particules alpha, neutrons, protons, rayons cosmiques.....	15 fr.
56. E. NÉCULCEA. Sur la théorie du rayonnement.....	7 fr.
57. G. FOURNIER et M. GUILLOT. Sur l'absorption exponentielle des rayons β du radium E.....	10 fr.
58. JEAN PERRIN. La recherche scientifique.....	6 fr.
59. L. BRILLOUIN. La diffraction de la lumière par des ultra sons.....	10 fr.
60. A. MAGNAN et A. SAINTE-LAGUE. Le vol au point fixe.....	10 fr.
61. M. PRETTRE. L'inflammation et la combustion explosive en milieu gazeux. 1 ^{re} partie : hydrogène et oxyde de carbone.....	15 fr.