

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Band: 22 (1940)

Artikel: Un aperçu sur l'évolution de la pensée des physiciens
Autor: Guye, Ch.-Eug.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-741661>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

UN APERÇU
SUR
l'Évolution de la pensée des physiciens¹

PAR
Ch.-Eug. GUYE

Si j'ai choisi comme thème de la causerie que vous avez bien voulu me demander de faire ce soir: *Un aperçu sur l'évolution de la pensée des physiciens*, c'est que je me trouve précisément parmi les physiciens, toujours moins nombreux hélas! qui ont assisté pour ainsi dire complètement au prodigieux développement qui aboutit à la nouvelle physique.

J'obtins en effet le doctorat en physique de l'Université de Genève en 1889, l'année même où j'eus l'honneur d'être reçu membre de notre Société de Physique et d'Histoire naturelle. J'ai donc eu, s'il est permis de s'exprimer ainsi, un pied dans l'ancienne et un pied dans la nouvelle physique, ayant été bien souvent le témoin des discussions, hésitations, controverses, parfois passionnées qui ont marqué cette prodigieuse évolution. C'est à ce titre que ma causerie peut présenter, je pense, quelque intérêt.

* * *

Dans son ensemble, l'évolution de la physique moderne peut se subdiviser en deux grandes périodes.

¹ Causerie faite à la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève le 9 novembre 1939 à l'occasion de la remise d'une adresse à quelques-uns des plus anciens membres de la Société.

La première s'étend de Newton jusqu'à l'apparition de la théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell¹ cette première phase de l'évolution de la pensée des physiciens étant, comme nous le verrons tout à l'heure, fortement influencée par l'astronomie.

La seconde période va de l'apparition de la théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell jusqu'à nos jours, et l'évolution qu'a subi la physique au cours de cette dernière période est incomparablement plus variée et plus importante que celle qui l'a précédée. On peut même dire que durant cette seconde période les physiciens ont dû modifier foncièrement leur façon de penser.

PREMIÈRE PARTIE

1. — LA PHYSIQUE, FILLE DE L'ASTRONOMIE.

Comme l'a fort bien dit Henri Poincaré, «la Physique est une fille de l'Astronomie et c'est l'Astronomie qui nous a fait une âme capable de comprendre la nature».

Ce sont en effet les prodigieux succès enregistrés par les astronomes depuis la découverte de Newton qui ont déterminé l'orientation de la Physique moderne et lui ont donné sa première impulsion. C'est à elle, et en particulier c'est à la mécanique céleste, qu'ont été empruntées ces notions si fécondes de forces centrales, d'énergie potentielle, d'énergie actuelle qui furent successivement introduites dans divers domaines de la physique (pesanteur, capillarité, électricité, magnétisme, etc.). Enthousiasmés par les succès de l'Astronomie, les physiciens et les chimistes — il est intéressant de le rappeler — avaient même au début cherché à imiter les astronomes. C'est ainsi que le chimiste français Berthollet — dont vous connaissez sans doute la statue à Annecy et qui accompagna Bonaparte en Egypte, pour fonder avec lui l'Institut du Caire — Berthollet,

¹ Newton (1642-1727); Maxwell (1831-1879).

dis-je, avait au début du XIX^e siècle fait un essai d'astronomie en quelque sorte moléculaire, appliquée aux systèmes physico-chimiques.

Mais on ne tarda pas à réaliser que le problème était infiniment plus complexe pour les physico-chimistes que pour leurs frères astronomes. D'abord, les points matériels en présence étaient incomparablement plus nombreux, leur dimension n'était en outre pas négligeable en regard de leurs distances mutuelles, comme c'est généralement en première approximation le cas dans les problèmes astronomiques.

Aussi cette tentative n'eut-elle pas de suite et fut-elle très rapidement abandonnée.

D'ailleurs, si l'on réfléchit aux difficultés auxquelles se sont heurtés les astronomes en vue de résoudre de façon générale le *problème de trois corps seulement en présence, soumis à la gravitation universelle*, on mesure les difficultés pratiquement insurmontables que rencontreraient dans cette voie des physiciens désireux d'imiter les astronomes.

Un exemple suffira à montrer l'impossibilité pratique de résoudre le problème de physico-chimie le plus simple par les méthodes de l'astronomie; ou plus exactement par les méthodes de la mécanique céleste. Lorsque nous avons devant nous un centimètre cube de gaz (0° et 760 mm), ce centimètre cube renferme environ 3×10^{19} molécules. Si l'on voulait, comme le fait remarquer M. Emile Borel dans son livre sur le « Hasard », s'occuper de chacune de ces molécules pendant une seconde seulement, il faudrait consacrer à cet examen environ vingt milliards de vies humaines. De quel temps faudrait-il alors disposer pour poser et résoudre les 3×10^{19} équations différentielles simultanées auxquelles devrait satisfaire la dynamique d'un tel système ?

2. — LA PHYSIQUE DES PRINCIPES.

Ne pouvant donc suivre comme les astronomes les phénomènes dans leur processus intime, les physiciens et les chimistes se rabattirent alors sur une autre voie et l'on vit apparaître la *physique des principes*. Dans cette phase de l'évolution de

la pensée des physiciens on renonce, provisoirement du moins, à pénétrer le mécanisme intime des phénomènes, pour se laisser guider par un certain nombre de principes reconnus d'une généralité absolue et qui constituent certainement l'un des guides les plus sûrs de la recherche scientifique.

Ces principes vous sont connus; c'est d'abord le principe de la conservation de la matière dû au génie de Lavoisier. Il nous enseigne que la somme des masses des composants est toujours égale à la masse du composé. Ce principe régit, comme on sait, toute la physique et toute la chimie à notre échelle. C'est ensuite le principe de la conservation de l'énergie en vertu duquel nous admettons aujourd'hui que, dans un système supposé isolé, quelles que soient les transformations et la nature des énergies en jeu, leur somme demeure constante. Ces énergies peuvent être de nature mécanique, électrique, magnétique, calorifique ou autres, leur somme ne varie pas et l'énergie comme la matière ne se perd jamais.

Indépendamment de ces deux principes fondamentaux¹, nous avons également en mécanique le principe de l'égalité de l'action et de la réaction, celui de la moindre action; en physique celui de la conservation de l'électricité, et notamment le second principe de la thermodynamique, sur lequel nous aurons l'occasion de revenir².

Il est à peine nécessaire de rappeler que ces principes ne sont pas des dogmes imposés, qu'ils s'appuient sur toutes les expériences bien faites, lesquelles ne les ont jamais contredits. En définitive ils reposent sur l'expérience et ne pourraient être renversés que par elle.

Tous ces principes, ainsi que nous le disions tout à l'heure, laissent de côté le mécanisme intime, toujours hypothétique d'ailleurs, des phénomènes. Si par exemple nous exerçons une pression sur un corps, nous constatons qu'il diminue de volume

¹ On verra plus loin que ces deux principes fondamentaux se sont réunis en un seul par l'introduction du principe de relativité.

² On remarquera que le principe de la conservation de l'électricité se confond actuellement avec celui de la conservation de la matière, puisque l'électricité, comme la matière, est supposée « inerte » ainsi que nous le rappelons plus loin.

et qu'en même temps se produit un dégagement ou une absorption de chaleur. La thermodynamique (qu'il ne faut pas confondre ici avec la théorie mécanique de la chaleur qui, elle, fait appel à des images cinétiques) s'efforce alors de déterminer les relations qui unissent ces diverses variations (pression, volume, dégagement de chaleur, etc.) mais elle ignore tout du mécanisme intérieur qui a présidé à ces transformations. On conçoit que les relations, ainsi obtenues expérimentalement et indépendamment de toute hypothèse sur le mécanisme intérieur des phénomènes, ont l'immense avantage d'être en quelque sorte éternelles, du moins dans la limite de précision qui a permis à l'expérience de les établir.

Bref, dans cette physique des principes le physicien expérimentateur qui interroge la nature se trouve exactement dans la situation d'une personne qui, après avoir introduit une pièce de monnaie et tourné la manivelle d'une machine automatique, recueille une plaque de chocolat ou un timbre-poste. Elle ignore tout du mécanisme qui a produit la transformation; elle n'a pas à s'inquiéter de savoir si la pièce de monnaie s'est transformée en chocolat ou si le chocolat pré-existait dans la machine et a été expulsé par l'introduction de la pièce de monnaie.

Cette physique des principes ainsi dégagée de toute théorie résume d'ailleurs assez bien l'attitude que prirent au cours du XIX^e siècle les philosophes positivistes.

3. — RÉPERCUSSION SUR LA PENSÉE PHILOSOPHIQUE.

Les prestigieux succès de l'astronomie et de la physique, durant la première moitié du XIX^e siècle, devaient nécessairement réagir sur l'orientation de la pensée philosophique.

Quoi de plus impressionnant en effet que d'entendre un astronome nous déclarer que telle planète qui aujourd'hui nous apparaît dans telle région du ciel, occupera dans un nombre déterminé de jours, par exemple, telle autre position. Et comment n'être pas émerveillé qu'une simple perturbation observée sur la planète Uranus ait pu faire prévoir et découvrir la présence d'une nouvelle planète Neptune (Le Verrier).

Comme un dieu, l'astronome prédit ainsi l'avenir. Bien plus, si cette prédiction tombait au milieu de peuplades ignorantes, ces peuplades ne manqueraient pas d'en conclure que l'astronome commande aux étoiles.

Il n'est donc pas surprenant que de tels succès aient fatalement orienté la pensée des physiciens et des astronomes vers l'idée d'un *déterminisme absolu* dont la mécanique céleste nous donne l'image peut-être la plus suggestive et la plus parfaite. On arrivait donc ainsi tout naturellement à l'idée que des lois précises et inéluctables étaient à la base de toute la physique et de la chimie et par une extrapolation hardie on étendait même volontiers et gratuitement ce déterminisme absolu aux processus vitaux et même aux processus psychiques.

Cette tendance philosophique eut, on peut le dire, son apogée vers le milieu de la seconde moitié du XIX^e siècle. La philosophie positiviste d'Auguste Comte (1798-1853) était alors comme on sait, à l'honneur. Mais, comme il arrive souvent, les disciples du maître, aveuglés par leur enthousiasme, lui firent dire plus qu'il n'avait dit lui-même et croyant le servir le desservirent parfois. Il serait facile de citer de nombreux exemples de cette tendance¹. Les génies qui ouvrent des voies nouvelles se voient bien souvent dépassés et même déformés par l'imagination enthousiaste de leurs admirateurs. Il n'y a là rien que de très naturel et de très humain.

Mais à côté de cette orientation vers le déterminisme absolu est venu se greffer une autre tendance, dictée également, pour une large part du moins, par l'astronomie et la simplicité des postulats qui sont à la base de la mécanique céleste; à savoir: la croyance que *les phénomènes à leur origine devaient être simples* et que ce n'était que par des complications successives

¹ Ne voyons-nous pas après Pasteur beaucoup de ses disciples s'imaginer que toute maladie devait avoir une origine microbienne; Or à l'heure actuelle, nombre d'éminents biologistes attribuent certaines maladies (telle le cancer) à un déséquilibre cellulaire, sans qu'il y ait lieu de faire intervenir une origine microbienne pathogène ou même un virus filtrant.

que ces phénomènes prenaient des apparences aussi complexes et aussi variées que celles que nous offrent la biologie et la psychologie.

La mécanique céleste, en effet, repose pour ainsi dire entièrement sur le postulat d'inertie et la loi de la gravitation universelle. On était donc, par analogie, conduit à admettre que tous les corps quels qu'ils fussent se composaient d'un nombre immense d'atomes, c'est-à-dire de points matériels très petits qui s'attiraient ou se repoussaient suivant des lois, que l'on supposait, il est vrai, moins simples que celle de la gravitation, mais qui, comme elle, rentraient dans la catégorie des forces centrales et étaient soumises à un déterminisme absolu et par conséquent à une fatalité inéluctable. C'est ce que résumait Laplace dans cet énoncé célèbre et bien souvent cité, que l'on peut considérer à juste titre comme l'*expression du déterminisme le plus absolu* : « Une intelligence qui, pour un instant
« donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée
« et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs
« elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse,
« embrasserait dans la même formule le mouvement 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. »

Cette croyance à une simplicité relative des lois élémentaires à leur origine eut naturellement aussi sa répercussion sur la pensée philosophique.

On la retrouve en particulier, chez le biologiste allemand Haeckel (1834-1919) dont les ouvrages qui parurent dans la seconde moitié du XIX^e siècle eurent alors, je m'en souviens, un immense succès ¹.

Haeckel partait de l'idée que les phénomènes à leur origine étaient simples, comme le seraient des phénomènes astronomiques. Puis peu à peu, du fait de l'association de toutes ces lois élémentaires, la complexité moléculaire allait en augmentant, jusqu'à l'apparition des matières protéiques. Là, brusquement par une sorte de rétablissement, habilement exécuté d'ailleurs,

¹ HAECKEL, *Les Enigmes de l'Univers*.

mais ne reposant sur aucune base scientifique, on voyait apparaître « *la cellule vivante* ». Puis, par des complications successives, la vie se développait alors des organismes inférieurs aux organismes supérieurs. Et puis tout à coup, nouveau rétablissement « *passer muscade* », apparaissait « *la cellule pensante* » et le psychisme des êtres supérieurs, au sommet desquels surgissait « *l'homme* ».

En réalité, et comme vous le pensez bien, ces mots de « cellule vivante » et de « cellule pensante » n'expliquaient rien et ne faisaient que masquer notre ignorance. Ils n'étaient pas plus convaincants que les termes de *force vitale* ou de *force psychique* si souvent employés autrefois¹.

A l'heure actuelle, je ne pense pas qu'on trouverait beaucoup de biologistes pour admettre les pseudo-raisonnements d'Haeckel. Mais à l'époque où parurent ses écrits, le public était si bien préparé à les admettre par les deux tendances que je viens de rappeler — croyance à un déterminisme absolu et simplicité des phénomènes à leur origine — que cette œuvre paraissait raisonnable à beaucoup d'esprits et qu'elle eut un très grand retentissement.

En résumé, jusque vers le milieu de la seconde moitié du XIX^e siècle *la pensée philosophique fut nettement orientée vers le déterminisme absolu et vers la tendance à croire que les phénomènes étaient simples à leur origine*. Il en résultait tout naturellement que c'était dans les lois de la physique et de la chimie qui apparaissaient les plus simples qu'on devait chercher, par des complications successives, l'explication de tous les phénomènes auxquels notre moi se trouve associé. Nous verrons dans notre seconde partie que les progrès de la physique nouvelle ont totalement modifié ce point de vue et qu'il en résulte une orientation toute différente de la pensée philosophique.

(A suivre)

¹ L'opium fait dormir, disait déjà Molière, parce qu'il a une vertu dormitive. Sous une forme plus moderne on se moque parfois de ceux qui prennent un mot pour une explication et qui, dit-on, invoquent la présence d'une « *phénoménase* » lorsqu'un phénomène se produit.

UN APERÇU
SUR
l'Évolution de la pensée des physiciens¹

PAR

Ch.-Eug. GUYE*(suite et fin)*

DEUXIÈME PARTIE

Confiance presque aveugle en un déterminisme absolu et tendance à croire que les phénomènes devaient être simples à leur origine, telles étaient, il y a cinquante ans à peine, lorsque je terminais mes études, les bases générales sur lesquelles reposait la pensée des physiciens; et ce point de départ réagissait tout naturellement sur l'orientation de la pensée philosophique.

C'est alors que l'on vit poindre la physique nouvelle, qui se distingue de l'ancienne par un triple et magistral développement:

La généralisation du phénomène électromagnétique et son extension progressive à toute la physique.

L'apparition du principe de relativité avec la répercussion qui en résultait sur notre métaphysique du temps et de l'espace.

La discontinuité des phénomènes à leur origine (théorie des quanta) et la notion toujours plus étendue et plus générale de « lois statistiques ».

Nous allons dans les pages qui suivent donner un bref aperçu de cette triple évolution.

¹ Causerie faite à la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève le 9 novembre 1939 à l'occasion de la remise d'une adresse à quelques-uns des plus anciens membres de la Société.



1. — GÉNÉRALISATION DU PHÉNOMÈNE ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

C'est avec l'apparition de la *théorie électromagnétique de la lumière* de Maxwell que commence cette nouvelle et importante orientation.

Pour se rendre compte de la révolution qu'apportait cette nouvelle théorie, il n'est pas inutile de rappeler qu'à l'époque où parut l'œuvre de Maxwell, les physiciens possédaient une admirable *théorie mécanique de la lumière*, due en grande partie au génie de Fresnel. Cette théorie semblait parfaite; elle expliquait en effet et permettait même de calculer très exactement la marche de la lumière dans les cas les plus délicats, au sein de ces milieux cristallins dont la structure est parfois particulièrement complexe. A l'heure où parut l'œuvre de Maxwell, la théorie mécanique de la lumière, il n'est pas exagéré de le dire, était certainement le joyau de toute la physique.

Malheureusement, cette théorie n'expliquait pas de façon satisfaisante certains phénomènes qui participaient à la fois de l'optique et de l'électricité (telle la polarisation rotatoire magnétique, la réflexion de la lumière sur les corps aimantés, etc., etc.). Bref elle n'expliquait pas ou expliquait mal tout un ensemble de phénomènes que l'on a désignés plus tard sous le nom de phénomènes d'*électro-optique*.

La théorie de Maxwell, beaucoup plus générale, expliquait non seulement tous les phénomènes de l'optique mécanique, mais elle englobait, et de façon satisfaisante, tous ces phénomènes d'électro-optique, qui sans elle semblaient difficilement explicables.

Perfectionnée d'ailleurs par Lorentz qui introduisit la notion de charge élémentaire d'électricité (électron), la théorie de Maxwell eut donc le mérite de *faire rentrer toute l'optique mécanique dans le domaine de l'électromagnétisme*.

Ce fut le premier pas décisif dans cette généralisation progressive de l'électromagnétisme qui tend à l'heure actuelle

à envahir toute la physique ¹: élasticité, conductibilité calorifique, décomposition, et valences chimiques et jusqu'à la mécanique elle-même, comme nous le verrons plus loin.

Mais cette tendance générale vers l'électromagnétisme n'est plus actuellement pour nous surprendre, car nous en comprenons toujours mieux la raison profonde. Les physiciens en effet ont été peu à peu amenés à se représenter, en première approximation du moins, les corps matériels, comme constitués uniquement par des charges électriques immobiles ou en mouvement ² donnant lieu, tout autour d'elles, à des champs électriques et magnétiques au sein desquels, comme le veut la théorie, vient s'accumuler de l'énergie.

Mais le résultat le plus remarquable de cette généralisation de l'électromagnétisme est le fait que cette nouvelle conception a donné pour la première fois une explication de l'inertie, que la mécanique considérait *a priori* comme un postulat fondamental. Dans la mécanique électromagnétique, l'inertie résulte du fait que toute variation de vitesse d'une charge électrique produit une variation de l'énergie accumulée dans le champ qui l'entoure et l'accompagne toujours. On ne peut donc augmenter la vitesse d'une charge électrique, sans lui fournir comme à la matière de l'énergie. La notion de masse est, il est vrai, dans cette nouvelle mécanique plus générale: on y distingue par exemple une masse longitudinale, une masse transversale et une masse cinétique, mais lorsque la vitesse demeure petite vis-à-vis de la prodigieuse messagère qu'est la lumière (300.000 km à la seconde), ces trois masses

¹ Il convient de remarquer que la mystérieuse gravitation universelle semble faire exception; il n'y a pas jusqu'ici d'explication satisfaisante de la gravitation basée sur des considérations purement électromagnétiques. Einstein, dans sa relativité généralisée, en a fourni, comme on sait, une tout autre explication.

² Le seul constituant de l'atome qui ne semble pas nécessairement de nature électrique, serait le « neutron » découvert il y a quelques années. Mais la plupart des physiciens le considèrent actuellement comme résultant de l'association d'un proton positif et d'un électron négatif, soit de deux charges égales et de signe contraire mais d'inertie différente. Toute la constitution de l'atome se trouve donc du fait de cette supposition rentrer dans le domaine de l'électromagnétisme.



ont des valeurs pratiquement identiques et se confondent avec la masse constante telle qu'elle résulte de la mécanique newtonienne. Il n'y a donc pas contradiction entre l'ancienne et la nouvelle dynamique.

REMARQUE IMPORTANTE. — Nous voyons par ce qui précède que les physiciens ont réussi à donner une explication de la mécanique basée sur des considérations électromagnétiques, alors que toutes les explications tentées pour expliquer l'électromagnétisme par des considérations mécaniques seulement ont misérablement échoué, comme l'a d'ailleurs fait remarquer Henri Poincaré.

La raison de cet échec et du succès de la théorie électromagnétique est que *cette dernière est plus générale* ; elle contient en effet en elle, comme cas particulier, la mécanique rationnelle classique auquel elle parvient par des simplifications successives.

Ainsi que nous l'avons fait remarquer déjà ¹, il est apparemment plus aisé de simplifier un phénomène général pour en dégager un phénomène particulier que de compliquer un phénomène particulier pour retrouver le phénomène général.

Qu'on nous permette, à ce propos, de nous placer maintenant à un point de vue plus général encore. Nous devons alors considérer les phénomènes biologiques et psychologiques comme plus généraux que le phénomène physico-chimique. Toujours, en effet, les êtres vivants ou pensants, du seul fait qu'ils sont matériels, donnent lieu à des manifestations physico-chimiques, alors que nous n'avons jamais réussi à produire des manifestations vitales ou psychiques, en partant d'un milieu physico-chimique stérilisé par la chaleur. Il devrait donc être plus aisé de simplifier le phénomène biologique pour parvenir au phénomène physico-chimique que d'essayer de compliquer le phénomène physico-chimique pour retrouver la biologie, comme on a tenté le plus souvent de le faire jusqu'ici. De même que le phénomène plus général de l'électromagnétisme nous a fait mieux comprendre la mécanique, de même les

¹ Ch.-Eug. GUYE, *Evolution physico-chimique*, p. 23 à 26.

recherches biologiques pourraient nous amener un jour à mieux concevoir la véritable signification du phénomène physico-chimique; et cela d'autant plus, comme nous le verrons plus loin, que la physico-chimie paraît de plus en plus régie par des lois statistiques, qui semblent nous masquer les actions individuelles élémentaires. Nous avons déjà à plusieurs reprises insisté sur cette troublante question.

2. — LE PRINCIPE DE RELATIVITÉ ¹.

Nous n'allons pas, vous le pensez bien, reprendre ici les controverses, les discussions souvent passionnées auxquelles a donné lieu l'apparition de ce terrible principe.

Nous rappellerons seulement que son apparition est née de la difficulté d'expliquer certaines expériences, d'ailleurs très délicates mais cependant suffisamment précises, qui se trouvaient en contradiction aussi bien avec la théorie électromagnétique qu'avec la théorie mécanique de la lumière ²; chacune de ces théories supposant, comme on sait, l'existence d'un « éther immobile » dans lequel se seraient propagées les ondes lumineuses.

Ce fut Lorentz qui, pour rendre compte de cette contradiction donna le premier, les formules fondamentales de la relativité restreinte. Mais dans l'explication de l'expérience de Michelson, Lorentz introduisait la notion d'un temps local et supposait avec Fitzgerald une contraction de tous les corps dans le sens de leur vitesse, contraction à laquelle Henri Poincaré donnait une explication précise par l'hypothèse d'une pression constante qu'aurait exercée l'éther sur les corps en mouvement.

Ce fut alors qu'Einstein trancha pour ainsi dire ce nœud gordien d'un « coup d'épée métaphysique », en changeant résolument les notions que nous nous faisons habituellement de l'espace et du temps. En même temps, il montrait que le principe de relativité rendait compte de l'aberration stellaire et de

¹ Nous nous bornons à envisager ici le cas de la *relativité restreinte*.

² Expérience de Michelson.

l'effet Doppler, sans qu'il fut nécessaire de recourir à l'hypothèse de l'éther. De plus, il démontrait qu'il devait y avoir un parallélisme complet entre l'*inertie* d'un corps et l'*énergie* qu'il renferme.

Différence entre les conceptions newtonienne et einsteinienne.

— Voyons maintenant ce qui physiquement et métaphysiquement sépare ces deux conceptions.

Pour Newton, les trois grandeurs fondamentales de la physique: l'*espace*, le *temps* et la *masse matérielle* d'un corps, sont partout *indépendantes*. Lorsqu'on dit, par exemple, qu'un corps a la forme sphérique, c'est une vérité valable pour tout l'univers et par conséquent pour tous les observateurs, quelles que soient leurs positions et leurs vitesses relatives dans l'univers. Il en est de même de la durée d'un phénomène, de la durée du battement d'une horloge, par exemple, et de la masse matérielle¹ que l'on attribue à un corps.

Pour Einstein, au contraire, les trois grandeurs fondamentales de la physique sont solidaires les unes des autres, et les valeurs que nous devons leur attribuer dépendent des vitesses relatives des observateurs. Elles ne sont « pratiquement » indépendantes (Newton) que dans le cas où les corps se meuvent avec des vitesses petites vis-à-vis de celle de la lumière; ce qui d'ailleurs est le cas le plus général. Dans ce cas les mesures de l'espace, du temps et de la masse matérielle redeviennent indépendantes, comme le veut la mécanique newtonienne, qui ne serait ainsi qu'un cas particulier de la mécanique einsteinienne.

Si donc, diront les relativistes, nous avons d'abord adopté les idées de Newton sur l'indépendance des notions d'espace, de temps et de masse matérielle, c'est que le monde où nous vivons ne nous présente pour ainsi dire jamais de vitesses relatives assez grandes pour que ces notions soient sensiblement modifiées; mais si nous vivions à l'intérieur de l'atome où les électrons atteignent parfois une vitesse voisine de celle

¹ Ceci n'est vrai que pour la dynamique « newtonienne », car dans la mécanique électromagnétique, *même en faisant abstraction de la relativité*, la masse matérielle d'un corps est fonction de sa vitesse.

de la lumière, nous aurions été amenés à concevoir l'espace, le temps et la masse matérielle de façon différente. Nous aurions alors été conduits tout naturellement à adopter pour la dynamique de ces énormes vitesses les formules mêmes de la relativité, qui dans ce cas revêtent une forme particulièrement simple¹. Tel est en résumé le point de vue auquel ont le droit de se placer les relativistes.

A leur tour les adversaires de la relativité — et nous en avons vu surgir de nouveaux au cours de ces dernières années — diront: Nous voulons bien admettre que les *formules* de la relativité recouvrent quelque vérité profonde, puisqu'elles sont jusqu'ici en accord avec l'expérience et n'ont du moins jamais été contredites par elle. Mais est-il bien nécessaire pour cela de changer notre métaphysique du temps et de l'espace? changement qui nous conduit parfois à des conséquences qui pour n'être pas justiciables de l'expérience n'en sont pas moins parfois bien étranges². Ne pourrait-on trouver quelque explication physique qui remplacerait l'hypothèse métaphysique d'Einstein? De même, pourraient-ils dire, qu'on obtient des formules plus générales pour relier la pression, le volume et la température d'un corps en prenant comme unités sa pression, son volume et sa température critiques (états correspondants); de même, diront-ils, les formules de la relativité einsteinienne nous permettent, par un choix convenable des unités de temps et d'espace, une dynamique électromagnétique des grandes vitesses de forme plus simple que celles qui font abstraction de ce principe. Mais de même que deux températures correspondantes qui ont même valeur numérique ne sont pas deux températures égales, de même deux valeurs numériques égales du temps ou de l'espace dans la relativité ne devraient pas nécessairement être considérées comme deux valeurs « réellement » égales de ces grandeurs.

En résumé, les adversaires de la relativité, sans nier la validité des formules de la relativité, voudraient trouver une

¹ Ch.-Eug. GUYE, *L'Évolution physicochimique*, p. 14 à 16.

² Tel ce voyageur qui, cheminant à une vitesse voisine de celle de la lumière, ne vieillirait presque pas et sur lequel on a tant et inutilement discuté.

explication physique qui ne les obligeât pas à changer la conception que depuis Newton nous nous faisons d'un espace et d'un temps absolus¹.

A notre avis, ce qui paraît distinguer avant tout la conception de Newton de celle d'Einstein, c'est que dans la première, on définit par exemple la longueur d'un corps en mouvement, comme si on pouvait la mesurer en utilisant des signaux qui se propageraient avec une « vitesse infinie ». Ce n'est évidemment pas là une conception expérimentale mais plutôt une conception « limite ». C'est elle cependant qui nous a servi jusqu'ici à définir l'espace et le temps absolus dans le cas des corps en mouvement.

Mais, en réalité, au point de vue expérimental aucun signal ne semble pouvoir se transmettre avec une vitesse supérieure à celle de la lumière. C'est donc forcément à l'aide de cette messagère que nous chercherons à effectuer nos mesures sur les corps en mouvement. Si d'autre part, abandonnant l'hypothèse peu satisfaisante d'un éther immobile, nous admettons avec Einstein que cette messagère chemine toujours avec la même vitesse par rapport à celui qui l'émet ou la renvoie², — ce qui nous ramène dans une certaine mesure vers l'ancienne théorie de l'émission, — nous sommes alors conduits aux formules de la relativité restreinte qui, ainsi que nous l'avons dit dans le cas de la dynamique électromagnétique relativiste, sont plus simples que celles d'une dynamique électromagnétique qui fait abstraction du principe de relativité. Vraisemblablement cette plus grande simplicité doit tenir au fait que ces formules sont établies en connexion plus directe avec l'expérience, alors que la messagère de vitesse infinie qui sert à définir une longueur ou une durée et qui indirectement intervient dans la dynamique newtonienne est une conception « limite » qui s'écarte davantage de la réalité expérimentale.

¹ Une tentative, fort intéressante paraît-il, a été faite récemment dans ce sens par M. Leroux.

² Principe de la constance de la vitesse de la lumière.

En définitive, on voit par ce qui précède que la différence des deux points de vue que nous venons de résumer aussi impartialement que possible, croyons nous, est d'ordre *métaphysique*; de ce fait il semble que l'on puisse en discuter indéfiniment. Mais outre que cette discussion est sans issue, elle est aussi sans intérêt pour le physicien, puisque nous ne disposons jusqu'ici d'aucun moyen expérimental permettant de décider entre l'une ou l'autre conception.

Pour le physicien, les faits et les résultats des formules de relativité doivent donc seuls compter. Et nous voyons à ce point de vue que ces formules ont donné une explication « commune » à des phénomènes de nature très diverse; à savoir: l'expérience de Michelson, celle de Fizeau reprise plus récemment par M. Zeemann avec plus de précision, la variation d'inertie des électrons cathodiques et celle des électrons β du radium en fonction de la vitesse, l'aberration stellaire, l'effet Doppler, etc., pour ne parler que du principe de relativité restreinte. Ces formules interviennent en outre avec succès dans la dynamique interne de l'atome.

De plus le principe de relativité a l'avantage de réunir en un seul principe les deux principes en quelque sorte fondamentaux de la physique: celui de la conservation de la masse et celui de la conservation de l'énergie; inertie et énergie n'étant plus alors que deux aspects d'une seule et même entité. Enfin, comme nous le rappelions tout à l'heure, les formules de la mécanique électromagnétique « relativiste » sont incomparablement plus simples que celles qui font abstraction de ce principe.

Quel que soit donc le point de vue métaphysique auquel un physicien désire se placer, on doit reconnaître que les formules de la relativité ont introduit un important élément d'unité et de simplicité dans la physique moderne et qu'elles constituent l'un des plus grands progrès qui aient été réalisés. L'ensemble des avantages qui en résultent est si grand et si général que l'on comprend fort bien que dans l'esprit d'un physicien ils aient pu conduire à un changement de sa conception métaphysique du temps et de l'espace, du moins tant qu'une démonstration satisfaisante de l'indépendance de ces deux notions n'aura pas été fournie.

3. — LA DISCONTINUITÉ DES PHÉNOMÈNES ET LA NOTION DE « LOIS STATISTIQUES ».

Le principe de relativité, nous venons de le voir, a suscité de violentes controverses, mais il a eu le mérite d'obliger les physiciens à un effort d'abstraction peu commun et de mettre ainsi nos modestes cerveaux humains à de rudes épreuves. Et, comme si ce n'était pas encore suffisant, voilà que les progrès de la science ont exigé de notre génération une nouvelle gymnastique intellectuelle, en introduisant dans l'explication des phénomènes élémentaires la notion du discontinu (*quanta*), de probabilités et de lois statistiques; et cela avec toutes les répercussions qui peuvent en résulter dans le domaine philosophique.

Après être devenue, au cours de ces cinquante dernières années *électromagnétique*, puis *relativiste*, la physique moderne tend de plus en plus à devenir *discontinue* et *statistique* dans ses origines mêmes. Le calcul des probabilités y prend une importance exceptionnelle et ce n'est peut-être pas là le côté le moins passionnant de cette prodigieuse évolution.

A ce propos, il n'est pas sans intérêt de rappeler que c'est à un savant suisse, le mathématicien bâlois Daniel Bernoulli, que l'on doit d'avoir le premier introduit dans sa théorie élémentaire des gaz la notion précise de « loi statistique ».

Lorsque nous avons devant nous une masse gazeuse contenue dans un récipient, pour une *température* déterminée, cette masse gazeuse occupe un certain *volume*, en même temps qu'elle est soumise à une certaine *pression*; et nous savons par expérience que ces trois grandeurs sont reliées par une loi particulièrement simple: la loi de Mariotte-Gay-Lussac.

Or Bernoulli fut le premier à montrer que le rapport si simple qui unit le volume et la pression d'un gaz n'était qu'un résultat statistique; qu'en particulier la pression qui s'exerce sur les parois du récipient résultait d'innombrables chocs moléculaires. Les idées de Bernoulli furent, comme on sait, reprises plus tard, notamment par Maxwell, Boltzmann et plus récemment par Jeans qui donnèrent à cette théorie ciné-

tique des gaz une forme précise et en quelque sorte définitive, en y faisant même intervenir les quanta.

Mais le fait qui doit surtout retenir ici notre attention est que la simplicité relative de la loi de Mariotte-Gay-Lussac, résulterait du fait que l'on envisage des milliards de milliards de molécules et qu'il se produit alors des compensations statistiques qui simplifient considérablement l'apparence du phénomène à notre échelle. Si, au lieu d'expérimenter sur d'innombrables molécules, on avait eu à envisager le cas de trois ou quatre molécules seulement en présence, on se serait trouvé en face d'un problème quasi inextricable, dont la complexité dépasserait apparemment de beaucoup celle que les astronomes ont rencontrée dans l'étude du problème des trois corps, difficultés contre lesquelles ils se débattent depuis si longtemps.

Mais cette notion de «loi statistique», qui prit naissance avec la théorie cinétique des gaz, s'étendit bientôt à d'autres domaines. Elle fut en particulier appliquée avec succès par Boltzmann et par Gibbs, au second principe de la thermodynamique, qui devint, ainsi que nous allons le voir, un véritable principe d'évolution des phénomènes physico-chimiques à notre échelle.

Clausius avait en effet montré qu'une certaine fonction des variables dont dépend l'état d'un corps, la «fonction entropique», prenait dans un système supposé isolé des valeurs de plus en plus grandes au fur et à mesure qu'on laissait évoluer le système et que les phénomènes physico-chimiques se déroulaient à son intérieur.

Le mérite de Boltzmann est d'avoir montré qu'il y avait un parallélisme complet entre la fonction entropique d'un système de corps et la probabilité qu'avait ce système de se trouver dans cet état déterminé. L'augmentation spontanée de l'entropie de Clausius n'était donc en définitive qu'une évolution naturelle du système vers les états de plus grande probabilité; et cette évolution devait se poursuivre jusqu'à ce que cette probabilité devint un *maximum* (dans le sens analytique du mot), le système atteignant alors un *état d'équilibre*.

Par cette conception, développée également par Gibbs et

d'autres auteurs dans le cas des équilibres physico-chimiques, le second principe de la thermodynamique devint, on le voit, un principe général d'évolution qui, dans le cas particulier des phénomènes physico-chimiques à notre échelle, prend une extrême précision en vertu même de ce qu'on appelle la loi des grands nombres. Cette loi n'intervient d'ailleurs que lorsque les éléments de la statistique deviennent extrêmement nombreux, ce qui est presque toujours le cas dans les phénomènes physico-chimiques que nous observons à notre échelle.

Mais à l'heure actuelle cette notion de « loi statistique et de probabilité » tend à envahir non seulement le domaine physico-chimique à notre échelle, mais aussi ce sous-sol invisible que l'on appelle le monde intra-atomique. Avec la théorie des quanta, nous voyons partout le discontinu se substituer au continu et les probabilités régner en maîtresses. Il semblerait même que dans ce domaine ultime, les derniers éclairs de connaissance que nous livre l'expérience ne seraient encore que des vérités statistiques.

Qu'on nous permette d'illustrer par un exemple ce qui distingue l'ancienne et la nouvelle conception. Soit un système de franges lumineuses et obscures dues à des phénomènes d'interférence. L'ancienne doctrine considérait la formation de ces franges comme résultant de la superposition d'ondes lumineuses, se propageant selon des lois inéluctables et transportant de l'énergie. Dans la nouvelle conception des quanta on dira qu'une frange d'interférence est lumineuse parce que la probabilité qu'il y ait dans cette région de l'espace un grand nombre de photons (grains de lumière) est voisine de l'unité, c'est-à-dire de la certitude; de même une frange d'interférence n'est obscure que parce que la probabilité qu'il y ait des photons dans cette région est pratiquement nulle. Néanmoins les intensités lumineuses peuvent dans les deux conceptions se calculer avec une grande précision pour chaque région de l'espace. Dans la première conception parce que l'on suppose des lois inéluctables et dans la seconde parce que les probabilités qui régissent la distribution des photons de lumière font toujours intervenir un très grand nombre d'éléments et deviennent

pratiquement des certitudes. Pour cette raison la répartition de la lumière et de l'obscurité dans un système de franges d'interférences est soumise à un déterminisme statistique très précis, qui pratiquement se confond avec un déterminisme absolu.

De façon générale on peut donc dire que le déterminisme est «sauvé», mais dans le premier cas c'était un déterminisme absolu; dans le second c'est un déterminisme statistique qui ne doit sa précision qu'à la loi des grands nombres. Au point de vue expérimental, le résultat est pratiquement le même; au point de vue philosophique, les deux conceptions sont diamétralement opposées.

Mais si pénétrant plus profondément dans l'intimité des phénomènes on cherche à les serrer de plus près; si l'on s'efforce de les limiter à des domaines suffisamment exigus dans lesquels vraisemblablement le nombre des éléments en jeu devient de plus en plus petit, on tombe alors dans l'incertitude et l'indétermination et il ne devient plus possible de parler de déterminisme au sens que l'on attribue généralement à ce terme. A ce point de vue la constante de Planck ne serait-elle pas comme la «borne limite» d'un déterminisme statistique précis dans le domaine intra-atomique? (Principe d'indétermination).

RÉPERCUSSION SUR LA PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE.

Nous venons de voir que la substitution de plus en plus générale des lois statistiques aux lois individuelles tend toujours plus à transformer le déterminisme absolu en un déterminisme «statistique». Chaque fois en effet que l'on cherche à atteindre le déterminisme absolu il semble qu'il échappe, et jusqu'ici on n'est pas encore parvenu à l'introduire dans ce sous-sol invisible où nous localisons les phénomènes intra-atomiques. En d'autres mots, on n'a pas réussi jusqu'ici à édifier dans ce sous-sol des systèmes qui, d'une part, obéiraient comme la mécanique céleste à un déterminisme absolu et qui, d'autre part, auraient pour

conséquence les phénomènes que nous observons à notre échelle, seul contrôle dont nous disposons d'ailleurs pour juger de la valeur de nos hypothèses.

On crut parfois, il est vrai, atteindre ce déterminisme absolu en supposant qu'à l'origine des phénomènes se trouvaient des systèmes d'ondes analogues à celles que nous observons à notre échelle, c'est-à-dire qui auraient obéi à un déterminisme rigoureux en transportant de l'énergie. Mais on ne tarda pas à reconnaître qu'il fallait déchanter. Non seulement ces ondes devaient se propager dans des milieux polydimensionnels, c'est-à-dire dans des milieux que nous ne pouvons nous représenter que par des formules; mais on dut admettre en outre que ces ondes ne transportaient pas de l'énergie comme nos ondes matérielles, mais qu'elles permettaient seulement de calculer, avec une grande précision il est vrai dans bien des cas, la « répartition probable » de cette énergie.

En résumé, on est obligé de reconnaître qu'à l'heure actuelle on n'est pas encore parvenu à rejoindre le déterminisme « absolu » à l'origine même des phénomènes. En sera-t-il toujours ainsi? Nul ne pourrait l'affirmer présentement, mais il n'en demeure pas moins que cette incertitude, cette indétermination si l'on veut, qui règne à l'origine même des phénomènes, élargit considérablement les possibilités philosophiques et qu'en particulier on n'est plus en droit d'affirmer scientifiquement que seul un déterminisme absolu originel préside à l'évolution du monde où nous vivons, comme l'imaginait Laplace.

CONCLUSIONS.

Comparons en terminant notre point de départ et notre point actuel d'arrivée.

Dans l'ancienne physique, nous trouvons à la base un déterminisme absolu et une simplicité relative des phénomènes élémentaires à leur origine.

Dans la physique nouvelle, nous voyons de plus en plus ce déterminisme absolu se transformer en un déterminisme statis-

tique plus large. En outre les phénomènes élémentaires qui paraissent simples aux yeux des contemporains de Laplace, se sont révélés, à leur origine même, d'une extrême complexité; ils constituent comme un monde nouveau dans lequel le déterminisme statistique semble devoir aussi régner en maître.

Cette double tendance devait naturellement avoir une répercussion profonde sur l'évolution de la pensée philosophique. Lorsque les domaines envisagés deviennent suffisamment petits, lorsque les éléments statistiques deviennent de moins en moins nombreux, apparaissent alors des incertitudes, des indéterminations qui ouvrent à la philosophie en général des horizons beaucoup plus larges et n'excluent même pas scientifiquement l'intervention possible de quelque volonté ou de quelque libre-arbitre, qu'il est préférable et prudent de ne pas vouloir localiser puisque nous comprenons à peine ce que c'est que l'espace.

Mais si les découvertes impressionnantes de la physique au cours de ces cinquante dernières années ont transformé en quelque sorte le mode de penser des physiciens, l'avenir qui s'ouvre à la génération actuelle n'est pas moins riche de promesses.

La génération qui se lève aura à nous expliquer d'abord la véritable signification de cette constante de Planck, qui intervient et règne en maîtresse dans toute la physique intra-atomique. En outre, avec les rayons cosmiques, avec la physique nucléaire, c'est tout un monde nouveau qui s'ouvre à ses recherches. Les jeunes physiciens auront à préciser les conditions dans lesquelles s'effectuent ces transmutations d'atomes les uns dans les autres, la création même de nouvelles espèces d'atomes; toutes choses que l'ancienne physique avait cru devoir déclarer impossibles. Enfin ils auront à étudier dans quelle mesure les atomes sont susceptibles d'exploser en libérant une énergie qui semble pouvoir dépasser toute imagination.

En face de ce monde nouveau, les jeunes physiciens, comme l'a si heureusement écrit M. Louis de Broglie¹, se trouvent

¹ L. DE BROGLIE, *La Physique nouvelle et les Quanta* p. 303. Flammarion, 1937.

dans la situation des hardis navigateurs qui, pour la première fois parcourant les mers australes, voyaient surgir des étoiles et des constellations nouvelles. Il cite à ce propos les beaux vers du poète José-Maria de Heredia dans « Les Conquérants »:

*Et penchés à l'avant des blanches caravelles
Ils regardaient monter dans des cieux ignorés
Du fond de l'Océan des étoiles nouvelles.*

Comme ces hardis navigateurs, la vaillante phalange des jeunes physiciens voit monter chaque jour du fond de l'Océan scientifique de nouvelles et de brillantes étoiles qui illumineront toujours davantage de leur mystérieuse clarté la pensée des savants et des philosophes.

Genève, le 20 janvier 1940.
