

Martes Lophin - Sc 2

P. Duhem (1906). *Théorie et explication métaphysique*.
- que. *Théorie physique et clarification métaphysique*.
Dr. P. Duhem. *La théorie physique. Son objet - Sa*
validité. pp. 3-21 et pp. 23-40. Paris = Vrin, 1981.

PREMIERE PARTIE

L'OBJET DE LA THÉORIE PHYSIQUE

CHAPITRE PREMIER

THÉORIE PHYSIQUE ET EXPLICATION MÉTAPHYSIQUE

§ I. — *La théorie physique considérée comme explication.*

La première question que nous rencontrons est celle-ci : *Quel est l'objet d'une théorie physique ?* A cette question, on a fait des réponses diverses qui, toutes, peuvent se ramener à deux chefs principaux :

Une théorie physique, ont répondu certains logiciens, a pour objet l'EXPLICATION d'un ensemble de lois expérimentalement établies.

Une théorie physique, ont dit d'autres penseurs, est un système abstrait qui a pour but de RÉSUMER et de CLASSER LOGIQUEMENT un ensemble de lois expérimentales, sans prétendre expliquer ces lois.

Nous allons examiner successivement ces deux réponses et peser les raisons que nous avons d'admettre ou de rejeter chacune d'elles. Nous commenterons par la première, par celle qui regarde une théorie physique comme une explication.

Qu'est-ce, d'abord, qu'une *explication* ? Expliquer, *explicare*, c'est dépouiller la réalité des

apparences qui l'enveloppent comme des voiles, afin de voir cette réalité nue et face à face.

L'observation des phénomènes physiques ne nous met pas en rapport avec la réalité qui se cache sous les apparences sensibles, mais avec ces apparences sensibles elles-mêmes, prises sous forme particulière et concrète. Les lois expérimentales n'ont pas d'avantage pour objet la réalité matérielle ; elles traitent de ces mêmes apparences sensibles, prises, il est vrai, sous forme abstraite et générale. Dépouillant, déchirant les voiles de ces apparences sensibles, la théorie va, en elles et sous elles, chercher ce qui est réellement dans les corps.

Par exemple, des instruments à cordes ou à vent ont produit des sons que nous avons écoutés attentivement, que nous avons entendus se renforcer ou s'affaiblir, monter ou descendre, se nuancer de mille manières produisant en nous des sensations auditives, des émotions musicales : voilà des faits *acoustiques*.

Ces sensations particulières et concrètes, notre intelligence, suivant les lois qui président à son fonctionnement, leur a fait subir une élaboration qui nous a fourni des notions générales et abstraites : intensité, hauteur, octave, accord parfait majeur ou mineur, timbre, etc. Les *lois expérimentales de l'Acoustique* ont pour objet d'énoncer des rapports fixes entre ces notions et d'autres notions également abstraites et générales. Une loi, par exemple, nous enseigne quelle relation existe entre les dimensions de deux cordes de même métal qui rendent deux sons de même hauteur ou deux sons à l'octave l'un de l'autre.

Mais ces notions abstraites, intensité d'un son, hauteur, timbre, figurent seulement à notre raison les caractères généraux de nos perceptions sonores ; elles lui font connaître le son tel qu'il est par rapport

à nous, non tel qu'il est en lui-même, dans les corps sonores. Cette réalité, dont nos sensations ne sont que le dehors et que le voile, les *théories acoustiques* vont nous la faire connaître. Elles vont nous apprendre que là où nos perceptions saisissent seulement cette apparence que nous nommons le son, il y a, en réalité, un mouvement périodique, très petit et très rapide ; que l'intensité et la hauteur ne sont que les aspects extérieurs de l'amplitude et de la fréquence de ce mouvement ; que le timbre est l'apparente manifestation de la structure réelle de ce mouvement, la sensation complexe qui résulte des divers mouvements pendulaires en lesquels on le peut disséquer ; les théories acoustiques sont donc des explications.

L'explication que les théories acoustiques donnent des lois expérimentales qui régissent les phénomènes sonores atteint la certitude ; les mouvements auxquels elles attribuent ces phénomènes, elles peuvent, dans un grand nombre de cas, nous les faire voir de nos yeux, nous les faire toucher du doigt.

Le plus souvent, la théorie physique ne peut atteindre ce degré de perfection ; elle ne peut se donner pour une *explication certaine* des apparences sensibles ; la réalité qu'elle proclame résider sous ces apparences, elle ne peut la rendre accessible à nos sens ; elle se contente alors de prouver que toutes nos perceptions se produisent *comme si* la réalité était ce qu'elle affirme ; une telle théorie est une *explication hypothétique*

Prenons, par exemple, l'ensemble des phénomènes observés par le sens de la vue ; l'analyse rationnelle de ces phénomènes nous amène à concevoir certaines notions abstraites et générales exprimant les caractères que nous retrouvons en toute perception lumineuse : couleur simple ou complexe, éclat, etc. Les lois expérimentales de l'Optique nous font connaître

des rapports fixes entre ces notions abstraites et générales et d'autres notions analogues ; une loi, par exemple, relie l'intensité de la lumière jaune réfléchie par une lame mince à l'épaisseur de cette lame et à l'angle d'incidence des rayons qui l'éclairent.

De ces lois expérimentales, la théorie vibratoire de la lumière donne une explication hypothétique. Elle suppose que tous les corps que nous voyons, que nous sentons, que nous pesons, sont plongés dans un milieu, inaccessible à nos sens et impondérable, qu'elle nomme *éther* ; à cet éther, elle attribue certaines propriétés mécaniques ; elle admet que toute lumière simple est une vibration transversale, très petite et très rapide, de cet éther, que la fréquence et l'amplitude de cette vibration caractérisent la couleur de cette lumière et son éclat ; et, sans pouvoir nous faire percevoir l'éther, sans nous mettre à même de constater *de visu* le va-et-vient de la vibration lumineuse, elle s'efforce de prouver que ses postulats entraînent des conséquences conformes de tout point aux lois que nous fournit l'Optique expérimentale.

§ II. — *Selon l'opinion précédente, la Physique théorique est subordonnée à la Métaphysique.*

Si une théorie physique est une explication, elle n'a pas atteint son but tant qu'elle n'a pas écarté toute apparence sensible pour saisir la réalité physique. Par exemple, les recherches de Newton sur la dispersion de la lumière nous ont appris à décomposer la sensation que nous fait éprouver un éclaircissement tel que celui qui émane du soleil ; elles nous ont enseigné que cet éclaircissement est complexe, qu'il se résout en un certain nombre d'éclaircissements plus simples, doués, chacun, d'une couleur déterminée et invariable ; mais ces

éclaircissements simples ou monochromatiques sont les représentations abstraites et générales de certaines sensations ; ce sont des apparences sensibles ; nous avons dissocié une apparence compliquée en d'autres apparences plus simples ; mais nous n'avons pas atteint des réalités, nous n'avons pas donné une explication des effets colorés, nous n'avons pas construit une théorie optique.

Ainsi donc, pour juger si un ensemble de propositions constitue ou non une théorie physique il nous faut examiner si les notions qui relient ces propositions expriment, sous forme abstraite et générale, les éléments qui constituent réellement les choses matérielles ; ou bien si ces notions représentent seulement les caractères universels de nos perceptions.

Pour qu'un tel examen ait un sens, pour qu'on puisse se proposer de le faire, il faut, tout d'abord, qu'on regarde comme certaine cette affirmation : Sous les apparences sensibles que nous révèlent nos perceptions, il y a une réalité, distincte de ces apparences.

Ce point accordé, hors duquel la recherche d'une explication physique ne se concevrait pas, il n'est pas possible de reconnaître qu'on a atteint une semblable explication, tant qu'on n'a pas répondu à cette autre question : Quelle est la nature des éléments qui constituent la réalité matérielle ?

Or, ces deux questions :

Existe-t-il une réalité matérielle distincte des apparences sensibles ?

De quelle nature est cette réalité ?

ne ressortissent point à la méthode expérimentale ; celle-ci ne connaît que des apparences sensibles et ne saurait rien découvrir qui les dépasse. La solution de ces questions est transcendante aux méthodes

d'observation dont use la Physique ; elle est objet de Métaphysique.

Donc, si les théories physiques ont pour objet d'expliquer les lois expérimentales, la Physique théorique n'est pas une science autonome ; elle est subordonnée à la Métaphysique.

§ III. — Selon l'opinion précédente, la valeur d'une théorie physique dépend du système métaphysique qu'on adopte.

Les propositions qui composent les sciences purement mathématiques sont, au plus haut degré, des vérités de consentement universel ; la précision du langage, la rigueur des procédés de démonstration ne laissent place à aucune divergence durable entre les vues des divers géomètres ; à travers les siècles, les doctrines se développent par un progrès continu, sans que les conquêtes nouvelles fassent rien perdre des domaines antérieurement acquis.

Il n'est aucun penseur qui ne souhaite à la science qu'il médite un cours aussi paisible et aussi régulier que celui des Mathématiques ; mais s'il est une science pour laquelle ce vœu puisse sembler particulièrement légitime, c'est bien la Physique théorique ; car, de toutes les branches de connaissances, elle est assurément celle qui s'écarte le moins de l'Algèbre et de la Géométrie.

Or, mettre les théories physiques dans la dépendance de la Métaphysique, ce n'est certes pas le moyen de leur assurer le bénéfice du consentement universel. En effet, aucun philosophe, si confiant qu'il soit dans la valeur des méthodes qui servent à traiter des problèmes métaphysiques, ne saurait contester cette vérité de fait : Qu'on passe en revue tous les domaines

où s'exerce l'activité intellectuelle de l'homme ; en aucun de ces domaines, les systèmes éclorent à des époques différentes, ni les systèmes contemporains issus d'Écoles différentes, n'apparaîtront plus profondément distincts, plus durement séparés, plus violemment opposés, que dans le champ de la Métaphysique.

Si la Physique théorique est subordonnée à la Métaphysique, les divisions qui séparent les divers systèmes métaphysiques se prolongeront dans le domaine de la Physique. Une théorie physique, réputée satisfaisante par les sectateurs d'une École métaphysique, sera rejetée par les partisans d'une autre École.

Considérons, par exemple, la théorie des actions que l'aimant exerce sur le fer, et supposons, pour un instant, que nous soyons péripatéticiens.

Que nous enseigne, au sujet de la nature réelle des corps, la *Métaphysique* d'Aristote ? Toute substance et, particulièrement, toute substance matérielle, résulte de l'union de deux éléments, l'un permanent, la *matière*, l'autre variable, la *forme* ; par la permanence de sa matière, le morceau de fer que j'ai sous les yeux demeure, toujours et en toutes circonstances, le même morceau de fer ; par les variations que sa forme subit, par les *altérations* qu'elle éprouve, les propriétés de ce même morceau de fer peuvent changer suivant les circonstances ; il peut être solide ou liquide, chaud ou froid, affecter telle ou telle figure.

Placé en présence d'un aimant, ce morceau de fer éprouve dans sa forme une altération spéciale, d'autant plus intense que l'aimant est plus voisin ; cette altération correspond à l'apparition de deux pôles ; elle est, pour le morceau de fer, un principe de mouvement ; la nature de ce principe est telle que chaque pôle tend à se rapprocher du pôle de nom contraire de l'aimant et à s'éloigner du pôle de même nom.

Telle est, pour un philosophe péripatéticien, la réalité qui se cache sous les phénomènes magnétiques ; lorsqu'on aura analysé tous ces phénomènes jusqu'à les réduire aux propriétés de la qualité *magnétique* et de ses deux pôles, on en aura donné une explication complète ; on en aura formulé une théorie pleinement satisfaisante. C'est une telle théorie qu'en 1629 construisait Nicolas Cabeo (1) dans sa remarquable *Philosophie magnétique*.

Si un péripatéticien se déclare satisfait de la théorie du magnétisme telle que la conçoit le P. Cabeo, il n'en sera plus de même d'un philosophe newtonien fidèle à la cosmologie du P. Boscovich.

Selon la Philosophie naturelle que Boscovich (2) a tirée des principes de Newton et de ses disciples, expliquer les lois des actions que l'aimant exerce sur le fer par une altération magnétique de la forme substantielle du fer, c'est ne rien expliquer du tout ; c'est proprement dissimuler notre ignorance de la réalité sous des mots d'autant plus sonores qu'ils sont plus creux.

La substance matérielle ne se compose pas de matière et de forme ; elle se résout en un nombre immense de points, privés d'étendue et de figure, mais doués de masse ; entre deux quelconques de ces points s'exerce une mutuelle action, attractive ou répulsive, proportionnelle au produit des masses des deux points et à une certaine fonction de la distance qui les sépare.

(1) *Philosophia magnetica, in qua magnetis natura penitus explicatur et omnium quæ hoc lapide cernuntur causæ propriæ afferuntur, multa quoque dicuntur de electricis et aliis attractionibus, et eorum causis* ; auctore NICOLAÛ CABEO FERRARIENSIS, Societ. Jesu ; Coloniae, apud Joannem Kinckium, anno MDCXXIX.

(2) *Theoria philosophiæ naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, auctore P. ROGERIO JOSEPHO BOSCOVICU, Societatis Jesu, Viennæ, MDCCLVIII.

Parmi ces points, il en est qui forment les corps proprement dits ; entre ces points-là, s'exerce une action mutuelle ; aussitôt que leur distance surpasse une certaine limite, cette action se réduit à la gravité universelle étudiée par Newton. D'autres, dépourvus de cette action de gravité, composent des fluides impondérables, tels que les fluides électriques et le fluide calorifique. Des suppositions convenables sur les masses de tous ces points matériels, sur leur distribution, sur la forme des fonctions de la distance dont dépendent leurs mutuelles actions devront rendre compte de tous les phénomènes physiques.

Par exemple, pour expliquer les effets magnétiques, on imagine que chaque molécule de fer porte des masses égales de fluide magnétique austral et de fluide magnétique boréal ; que, sur cette molécule, la distribution de ces fluides est régie par les lois de la Mécanique ; que deux masses magnétiques exercent l'une sur l'autre une action proportionnelle au produit de ces masses et à l'inverse du carré de leur mutuelle distance ; enfin, que cette action est répulsive ou attractive selon que les deux masses sont de même espèce ou d'espèces différentes. Ainsi s'est développée la théorie du Magnétisme qui, inaugurée par Franklin, par Épinus, par Tobias Mayer, par Coulomb, a pris son entier épanouissement dans les classiques mémoires de Poisson.

Cette théorie donne-t-elle, des phénomènes magnétiques, une explication capable de satisfaire un atomiste ? Assurément non. Entre des parcelles de fluide magnétique distantes les unes des autres, elle admet l'existence d'actions attractives ou répulsives ; or, pour un atomiste, de telles actions figurent des apparences ; elles ne sauraient être prises pour des réalités.

Selon les doctrines atomistiques, la matière se com-

pose de très petits corps durs et rigides, diversement figurés, répandus à profusion dans le vide ; séparés l'un de l'autre, deux tels corpuscules ne peuvent en aucune manière s'influencer ; c'est seulement lorsqu'ils viennent au contact l'un de l'autre que leurs deux impénétrabilités se heurtent et que leurs mouvements se trouvent modifiés suivant des lois fixes. Les grands, figures et masses des atomes, les règles qui président à leurs chocs, doivent fournir la seule explication satisfaisante que puissent recevoir les lois physiques.

Pour expliquer d'une façon intelligible les mouvements divers qu'un morceau de fer éprouve en présence d'un aimant, on devra imaginer que des torrents de corpuscules magnétiques s'échappent de l'aimant, en effluves pressés, bien qu'invisibles et impalpables, ou bien se précipitent vers lui ; dans leur course rapide, ces corpuscules heurtent de manières variées les molécules du fer et, de ces chocs, naissent les pressions qu'une philosophie superficielle attribuait à des attractions et à des répulsions magnétiques. Tel est le principe d'une théorie de l'aimantation déjà esquissée par Lucrece, développée au XVII^e siècle par Gassendi et souvent reprise depuis ce temps.

Ne se trouvera-t-il plus d'esprits, difficiles à contenter, qui reprochent à cette théorie de ne rien expliquer et de prendre les apparences pour des réalités ? Voici venir les Cartésiens.

Selon Descartes, la matière est essentiellement identique à l'étendue en longueur, largeur et profondeur dont discutent les géomètres ; on n'y doit rien considérer que diverses figures et divers mouvements. La matière cartésienne est, si l'on veut, une sorte de fluide immense, incompressible et absolument homogène. Les atomes durs et insécables, les vides qui les

séparent, autant d'apparences, autant d'illusions. Certaines portions du fluide universel peuvent être animées de mouvements tourbillonnaires persistants ; aux yeux grossiers de l'atomiste, ces tourbillons sembleront des corpuscules insécables. D'un tourbillon à l'autre, le fluide interposé transmet des pressions que le newtonien, par une insuffisante analyse, prendra pour des actions à distance. Tels sont les principes d'une Physique dont Descartes a tracé la première ébauche, que Malebranche a fouillée plus profondément, à laquelle W. Thomson, aidé par les recherches hydrodynamiques de Cauchy et de Helmholtz, a donné l'ampleur et la précision que comportent les doctrines mathématiques actuelles.

Cette Physique cartésienne ne saurait se passer d'une théorie du Magnétisme ; Descartes, déjà, s'était essayé à en construire une ; les tire-bouchons de *matière subtile* qui remplaçaient, dans cette théorie, non sans quelque naïveté, les corpuscules magnétiques de Gassendi ont cédé la place, chez les Cartésiens du XIX^e siècle, aux tourbillons plus savamment conçus par Maxwell.

Ainsi voyons-nous chaque École philosophique présenter une théorie qui ramène les phénomènes magnétiques aux éléments dont elle compose l'essence de la matière ; mais les autres Écoles repoussent cette théorie, où leurs principes ne leur laissent point reconnaître une explication satisfaisante de l'aimantation.

§ IV. — *La querelle des causes occultes.*

Il est une forme que prennent, le plus souvent, les reproches adressés par une École cosmologique à une autre École ; la première accuse la seconde de faire appel à des *causes occultes*.

Les grandes Écoles cosmologiques, l'École péripatéticienne, l'École newtonienne, l'École atomistique et l'École cartésienne, peuvent se ranger dans un ordre tel que chacune d'elles admette, dans la matière, un moindre nombre de propriétés essentielles que ne lui en attribuent les précédentes.

L'École péripatéticienne compose la substance des corps de deux éléments seulement, la matière et la forme ; mais cette forme peut être affectée de qualités dont le nombre n'est pas limité ; chaque propriété physique pourra ainsi être attribuée à une qualité spéciale ; qualité *sensible*, directement accessible à notre perception, comme la pesanteur, la solidité, la fluidité, le chaud, l'éclairement ; ou bien qualité *occulte* que, seuls, ses effets manifesteront d'une manière indirecte, comme l'aimantation ou l'électrisation.

Les Newtoniens rejettent cette multiplicité sans fin de qualités pour simplifier, à un haut degré, la notion de la substance matérielle ; aux éléments de la matière, ils laissent seulement masses, actions mutuelles et figures, quand ils ne vont pas, comme Boscovich et plusieurs de ses successeurs, jusqu'à les réduire à des points inétendus.

L'École atomistique va plus loin ; chez elle, les éléments matériels gardent masse, figure et dureté ; mais les forces par lesquelles ils se sollicitaient les uns les autres selon l'École newtonienne disparaissent du domaine des réalités ; elles ne sont plus regardées que comme des apparences et des fictions.

Enfin les Cartésiens poussent à l'extrême cette tendance à dépouiller la substance matérielle de propriétés variées ; ils rejettent la dureté des atomes, ils rejettent même la distinction du plein et du vide,

pour identifier la matière, selon le mot de Leibniz (1), avec « l'étendue et son changement tout nud ».

Ainsi chaque École cosmologique admet dans ses explications certaines propriétés de la matière que l'École suivante se refuse à prendre pour des réalités, qu'elle regarde simplement comme des mots désignant, sans les dévoiler, des réalités plus profondément cachées, qu'elle assimile, en un mot, aux *qualités occultes* créées avec tant de profusion par la Scolastique.

Que toutes les Écoles cosmologiques, autres que l'École péripatéticienne, se soient entendues pour reprocher à celle-ci l'arsenal de qualités qu'elle logeait dans la forme substantielle, arsenal qui s'enrichissait d'une qualité nouvelle chaque fois qu'il s'agissait d'expliquer un phénomène nouveau, il est à peine besoin de le rappeler. Mais la Physique péripatéticienne n'a pas été seule à essayer de tels reproches.

Les attractions et les répulsions, exercées à distance, dont les Newtoniens douent les éléments matériels, semblent, aux Atomistes et aux Cartésiens, une de ces explications purement verbales dont l'ancienne Scolastique était coutumière. Les *Principes* de Newton avaient à peine eu le temps de voir le jour qu'ils excitaient les sarcasmes du clan atomistique groupé autour de Huygens : « Pour ce qui est de la cause du reflux que donne M. Newton, écrivait Huygens à Leibniz (2), je ne m'en contente nullement, ni de toutes ses autres théories, qu'il basit sur son principe d'attraction, qui me paraît absurde. »

Si Descartes eût vécu à cette époque, il eût tenu un

(1) LEIBNIZ, *Œuvres*, édition GENNARDT, t. IV, p. 464.

(2) HUYGENS à Leibniz, 18 novembre 1690. (*Œuvres complètes* de Huygens, t. IX, p. 52).

langage analogue à celui de Huygens ; le P. Mersenne, en effet, lui avait soumis un ouvrage de Roberval (1) où cet auteur admettait, bien avant Newton, une gravitation universelle ; le 20 avril 1646, Descartes exprimait son avis en ces termes (2) :

« Rien n'est plus absurde que la supposition ajoutée à ce qui précède ; l'auteur suppose qu'une certaine propriété est inhérente à chacune des parties de la matière du monde et que, par la force de cette propriété, elles sont portées l'une vers l'autre et s'attirent mutuellement ; il suppose aussi qu'une propriété semblable est inhérente à chacune des parties terrestres, considérée dans ses rapports avec les autres parties terrestres, et que cette propriété ne gêne nullement la précédente. Pour comprendre cela, il faut non seulement supprimer que chacune des particules matérielles est animée, et même qu'elle est animée d'un grand nombre d'âmes diverses qui ne se gênent pas l'une l'autre, mais encore que ces âmes des particules matérielles sont douées de connaissance, et qu'elles sont vraiment divines, afin qu'elles puissent connaître sans aucun intermédiaire ce qui se passe en des lieux fort éloignés d'elles et y exercer leurs actions. »

Les Cartésiens s'accordent donc avec les Atomistes lorsqu'il s'agit de condamner comme qualité occulte l'action à distance que les Newtoniens invoquent dans leurs théories ; mais, se retournant ensuite contre les Atomistes, les Cartésiens traitent avec la même sévé-

(1) ARISTARCHI SAMII *De mundi systemate, partibus et motibus ejusdem, liber singularis* ; Parisiis, 1643. — Cet ouvrage fut reproduit en 1647, dans le volume III des *Cogitata physico-mathematica* de MERSENNE.

(2) DESCARTES, *Correspondance*, édition P. TANNER et Ch. ADAM, n° clix, l. IV, p. 396.

rité la dureté et l'indivisibilité que ceux-là attribuent à leurs corpuscules. « Une autre chose qui me fait de la peine, écrit (1) à l'atomiste Huygens le cartésien Denis Papin, c'est... que vous croyez que la dureté parfaite est de l'essence des corps ; il me semble que c'est là supposer une qualité inhérente qui nous éloigne des principes mathématiques ou mécaniques » L'atomiste Huygens, il est vrai, ne traitait pas moins durement l'opinion cartésienne : « Vostre autre difficulté, répond-il à Papin (2), est que je suppose que la dureté est de l'essence des corps, au lieu qu'avec M. des Cartes, vous n'y admettez que leur étendue. Par où je vois que vous ne vous estes pas encore défait de cette opinion que, depuis longtemps, j'estime très absurde. »

Il est clair qu'en mettant la Physique théorique sous la dépendance de la Métaphysique, on ne contribue point à lui assurer le bénéfice du consentement universel.

§ V. — *Aucun système métaphysique ne suffit à édifier une théorie physique.*

Chacune des Écoles métaphysiques reproche à ses rivaux de faire appel, dans ses explications, à des notions qui sont elles-mêmes inexpliquées, qui sont de véritables qualités occultes. Ce reproche, ne pourrait-elle pas, presque toujours, se l'adresser à elle-même ? Pour que les philosophes appartenant à une certaine École se déclarent pleinement satisfaits d'une théorie éditée par les physiciens de la même École, il

(1) Denis Papin à Christian Huygens, 18 juin 1690. (*Oeuvres complètes de Huygens*, t. IX, p. 429).

(2) Christian Huygens à Denis Papin, 2 septembre 1690. (*Oeuvres complètes de Huygens*, t. IX, p. 484).

faudrait que tous les principes employés dans cette théorie fussent déduits de la Métaphysique professés par cette École ; s'il est fait appel, au cours de l'explication d'un phénomène physique, à quelque loi que cette Métaphysique est impuissante à justifier, l'explication sera non avenue, la théorie physique aura manqué son but.

Or, aucune Métaphysique ne donne d'enseignements assez précis, assez détaillés, pour que, de ces enseignements, il soit possible de tirer tous les éléments d'une théorie physique.

En effet, les enseignements qu'une doctrine métaphysique fournit touchant la véritable nature des corps consistent, le plus souvent, en négations. Les Péripatéticiens, comme les Cartésiens, nient la possibilité d'un espace vide ; les Newtoniens rejettent toute qualité qui ne se réduit pas à une force exercée entre points matériels ; les Atomistes et les Cartésiens nient toute action à distance ; les Cartésiens ne reconnaissent, entre les diverses parties de la matière, aucune autre distinction que la figure et le mouvement.

Toutes ces négations sont propres à argumenter lorsqu'il s'agit de condamner une théorie proposée par une École adverse ; mais elles paraissent singulièrement stériles lorsqu'on en veut tirer les principes d'une théorie physique.

Descartes, par exemple, nie qu'il y ait, en la matière, autre chose que l'étendue en longueur, largeur et profondeur et ses divers modes, c'est-à-dire des figures et des mouvements ; mais, avec ces seules données, il ne peut même ébaucher l'explication d'une loi physique.

A tout le moins lui faudrait-il, avant d'essayer la construction d'aucune théorie, connaître les règles

générales qui président aux divers mouvements. Donc de ses principes métaphysiques, il va tenter, tout d'abord, de déduire une Dynamique.

La perfection de Dieu exige qu'il soit immuable dans ses desseins ; de cette immutabilité découle cette conséquence : Dieu maintient invariable, dans le monde, la quantité de mouvement qu'il lui a donnée au commencement.

Mais cette constance de la quantité de mouvement dans le monde n'est pas encore un principe assez précis, assez défini, pour qu'il nous soit possible d'écrire aucune équation de Dynamique ; il nous faut l'énoncer sous forme quantitative, et cela, en traduisant par une expression algébrique entièrement déterminée la notion, jusqu'ici trop vague, de *quantité de mouvement*.

Quel sera donc le sens mathématique attaché par le physicien aux mots *quantité de mouvement* ?

Selon Descartes, la quantité de mouvement de chaque particule matérielle sera le produit de sa masse — ou de son volume qui, en Physique cartésienne, est identique à sa masse — par la vitesse dont elle est animée ; la quantité de mouvement de la matière tout entière sera la somme des quantités de mouvement de ses diverses parties. Cette somme devra, en tout changement physique, garder une valeur invariable.

Assurément, la combinaison de grandeurs algébriques par laquelle Descartes se propose de traduire la notion de *quantité de mouvement* satisfait aux exigences que nos connaissances instinctives imposaient d'avance à une telle traduction. Nulle pour un ensemble immobile, elle est toujours positive pour un groupe de corps qu'agite un certain mouvement ; sa valeur croît lorsqu'une masse déterminée augmente la vi-

tesse de sa marche ; elle croit encore lorsqu'une vitesse donnée affecte une masse plus grande. Mais une infinité d'autres expressions eussent tout aussi bien satisfait à ces exigences ; à la vitesse, on aurait pu, notamment, substituer le carré de la vitesse ; l'expression algébrique obtenue eût alors coïncidé avec celle que Leibniz nommera *force vive* ; au lieu de tirer de l'immuableté divine la constance, dans le monde, de la quantité cartésienne de mouvement, on en eût déduit la constance de la force vive leibnizienne.

Ainsi, la loi que Descartes a proposé de mettre à la base de la Dynamique s'accorde, sans doute, avec la Métaphysique cartésienne ; mais elle n'en est pas une conséquence forcée ; lorsque Descartes ramène certains effets physiques à n'être que des conséquences d'une telle loi, il prouve, il est vrai, que ces effets ne contredisent pas à ses principes de philosophie, mais il n'en donne pas l'explication par ces principes.

Ce que nous venons de dire du Cartésianisme, on peut le répéter de toute doctrine métaphysique qui prétend aboutir à une théorie physique ; toujours, en cette théorie, certaines hypothèses sont posées, qui n'ont point pour fondements les principes de la doctrine métaphysique. Ceux qui suivent le sentiment de Boscovich admettent que toutes les attractions ou répulsions qui se font sentir à distance sensible varient en raison inverse du carré de la distance ; c'est cette hypothèse qui leur permet de construire une Mécanique céleste, une Mécanique électrique, une Mécanique magnétique ; mais cette forme de loi leur est dictée par le désir d'accorder leurs explications avec les faits, non par les exigences de leur Philosophie. Les Atomistes admettent qu'une certaine loi règle les chocs des corpuscules ; mais cette loi est une extension, singulièrement audacieuse, au monde des

atomes, d'une autre loi que permettent seules d'étudier les masses assez grandes pour tomber sous nos sens ; on ne la déduit point de la Philosophie épicurienne.

On ne saurait donc, d'un système métaphysique, tirer tous les éléments nécessaires à la construction d'une théorie physique ; toujours, celle-ci fait appel à des propositions que ce système n'a point fournies et qui, par conséquent, demeurent des mystères pour les partisans de ce système ; toujours, au fond des explications qu'elle prétend donner, gît l'inexpliqué.

CHAPITRE II

THÉORIE PHYSIQUE ET CLASSIFICATION NATURELLE

§ I. — *Quelle est la véritable nature d'une théorie physique et quelles opérations la constituent.*

En regardant une théorie physique comme une explication hypothétique de la réalité matérielle, on la place sous la dépendance de la Métaphysique. Par là, bien loin de lui donner une forme à laquelle le plus grand nombre des esprits puissent consentir, on en limite l'acceptation à ceux qui reconnaissent la philosophie dont elle se réclame. Mais ceux-là mêmes ne sauraient être pleinement satisfaits de cette théorie, car elle ne tire pas tous ses principes de la doctrine métaphysique dont elle prétend dériver.

Ces pensées, objets du précédent Chapitre, nous amènent tout naturellement à nous poser les deux questions suivantes :

Ne pourrait-on assigner à la théorie physique un objet tel qu'elle devint *autonome* ? Fondée sur des principes qui ne relèveraient d'aucune doctrine métaphysique, elle pourrait être jugée en elle-même, et sans que les opinions des divers physiciens à son égard dépendissent en rien des Écoles philosophiques diverses auxquelles ils peuvent appartenir.

Ne pourrait-on, pour construire une théorie physi-

que, concevoir une méthode qui fut *suffisante* ? Conséquente avec sa propre définition, la théorie n'emploierait aucun principe, ne recourrait à aucun procédé dont elle ne puisse légitimement faire usage.

Cet objet, cette méthode, nous nous proposons de les fixer et de les étudier :

Posons, dès maintenant, une définition de la théorie physique ; cette définition, la suite de cet écrit l'éclaircira et en développera tout le contenu :

Une théorie physique n'est pas une explication. C'est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentales.

Pour préciser déjà quelque peu cette définition, caractérisons les quatre opérations successives par lesquelles se forme une théorie physique :

1^o Parmi les propriétés physiques que nous nous proposons de représenter, nous choisissons celles que nous regarderons comme des propriétés *simples* et dont les autres seront censées des groupements ou des combinaisons. Nous leur faisons correspondre, par des méthodes de mesure appropriées, autant de symboles mathématiques, de nombres, de grandeurs ; ces symboles mathématiques n'ont, avec les propriétés qu'ils représentent, aucune relation de nature ; ils ont seulement avec elles une relation de signe à chose signifiée ; par les méthodes de mesure, on peut faire correspondre à chaque état d'une propriété physique une valeur du symbole représentatif et inversement.

2^o Nous relient entre elles les diverses sortes de grandeurs ainsi introduites par un petit nombre de propositions qui serviront de principes à nos déduc-

tions ; ces principes peuvent être nommés *hypothèses* au sens étymologique du mot, car ils sont vraiment les fondements sur lesquels s'édifiera la théorie ; mais ils ne prétendent en aucune façon énoncer des relations véritables entre les propriétés réelles des corps. Ces hypothèses peuvent donc être formulées d'une manière arbitraire. La contradiction logique, soit entre les termes d'une même hypothèse, soit entre diverses hypothèses d'une même théorie, est la seule barrière absolument infranchissable devant laquelle s'arrête cet arbitraire.

3^o Les divers principes ou hypothèses d'une théorie sont combinés ensemble suivant les règles de l'analyse mathématique. Les exigences de la logique algébrique sont les seules auxquelles le théoricien soit tenu de satisfaire au cours de ce développement. Les grandeurs sur lesquelles portent ses calculs ne prétendent point être des réalités physiques ; les principes qu'il invoque dans ses déductions ne se donnent point pour l'énoncé de relations véritables entre ces réalités ; il importe donc peu que les opérations qu'il exécute correspondent ou non à des transformations physiques réelles ou même concevables. Que ses syllogismes soient concluants et ses calculs exacts, c'est tout ce qu'on est alors en droit de réclamer de lui.

4^o Les diverses conséquences que l'on a ainsi tirées des hypothèses peuvent se traduire en autant de jugements portant sur les propriétés physiques des corps ; les méthodes propres à définir et à mesurer ces propriétés physiques sont comme le vocabulaire, comme la clé qui permet de faire cette traduction ; ces jugements, on les compare aux lois expérimentales que la théorie se propose de représenter ; s'ils concordent avec ces lois, au degré d'approximation que comportent les procédés de mesure employés, la théorie a

atteint son but, elle est déclarée bonne ; sinon, elle est mauvaise, elle doit être modifiée ou rejetée.

Ainsi, une théorie vraie, ce n'est pas une théorie qui donne, des apparences physiques, une explication conforme à la réalité ; c'est une théorie qui représente d'une manière satisfaisante un ensemble de lois expérimentales ; une théorie fautive, ce n'est pas une tentative d'explication fondée sur des suppositions contraires à la réalité ; c'est un ensemble de propositions qui ne concordent pas avec les lois expérimentales. *L'accord avec l'expérience est, pour une théorie physique, l'unique critérium de vérité.*

La définition que nous venons d'esquisser distingue, dans une théorie physique, quatre opérations fondamentales :

- 1^o La définition et la mesure des grandeurs physiques ;
 - 2^o Le choix des hypothèses ;
 - 3^o Le développement mathématique de la théorie ;
 - 4^o La comparaison de la théorie avec l'expérience.
- Chacune de ces opérations nous occupera longuement dans la suite de cet écrit, car chacune d'elles présente des difficultés qui réclament une minutieuse analyse ; mais, dès maintenant, il nous est possible de répondre à quelques questions, de réfuter quelques objections soulevées par la présente définition de la théorie physique.

§ II. — *Quelle est l'utilité d'une théorie physique ? — La théorie considérée comme une économie de la pensée.*

Et d'abord à quoi peut servir une telle théorie ?

— Touchant la nature même des choses, touchant les réalités qui se cachent sous les phénomènes dont nous

faisons l'étude, une théorie conçue sur le plan qui vient d'être tracé ne nous apprend absolument rien et ne prétend rien nous apprendre. A quoi donc est-elle utile ? Quel avantage les physiciens trouvent-ils à remplacer les lois que fournit directement la méthode expérimentale par un système de propositions mathématiques qui les représentent ?

Tout d'abord, à un très grand nombre de lois qui s'offrent à nous comme indépendantes les unes des autres, dont chacune doit être apprise et retenue pour son propre compte, la théorie substitue un tout petit nombre de propositions, les hypothèses fondamentales. Les hypothèses une fois connues, une déduction mathématique de toute sûreté permet de retrouver, sans omission ni répétition, toutes les lois physiques. Une telle condensation d'une foule de lois en un petit nombre de principes est un immense soulagement pour la raison humaine qui ne pourrait, sans un pareil artifice, emmagasiner les richesses nouvelles qu'elle conquiert chaque jour.

La réduction des lois physiques en théories contribue ainsi à cette *économie intellectuelle* en laquelle M. E. Mach (1) voit le but, le principe directeur de la Science.

La loi expérimentale représentait déjà une première économie intellectuelle. L'esprit humain avait devant lui un nombre immense de faits concrets, dont chacun se compliquait d'une foule de détails, dissemblables de l'un à l'autre ; aucun homme n'aurait pu embrasser et retenir la connaissance de tous

(1) E. MACH, *Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung* (Populärwissenschaftliche Vorlesungen, 3^e Auflage, Leipzig, 1903, xiii, p. 215). — *La Mécanique ; exposé historique et critique de son développement*, Paris, 1904, c. iv, art. 4 : *La Science comme économie de la pensée*, p. 449.

ces faits ; aucun n'aurait pu communiquer cette connaissance à son semblable. L'abstraction est entrée en jeu ; elle a fait tomber tout ce qu'il y avait de particulier, d'individuel dans chacun de ces faits ; de leur ensemble, elle a extrait seulement ce qu'il y avait en eux de général, ce qui leur était commun, et à cet encombrant amas de faits, elle a substitué une proposition unique, tenant peu de place dans la mémoire, aisée à transmettre par l'enseignement ; elle a formulé une loi physique.

« Au lieu, par exemple (1), de noter un à un les divers cas de réfraction de la lumière, nous pouvons les reproduire et les prévoir tous lorsque nous savons que le rayon incident, le rayon réfracté et la normale sont dans un même plan et que $\sin i = n \sin. r$. Au lieu de tenir compte des innombrables phénomènes de réfraction dans des milieux et sous des angles différents, nous n'avons alors qu'à observer la valeur de n en tenant compte des relations ci-dessus, ce qui est infiniment plus facile. La tendance à l'économie est ici évidente. »

L'économie que réalise la substitution de la loi aux faits concrets, l'esprit humain la redouble lorsqu'il condense les lois expérimentales en théories. Ce que la loi de la réfraction est aux innombrables faits de réfraction, la théorie optique l'est aux lois infiniment variées des phénomènes lumineux.

Parmi les effets de la lumière, il n'en est qu'un fort petit nombre que les Anciens eussent réduits en lois ; les seules lois optiques qu'ils connussent étaient la loi de la propagation rectiligne de la lumière et les lois de la réflexion ; ce maigre contingent s'accrut, à

(1) E. MACH, *La Mécanique ; exposé historique et critique de son développement*, Paris, 1904, p. 453.

l'époque de Descartes, de la loi de la réfraction. Une Optique aussi réduite pouvait se passer de théorie ; il était aisé d'étudier et d'enseigner chaque loi en elle-même.

Comment, au contraire, le physicien qui veut étudier l'Optique actuelle pourrait-il, sans l'aide d'une théorie, acquérir une connaissance, même superficielle, de ce domaine immense ? Effets de réfraction simple, de réfraction double par des cristaux uniaxes ou biaxes, de réflexion sur des milieux isotropes ou cristallisés, d'interférences, de diffraction, de polarisation par réflexion, par réfraction simple ou double, de polarisation chromatique, de polarisation rotatoire, etc., chacune de ces grandes catégories de phénomènes donne lieu à l'énoncé d'une foule de lois expérimentales dont le nombre, dont la complication, effrayeraient la mémoire la plus capable et la plus fidèle.

La théorie optique survient ; elle s'empare de toutes ces lois et les condense en un petit nombre de principes ; de ces principes, on peut toujours, par un calcul régulier et sûr, tirer la loi dont on veut faire usage ; il n'est donc plus nécessaire de garder la connaissance de toutes ces lois ; la connaissance des principes sur lesquels repose la théorie suffit.

Cet exemple nous fait saisir sur le vif la marche suivant laquelle progressent les sciences physiques ; sans cesse, l'expérimentateur met à jour des faits jusque-là insoupçonnés et formule des lois nouvelles ; et, sans cesse, afin que l'esprit humain puisse emmagasiner ces richesses, le théoricien imagine des représentations plus condensées, de systèmes plus économiques ; le développement de la Physique provoque une lutte continuelle entre « la nature qui ne se lasse pas de fournir » et la raison qui ne veut pas « se lasser de concevoir ».

§ III. — *La théorie considérée comme classification*

La théorie n'est pas seulement une représentation économique des lois expérimentales ; elle est encore une *classification* de ces lois.

La Physique expérimentale nous fournit les lois toutes ensemble et, pour ainsi dire, sur un même plan, sans les répartir en groupes de lois qu'unisse entre elles une sorte de parenté. Bien souvent, ce sont des causes tout accidentelles, des analogies toutes superficielles qui ont conduit les observateurs à rapprocher dans leurs recherches, une loi d'une autre loi. Newton a fixé dans un même ouvrage les lois de la dispersion de la lumière qui traverse un prisme et les lois des teintes dont se pare une bulle de savon, simplement parce que des couleurs éclatantes signalent aux yeux ces deux sortes de phénomènes.

La théorie au contraire, en développant les ramifications nombreuses du raisonnement déductif qui relie les principes aux lois expérimentales, établit, parmi celles-ci, un ordre et une classification ; il en est qu'elle réunit, étroitement serrées dans un même groupe ; il en est qu'elle sépare les unes des autres et qu'elle place en deux groupes extrêmement éloignés ; elle donne, pour ainsi parler, la table et les titres des chapitres entre lesquels se partagera méthodiquement la science à étudier ; elle marque les lois qui doivent se ranger sous chacun de ces chapitres.

Ainsi, près des lois qui régissent le spectre fourni par un prisme, elle range les lois auxquelles obéissent les couleurs de l'arc-en-ciel ; mais les lois selon lesquelles se succèdent les teintes des anneaux de Newton vont, en une autre région, rejoindre les lois des franges découvertes par Young et par Fresnel ; en

une autre catégorie, les élégantes colorations analysées par Grimaldi sont considérées comme parentes des spectres de diffraction produits par Fraunhofer. Les lois de tous ces phénomènes, que leurs éclatantes couleurs confondaient les uns avec les autres aux yeux du simple observateur, sont, par les soins du théoricien, classées et ordonnées.

Ces connaissances classées sont des connaissances d'un emploi commode et d'un usage sûr. Dans ces cas méthodiques où gisent, côte à côte, les outils qui ont un même objet, dont les cloisons séparent rigoureusement les instruments qui ne s'accrochent pas à la même besogne, la main de l'ouvrier saisit rapidement, sans tâtonnements, sans méprise, l'outil qu'il faut. Grâce à la théorie, le physicien trouve avec certitude, sans rien omettre d'utile, sans rien employer de superflu, les lois qui lui peuvent servir à résoudre un problème donné.

Partout où l'ordre règne, il amène avec lui la beauté ; la théorie ne rend donc pas seulement l'ensemble des lois physiques qu'elle représente plus aisé à manier, plus commode, plus utile ; elle le rend aussi plus beau.

Il est impossible de suivre la marche d'une des grandes théories de la Physique, de la voir dérouler majestueusement, à partir des premières hypothèses, ses déductions régulières ; de voir ses conséquences représenter, jusque dans le moindre détail, une foule de lois expérimentales, sans être séduit par la beauté d'une semblable construction, sans éprouver vivement qu'une telle création de l'esprit humain est vraiment une œuvre d'art.

§ IV. — *La théorie tend à se transformer en une classification naturelle* (1).

Cette émotion esthétique n'est pas le seul sentiment que provoque une théorie parvenue à un haut degré de perfection. Elle nous persuade encore de voir en elle une *classification naturelle*.

Et d'abord, qu'est-ce qu'une classification naturelle ? Qu'est-ce, par exemple, qu'un naturaliste entend dire en proposant une classification naturelle des vertébrés ?

La classification qu'il a imaginée est un ensemble d'opérations intellectuelles ; elle ne porte pas sur des individus concrets, mais sur des abstractions, les espèces ; ces espèces, elle les range en groupes dont les plus particuliers se subordonnent aux plus généraux ; pour former ces groupes, le naturaliste considère les divers organes, colonne vertébrale, crâne, cœur, tube digestif, poumon, vessie natatoire, non sous la forme particulière et concrète qu'ils prennent chez chaque individu, mais sous la forme abstraite, générale, schématique, qui convient à toutes les espèces d'un même groupe ; entre ces organes ainsi transfigurés par l'abstraction, il établit des comparaisons, il note des analogies et des différences ; par exemple, il déclare la vessie natatoire des poissons homologue du poumon des vertébrés ; ces homologues sont des rapprochements purement idéaux, ne portant point sur les organes réels, mais sur les conceptions généralisées et simplifiées qui se sont formées dans

(1) Nous avons déjà marqué la *classification naturelle* comme la forme idéale vers laquelle doit tendre la théorie physique dans *L'École anglaise et les théories physiques*, art. 6. (*Revue des questions scientifiques*, octobre 1893).

l'esprit du naturaliste ; la classification n'est qu'un tableau synoptique qui résume tous ces rapprochements.

Lorsque le zoologiste affirme qu'une telle classification est naturelle, il entend que ces liens idéaux établis par sa raison entre des conceptions abstraites, correspondent à des rapports réels entre les êtres concerts où ces abstractions prennent corps ; il entend, par exemple, que les ressemblances plus ou moins frappantes qu'il a notées entre diverses espèces sont l'indice d'une parenté proprement dite, plus ou moins étroite, entre les individus qui composent ces espèces ; que les accolades par lesquelles il traduit aux yeux la subordination des classes, des ordres, des familles, des genres, reproduisent les ramifications de l'arbre généalogique par lequel les vertébrés divers sont issus d'une même souche. Ces rapports de parenté réelle, de filiation, la seule Anatomie comparée ne saurait les atteindre ; les saisir en eux-mêmes, les mettre en évidence est affaire de Physiologie et de Paléontologie. Cependant, lorsqu'il contemple l'ordre que ses procédés de comparaison introduisent en la foule confuse des animaux, l'anatomiste ne peut ne pas affirmer ces rapports, dont la preuve est transcendante à ses méthodes. Et si la Physiologie et la Paléontologie lui démontreraient un jour que la parenté imaginée par lui ne peut être, que l'hypothèse transformiste est controuvée, il continuerait à croire que le plan tracé par sa classification figure entre les animaux des rapports réels ; il avouerait s'être trompé sur la nature de ces rapports, mais non sur leur existence.

L'aisance avec laquelle chaque loi expérimentale trouve sa place dans la classification créée par le physicien, la clarté éblouissante qui se répand sur cet

ensemble si parfaitement ordonné, nous persuadent d'une manière invincible qu'une telle classification n'est pas purement artificielle, qu'un tel ordre ne résulte pas d'un groupement purement arbitraire imposé aux lois par un organisateur ingénieux. Sans pouvoir rendre compte de notre conviction, mais aussi sans pouvoir nous en dégager, nous voyons dans l'exacte ordonnance de ce système la marque à laquelle se reconnaît une *classification naturelle* ; sans prétendre expliquer la réalité qui se cache sous les phénomènes dont nous groupons les lois, nous sentons que les groupements établis par notre théorie correspondent à des affinités réelles entre les choses mêmes.

Le physicien, qui voit en toute théorie une explication, est convaincu qu'il a saisi dans la *vibration lumineuse* le fond propre et intime de la qualité que nos sens nous manifestent sous forme de lumière et de couleur ; il croit à un corps, l'*éther*, dont les diverses parties sont animées, par cette vibration, d'un rapide mouvement de va-et-vient.

Certes, nous ne partageons pas ces illusions. Lorsqu'au cours d'une théorie optique, nous parlons encore de vibration lumineuse, nous ne songeons plus à un véritable mouvement de va-et-vient d'un corps réel ; nous imaginons seulement un grandeur abstraite, une pure expression géométrique dont la longueur, périodiquement variable, nous sert à énoncer les hypothèses de l'Optique, à retrouver, par des calculs réguliers, les lois expérimentales qui régissent la lumière. Cette vibration est pour nous une *représentation* et non pas une *explication*.

Mais lorsqu'après de longs tâtonnements, nous sommes parvenus à formuler, à l'aide de cette vibration, un corps d'hypothèses fondamentales ; lorsque

nous voyons, sur le plan tracé par ces hypothèses, l'immense domaine de l'Optique, jusque-là si touffu et si confus, s'ordonner et s'organiser, il nous est impossible de croire que cet ordre et que cette organisation ne soient pas l'image d'un ordre et d'une organisation réels ; que les phénomènes qui se trouvent, par la théorie, rapprochés les uns des autres, comme les franges d'interférence et les colorations des lames minces, ne soient pas en vérité des manifestations peu différentes d'un même attribut de la lumière ; que les phénomènes séparés par la théorie, comme les spectres de diffraction et les spectres de dispersion, n'aient pas des raisons d'être essentiellement différentes.

Ainsi, la théorie physique ne nous donne jamais l'explication des lois expérimentales ; jamais elle ne nous découvre les réalités qui se cachent derrière les apparences sensibles ; mais plus elle se perfectionne, plus nous pressentons que l'ordre logique dans lequel elle range les lois expérimentales est le reflet d'un ordre ontologique ; plus nous soupçonnons que les rapports qu'elle établit entre les données de l'observation correspondent à des rapports entre les choses (1) ; plus nous devinons qu'elle tend à être une classification naturelle.

De cette conviction, le physicien ne saurait rendre compte ; la méthode dont il dispose est bornée aux données de l'observation ; elle ne saurait donc prouver que l'ordre établi entre les lois expérimentales reflète un ordre transcendant à l'expérience ; à plus forte raison ne saurait-elle soupçonner la nature des rapports réels auxquels correspondent les relations établies par la théorie.

(1) Cf. POINCARÉ : *La Science et l'Hypothèse*, p. 190, Paris, 1903.

Mais cette conviction, que le physicien est impuissant à justifier, il est non moins impuissant à y soustraire sa raison. Il a beau se pénétrer de cette idée que ses théories n'ont aucun pouvoir pour saisir la réalité, qu'elles servent uniquement à donner des lois expérimentales une représentation résumée et classée; il ne peut se forcer à croire qu'un système capable d'ordonner si simplement et si aisément un nombre immense de lois, de prime abord si disparates, soit un système purement artificiel; par une intuition où Pascal eût reconnu une de ces raisons du cœur « que la raison ne connaît pas », il affirme sa foi en un ordre réel dont ses théories sont une image, de jour en jour plus claire et plus fidèle.

Ainsi l'analyse des méthodes par lesquelles s'édifient les théories physiques nous prouve, avec une entière évidence, que ces théories ne sauraient se poser en explication des lois expérimentales; et, d'autres part, un acte de foi que cette analyse est incapable de justifier, comme elle est impuissante à le refrener, nous assure que ces théories ne sont pas un système purement artificiel, mais une classification naturelle. Et l'on peut, ici, appliquer cette profonde pensée de Pascal: « Nous avons une impuissance de prouver invincible à tout le Dogmatisme; nous avons une idée de la vérité invincible à tout le Pyrrhonisme. »

§ V. — *La théorie devant l'expérience.*

Il est une circonstance où se marque, avec une netteté particulière, notre croyance au caractère naturel d'une classification théorique; cette circonstance se présente lorsque nous demandons à la théorie de nous annoncer les résultats d'une expérience avant que cette expérience n'ait été réalisée, lorsque nous lui

enjoignons cet ordre audacieux: « Prophétise-nous ».

Un ensemble considérable de lois expérimentales avait été établi par les observateurs; le théoricien s'est proposé de les condenser en un tout petit nombre d'hypothèses, et il y est parvenu; chacune des lois expérimentales est correctement représentée par une conséquence de ces hypothèses.

Mais les conséquences qu'on peut tirer de ces hypothèses sont en nombre illimité; on en peut donc déduire qui ne correspondent à aucune des lois expérimentales précédemment connues, qui représentent simplement des lois expérimentales possibles.

Parmi ces conséquences, il en est qui ont trait à des circonstances pratiquement réalisables; elles sont particulièrement intéressantes, car elles pourront être soumise au contrôle des faits. Si elles représentent exactement les lois expérimentales qui régissent ces faits, la valeur de la théorie s'en trouvera accrue; le domaine sur lequel elle règne s'annexera des lois nouvelles. Si, au contraire, parmi ces conséquences, il en est une qui soit nettement en désaccord avec les faits dont elle devrait représenter la loi, la théorie proposée devra être plus ou moins modifiée, peut-être entièrement rejetée.

Or, au moment de confronter les prévisions de la théorie avec la réalité, supposons qu'il faille parler pour ou contre la théorie; de quel côté mettrons-nous notre gage?

Si la théorie est un système purement artificiel, si nous voyons dans les hypothèses sur lesquelles elle repose des énoncés qui ont été habilement agencés de telle sorte qu'ils représentent les lois expérimentales déjà connues, mais si nous n'y soupçonnons aucun reflet des rapports véritables entre les réalités qui se cachent à nos yeux, nous penserons qu'une telle

théorie doit attendre, d'une loi nouvelle, plutôt un démenti qu'une confirmation ; que, dans l'espace laissé libre entre les cases ajustées pour d'autres lois, la loi, jusque-là inconnue, trouve une case toute prête, où elle se puisse loger exactement, ce sera merveilleux hasard, en l'espoir duquel nous serions bien fous de risquer notre enjeu.

Si, au contraire, nous reconnaissons dans la théorie une classification naturelle, si nous sentons que ses principes expriment, entre les choses, des rapports profonds et véritables, nous ne nous étonnerons pas de voir ses conséquences devancer l'expérience et provoquer la découverte de lois nouvelles ; hardiment, nous parlerons en sa faveur.

Demander à une classification de marquer par avance leur place à des êtres que l'avenir seul découvrirait, c'est donc, au plus haut degré, déclarer que nous tenons cette classification pour naturelle ; et lorsque l'expérience vient confirmer les prévisions de notre théorie, nous sentons se fortifier en nous cette conviction que les relations établies par notre raison entre des notions abstraites correspondent vraiment à des rapports entre les choses.

Ainsi la moderne notation chimique, en s'aidant des formules développées, établit une classification où se rangent les divers composés. L'ordre merveilleux que cette classification met dans le formidable arsenal de la Chimie nous assure déjà qu'elle n'est pas un système purement artificiel ; les liens d'analogue et de dérivation par substitution qu'elle établit entre les divers composés n'ont de sens que dans notre esprit ; et, cependant, nous sommes persuadés qu'ils correspondent, entre les substances mêmes, à des relations de parenté dont la nature nous demeure profondément cachée, mais dont la réalité ne nous

semble pas douteuse. Néanmoins, pour que cette persuasion se change en une invincible certitude, il faut que nous voyions la théorie chimique écrire d'avance les formules d'une multitude de corps et, docile à ces indications, la synthèse réaliser une foule de substances dont, avant même qu'elles ne fussent, nous connaissions la composition et mainte propriété.

De même que les synthèses annoncées d'avance consacrent la notation chimique comme classification naturelle, de même, la théorie physique prouvera qu'elle est le reflet d'un ordre réel en devançant l'observation.

Or, l'histoire de la Physique nous fournit une foule d'exemples de cette clairvoyante divination ; maintes fois, une théorie a prévu des lois non encore observées, voire des lois qui paraissaient invraisemblables, provoquant l'expérimentateur à les découvrir et le guidant vers cette découverte.

L'Académie des Sciences avait mis au concours, pour le prix de Physique qu'elle devait décerner dans la séance publique du mois de mars 1819, l'examen général des phénomènes de la diffraction de la lumière ; des deux mémoires présentés, l'un, celui qui fut couronné, avait Fresnel pour auteur ; Biot, Arago, Laplace, Gay-Lussac et Poisson composaient la commission.

Des principes posés par Fresnel, Poisson, par une élégante analyse, déduisit cette conséquence étrange : Si un petit écran opaque et circulaire intercepte les rayons émis par un point lumineux, il existe derrière l'écran, sur l'axe même de cet écran, des points qui non seulement sont éclairés, mais qui brillent exactement comme si l'écran n'était pas interposé entre eux *et la source de lumière.*

Un tel corollaire, si contraire, semble-t-il, aux cer-

titudes expérimentales les plus évides, paraissait bien propre à faire rejeter la théorie de la diffraction proposée par Fresnel. Arago eut confiance dans le caractère naturel, partant dans la clairvoyance de cette théorie ; il tenta l'épreuve ; l'observation donna des résultats qui concordèrent absolument avec les prédictions, si peu vraisemblables, du calcul (1).

Ainsi la théorie physique, telle que nous l'avons définie, donne d'un vaste ensemble de lois expérimentales une représentation condensée, favorable à l'économie intellectuelle.

Elle classe ces lois ; en les classant, elle les rend plus aisément et plus sûrement utilisables ; en même temps, mettant de l'ordre dans leur ensemble, elle y met de la beauté.

Elle prend, en se perfectionnant, les caractères d'une classification naturelle ; les groupements qu'elle établit laissent alors soupçonner les affinités réelles des choses.

Ce caractère de classification naturelle se marque surtout par la fécondité de la théorie, qui devine des lois expérimentales non encore observées et en propose la découverte.

C'en est assez pour que la recherche des théories physiques ne puisse être réputée besogne vaine et oiseuse, bien qu'elle ne poursuive pas l'explication des phénomènes.

(1) *Œuvres complètes* d'Augustin FRESNEL, t. I, pp. 236, 365, 368.

CHAPITRE III

LES THÉORIES REPRÉSENTATIVES ET L'HISTOIRE DE LA PHYSIQUE

§ I. — *Rôle des classifications naturelles et des explications dans l'évolution des théories physiques.*

Ce que nous proposons comme but à la théorie physique, c'est de devenir une *classification naturelle*, c'est d'établir entre les diverses lois expérimentales une coordination logique qui soit comme l'image et le reflet de l'ordre vrai selon lequel sont organisées les réalités qui nous échappent ; c'est à cette condition que la théorie sera féconde, qu'elle suggérera des découvertes.

Mais une objection se dresse aussitôt contre la doctrine que nous exposons ici.

Si la théorie doit être une classification naturelle, si elle doit chercher à grouper les apparences comme sont groupées les réalités, la méthode la plus sûre pour arriver à ce but n'est-elle pas de chercher d'abord quelles sont ces réalités ? Au lieu de construire un système logique qui représente sous une forme aussi condensée et aussi exacte que possible les lois expérimentales, dans l'espoir que ce système logique finira par être comme une image de l'ordre ontologique des choses, ne serait-il pas plus sensé de tenter d'expli-