



LA PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE DE M. DUHEM

Author(s): Abel Rey

Reviewed work(s):

Source: *Revue de Métaphysique et de Morale*, T. 12, No. 4 (Juillet 1904), pp. 699-744

Published by: [Presses Universitaires de France](#)

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/40892965>

Accessed: 13/07/2012 06:16

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>

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



Presses Universitaires de France is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Revue de Métaphysique et de Morale*.

<http://www.jstor.org>

ÉTUDES CRITIQUES

LA PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE DE M. DUHEM ¹

L'œuvre scientifique de M. Duhem est étendue. Il n'est pas une branche de la physique ou de la chimie qu'il n'ait touchée; et ces travaux l'ont conduit à bouleverser la mécanique traditionnelle. Cette œuvre n'est pas absolument originale et son auteur met comme une coquetterie à nommer ceux qui déblayèrent ou ouvrirent les voies dans lesquelles il s'est engagé, et qui les premiers exprimèrent des idées qu'ils considèrent comme fondamentales. Il s'est loyalement appliqué à lui-même la règle qu'il a reproché à d'autres d'éluder : il cite exactement, et avec vénération ses sources.

Un physicien, un chimiste, bons ouvriers de laboratoire, diraient sans doute que leurs sciences n'ont pas été enrichies beaucoup par la masse imposante de ses publications. Mais M. Duhem semble vouloir poursuivre un autre but. Coordonner en un ensemble satisfaisant, clair et logique les lois qui régissent les particularités des faits physiques ou chimiques, trouver des formules assez larges et assez exactes à la fois, pour déterminer sans divergence, ni lacune, la marche d'un phénomène que d'autres ont notée en de patientes observations, construire un corps de doctrines, élégant et rigoureux, assez souple pour relier à quelques principes la plus grande partie de nos connaissances relatives au monde matériel, telle est la tâche à laquelle il donne le meilleur de ses forces.

Les savants pratiques peuvent se plaindre que tant d'efforts n'apportent rien aux applications utilitaires qui assurent chaque jour le pouvoir de l'homme sur la nature. Les spécialistes dédaigneront ces généralisations; le chimiste trouvera qu'elles sont peut-être de bonne physique et le physicien d'intéressante mathématique. Mais

1. Cette étude a été faite avant l'apparition d'articles de M. Duhem dans la « Revue philosophique », articles qui synthétisent les vues de M. Duhem sur la physique. Ceci explique qu'il n'y ait pas ici de référence à ces articles, qui, d'ailleurs, ne changent rien à la doctrine générale de leur auteur.

le philosophe qui y voit réalisés quelques-uns de ses vœux secrets ne regrettera point cette « Physique » presque au sens qu'Aristote donnerait à ce terme, ce bel édifice de « philosophie naturelle » comme on aurait dit au temps de Newton. Il y verra un exposé tout prêt à subir l'épreuve de sa critique et souvent cette critique, il la trouvera presque déjà faite.

I. — LES CRITIQUES RÉCENTES DES CONCEPTIONS CLASSIQUES
DES SCIENCES PHYSICO-CHIMIQUES ET L'ATTITUDE PRISE PAR M. DUHEM.

Que la construction de cet édifice qu'on pourrait nommer une physique « générale » soit bien l'ambition de M. Duhem c'est ce qui paraît hors de doute. Il a conçu entre la physique expérimentale et les spéculations plus ou moins métaphysiques sur l'essence de la matière une physique théorique, et il s'est attaché à en délimiter le domaine — beaucoup plus voisin, à la vérité, de la première que des secondes. En généralisant un peu ses paroles, mais en conservant intacte l'idée, on pourrait dire que dans le domaine exclusivement scientifique, à côté et au-dessus de la partie simplement expérimentale il voit une partie théorique qui, s'abstenant de tout commentaire sur l'essence des choses coordonne autour de quelques principes clairement posés la plupart des travaux empiriques; — tous même, si c'est possible.

Cette manière de voir qui aurait été considérée à bon droit comme courante jusqu'au dernier tiers du siècle passé, est actuellement originale.

Il y a trente ans les grandes théories faisaient encore partie intégrante de la science expérimentale; elles en étaient l'achèvement. La méthode alors pouvait se résumer ainsi : en partant de faits particuliers donnés par l'observation quotidienne, on découvre des rapports nécessaires entre ces faits; si bien que les uns paraissent les *causes* immédiates qui produisent les autres; ces rapports de cause à effet constituent des lois, qui *expliquent* les principales propriétés offertes par l'observation. Mais ces rapports de cause à effet peuvent à leur tour être considérés comme des faits nouveaux. Les expliquer, ce sera trouver de nouveaux rapports plus généraux qui relieront, par leur intermédiaire, les faits dont on était parti de prime abord à des causes plus lointaines et ainsi de suite : « La science positive.... procède en établissant des faits

et en les rattachant les uns aux autres par des relations immédiates. C'est la chaîne de ces relations, chaque jour étendue plus loin par les efforts de l'intelligence humaine, qui constitue la science positive. Il est facile de montrer dans quelques exemples comment, en partant des faits les plus vulgaires, de ceux qui font l'objet de l'observation journalière, la science s'élève, par une *suite de pourquoi sans cesse résolus et sans cesse renaissants*, jusqu'aux notions générales qui représentent l'explication commune d'un nombre immense de phénomènes » (Berthelot, Lettre à Renan, in *Dialogues philosophiques de Renan*, 3^e éd., 196). « Pour atteindre à de si grands résultats, pour enchaîner une telle multitude de phénomènes par les liens d'une même loi générale et conforme à la nature des choses, l'esprit humain a suivi une méthode simple et invariable. Il a constaté les faits par l'observation et par l'expérience ; il les a comparés, et il en a tiré des relations, c'est-à-dire des faits plus généraux qui ont été à leur tour, et c'est là leur seule garantie de réalité, vérifiés par l'observation et par l'expérience. Une généralisation progressive, déduite des faits antérieurs et vérifiée sans cesse par de nouvelles observations conduit ainsi notre connaissance depuis les phénomènes vulgaires et particuliers jusqu'aux lois naturelles les plus abstraites et les plus étendues. Mais dans la construction de cette pyramide de la science, toutes les assises, de la base au sommet, reposent sur l'observation et sur l'expérience. C'est un des principes de la science positive qu'aucune réalité ne peut être établie par le raisonnement. Le monde ne saurait être deviné. Toutes les fois que nous raisonnons sur des existences, les prémisses doivent être tirées de l'expérience et non de notre propre conception ; de plus la conclusion que l'on tire de telles prémisses n'est que probable et jamais certaine. Elle ne devient certaine que si elle est trouvée à l'aide d'une observation directe conforme à la réalité.

« Tel est le principe solide sur lequel reposent les sciences modernes, l'origine de tous leurs développements véritables, le fil conducteur de toutes les découvertes si rapidement accumulées depuis le commencement du xvii^e siècle dans tous les ordres de la connaissance humaine » (*Id.*, 203).

Voilà qui est net : toutes les découvertes empiriques s'organisent en un système bien lié, en un corps hiérarchique où les différents degrés de la hiérarchie sont fixés, d'une façon rigoureuse, par l'expé-

rimentation. Des erreurs peuvent être commises en fait ; comme dans une administration la valeur des fonctionnaires peut ne pas correspondre à leur ordre de subordination. Mais tôt ou tard l'expérience les rectifiera. Elles n'atteignent pas la belle ordonnance théorique de la science. La preuve en est qu'on conçoit précisément, dans les spéculations méthodologiques de ce genre, un *experimentum crucis* une expérience qui puisse trancher définitivement un conflit scientifique au sujet des causes véritables d'un ensemble de propriétés phénoménales. On lisait, on lit encore couramment que l'expérience a permis de rejeter comme fausse la théorie optique de l'émission et a imposé comme vraie celle des ondulations.

La physique théorique (c'est-à-dire les grandes théories qui expliquent chacune un nombre considérable de phénomènes), n'est autre que la réunion des causes les plus lointaines et par suite des relations les plus étendues *auxquelles nous a fait remonter l'expérience*. Berthelot dira par exemple : « La physique et la chimie se ramènent dès lors à la mécanique, non en vertu d'aperçus obscurs et incertains, non à la suite de raisonnements *a priori*, mais au moyen de notions indubitables, toujours fondées sur l'observation ou sur l'expérience et qui tendent à établir par l'étude directe des transformations réciproques des forces naturelles leur identité fondamentale » (*Id.*, 203).

Si l'on accepte des hypothèses, c'est provisoirement, à titre exceptionnel, et parce qu'elles seront susceptibles d'être vérifiées, d'être transformées grâce à une expérience cruciale en vérités établies, en causes certaines, en lois, ou d'être rejetées à jamais comme fausses.

La science forme une vaste pyramide : les faits particuliers en sont la base ; les théories, le sommet, et toute la matière de cette pyramide est continue et homogène. Un point pris sur elle ne diffère des autres que par sa hauteur, sa situation hiérarchique. Mais la loi qu'il symbolise est identique, en nature, à toutes les lois symbolisées par les autres points.

Cette conception unilinéaire de la science expérimentale est tombée ces dernières années dans une défaveur complète. Les causes de cette disgrâce sont complexes. Il n'y a pas à les analyser ici. On les a énoncées fréquemment dans cette Revue.

La critique scientifique, à des points de vue différents avec Rankine, Helmholtz, Dubois-Raymond, Ostwald, Poincaré, G. Milhaud, etc.,

s'accorde en effet sur cette conclusion : les sciences n'expliquent rien ; elles n'assignent pas de *causes*, même au sens phénoménal du mot. Ce terme, si positif qu'on le rende, éveille toujours un résidu métaphysique. Les sciences ne font que constater entre les phénomènes des relations, des liaisons qui sont commodes pour en tracer une description exacte, description qui permet dans une certaine mesure la prévision. Quant aux hypothèses imaginées pour rendre compte de ces liaisons, ce sont des fictions de l'esprit, pratiquement utiles, mais des fictions, et ce ne seront jamais que des fictions. On peut en imaginer une infinité d'équivalentes, de même que pour correspondre on peut combiner une infinité de systèmes de signaux. Que faire alors des anciennes théories physiques ? Doit-on les admettre encore, à un nouveau point de vue, ou les rejeter ? Il semble que ces deux tendances coexistent : la seconde, purement empirique est surtout en vogue dans les laboratoires ; la première qui procède d'une philosophie nouvelle de la connaissance, est naturellement chère aux philosophes.

Les savants prenant au sens littéral l'« hypothèses non fingo » de Newton, ne veulent rien admettre en dehors des résultats expérimentaux. Étudier un phénomène, c'est faire un certain nombre de mesures. L'étude est d'autant plus parfaite que les mesures sont plus exactes. Ces mesures permettent d'établir quelques relations mathématiques approchées qui expriment soit les variations du phénomène, soit ses rapports avec d'autres phénomènes.

La science n'est plus qu'un recueil de recettes, ou mieux, qu'une collection d'observations faites avec précision. C'est l'empirisme le plus absolu. Les hypothèses n'ont plus aucune raison d'être. La physique théorique est une superfétation.

Ceux qui philosophent à l'occasion de la science ne peuvent guère souscrire à ce jugement, ils y perdraient le prétexte de leurs études. Cette attitude qui semble sur le terrain scientifique, modeste et sage, trop modeste et trop sage, car elle paralyse les élans de l'imagination, quelquefois divinatrice heureuse, ils la trouvent au fond d'un orgueilleux dogmatisme.

Elle postule en effet que la fonction représentative de l'homme peut jouer devant la nature le rôle passif d'un miroir. Mais par la perception nous mettons déjà de nous-mêmes dans la représentation en apparence la plus immédiate. L'analyse du souvenir, puis de la conception, ne laissent à peu près plus rien d'objectif dans la con-

naissance. Partout nous voyons une construction complexe et symbolique effectuée pour satisfaire nos besoins pratiques. Nos observations scientifiques sont en dernière analyse, des artifices ingénieux que conseille la conservation de l'individu ou de l'espèce. Alors pourquoi proscrire des hypothèses puisque la plus simple constatation empirique est déjà une hypothèse; nous avons pratiquement choisi tels et tels éléments et négligé les autres; pratiquement nous les avons enchaînés dans cet ordre et non dans cet autre; nous avons visé une fin pratique particulière. Ce scepticisme technique conserve donc bien les théories scientifiques, mais les considère comme des hypothèses, admises conventionnellement entre une infinité d'autres possibles; la science entière n'est qu'un ensemble d'hypothèses du même genre; seulement leur champ se restreint à mesure qu'on semble serrer de plus près l'observation empirique. Là encore, il n'y a pas lieu de différencier une partie théorique et une partie expérimentale, de distinguer deux domaines séparés, car ce que nous appelons les résultats de l'expérience est déjà l'ensemble des constructions que notre esprit édifie sous couleur d'observation passive.

C'est contre ces conclusions que M. Duhem s'élève, et sa position est d'autant plus originale qu'il part d'abord des prémisses communes aux deux tendances que nous avons indiquées : les théories physiques sont arbitraires, l'esprit les impose beaucoup plus que la réalité des choses. A certaines expressions qu'il emploie dans deux articles parus dans la *Revue des questions scientifiques* de Louvain en 1892 et 1894 : *les Théories physiques et Réflexions sur la physique expérimentale*, on pourrait croire, et certains de ses contradicteurs ou de ses interprètes l'ont cru, qu'il accepte absolument les idées de Poincaré, voire celle des ultra-bergsoniens. La théorie physique est un discours commode; entre les diverses théories, il n'y a de différence de valeur que la différence de commodité, et le plus ou moins d'élégance du style.

Il n'en est rien pourtant. Les théories physiques sont pour lui une nécessité, et il existe une physique théorique, à côté de la science empirique. Elle fait partie intégrante de la physique, et sans elle il n'y aurait pas à proprement parler de science; la physique purement expérimentale est une chimère : c'est donc entre les deux camps qui se partagent les partisans des vues nouvelles que M. Duhem tout en partant du même point, dresse sa tente.

II. — LES IDÉES DIRECTRICES DE LA CRITIQUE DE M. DUHEM.

On pourrait dire en gros que, dans la science traditionnelle, l'hydrostatique et l'hydrodynamique paraissaient une promotion de la mécanique rationnelle. On essayait d'en déduire une conception de la matière qui permit d'expliquer tous les phénomènes physiques, en particulier les phénomènes électriques, optiques, et caloriques. Les phénomènes chimiques étaient nettement différenciés des phénomènes physiques; le rôle du chimiste semblait, après la détermination exacte de la composition des corps, se borner à tenter le groupement des principales propriétés autour des éléments de la composition, à la limite de faire dépendre toutes les propriétés de la structure moléculaire. On reliait par là assez simplement la chimie à la mécanique physique.

Certes il serait assez facile de distinguer plusieurs courants divergents dans cette physique. La conception de Lagrange n'est pas celle de Laplace ou de Poisson; la première se distingue de la seconde plus directement newtonienne, par la considération de forces fictives de liaisons. Pour Lagrange, les corps « sont des milieux continus dont les divers éléments impénétrables les uns aux autres se gênent mutuellement... en sorte que la présence de chacune de ces parties oppose un obstacle au mouvement des parties contiguës, et constitue pour elle une liaison... Pour Poisson, comme pour Boscovich, les corps ne sont continus qu'en apparence; en réalité, ils sont formés de points matériels isolés »¹. Il ne peut plus être question alors de forces de liaison, puisque chacun de ces points matériels est isolé et libre, mais il agit sur les points voisins, par les forces réelles, les actions moléculaires. Dans la manière de Lagrange, plus géométrique « les systèmes étudiés sont soumis non seulement à des forces extérieures ou à des attractions mutuelles dépendant de la gravité universelle, mais ils sont assujettis à des liaisons² »; dans l'autre à prétentions plus objectives et plus physiques, aux forces réelles que considérait la première, « il faut joindre les actions moléculaires qui s'exercent en chaque couple de points³ » et qui remplacent les forces fictives de liaison. Mais « il

1. Duhem, *L'évolution de la mécanique*, *Rev. des sciences*, 1903, p. 128.

2. *Id.*, p. 129.

3. *Id.*, p. 254.

faut bien remarquer que ces deux mécaniques sont équivalentes pour qui ne tient compte que de leurs conséquences¹. » Dans la pensée de Poisson, sa conception ne faisait que serrer de plus près la nature intime des choses.

Ces deux manières faisaient intervenir à côté de la figure et du mouvement, les notions de masse et de force ; cette dernière notion répugnait à un très grand nombre d'esprits comme un retour inavoué à la métaphysique, à une qualité occulte de la scolastique. Aussi préféraient-ils continuer les traditions de la physique cartésienne ou atomistique, en substituant à la notion de force le mouvement et le choc, surtout après la découverte de l'équivalent entre les quantités de chaleur, et le travail mécanique (théorie cinétique des gaz, théorie mécanique de la chaleur, théories électro-optiques de Maxwell).

— Mais là encore que l'on imagine de toutes pièces certains mécanismes, dont les mouvements obéissent à des lois analogues à celles des phénomènes naturels, ou que l'on se borne sans préciser ces mécanismes à chercher pour ces phénomènes des formules analogues aux formules mécaniques, les conséquences s'accordent avec la dynamique de Lagrange : « Si les formules auxquelles on a affaire peuvent être mises sous la forme imposée par Lagrange aux équations de la dynamique, les choses iront au mieux. Aux grandeurs qui caractérisent le système physique soumis à l'expérience, on pourra faire correspondre les variables et les vitesses qui fixent la figure et le mouvement d'un certain système mécanique, de telle sorte que les lois qui président aux transformations des deux systèmes s'exprimeront par les mêmes équations. Les rouages du système mécanique expliqueront alors les propriétés du système physique.

« Si d'ailleurs les formules qui condensent les lois des phénomènes expérimentalement étudiés ne se laissent point couler dans le moule creusé par Lagrange, la méthode analytique ne deviendra pas pour cela, inefficace ; pour assimiler ces formules aux équations de la dynamique, elle supposera que le système renferme des masses inaperçues et des mouvements cachés ; d'ailleurs, comme rien ne vient préciser et limiter la nature, le nombre, la complication de ces masses et de ces mouvements, il semble bien qu'aucune sorte de

1. Duhem, *Rev. des Sc.*, 1903.

formules ne pourra être tenue pour irréductible aux équations de la dynamique; quelles que soient ces formules, il est toujours permis d'espérer que l'on pourra toujours les ramener aux lois de la mécanique, soit exactement, soit avec telle approximation que l'on voudra¹. »

On peut donc dire en caractérisant, grossièrement et d'un peu plus loin s'entend, la physique classique jusqu'à la période contemporaine qu'elle tend à être une promotion de la mécanique analytique de Lagrange.

Cet édifice traditionnel, M. Duhem trouve qu'il est malaisé d'y loger nos connaissances physico-chimiques actuelles. Les corps de logis y sont tantôt trop étroits et tantôt trop spacieux. Certains sont contournés à l'excès : des labyrinthes. D'autres ne s'adaptent pas assez étroitement aux exigences des faits qu'on y veut faire entrer. La complication, les difficultés, les insuffisances sont partout; l'adéquation de la théorie à la réalité, nulle part.

On doit se demander alors pourquoi toutes ces théories classiques qui sont à peu près universellement professées, qui ont reçu l'adhésion des savants les plus illustres, qui sont le résultat de trois siècles de labeurs persévérants sont si incohérentes, si incomplètes et si vagues.

Il est presque impossible de supposer qu'elles ont été, en elles-mêmes mal développées. Leurs auteurs nous seraient un sûr garant du contraire. La réponse est donc nécessaire : c'est que l'entreprise était chimérique; elle ne pouvait pas réussir.

Et pourquoi ne pouvait-elle pas réussir? pourquoi les sciences physico-chimiques ne se développeraient-elles comme une promotion de la mécanique? C'est — et là encore il ne peut y avoir à hésiter sur la solution — que la mécanique traditionnelle, la *mécanique du mécanisme*, si l'on peut dire, est insuffisante. Elle porte sur certaines abstractions, sur certaines simplifications apportées aux phénomènes naturels, non sur les phénomènes naturels. Rien d'étonnant alors qu'on ne puisse tirer d'une série d'hypothèses qui, de parti pris, négligent certaines propriétés naturelles, une explication de ces propriétés. En somme la mécanique de Lagrange reste enfermée dans des limites trop restreintes pour servir de cadre général à l'explication des phénomènes de la nature.

1. Duhem, *Rev. des Sc.*, 1903, I, 254.

On pourrait objecter, M. Duhem le sait bien, que si peut-être la mécanique classique ne semble pas suffire à une interprétation de l'univers, c'est qu'en l'état actuel, cet univers est encore, malgré les progrès de la science, bien mal connu. Presque infinie est la part de notre ignorance si on la compare au domaine de nos certitudes. La plus petite molécule perceptible est un système cosmique rapportée à l'atome élémentaire des théories mécaniques.

Aussi sommes-nous consciemment obligés de faire intervenir des hypothèses grossières et vagues, à la place du mécanisme réel, dont la complication et la délicatesse défient encore nos plus hardies inductions. Ces hypothèses n'exprimeront les choses qu'en gros ; elles resteront à la surface des phénomènes, elles traduiront des résultats lointains, des activités globales. C'est pourquoi leurs mailles paraissent trop larges pour retenir le réel. Mais si un jour — et nous nous avançons vers ce jour, quelque lointain qu'il soit, — nous pouvons pénétrer les derniers détails du mouvement, rien ne nous prouve qu'ils ne seront pas régis rigoureusement par les lois de la mécanique traditionnelle. Nos hypothèses font intervenir, pour introduire l'explication mécanique, des mouvements *cachés*, un équilibre *statistique*, c'est-à-dire des approximations grossières, pour équivaloir à ce que notre science ne sait pas encore atteindre. Mais les mouvements cachés, nous finirons par les rendre visibles, l'équilibre statistique, nous le déduirons un jour exactement de ses composantes. Ce jour-là peut fort bien nous montrer l'obéissance complète de l'univers matériel à la mécanique de Lagrange. La mécanique de Lagrange sera coextensive à l'univers.

M. Duhem prétend que cette espérance est illusoire, parce que ce ne sont pas seulement dans les formules où interviennent les mouvements cachés, les équilibres statistiques que nous voyons des hiatus, des lacunes ou des incohérences. C'est déjà dans la prétendue explication des phénomènes sensibles les plus simples, et les plus immédiatement donnés à l'observation.

« Une observation quelque peu attentive des phénomènes physiques semble autoriser la conclusion suivante : « il existe une incompatibilité radicale entre la mécanique de Lagrange et les lois de la physique ; cette incompatibilité n'atteint pas seulement les lois des phénomènes dont la réduction au mouvement est objet d'hypothèse, mais encore des lois qui régissent les mouvements sensibles.

« Mettons cette incompatibilité en évidence par des exemples très simples.

« La conséquence la plus immédiate des équations de Lagrange, est assurément l'équation de la force vive. Si les forces qui sollicitent un système, dépendent d'un potentiel, la somme de ce potentiel et de la force vive demeurent constantes pendant toute la durée du mouvement du système. Or, les actions réciproques des diverses parties du système dépendent toujours d'un potentiel; il suffit donc que les forces extérieures dépendent d'un potentiel pour que le système soit soumis à la loi dont nous venons de rappeler l'énoncé; en particulier, ce théorème est applicable à un système qui subit une seule action extérieure, celle de la pesanteur.

« Suivons un tel système dans son mouvement : chaque fois qu'il reprend la même forme et repasse par la même position, le potentiel des forces tant intérieures qu'extérieures, reprend la même valeur; la force vive doit donc également reprendre la même valeur.

« Cette conservation de la force vive est une des conséquences les plus obvies de la dynamique de d'Alembert et de Lagrange; s'accorde-t-elle avec les enseignements de l'expérience, je dis de l'expérience la plus vulgaire?

« Voici une carafe pleine d'eau. Je l'agite vivement et je la pose sur la table. L'eau occupe une certaine position, et présente une certaine forme, savoir la position et la forme de la carafe qui la renferme.... Ainsi les observations les plus simples nous montrent que les mouvements naturels contredisent à la loi de la conservation de la force vive ¹ » (*Id.*, 184).

C'était précisément pour rétablir l'accord entre la mécanique classique et ces données de l'observation que l'on a imaginé à côté des mouvements sensibles ces mouvements cachés. Ces derniers ne sont donc pas la cause de la divergence qu'on observe entre la théorie et les faits. Cette divergence a déjà son origine dans l'interprétation des mouvements sensibles.

Il sera d'ailleurs toujours permis de supposer des mouvements cachés d'une forme telle que, juxtaposée aux mouvements sensibles ils suffisent à expliquer les apparences expérimentales. On sera sans doute conduit à des complications formidables; la réussite n'en sera pas moins, nécessairement et toujours, au bout de l'entreprise. Mais pouvoir *toujours* fournir une explication, en invoquant une hypothèse que laisse complètement *indéterminée* les conditions du

problème et qui est purement arbitraire, revient à n'en fournir jamais aucune. A tout le moins abandonne-t-on, alors toute prétention à l'objectivité. Le mouvement caché est le *deus ex machina* du physicien, à court d'explications. Loin d'être le substitut d'une interprétation ultérieure plus proche des faits, il est la porte ouverte à l'arbitraire, un aveu continuuel d'ignorance.

III. — LES IDÉES DIRECTRICES DE L'ŒUVRE POSITIVE DE M. DUHEM.

A la construction classique il faut de toute nécessité en substituer une autre. M. Duhem, nous le savons, ne veut pas d'une science, simple recueil empirique de formules pratiques. Il reste sous sa critique dogmatique. Il a abattu c'est pour réédifier. Quel est l'esprit de cette nouvelle mécanique qui doit se substituer à l'ancienne pour poser les assises de la science de la matière?

« Le seul mouvement que connût l'ancienne mécanique était le mouvement par lequel un corps occupe des lieux différents à des instants différents, le *mouvement local*, pour parler comme les philosophes péripatéticiens. La nouvelle mécanique ne va pas se borner à étudier le mouvement local; elle étudiera aussi d'autres sortes de mouvements dont la variété rendra à l'idée de mouvement la vaste extension que lui reconnaissait Aristote.

« Sans doute, elle traitera du mouvement local, des changements de lieu et de figure. Mais elle traitera aussi des changements par lesquels les diverses qualités d'un corps augmentent ou diminuent d'intensité, par lesquels un corps s'échauffe ou se refroidit, s'aimante ou se désaimante. Elle traitera également de ces changements d'état physique par lesquels tout un ensemble de propriétés qualitatives ou quantitatives est anéanti pour faire place à un autre ensemble de propriétés toutes différentes; telles la fusion de la glace, la vaporisation de l'eau, la transformation du phosphore blanc ou phosphore rouge. Ces changements seront, pour elle, des mouvements; la scolastique les aurait nommés mouvements d'altération.

« L'examen de tels mouvements n'emplira pas encore tout le domaine que la mécanique nouvelle prétend soumettre à ses lois; elle entend aussi traiter des changements où un ensemble de substances disparaît pour laisser apparaître un autre ensemble de substances, de ces changements que les péripatéticiens auraient

considérés comme des *corruptions* et des *générations* et que nous nommons aujourd'hui des *réactions chimiques*. La mécanique nouvelle ne se contente pas d'être une *mécanique physique*, elle est encore une *mécanique chimique*.

« L'extension prise par l'idée de mouvement nécessite une égale extension de son contraire, l'idée d'équilibre,.... aussi parlera-t-on non seulement de l'équilibre de configuration, mais encore des équilibres thermique, électrique, magnétique, chimique » (Duhem, *Rev. des Sc.*, 1903, I, 306).

Comment se développe cette mécanique dont M. Duhem vient de préciser l'objet et de délimiter le champ? Ce développement a été esquissé à plusieurs reprises, dans le *Traité élémentaire de mécanique chimique*, dans *Thermodynamie et chimie*, mais nulle part il n'est aussi rigoureusement poursuivi que dans le *Commentaire aux principes de la Thermodynamique*. Il montre là le plus nettement les tendances générales de son auteur.

Si l'on ouvre un traité de mécanique paru dans ces dernières années, on voit dans les premières pages, — ou bien un appel à quelques expériences très simples, — ou bien des définitions et des théorèmes, à l'instar de la géométrie. Ici rien de pareil. Certaines expositions élémentaires, notamment celle donnée dans la *Revue générale des sciences*, semblent bien, il est vrai, partir de l'expérience. Mais, outre qu'elles ne sont pas définitives, qu'elles ne présentent pas la forme arrêtée que l'auteur semble vouloir atteindre, quand il cherche une présentation purement scientifique, il est manifeste que l'observation et l'expérience servent surtout à élucider certaines notions, à fournir une physionomie plutôt grossière et vague de la théorie, mais qu'elles seront dépassées, transformés quand il s'agira de la développer pleinement. On retrouvera bien alors les résultats de l'expérience — que serait une théorie sans cela? On aura même été, si l'on veut, suggestionné par l'expérience. Mais la théorie en elle-même s'établit d'une manière autonome et pour ainsi dire dans une autre sphère : dans une sphère toute formelle, *more geometrico*. Après son achèvement, et seulement après, interviendra une confrontation avec l'expérience. C'est là que se montre l'originalité particulière de Duhem, et c'est sur ce point, que nous aurons à insister quand nous nous occuperons de sa conception philosophique de la science, de son système méthodologique et épistémologique.

Tout d'abord sont posés certaines *conventions* et certaines *définitions* qui constituent les principes fondamentaux de la mécanique nouvelle, et les axiomes nécessaires à son développement. Les conventions fixent les conditions générales auxquelles seront *nécessairement* soumises toutes les propositions énoncées dans la suite. Elles dessinent le cadre rigide qui limitera d'une façon absolue le domaine de la mécanique. Ces limites ne pourront être franchies en aucun cas.

Les postulats nécessaires au développement de la théorie sont au fond de même nature que les définitions préliminaires; ce ne sont ni des transcriptions, ni même des suggestions de l'expérience. Ils ne sont pas présentés non plus comme les procédés les plus commodes que nous ayons à notre disposition pour organiser nos connaissances. Ils consistent en des propositions qu'il est loisible d'énoncer comme il plaît, « pourvu qu'il n'y ait contradiction ni entre les termes d'une même proposition, ni entre deux propositions distinctes ». Mais une fois ces postulats posés, comme pour les conventions préliminaires, la théorie est tenue de les garder avec une jalouse rigueur. Ils lui donnent eux aussi, une texture rigide et invariable.

Les postulats ne diffèrent des définitions préliminaires que par la place qu'ils tiennent dans la théorie et l'utilisation qui en est faite. Ce sont eux qui dessinent le chemin suivi par la théorie, qui déterminent les dispositions de son contenu, tandis que les définitions traçaient seulement le contour de son domaine.

On comprendra mieux les caractères de ces définitions et de ces postulats quand on aura examiné par exemple les conventions préliminaires sur lesquelles il fait reposer la thermodynamique; ces conventions sont pour lui le fondement de la mécanique générale et par là commandent à tout le champ de la physique. Elles sont donc la pierre angulaire de toutes les sciences physico-chimiques. On saisira tout de suite la manière de M. Duhem, et avec quel arbitraire, quelle négligence absolue de toute intuition expérimentale, il procède à la construction d'une théorie physique.

Voici ces définitions préliminaires :

« *Du mouvement absolu.* — Nous supposerons faites la géométrie et la cinématique; nous emprunterons à ces sciences tous les résultats dont nous aurons besoin.

« L'expérience nous permet de constater si deux parties de la

matière se sont déplacées l'une par rapport à l'autre, en sorte que la notion de *mouvement relatif* est une notion expérimentale, c'est de cette notion que traite la cinématique.

« Mais cette notion est insuffisante pour l'objet que nous nous proposons de traiter. Les hypothèses que nous aurons à énoncer, les lois que nous aurons à formuler ne feront pas intervenir seulement les mouvements relatifs des différentes parties de la matière les unes par rapport aux autres. Elles feront intervenir les mouvements des différentes parties de la matière par rapport à un certain trièdre de référence idéal, que l'on suppose tracé quelque part. Il arrivera souvent que des propositions qui concernent les mouvements relatifs à ce trièdre de référence particulier et que nous regardons comme exactes, deviendraient manifestement fausses si l'on y supposait les mouvements rapportés à un autre trièdre de référence, animé par rapport au premier d'un mouvement quelconque ; nous donnerons à ce trièdre particulier auquel seront rapportés tous les mouvements dont nous parlerons le nom de trièdre absolument fixe ; les axes de ce trièdre seront les axes absolument fixes ; un mouvement rapporté à ce trièdre particulier prendra le nom de mouvement absolu. (Commentaire aux principes de la Thermodynamique, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1892, p. 271.)

« *Des corps et des mélanges en combinaisons.* — Nous appellerons *corps* un espace linéairement connexe rempli, d'une manière continue, par une certaine partie de la matière. Nous ne discuterons pas la question de savoir si les corps sont réellement continus, ou formés de parties discontinues très petites séparées par des intervalles vides également très petits.

« *En physique* il nous est à la fois impossible et inutile de connaître la constitution réelle de la matière. Nous cherchons simplement à concevoir un système abstrait qui nous fournisse une image des propriétés des corps. Pour construire ce système nous sommes libres de représenter un corps qui semble continu, soit par une distribution continue de matière dans un certain espace, soit par un ensemble discontinu d'atomes très petits. Le premier mode de représentation conduisant, dans toutes les parties de la physique, à des théories plus simples, plus claires et plus élégantes, nous l'adopterons de préférence au second.

« Considérons deux corps A, B, qui, à un certain instant t , occupent des espaces a , b , n'ayant aucune partie commune ; ces deux corps

ne sont pas toujours et forcément distincts; les parties de la matière qui les forment peuvent à un instant t' distinct de t , antérieur ou postérieur à t , fournir un corps unique C, occupant l'espace e ; cela de telle façon que tout élément dw de l'espace e renfermé, à l'instant t' , une partie de la matière qui, à l'instant t , forme le corps B; la première partie occupant, à l'instant t , un certain élément de volume dv , de l'espace a ; la seconde partie occupant à l'instant t , un certain élément de volume dv' , de l'espace b .

« Dans le cas dont nous venons de parler, on dit que le corps C résulte soit du mélange, soit de la combinaison des deux corps A et B.

« Beaucoup de physiciens se refusent à admettre la possibilité de la combinaison ou du mélange tels que nous venons de le définir. Ils regardent comme impossible cette pénétration intime par laquelle la matière qui remplit chaque élément de volume du corps continu C provient de l'union entre la matière que renfermait un élément de volume du corps continu A et la matière que renfermait un élément de volume du corps continu B. C'est cette impossibilité qu'ils nomment *l'imperméabilité de la matière*.

« Pour ces physiciens les mots *mélange, combinaison*, ne représentent que des apparences. Lorsque nous croyons voir les deux corps A et B s'unir pour former un nouveau corps C, les parties α extrêmement petites dont l'ensemble discontinu constitue chacun de ces deux corps demeurent en réalité distinctes; les petites parties du corps A s'interposent simplement aux petites parties du corps B sans que l'espace occupé par l'une des parties du corps A ait aucun domaine commun avec l'espace occupé par l'une des parties du corps B.

« Des raisons analogues à celles qui nous ont fait regarder comme continue la matière qui forme un corps nous conduisent à repousser cette manière de concevoir le mélange ou la combinaison et à adopter la définition que nous avons donnée tout à l'heure (P. Duhem, Commentaire aux principes de la Thermodynamique, *Journal des mathématiques pures et appliquées*, 1892, p. 272-273).

La troisième convention consistera à considérer l'existence de corps *isolés* dans l'espace : « Cette conception du corps isolé dans un espace illimité et absolument vide est une pure abstraction. Jamais l'expérience ne nous offre un corps qui ne soit de toutes parts contigu à d'autres corps, et la physique nous conduit à admettre que, lors même que nous parviendrions à en lever tous

les corps solides, liquides ou gazeux que nous pouvons saisir directement ou indirectement, de manière à faire le *vide physique* dans l'espace qui environne un certain corps, cet espace serait encore rempli par une certaine matière que l'on nomme l'éther » (*Id.*, 274).

L'état d'un corps « sera défini par un certain nombre de variables; ces variables désignent non seulement la forme et la position des diverses parties du système, mais encore toute espèce de qualités et de propriétés de ce système... Nous *admettrons* que l'on peut toujours choisir les variables... de telle sorte que la quantité » qui représente la température « soit constamment nulle. Nous dirons alors que le système des variables... constitue un système de variables normales » (*Traité élémentaire de mécanique chimique*, 29).

Les grandeurs désignées par ces variables seront par *définition* et par *définition seulement*, indépendantes ou dépendantes, selon que leur définition n'impliquera pas ou impliquera quelque relation entre leurs valeurs : « Lorsque nous parlons de dépendance entre diverses grandeurs, nous n'entendons jamais parler que d'une dépendance résultant de la définition de ces grandeurs et non pas d'une dépendance résultant d'une loi physique; en sorte que des grandeurs, *logiquement* indépendantes peuvent ne pas être *physiquement* indépendantes » (*Journal des Mathématiques pures et appliquées*, 1892, 276).

De ces grandeurs, celles qui astreignent le système à avoir la même valeur, à tout instant, pris isolément, définissent sa *nature*. Les autres, variables selon l'instant, définissent son *état*.

« Considérons les grandeurs indépendantes qui suffisent à représenter complètement les propriétés d'un système à l'instant isolé t . Les unes, $A, B, \dots L$, définissent la nature du système; les autres, $\alpha, \beta, \dots \lambda$, définissent son état. Si l'on conserve aux quantités $A, B, \dots L$ leurs valeurs, et si l'on donne aux variables $\alpha, \beta, \dots \lambda$ d'autres valeurs $\alpha', \beta', \dots \lambda'$, on aura la représentation d'un autre état du même système.

« Imaginons ainsi une suite continue d'états différents du système, c'est-à-dire une suite continue de groupes de valeur des quantités $\alpha, \beta, \dots \lambda$. Fixons successivement notre attention sur ces divers états dans l'ordre qui permet de passer d'une manière continue de l'un à l'autre. Pour désigner *cette opération tout intellectuelle*, nous dirons que nous imposons au système une *modification virtuelle* » (*Id.*, 276).

Toute modification réalisable correspond à une modification virtuelle, mais *la réciproque n'est pas vraie*.

« Le mot *mouvement* ne prend de sens pour un système qu'autant qu'on envisage ce système pendant un certain laps de temps, si court soit-il... Nous dirons que le *mouvement* du système à l'instant *t* est défini si l'on connaît non seulement l'état du système, mais encore la grandeur et la direction de la vitesse dont est animée la matière remplissant chacun des éléments de volume du système » (*Id.*, 277).

Les variables α , β ,... λ , se subdivisent ensuite en deux groupes : celles qui ne peuvent plus varier par rapport au temps, le système matériel étant immobile dans l'espace, tandis que les autres peuvent encore varier : le corps est dit alors en repos. Il serait dit en *équilibre* si aucune des variables ne subissait de variation. On voit que l'expression : état d'équilibre a un sens bien plus complet que celle d'état de repos, que seul considérait l'ancienne mécanique.

Si, à la fin de la modification les variables ont repris leur valeur initiale, le système a parcouru par *définition* un *cycle fermé*.

« Parmi les variables servant à définir l'état d'un système, il en est une dont le rôle (dans le système ici exposé) aura une importance toute particulière; cette variable c'est la température ». Allons-nous avoir ici un appel à l'expérience? Il semble inévitable. M. Duhem pourtant trouve le moyen de rester dans son formalisme. La propriété des corps « que nous caractérisons par les mots : être chaud, être froid, être plus ou moins chaud, *notre faculté d'abstraction* ne tarde pas à lui attribuer des caractères *que la sensation ne nous marque pas* ». On transforme ainsi cette intuition sensible dans le *concept quantitatif* de température.

Ceci fait « nous admettons comme exacte la loi suivante : Pour qu'un système isolé soit en équilibre, il est nécessaire que toutes les parties matérielles qui composent ce système soient également chaudes » (*Id.*, 285). Cette proposition, *ici toute conventionnelle*, justifie la place privilégiée de la variable température.

Elle devient le critérium nécessaire de l'équilibre, c'est-à-dire l'échelle à laquelle se pourront référer toutes les variations des variables.

Le lecteur a été certainement frappé par toutes les expressions comme : *nous choisirons...*, *nous admettons comme exacte...*, *nous conviendrons de...*, etc. Il a surtout remarqué que pour jeter les bases des sciences qui s'occupent des transformations concrètes de

la nature sensible, à aucun moment il n'a été question de considérer la réalité phénoménale.

Si nous continuons l'examen de l'œuvre scientifique de M. Duhem, nous verrions que la définition de l'énergie, du travail, de la quantité de chaleur, la notion de modification réversible, sont présentées comme autant de conventions posées arbitrairement par l'esprit, sans que celui-ci ait fait appel à l'expérience. Les postulats de la thermodynamique, le principe de la conservation de l'énergie, et le principe de Carnot sont introduits comme se déduisant analytiquement de ces conventions générales, et d'autres conventions plus spéciales. Ils ne diffèrent des conventions proprement dites que parce que les conséquences déduites avec leur aide seront vérifiées par l'expérience. Enfin ces postulats et ces définitions servent directement à formuler les équations de la mécanique générale, que M. Duhem présente tout entière comme une conséquence de la thermodynamique. Ces équations vont se compliquant au fur et à mesure qu'elles doivent servir à repérer des propriétés nouvelles. Mais *jamais* — et il faut insister là-dessus, c'est le fonds même de la conception scientifique de notre savant — jamais les expressions mathématiques qu'il propose, en complétant peu à peu son œuvre, ne sont présentées comme mettant en jeu des quantités réelles tirées de la nature des choses, comme des nécessités imposées par la structure de l'objet. C'est toujours un simple développement analytique qui repose sur des raisons de calcul, et n'a d'autre rapport avec les phénomènes que la possibilité *ultérieure* de les repérer avec plus d'exactitude. Ce sont en quelque sorte des cadres de grandeurs différentes qu'un peintre tient en réserve, pour les tableaux qu'il peindra ensuite.

IV. — LES CARACTÈRES DE LA PHYSIQUE THÉORIQUE D'APRÈS M. DUHEM.

Après avoir remarqué avec un esprit critique pénétrant et fin, — parfois peut-être subtil, à l'avis de quelques-uns — les lacunes des explications physiques traditionnelles et l'insuffisance de la mécanique classique, M. Duhem a entrepris de réédifier — nous venons de voir de quelle manière — une mécanique plus extensive et plus apte à se mouler sur les faits physico-chimiques, à en « épouser » comme il le dit, « les moindres caractères ». Son œuvre scientifique

pourrait se résumer à peu près ainsi : Sur les ruines de la mécanique classique trop abstraite ou trop restreinte, élever une mécanique plus proche des réalités, partant plus complète. Il a utilisé d'ailleurs, et conservé les matériaux de démolition ; il a sauvé toutes les formules de la mécanique classique. Seulement celle-ci devient un cas particulier de la mécanique générale ; la forme de ses propositions reste par suite la forme des propositions du nouveau système. Elle a été simplement généralisée et complétée par de nouveaux termes. Dégageons rapidement à un point de vue philosophique, la conception scientifique générale dont ces travaux sont la manifestation, les idées de M. Duhem sur la science, puis, derrière cette conception, la tendance métaphysique particulière dont elle est la marque : à moins d'avoir affaire à un empirique pur — et nous savons que M. Duhem n'en est pas un, — il est bien rare que la conception scientifique ne résulte pas d'une tendance générale de l'esprit, d'une métaphysique plus ou moins consciente. Chez M. Duhem, comme on pouvait s'y attendre avec un sens critique aussi aiguë que le sien, cette métaphysique est précisément très consciente, elle est professée ouvertement : notre tâche sera donc, à peu près toute, une tâche d'analyste.

Une impression se dégage tout d'abord nettement de la forme même que revêtent les différentes théories que propose M. Duhem. Ces théories sont toutes formelles ; elles sont un ensemble de relations entre des valeurs numériques, entre des quantités ; elles ne s'inquiètent nullement du contenu réel qui entre dans les relations, des propriétés objectives évaluées par ces quantités.

Et ceci est bien curieux. C'est pour mettre la théorie d'accord avec la réalité concrète que M. Duhem réforme la mécanique. Et en parcourant sa mécanique nouvelle, l'expérience n'y est jamais mentionnée. Même dans les exposés les plus formels de la mécanique rationnelle classique — et on sait que dans ces derniers temps presque tous les exposés (français et allemands du moins) ont été aussi formels que possible — il y avait toujours un appel à l'intuition expérimentale pour poser les principes fondamentaux. Or, voilà qu'un savant trouve que cette mécanique ne s'accorde pas avec la généralité des faits, demeure trop loin des réalités physico-chimiques. Il propose à sa place un système, où de parti pris, nous ne rencontrons plus aucun appel à l'expérience, si ce n'est lorsque la théorie est achevée *complètement*. Si bien que la réalité a l'air de

se déduire de ses formules, et non pas ses formules de la réalité.

On pourrait dire ici : pur artifice de forme, élégance de mathématicien. En vérité, la théorie a été moulée sur l'expérience; on a fait disparaître la charpente; ainsi a-t-on l'air de loger les faits dans un édifice qui en apparence fut construit sans cette préoccupation; cette préoccupation cependant avait présidé au plan général. C'est une méthode assez souvent suivie, et peu originale en somme. Eh bien! on se tromperait du tout au tout, cette fois. Non pas que M. Duhem n'ait pas eu en vue l'interprétation de l'expérience. Penser qu'il en ait pu être autrement serait déraisonnable. Mais le caractère de sa conception méthodologique — et ce n'est pas un caractère accessoire, contingent, une pure affaire de forme et d'exposition — le caractère essentiel, fondamental, c'est qu'il ne doit être tenu *aucun compte* de l'expérience et des faits, pour édifier et développer une théorie mécanique ou physico-chimique. Ce n'est qu'une fois la théorie édifiée que l'on a à se préoccuper de sa conformité aux résultats expérimentaux. Jusque-là tout est arbitraire, fondements et articulations. Le chemin suivi dépend uniquement de la convention, et la convention, du choix du savant. Rien ne limite cet arbitraire. La physique théorique serait condamnée à une faillite certaine si des préoccupations réelles intervenaient dans l'élaboration de la théorie. Bien entendu l'arbitraire doit être rationnel. Donner libre champ à l'hypothèse ne signifie pas laisser la porte ouverte à l'absurdité et à la contradiction. Bâtir une théorie serait alors œuvre inutile. Non, la théorie rendra les services que le physicien est en droit d'en attendre à cette condition absolue : son point de départ clairement déterminé, elle se déroulera avec une inflexible logique. Seulement le point de départ dépend de conventions, arbitrairement choisies, pourvu qu'elles soient respectées jusqu'au bout. Et entre ce point de départ et ce point d'arrivée tous les chemins seront bons, pourvu que sans coups de pouce, ou sans hiatus, le calcul se développe conformément aux règles de la mathématique. Et ce n'est qu'au terme qu'on confrontera les résultats avec l'expérience, et qu'on déclarera bonne cette théorie, si cette confrontation n'amène aucune contradiction.

Voilà pourquoi et par son essence même, les théories de M. Duhem sont toutes formelles, aussi formelles qu'une dialectique purement logique, qu'un jeu de syllogismes scolastique. Mais le jeu de syllogismes est remplacé par un enchaînement de formules mathématiques.

La théorie scientifique chez M. Duhem, est, comme il le dit avec complaisance, un schème algébrique. La science théorique est un mathématisme. Et par là il rejoindrait Descartes, fondateur de ce mécanisme qu'il combat cependant sur tous les points, puisque Descartes avait l'ambition d'une mathématique universelle à laquelle se réduiraient toutes les lois du monde matériel. Mais l'arbitraire qui préside au mathématisme de M. Duhem montre facilement que l'analogie n'est que dans la forme et que nous sommes loin du dogmatisme rationnel du philosophe.

« Au cours de son développement une théorie physique est libre de choisir la voie qui lui plaît, pourvu qu'elle évite toute contradiction logique; en particulier elle n'a à tenir aucun compte des faits de l'expérience. Lors donc qu'au cours des déductions par lesquelles la théorie se déroule on soumet à des opérations algébriques et à des calculs les grandeurs sur lesquelles porte la théorie, on n'a pas à se demander si ces opérations, si ces calculs ont un sens physique; pour parler plus explicitement on n'a pas à se demander si l'emploi des procédés de mesure permettrait de le traduire en langage concret, et si, ainsi traduits, ils correspondraient à ces faits réels ou possibles. Se poser une semblable question serait concevoir une notion tout à fait erronée de la structure d'une théorie physique.

« Nous touchons ici à un principe si essentiel et, en même temps si délié à apercevoir qu'on nous permettra d'insister et d'expliquer notre pensée par un exemple.

« M. J. Willard Gibbs a étudié théoriquement la dissociation d'un composé gazeux parfait en ses éléments, regardés également comme des gaz parfaits. Une formule a été obtenue, qui exprime la loi de l'équilibre chimique au sein d'un tel système. Je me propose de discuter cette formule. Dans ce but, laissant invariable la pression que supporte le mélange gazeux, je considère la température absolue qui figure dans la formule et je la fais varier de 0 à $-\infty$.

« Si, à cette opération mathématique on veut attribuer un sens physique, on verra se dresser en foule les objections et les difficultés. Aucun thermomètre ne peut faire connaître les températures inférieures à une certaine limite, aucun ne peut déterminer les températures suffisamment élevées; ce symbole que nous nommons température absolue ne peut, par les procédés de mesure dont nous disposons être traduit en quelque chose qui ait un sens concret, à moins que sa valeur numérique ne demeure comprise entre un cer-

tain minimum et un certain maximum. D'ailleurs, aux températures suffisamment basses, ce symbole que la thermodynamique nomme un *gaz parfait* n'est plus l'image, même approchée, d'aucun gaz réel.

« Ces difficultés et bien d'autres qu'il serait trop long d'énumérer, s'évanouissent si l'on prend garde aux remarques que nous avons formulées. Dans la construction de la théorie, la discussion dont nous venons de parler n'est qu'un intermédiaire; il n'est point juste de lui chercher un sens physique.

« Ces principes mettent en plein jour une notion qui jouera un rôle essentiel dans tout le développement de la Physique théorique, la notion de *modification virtuelle* (*Rev. gén. des Sc.*, 1903, I, 304).

« Formalisme mathématique » voilà, semble-t-il, l'expression qui convient bien à caractériser la conception de M. Duhem.

Mais il ne faudrait pas croire que ce formalisme mathématique qui se construit sans appel à l'observation des phénomènes naturels ne doit pas rejoindre ces phénomènes. M. Duhem veut construire un système plus adéquat que celui qu'il a critiqué. Au terme donc, notre jeu de formules doit nous donner les moyens de prévoir des transformations réelles physiques ou chimiques. Les résultats doivent coïncider avec la réalité. Le formalisme mathématique est un moyen et non un but : « c'est un principe que l'on ne doit jamais perdre de vue si l'on veut éviter les abus de la physique mathématique » (*Rev. des Quest. Scient.*, 1892, I, 173).

« Lorsque l'édifice est parvenu au faite, il devient nécessaire de comparer à l'ensemble des faits d'expérience l'ensemble des propositions obtenues comme conclusions de ces longues déductions; il faut s'assurer moyennant l'emploi des procédés de mesure adaptés, que le premier ensemble trouve dans le second une image suffisamment ressemblante, un symbole suffisamment précis et complet. Si cet accord entre les conclusions de la théorie et les faits d'expérience ne se manifestent pas avec une approximation satisfaisante, la théorie pourrait bien être logiquement construite, elle n'en devrait pas moins être rejetée parce qu'elle serait contredite par l'observation, parce qu'elle serait *physiquement* fautive. Le domaine de la théorie a pour objet d'offrir une description symbolique, un schéma aussi étendu, aussi complet et aussi détaillé que possible, du domaine des faits d'expérience. Pour que la théorie ne soit pas un langage dénué de sens, un pur jeu de formules, il faut qu'une clé fasse correspondre le symbole à la réalité, le signe à la chose

signifiée ; il faut que l'on puisse traduire les formules théoriques en faits d'expérience. L'étude de cette clé ressortit au troisième domaine dont la connaissance s'impose au physicien, au domaine des instruments et des procédés de mesure » (Duhem, *Rev. gén. des Sc.*, p. 304).

La théorie physique mérite bien le nom caractéristique que nous lui avons donné, car en elle-même, elle est purement formelle ; elle doit rester, comme théorie, un jeu abstrait d'expressions mathématiques. Mais au terme ce jeu prend un sens grâce à un ensemble de mesures, qui permettent de repérer la réalité ; il faut alors que nos formules nous donnent des résultats coïncidant aussi complètement que possible avec ce repérage réel.

V. — LE SYSTÈME MÉTHODOLOGIQUE ET ÉPISTÉMOLOGIQUE.

Mais, semble-t-il alors, pourquoi doubler d'une théorie ce repérage qui comprend l'ensemble des recherches expérimentales ? N'est-elle pas une superfétation inutile, une stérile dépense des efforts du savant ? Nous savons déjà que tel n'est pas l'avis de M. Duhem. Le moment est venu de voir comment il motive cet avis, et de retracer — toujours à sa suite — son système épistémologique, sa logique des sciences physico-chimiques.

Il distingue les sciences en deux groupes, celles où l'observation pure et simple est possible (biologie) et celles où l'expérience est toujours interprétation abstraite et symbolique et n'a de sens qu'à travers une théorie. Les sciences physiques font partie de ce dernier : les résultats de l'observation sensible n'y peuvent être énoncés qu'on le veuille ou non, qu'à travers un artifice théorique ; c'est d'ailleurs le sort de toute science quelque peu avancée. Au fur et à mesure qu'une science progresse, qu'elle s'éloigne de la simple connaissance empirique, de la constatation des lois les plus grossières, le rôle joué par la théorie dans l'interprétation des faits d'expérience va grandissant : lorsqu'une science commence lorsqu'elle n'est en quelque sorte que le sens commun rendu plus attentif, la relation des faits d'expérience qu'elle constate est un décalque exact de la réalité observée ; la physiologie dans plusieurs de ses parties nous offre l'image d'une science à cet état ; puis, au fur et à mesure qu'elle progresse, l'épaisseur des considérations théoriques qui sépare le fait concret, réellement constaté par l'observateur, et

la traduction abstraite, symbolique qu'il en donne, devient plus considérable; prenez par exemple la chimie dans son état actuel; prenez en particulier celle de ses branches dont le développement est le plus parfait, la chimie des composés du carbone, la chimie organique. Quelle différence entre un fait d'expérience et l'interprétation théorique, la traduction symbolique qu'en donne le chimiste! Mesurez la distance qui sépare cet énoncé; l'expérience nous apprend qu'en substituant à un H de la benzine le gaz rouge acide CO — OH on obtient de l'acide benzoïque, des observations concrètes réellement faites, qu'il représente, et vous comprendrez que plus une science progresse plus la traduction symbolique qu'elle substitue aux faits d'expérience est abstraite et éloignée des faits (La physique expérimentale, *Revue des questions scientifiques*, juillet 1894, p. 187).

Les sciences physico chimiques ne peuvent donc exister qu'à condition d'être toujours « traduction symbolique »; c'est pourquoi leurs théories sont un formalisme mathématique.

Pour construire cette traduction symbolique, on commence par faire correspondre une grandeur à chaque notion physique, pour la mesurer, ou plus exactement la repérer. Les variations de cette grandeur pourront correspondre à chaque instant aux modifications observées dans l'intensité de la propriété qu'elle représente. On forme ensuite (comme on l'a vu dans l'exposé des conditions de la thermodynamique) les définitions nécessaires pour établir cette correspondance continue entre la variable et la propriété physique dont elle est le symbole. Ces définitions sont essentiellement arbitraires. Il suffit qu'elles rendent le service qu'on leur demande, aussi exactement que possible. Entre les diverses notions ainsi définies, on établit un certain nombre de relations exprimées par des propositions mathématiques. Ces relations sont les *hypothèses*, *principes*, ou *postulats*, dont la théorie tout entière ne fera que développer les conséquences.

Voici l'ossature formelle de la théorie. Il s'agit maintenant de bien préciser le caractère d'arbitraire qu'elle comporte. C'est ici que se manifeste surtout l'originalité de M. Duhem. Jusqu'ici nous avons toujours parlé d'arbitraire sans apporter aucune restriction à ce terme. Mais nous savons que M. Duhem ne veut pas du nominalisme scientifique pur et simple, qui pour lui n'est qu'un néo-scepticisme. Il établit *une* physique théorique. Il croit qu'*une* physique théorique

peut être présentée de préférence à d'autres (par exemple de préférence au mécanisme classique). Il admet donc qu'entre plusieurs systèmes de conventions arbitraires, il en est un qui doit l'emporter sur tous les autres.

On pourrait croire que c'est l'expérience qui décidera, puisque l'expérience, ne l'oublions pas, doit intervenir à l'achèvement de la théorie pour la valider ou l'invalider. Mais, il le proclame lui-même, de l'aveu de tous les mathématiciens on peut faire correspondre à un ensemble donné de résultats expérimentaux une infinité d'hypothèses qui permettent de les retrouver par voie de conséquence. Aussi n'est-ce pas là la solution. Il y a, dans la forme même que va prendre l'hypothèse, des raisons d'adopter une hypothèse particulière, ou au moins un genre particulier d'hypothèses, analogues dans leurs grandes lignes. L'arbitraire n'est pas l'indifférence ou le hasard ; il est guidé par des considérations préconçues.

Il faut d'abord que l'hypothèse soit logiquement cohérente. Le principe de contradiction est déjà une limite qui s'impose à toute théorie : une fois les conventions adoptées, les conséquences doivent s'en déduire avec une inflexible logique sans le « coup de pouce » cher à tous ceux qui font de la physique mathématique. — Ensuite le nombre des conventions doit être le plus petit possible. La simplicité d'une hypothèse est un motif qui doit la faire choisir. C'est une des raisons pour lesquelles M. Duhem se déclare partisan de la statique de Gibbs et de la dynamique de Helmholtz qui ne font intervenir ni masses cachées, ni liaisons fictives. — Toute théorie renfermera des lacunes : il n'y a pas de théorie parfaite. Mais ces lacunes devront, elles aussi, être réduites au minimum. — L'étendue de l'hypothèse, sa facilité à fournir des cadres généraux pour l'étude d'un nombre toujours croissant de faits, sans qu'elle soit obligée de modifier ses principes, voilà encore une raison qui doit limiter l'arbitraire du physicien. — Enfin la correspondance aussi étroite que possible entre les conséquences de l'hypothèse et les faits de l'expérience est une condition *sine qua non* de l'admission des conventions proposées.

L'hypothèse parfaite serait celle qui serait une simple traduction en langage mathématique, des lois physiques dont on veut représenter l'ensemble, à condition que cette traduction se suive bien, et forme un tout logique absolument cohérent. Aucune théorie physique ne réalise pleinement cet idéal. Et les théories que l'on a

bâties présentent tous les degrés entre les mauvaises hypothèses et l'hypothèse idéale, sans jamais se confondre avec cette dernière : « On peut mettre en fait que quelque vaste et sûre que soit une théorie physique, lorsqu'on la pousse suffisamment loin, elle aboutit toujours à des conséquences contraires à l'expérience. » La valeur des théories reste donc dans une certaine mesure *relative*; mais on *peut discuter de la valeur d'une théorie*, de son degré d'objectivité, tandis que dans la critique empiriste pure on les proscriit absolument toutes comme sans contact avec la réalité, et que dans la critique néo-idéaliste, on les admet également toutes, comme subjectives, ce qui ressemble beaucoup en fin de compte à l'empirisme pur. M. Duhem au contraire admet en même temps que la nécessité de l'hypothèse, des critères de validité et une échelle de valeur.

La théorie physique n'est donc pas œuvre indifférente, ou négligeable : elle répond à un besoin et doit satisfaire à des conditions données : « La théorie physique est une construction symbolique de l'esprit humain destinée à donner une représentation, une synthèse aussi complète, aussi simple et aussi logique que possible des lois que l'expérience a découvertes.... Lorsqu'un grand nombre de ses conséquences théoriques représentent d'une manière très approchée un grand nombre des lois expérimentales, la théorie est bonne » (Les théories électriques de Maxwell, *Revue des questions scientifiques* du 20 janvier 1901).

Si nous demandons maintenant à M. Duhem pourquoi il adopte cette conception méthodologique qu'il est à peu près le seul à soutenir dans ces termes exacts, il nous répondra : c'est parce que seule, elle paraît satisfaire aux exigences de la science contemporaine, que seule elle peut s'allier avec de saines idées épistémologiques.

Les savants se partagent en deux camps, les partisans de la tradition classique et du mécanisme, et les adversaires de cette tradition. Nous avons déjà eu l'occasion de remarquer à plusieurs reprises que ces derniers se subdivisent à leur tour en deux groupes : les empiriques absolus pour qui la science ne peut être que l'expérience codifiée, et les néo-idéalistes, pour qui la science est un système commode, mais sans aucune valeur objective. C'est contre ces trois manières de voir qu'il s'agit pour M. Duhem d'établir le bien fondé et les avantages de la sienne.

1° Contre les empiristes, il n'a pas de peine à montrer que la science purement expérimentale n'existe pas et ne saurait exister.

« Pour le physiologiste, pour le chimiste, comme pour le physicien, l'énoncé du résultat d'une expérience implique en général un acte de foi en l'exactitude de tout un ensemble de théories... Prétendre séparer l'observation de toute théorie, se vanter d'avoir écrit un mémoire purement expérimental de physique, c'est une tentative illusoire; autant vaudrait essayer d'énoncer une idée sans employer aucun signe parlé ou écrit » (*Revue des questions scientifiques*, 1894, II).

« Regnault étudie la compressibilité des gaz; il prend une certaine quantité de gaz, il l'enferme dans un tube de verre; il maintient la température constante; il mesure la pression que supporte le gaz et le volume qu'il occupe. Voilà, dira-t-on, l'observation minutieuse et précise de certains phénomènes, de certains faits. Assurément, devant Regnault, entre ses mains, entre les mains de ses aides, des faits se sont produits; est-ce le récit de ces faits que Regnault a consignés pour contribuer à l'avancement de la physique? Non, dans un viseur. Regnault a vu l'image d'une certaine surface de mercure affleurer à un certain trait; est-ce là ce qu'il a écrit dans la relation de ses expériences? Non, il a inscrit que le gaz occupait un volume ayant une telle valeur. Un aide a élevé et abaissé la lunette d'un cathétomètre jusqu'à ce que l'image d'un autre niveau de mercure vint affleurer le fil d'un réticule; il a alors observé la disposition de certains traits sur le vernier du cathétomètre; est-ce là ce que nous lisons dans le rapport de Regnault? Non, nous y lisons que la pression supportée par le gaz avait telle valeur. Un autre aide a vu dans un thermomètre, le mercure affleurer à un certain trait invariable; est-ce là ce qu'il a consigné? Non, on a marqué que la température était fixe et atteignait tel degré. Or qu'est-ce que la valeur du volume occupé par le gaz, qu'est-ce que la valeur de la pression qu'il supporte, qu'est-ce que le degré de température auquel il est porté? sont-ce des faits? non, ce sont trois abstractions.

« Pour former la première de ces abstractions, la valeur du volume occupé par le gaz, et la faire correspondre au fait observé, c'est-à-dire à l'affleurement du mercure en un certain trait il a fallu jauger le tube, c'est-à-dire faire appel non seulement aux notions abstraites de l'arithmétique et de la géométrie, aux principes abstraits sur lesquels reposent ces sciences, mais encore à la notion abstraite de masse, aux hypothèses de mécanique générale et de mécanique céleste qui justifient l'emploi de la balance dans la comparaison des

masses. Pour former la seconde, la valeur de la pression supportée par le gaz, il a fallu user des notions si profondes, si difficiles à acquérir de pression, de forces, de liaison, appeler en aide des lois mathématiques de l'hydrostatique, fondées elles-mêmes sur les principes de la mécanique générale; faire intervenir la loi de compressibilité du mercure dont la détermination se relie aux questions les plus délicates et les plus controversées de la théorie de l'élasticité. Pour former la troisième il a fallu définir la température, justifier l'emploi du thermomètre; et tous ceux qui ont étudié avec quelque soin les principes de la physique savent combien la notion de température est éloignée des faits et difficile à saisir. — Ainsi quand Regnault faisait une expérience il avait des faits devant les yeux, il observait des phénomènes. Mais ce qu'il nous a transmis de cette expérience, ce n'est pas le récit des faits observés; ce sont des données abstraites que les théories admises lui ont permis de substituer aux documents concrets qu'il avait réellement recueillis. — Ce que Regnault a fait, c'est ce que fait tout physicien expérimentateur. Voilà pourquoi nous pouvons énoncer ce principe dont la présente étude développera les conséquences : une expérience de physique est l'observation précise d'un groupe de phénomènes accompagnée de l'interprétation de ces phénomènes. Cette interprétation substitue aux données concrètes recueillies par observation des représentations abstraites et symboliques qui leur correspondent en vertu des théories physiques admises par l'observateur (*Réflexions sur la physique expérimentale*, Duhem).

« Nous voici bien loin du mécanisme expérimental tel que l'imaginent volontiers les personnes étrangères à son fonctionnement. On pense communément que chacune des hypothèses dont la physique fait usage peut être prise isolément, soumise au contrôle de l'expérience, puis lorsque des épreuves variées et multipliées en ont constaté la valeur, mise en place d'une manière presque définitive dans l'ensemble de la science. En réalité il n'en est pas ainsi; la physique n'est pas une machine qui se laisse démonter. On ne peut pas essayer chaque pièce isolément et attendre pour l'ajuster, que la solidité en ait été minutieusement contrôlée; la science physique, c'est un organisme que l'on doit prendre tout entier; c'est un organisme dont on ne peut faire fonctionner une partie sans que les parties les plus éloignées de celles-là entrent en jeu les unes plus, les autres moins, toutes à quelque degré; si quelque gêne, quelque

malaise se révèle dans son fonctionnement, le physicien sera obligé de deviner quel est l'organe qui a besoin d'être redressé ou modifié, sans qu'il lui soit possible d'isoler cet organe et de l'examiner à part; l'horloger auquel on donne une montre qui ne marche pas, en répare tous les rouages et les examine un à un, jusqu'à ce qu'il ait trouvé celui qui est faussé ou brisé; le médecin auquel on présente un malade ne peut le disséquer pour établir son diagnostic, il doit deviner le siège du mal par la seule inspection des effets produits sur le corps entier; c'est à celui-ci, non à celui-là, que ressemble le physicien chargé de redresser une théorie boiteuse...

« Les vérifications expérimentales ne sont pas la base de la théorie, elles en sont le couronnement; la physique ne progresse pas comme la géométrie; celle-ci grandit par le continuel apport d'un nouveau théorème, démontré une fois pour toutes, qui s'ajoute à des théorèmes déjà démontrés; celle-là est un tableau symbolique auquel de continuelles retouches donnent de plus en plus d'étendue et d'unité; dont l'ensemble forme une image de plus en plus précise de l'ensemble des faits d'expérience, tandis que chaque détail de cette image, découpé et isolé du tout, perd toute signification et ne représente plus rien » (La physique expérimentale, *Revue des questions scientifiques*, juillet 1894, p. 192-197).

2° L'empirisme est donc une fiction, la science, simple résumé de la constatation expérimentale, une chimère. Mais ne semble-t-il pas alors que la vérité soit rencontrée chez les logiciens qui prétendent que la science n'est qu'un discours, — pour organiser d'une façon commode nos connaissances — et il y a autant de formes scientifiques que de langues imaginables. Cette conclusion, à laquelle on croirait voir aboutir toutes nos analyses précédentes, qui, toutes parlent d'arbitraire, de convention et de choix, M. Duhem la repousse aussi vivement que la conclusion empirique. La théorie n'est pas un artifice ingénieux pour classer nos connaissances d'une façon aisée, semblable à l'ordre conventionnel adopté pour arranger nos livres ou nos fiches. Elle a un rapport certain avec la réalité, c'est-à-dire avec les constatations expérimentales — la preuve en est que l'expérience doit intervenir finalement pour la confirmer ou l'invalider. Ce qui est arbitraire, c'est tout ce qui au premier abord va nous permettre de faire correspondre l'ordre de nos pensées à l'ordre réel. Mais ce qui ne l'est plus, c'est la correspondance elle-même. Tant que nous développons la théorie, nous avons ouvert devant

nous les chemins les plus divers et les plus multiples, comme un voyageur, qui, sans indication se trouve à un carrefour. Mais il y a une route qui, parmi toutes les autres, le mènera au terme de son voyage. Il peut même y en avoir plusieurs, mais parmi ces dernières, il en sera encore une plus courte ou mieux tracée, ou mieux entretenue. Une fois arrivé au terme, on pourra déterminer cette route d'une façon certaine. Au lieu donc de prétendre avec les néo-sceptiques que tout chemin mène au but, nous devons dire qu'il y aura un développement théorique, qui mieux que tout autre correspondra à l'ordre des phénomènes que nous voulons décrire.

Il y aura ainsi un ensemble de théories qui s'imposera au moins dans des lignes générales, à l'exclusion de tout autre. Il constituera *la* physique théorique; celle-ci sera déterminée et une, et non arbitraire et multiple. A son achèvement, dès qu'elle est confrontée avec l'expérience, son arbitraire et sa diversité jusque-là possibles, s'évanouissent — momentanément du moins, tant que des connaissances nouvelles ne viendront point la contredire.

Examinons par exemple la théorie de l'électricité à laquelle Maxwell a attaché son nom. Par une suite peu cohérente, parfois incorrecte et illogique de déductions, Maxwell est parvenu à des équations utiles pour interpréter certains phénomènes. Le néo-scepticisme serait en droit de dire ici : Qu'importe la déduction de Maxwell? Qu'importe *la* théorie qu'il propose? Nous savons qu'une infinité d'autres pourraient s'y substituer. Sans nous arrêter au chapitre de physique théorique qu'il a esquissé, et qu'on peut remplacer comme bon semble, gardons l'expression mathématique, à titre de symbole commode de l'expérience, et ne donnons pas à ce *discours verbal* d'autre valeur.

« Beaucoup de physiciens penchent aujourd'hui pour un parti qui a été adopté par Hertz, par Ohm, et dont Hertz a nettement formulé le principe et revendiqué la légitimité :

« Puisque les raisonnements et les calculs par lesquels Maxwell développe sa théorie de l'électricité et du magnétisme sont à chaque instant compromis par des contradictions non pas accidentelles, non pas aisées à corriger, mais essentielles et inséparables de l'ensemble de l'œuvre, laissons de côté ces raisonnements et ces calculs. Prenons simplement les équations auxquelles ils ont conduit Maxwell et, sans souci des procédés par lesquels ces équations ont été obtenues, acceptons-les comme des hypothèses fondamentales, comme des

postulats sur lesquels nous ferons reposer l'édifice entier des théories électriques. Nous garderons ainsi sinon toutes les pensées qui ont agité l'esprit de Maxwell, du moins tout ce qu'il y a d'essentiel et d'indestructible dans ses pensées car « ce qu'il y a d'essentiel dans les théories de Maxwell, ce sont les équations de Maxwell ».

A-t-on le droit de laisser de côté à la fois les anciennes théories électriques et les théories nouvelles, par lesquelles Maxwell est arrivé à ces équations et de prendre purement et simplement ces équations comme point de départ d'une doctrine nouvelle ?

« Un algébriste a toujours le droit de prendre un groupe quelconque d'équations et de combiner ces équations entre elles, selon les règles du calcul. Les lettres que liaient certaines relations sont impliquées dans d'autres relations algébriquement équivalentes aux premières, mais un physicien n'est pas un algébriste ; une équation ne porte pas simplement, pour lui, sur des lettres, ces lettres symbolisent des grandeurs physiques qui doivent être ou mesurables expérimentalement, ou formées d'autres grandeurs mesurables. Si donc on se contente de donner à un physicien une équation, on ne lui enseigne rien du tout ; il faut, à cette équation, joindre l'indication des règles par lesquelles on fera correspondre les lettres sur lesquelles porte l'équation aux grandeurs physiques qu'elles représentent. Or ces règles, ce qui les fait connaître, c'est l'ensemble des hypothèses et des raisonnements par lesquels on est parvenu aux équations en question : c'est la *théorie* que ces équations résument sous forme symbolique : en physique, une équation, détachée de la théorie qui y a conduit, n'a aucun sens.

« Selon H. Hertz des théories sont identiques lorsqu'elles conduisent aux mêmes équations. « A cette question (dit H. Hertz) : « Qu'est-ce que la théorie de Maxwell ? » je ne connais aucune réponse plus précise et plus brève que celle-ci : « la théorie de Maxwell c'est le système des équations de Maxwell ». Toute théorie qui conduit à d'autres équations et par conséquent fait prévoir la possibilité d'autres phénomènes sera pour moi une autre théorie »....

« Ce critérium ne saurait suffire à juger l'équivalence de deux théories ; pour qu'elles soient équivalentes, il ne suffit pas que les équations qu'elles proposent soient littéralement identiques : il faut encore que les lettres qui figurent dans ces équations représentent des grandeurs liées de la même manière aux quantités mesurables ; et pour s'assurer de ce dernier caractère, il ne suffit pas de com-

parer les équations, il faut comparer les raisonnements et les hypothèses qui constituent les deux théories » (*Théories électriques de Maxwell*, p. 221-223).

Ces raisonnements et ces hypothèses, c'est-à-dire la théorie, ont donc une valeur propre, un aspect nécessaire, un rôle spécifique. Ils doivent prendre une forme déterminée. On peut alors parler de la physique théorique; car elle correspond à quelque chose de réel. Discours conventionnel, à son origine, elle devient langue universelle, voire nécessaire, dès qu'elle nous permet de relier un ensemble de faits expérimentaux et tant que cet ensemble ne subit pas de graves transformations par suites de découvertes nouvelles.

Cette restriction semble malgré tout, faire pencher la balance du côté de la conception que M. Duhem combat. A un même moment de l'évolution scientifique nous n'admettrons pas, il est vrai, qu'un nombre quelconque d'hypothèses puissent aussi bien les unes que les autres organiser nos connaissances physico-chimiques et en représenter fidèlement l'état général. Mais si nous admettons que la théorie ne vaut que pour un moment du temps, ne retrouvons-nous pas cette multiplicité au fur et à mesure des développements de la science? Elle n'est plus simultanée, mais elle se manifeste aussi bien, dès que nous considérons plusieurs moments successifs. La physique théorique redevient ainsi un jeu illusoire de l'esprit. Il y a peut-être à chaque instant une physique théorique plus commode, partant plus acceptable dans un état donné de la science, état essentiellement passager et transitoire; mais si nous nous élevons au-dessus des contingences actuelles, nous retrouvons une possibilité indéfinie d'hypothèses théoriques. Il faut donc que M. Duhem complète sa conception, pour qu'elle soit vraiment cohérente et originale, pour qu'elle ne se confonde pas avec ce néo-scepticisme qu'il combat.

C'est ce qu'il fait, en appelant à son secours sa merveilleuse érudition d'historien des sciences physico-chimiques. La physique théorique ne nous présente nullement un ensemble d'hypothèses divergentes ou contradictoires. Elle offre au contraire à qui en suit attentivement les transformations, un *développement continu* une véritable *évolution*. La théorie qui paraît suffisante à un moment donné de la science ne tombe pas intégralement, dès que le champ de la science s'est élargi. Bonne pour expliquer un certain nombre de faits, elle continue à rester valable pour ces faits. Seulement elle ne l'est plus pour des faits nouveaux; *elle n'est pas ruinée*; elle est

devenue insuffisante. Et pourquoi ? Parce que notre esprit ne peut saisir le complexe qu'après le simple, le plus général qu'après ce qui l'était moins. Aussi avait-il, pour ne pas se perdre dans les détails trop compliqués qui lui masquaient les relations exactes des choses, négligé certaines modalités, restreint les conditions de l'examen, réduit le champ de l'observation et de l'expérimentation. La découverte scientifique, si l'on sait bien la comprendre ne fait qu'élargir à mesure ce champ, lever peu à peu certaines restrictions, réintégrer les considérations jugées d'abord négligeables.

3° Et c'est pourquoi l'ancien mécanisme réaliste reste le point de vue le plus opposé au sien. Contre lui il fait siennes les critiques récentes, presque générales, qu'empiristes et nominalistes ont adressées à cette manière traditionnelle et classique.

« Aujourd'hui, nous ne demandons plus aux théories physiques un mécanisme simple et facile à imaginer, qui *explique* les phénomènes ; nous les regardons comme des constructions rationnelles et abstraites, qui ont pour but de symboliser un ensemble de lois expérimentales ; dès lors, pour *représenter* les *qualités* que nous étudions, nous admettons sans difficulté dans nos théories des grandeurs d'une nature quelconque, pourvu seulement que ces grandeurs soient nettement définies ; peu importe que l'imagination saisisse ou non les propriétés signifiées par ces grandeurs ; par exemple, les notions d'intensité d'aimantation, d'intensité de polarisation, demeurent inaccessibles à l'imagination qui saisit fort bien, au contraire, les corpuscules magnétiques de Poisson, les corpuscules électriques de Faraday, recouverts, à leurs deux extrémités, par des couches fluides de signes opposés ; mais la notion d'intensité de polarisation implique un bien moins grand nombre d'hypothèses arbitraires, que la notion de particule polarisée ; elle est plus complètement dégagée de toute supposition sur la constitution de la matière ; substituant la continuité à la discontinuité, elle prête à des calculs plus simples et plus rigoureux ; nous lui devons la préférence. »

La physique théorique n'explique pas ; elle décrit. « A ceux qui veulent que leurs théories expliquent la nature et les causes des lois physiques, opposons celui qui ne cherche dans la physique théorique qu'un symbole de ces lois ; celui-là ne limitera pas d'avance le nombre et la nature des notions qu'il lui sera permis de combiner entre elles, il admettra dans son système d'autres grandeurs que celles de la géométrie et de la mécanique ; lorsqu'une

quantité aura été nettement définie, lorsqu'on aura posé d'une manière précise les règles d'après lesquelles elle doit être traitée dans les raisonnements et dans les calculs, mesurée dans les expériences, il ne se refusera nullement à en faire usage; si les hypothèses faites sur cette quantité permettent de bien représenter la classe de phénomènes qu'il étudie, son esprit sera satisfait; il ne perdra pas son temps et ses efforts à remplacer cette notion par une combinaison de concepts géométriques et mécaniques ». Réflexions au sujet des théories physiques (*Revue des questions scientifiques*), p. 161, janvier 1892.

VI. — LA MÉTAPHYSIQUE DE M. DUHEM. LE PÉRIPATÉTISME.

Cette conception de la science a d'après son auteur cet avantage qu'elle exclut toute interprétation métaphysique.

Est-ce bien sûr? On se rappelle certainement cette phrase classique des manuels de philosophie, au moment où l'on exécute le positivisme : « Si l'on veut montrer que la raison humaine est impuissante à résoudre les problèmes métaphysiques, il faut nécessairement examiner ces problèmes; pour ne pas faire de métaphysique, il faut donc faire de la métaphysique ». Il semble bien que M. Duhem a succombé à la tentation commune : il a fait de la métaphysique. Il a eu une idée de derrière la tête, une idée préconçue sur la valeur et la portée de la science, et sur la nature du connaissable. Et cela était tout à fait légitime. A moins de borner la science à n'être qu'un recueil de recettes empiriques — et encore cette prétention n'est-elle pas le résultat plus ou moins conscient d'une tendance métaphysique? — les problèmes métaphysiques sont, à certains moments, si près des grandes questions scientifiques, l'esprit humain est si désireux de prolonger sa curiosité, en imaginant toujours de nouveaux pourquoi, qu'il est chimérique et abstrait de vouloir mettre un fossé infranchissable, et surtout infranchi entre la science et la métaphysique.

M. Duhem a donc une métaphysique de la science : elle est même très précise, pas du tout instinctive, latente ou inconsciente : il l'a exposée en plusieurs endroits, et s'il ne veut pas lui donner le nom de métaphysique, c'est que conformément à une illusion très naturelle et très générale, il croit que cette métaphysique est une con-

ception très positive, que cette métaphysique n'est pas une métaphysique. C'est le sort commun de tous les savants : ils se piquent d'être uniquement et simplement des savants, ils croient qu'ils n'ajoutent rien aux faits, qu'ils n'interprètent pas la réalité, qu'ils demeurent toujours entièrement positifs. Et tous de prétendre que ceux qui ne professent pas les mêmes opinions qu'eux font de la métaphysique. Combien de savants, matérialistes dans toutes leurs expressions et dans toutes leurs conceptions, se prétendent de purs positivistes, comme si le matérialisme n'était pas une métaphysique hardie entre toutes. Le point de vue nominaliste si fort à la mode actuellement, et le néo-scepticisme scientifique s'intitule carrément ou néo-positivisme, ou positivisme absolu ; et pourtant quelle audacieuse théorie de la connaissance ne postule-t-il pas ? par l'irréductibilité du sensible au rationnel, du réel au pensable, de l'existence et de la logique ? Nous allons suivre M. Duhem dans l'exposé de sa philosophie scientifique. Il apparaîtra clairement, pensons-nous, à travers sa propre expression, et sans fausser en rien ses idées, qu'elle est essentiellement une profession de foi métaphysique.

La physique nouvelle, dit-il, admet « dans ses raisonnements la considération des qualités ; elle rend à la notion de mouvement toute la généralité que lui attribuait Aristote. Là est le secret de sa merveilleuse souplesse. Par là, en effet, elle se débarrasse de la considération de ces mécanismes hypothétiques qui répugnaient à la philosophie naturelle de Newton, de la recherche des masses et des mouvements cachés dont le seul objet est d'expliquer géométriquement les qualités ; délivrée de ce labeur, que Pascal proclamait incertain, pénible et inutile, elle peut, en toute liberté, consacrer ses efforts à des œuvres plus fécondes... La création de cette mécanique fondée sur la thermodynamique est donc une réaction contre les idées atomistiques et cartésiennes, *un retour* — bien imprévu de ceux-là mêmes qui y ont le plus contribué — *aux principes les plus profonds des doctrines péripatéticiennes.*

« Ainsi par une contre-révolution opposée à la révolution cartésienne, la mécanique nouvelle reprend les traditions de la physique de l'école, si longtemps et si violemment décriée » (*Rev. des Sc.*, 1903, I, 429).

Oui, dira-t-il ailleurs avec Rankine, « le pur mécanisme cartésien, qui attribue à la matière la figure et le mouvement, mais lui refuse toute qualité, est frappé de stérilité ; oui, le système dynamiste,

formulé philosophiquement par Leibniz et réalisé pratiquement par Newton, le système qui peut condenser en un seul élément, la force, tout ce qu'il y a de qualitatif en la matière, n'est pas assez souple pour se plier aux lois essentielles de la physique actuelle; il nous faut donc admettre que la matière peut posséder des qualités diverses, non réductibles à la figure et au mouvement, *qualité dont le physicien peut constater l'existence et étudier les effets, mais qu'il ne peut expliquer*, qualités qui doivent être les éléments ultimes de ses théories, qui demeureront pour lui, OCCULTES, mais qui n'en seront pas moins très certainement et très exactement connues. Lorsqu'un corps nous paraît chaud, ce n'est pas qu'il renferme un fluide particulier ou que ses molécules soient animées d'un certain petit mouvement; c'est qu'il possède une certaine qualité, à un certain degré d'intensité; qualité dont la nature intime nous demeure inconnue, mais dont l'existence et les modifications se révèlent avec une précision minutieuse à la méthode expérimentale; c'est cette qualité que nous nommons *chaleur*; la lumière n'est pas un état vibratoire de l'éther; c'est une qualité; l'aimantation est une qualité, l'électrisation en est une autre.

« Non pas qu'il faille, à l'imitation de certains scolastiques, attribuer chaque nouveau phénomène à une nouvelle qualité irréductible, à une nouvelle propriété essentielle de la matière. En présence d'un phénomène inconnu jusqu'alors, le physicien se demandera d'abord s'il n'est pas un effet nouveau d'une qualité déjà découverte; il emploiera toutes les ressources de la méthode expérimentale pour faire rentrer le fait qui vient d'être mis en lumière dans les cadres déjà établis; mais lorsque des tentatives sagement conduites, longuement et ingénieusement variées, n'auront pu obtenir cette réduction, il n'hésitera plus à voir dans le phénomène étudié la manifestation d'une nouvelle qualité première » (*L'évolution des théories physiques*, 34).

Voulons-nous un exemple concret de ce péripatétisme :

« Comment, par exemple cette science traite-t-elle de la combinaison du gaz carbonique avec la chaux ou de la dissociation du carbonate de calcium? elle admet qu'une certaine masse de gaz carbonique et une certaine masse de chaux peuvent disparaître, et qu'il se produit une masse de carbonate de calcium égale à la somme des deux premières masses; qu'une certaine masse de carbonate de calcium peut cesser d'exister pourvu qu'il apparaisse une certaine

masse de chaux et une certaine masse de gaz carbonique reproduisant par leur somme la masse du carbonate détruit; enfin selon les enseignements de l'analyse chimique elle admet que la masse de gaz carbonique et la masse de chaux qui disparaissent ou apparaissent dans ces deux réactions inverses sont entre elles comme les nombres 44 et 55,9; hors cela, elle ne postule rien sur la constitution du carbonate de calcium sur la nature intime du phénomène qui transforme ce corps en chaux et gaz carbonique ou qui régénère ce corps aux dépens de la chaux et du gaz carbonique. De ces trois corps, chaux, gaz carbonique, carbonate de calcium, elle ne fait rien figurer dans ses équations, sinon des propriétés physiques observables et mesurables telles que la masse de chacun d'eux, le volume qu'il occupe, la pression qu'il supporte, la température à laquelle il est porté.

« En résumé, dans tout ce que la mécanique chimique actuelle suppose touchant la génération ou la destruction des combinaisons chimiques nous ne trouvons rien qui ne s'accorde avec l'analyse de la notion du mixte donnée par Aristote; sans doute la loi de la conservation de la masse et la loi des proportions définies y sont invoquées mais en complétant et précisant les résultats obtenus par l'analyse du Stagirite, ces lois n'en modifient point la nature. Selon Aristote comme suivant les thermodynamiciens contemporains les éléments ne subsistent plus actuellement au sein du mixte; ils n'y existent qu'en puissance (Duhem, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 191-192).

« Essayons de marquer le trait précis jusqu'où la méthode actuellement suivie par les sciences physiques peut être regardée comme péripatéticienne et à partir duquel au contraire elle est essentiellement distincte de ce que pouvaient imaginer les philosophes de l'antiquité et du moyen âge.

« Pour Aristote toute recherche philosophique a pour fondement une analyse logique très minutieuse, très précise des concepts que la perception a fait germer en notre intelligence; en chaque notion il convient de mettre à nu ce qui est l'exact apport de l'expérience, ce qui constitue essentiellement cette notion, et de rejeter sévèrement les ornements parasites dont l'imagination l'a affaiblie. S'agira-t-il, par exemple, de philosopher sur le mixte? Il faudra avant tout, faire ressortir ce qu'une exacte analyse distingue en cette notion: des éléments qui cessent d'exister au moment où le mixte est engendré;

un mixte homogène dont la plus petite partie renferme en puissance les éléments et peut les régénérer par sa propre corruption. A ces caractères nécessaires et suffisants pour constituer la notion de mixte, l'imagination des atomistes substitue des hypothèses sur la persistance des atomes et sur leur juxtaposition; ces hypothèses dont les objets ne sont point saisissables à nos légitimes moyens de connaître il faut les reléguer impitoyablement dans la région des chimères.

« La physique actuelle elle aussi met à la base de toute théorie une analyse logique exacte des notions que l'expérience nous fournit. Par cette analyse elle s'efforce non seulement de marquer avec précision les éléments essentiels qui composent chacune de ces notions mais aussi d'éliminer soigneusement tous les éléments parasites que les hypothèses mécanistes y ont peu à peu introduits.

« L'analyse que la physique actuelle prend pour point de départ de chaque théorie procède selon la même méthode que l'analyse péripatéticienne; mais elle en diffère par le nombre des objets sur lesquels elle porte et par le détail des faits qui lui sont donnés. Aristote ne pouvait examiner autre chose que ce que peut saisir l'observation vulgaire faite avec nos moyens naturels de percevoir. Encore avait-il parfois affaire à des observations incomplètes et inexactes. Depuis la Renaissance, la puissance, la pénétration, la précision de nos sens ont été prodigieusement accrues par l'usage d'instruments de jour en jour plus parfaits, de méthodes expérimentales de jour en jour plus minutieuses; des expériences dont le nombre croît sans cesse en même temps que chacune d'elles devient plus détaillée introduisent à chaque instant dans la science des notions nouvelles ou compliquent les notions déjà formées.

« L'analyse du physicien doit donc s'appliquer à une matière incomparablement plus riche que celle dont disposait Aristote, à une matière dont la richesse croît indéfiniment. Il ne suffit plus, par exemple, à celui qui médite sur les théories chimiques d'analyser les deux notions connexes de mixte et d'élément. Une foule d'autres notions qui sont venues se greffer sur celles-là requièrent son attention. Il lui faut pénétrer les idées de masses équivalentes, d'analogie chimique, de substitution chimique, de valence, d'isomérie, etc., et pour saisir le contenu de ces idées pour en discuter le sens exact et la véritable portée, il ne lui suffit pas de faire appel au témoignage de ses sens tout nus; il lui faut recourir à la

balance, au goniomètre, au saccharimètre, à tous les instruments qui peuplent le laboratoire du physicien et du chimiste.

« Cette analyse, on le conçoit du reste, diffère profondément et de forme et d'étendue de celle qui sollicitait l'attention d'Aristote. Bien précise cependant était la dissection logique faite par le Stagirite, bien souvent en effet il a fallu au physicien moderne des efforts longs et opiniâtres pour exhumer du milieu des suppositions entassées par les théories mécaniques des idées clairement aperçues par le philosophe antique. Ainsi avons-nous vu la chimie retrouver par une lente élaboration la notion péripatéticienne du mixte.

« En outre, même dans le cas où la science actuelle est contrainte de transformer les résultats de l'analyse aristotélicienne, les changements qu'elle y apporte se relient souvent d'une manière si exacte aux idées antiques qu'ils semblent les compléter et les enrichir plutôt que les modifier profondément. Aristote avait vu qu'un mixte ou un groupe d'éléments ne pouvait être engendré qu'il ne se détruisit en même temps un groupe d'éléments ou un mixte *corruptio unius generatio alterius*, disait la scolastique, la chimie moderne complète et précise ce principe en nous montrant que la masse détruite est toujours égale à la masse créée.

« Il peut arriver toutefois que les résultats auxquels Aristote a été conduit en appliquant l'analyse logique à nos diverses notions physiques soient tous bouleversés par l'examen de ces notions tel que nous le pratiquons aujourd'hui.

« Et c'est ce qui a lieu en la mécanique du mouvement local. Même dans ce cas il n'en reste pas moins au Stagirite une gloire impérissable, la gloire d'avoir mis une telle analyse à la base de la science; la gloire d'avoir créé une méthode à laquelle la physique après avoir pris trop longtemps l'imagination pour guide, se voit contrainte de recourir.

« C'est par cette analyse logique préliminaire, mais c'est seulement par elle que la physique péripatéticienne et la physique actuelle se rapprochent l'une de l'autre. Une fois cette analyse terminée, ces deux physiques se séparent et dans des voies divergentes poursuivent des objets différents.

« La physique péripatéticienne est, au sens actuel du mot, une branche de la métaphysique. Si elle distingue en chacune de nos notions physiques les éléments qui la composent, c'est afin de pénétrer plus complètement la nature de l'objet que cette notion

représente; derrière chacun des éléments mis en évidence, elle place une réalité. Lorsque par exemple elle a disséqué la notion du mixte, elle essaie de concevoir comment les matières et les formes des composants cèdent la place à la matière et à la forme du mixte, quelle relation ont entre eux les accidents et les substances de ces corps.

« La physique actuelle n'est pas une métaphysique, elle ne se propose pas de pénétrer derrière nos perceptions pour saisir l'essence et la nature intime de ces perceptions. Tout autre est son but. Elle se propose de construire au moyen de signes empruntés à la science des nombres et à l'esthésométrie une représentation symbolique de ce que nos sens aidés des instruments nous font connaître. Une fois construite, cette représentation se prête au raisonnement d'une manière plus aisée, plus rapide, et partant plus sûre, que les connaissances purement expérimentales qu'elle remplace. Par cet artifice la physique prend une ampleur et une précision qu'elle n'aurait pu atteindre sans revêtir cette forme schématique que l'on nomme physique théorique ou physique mathématique.

« Dès lors à chacun des éléments que l'analyse logique lui fait découvrir en une des notions dont elle traite, elle fait correspondre non point une réalité métaphysique, mais un caractère géométrique ou algébrique du symbole qu'elle substitue à cette notion.

« A la notion de mixte par exemple elle substitue une formule chimique : l'idée d'analogie entre deux mixtes s'exprime par une suite d'égalités entre les indices qui affectent certaines lettres; l'idée de dérivation par substitution se représente au moyen de certains traits. La dissymétrie d'une figure géométrique sert à signaler un corps doué du pouvoir rotatoire.

« Il est clair qu'entre cette représentation symbolique des données de l'expérience et une étude métaphysique des choses que nos sens perçoivent, il n'y a plus lieu d'établir aucun rapprochement, les théories de la physique moderne sont radicalement hétérogènes à la physique péripatéticienne; ces deux physiques ne sont liées l'une à l'autre que par l'analyse logique qui est leur point de départ commun.

Ce sont ces caractères de la physique nouvelle (caractères métaphysiques, car ils impliquent toute une théorie de l'être et toute une théorie de la connaissance) qui font croire à M. Duhem que cette métaphysique n'en est pas une; il ne serait péripatéticien que

jusqu'au point où on peut l'être, sans être en même temps métaphysicien. Avec subtilité, il soutient cette gageure.

Que penser de cette déclaration? Il faut avouer, je crois, qu'elle est un peu verbale. Certes, la nouvelle physique de la qualité se défend d'aller au fond des choses, et s'offre comme un schème mathématique, et seulement un schème mathématique destiné à en symboliser la surface. Mais il n'en reste pas moins que M. Duhem affirme l'irréductibilité du qualitatif au quantitatif, la nécessité d'un certain nombre de commencements absolus dans les propriétés physiques, de principes donnés, en eux-mêmes occultes et inconnaissables. Il prend donc parti, qu'il le veuille ou non pour une hypothèse métaphysique, tout comme le mécanisme : pour l'hypothèse métaphysique qui s'oppose directement, et depuis les bégaiements de la philosophie à ce mécanisme. Ne pas admettre la réductibilité des propriétés physiques hétérogènes à des éléments plus simples et homogènes, ne pas admettre la réduction indéfinie du complexe au simple, c'est supposer, quand même et malgré tous les détours, une multiplicité d'essences qualitatives distinctes comme constituantes de l'univers.

C'est donc faire une hypothèse métaphysique absolument analogue dans sa forme, quoique tout autre dans son fonds, à celle qui affirme l'homogénéité des éléments primitifs de l'univers. Et cette hypothèse métaphysique est grosse de conséquences ; elle est d'un ordre métaphysique plus élevé, elle est métaphysique à une plus haute puissance que l'hypothèse mécaniste. Celle-ci, par la possibilité continue de réduire les apparences complexes à des éléments plus simples, nous donne un monde transparent et diaphane pour la raison, un univers, rationnel, pénétrable de toutes parts à la pensée humaine. S'il est vrai, selon l'antique adage grec, que seul le semblable peut connaître le semblable, l'univers scientifique du mécanisme a, au plus haut degré, le mérite de l'intelligibilité ; homogène en soi, et homogène à la raison, il se laisse ramener tout entier à des idées claires et distinctes et aisément comprendre. Il nous fournit un tableau où tous les détails sont en pleine lumière, et il réduit les hypothèses logiques au minimum.

C'est ce que ne permet pas, sous sa positivité apparente, la métaphysique de M. Duhem : Chacune des essences qualitatives distinctes, dévenant de toute nécessité un principe occulte et mystérieux, les taches obscures envahissent le tableau descriptif de l'uni-

vers. Notre vision s'arrête en des endroits déterminés, si petit soit le nombre qu'on en suppose. Et c'est bien là la tendance tout à fait profonde du savant et du philosophe dont nous essayons de caractériser l'esprit. Pour lui, l'univers n'est pas clair par lui-même. Il ne porte pas en soi sa raison suffisante comme le proclame le mécanisme. La multiplicité de ses propriétés fondamentales et le mystère de leur signification révèlent un autre mystère.

Le mystère est encore ailleurs. M. Duhem, dans sa lutte contre le mécanisme fait un départ très net, entre l'imagination et l'entendement. La théorie physique n'a pas besoin d'être *représentable*; elle n'a pas à parler à l'imagination. Œuvre de l'entendement pur, il suffit qu'elle soit partout d'une cohérence logique impeccable. L'ordre intelligible et l'ordre sensible, comme chez les philosophes de la qualité et du concept sont séparés jusqu'à s'exclure. Ce n'est pas le lieu d'examiner si cette vue peut être aujourd'hui psychologiquement et logiquement admise. Nous ne le croyons pas. Mais, quelle que soit l'opinion professée sur ce point, admettre un ordre intelligible qui ne puisse se traduire par une expression sensible restera toujours un mystère métaphysique pour la plupart des esprits, pour ceux en tout cas qui se prétendent *positifs*, pour les disciples d'un Hume, d'un Mill, ou d'un Comte. Des définitions, des conventions, des postulats, des symboles, etc., en un mot des concepts ne peuvent être, à moins de n'être rien, que des possibilités de représentations.

Le retour à la scolastique paraît donc entraîner M. Duhem plus loin qu'il ne pense; et c'est bien vers l'abandon de ce qui a fait la caractéristique essentielle de la Renaissance scientifique en général, et en particulier de la révolution cartésienne que se dirige l'évolution qu'il assigne à la mécanique. Cette évolution substitue des relations logiques et conceptuelles aux relations de fait, aux relations que le positivisme scientifique traditionnel prétendait imposées par l'expérience sensible. Elle conclut que pour posséder une interprétation *intelligible* de l'univers, il n'est pas besoin d'en avoir une expression *représentable* par des perceptions actuelles ou possibles. Il n'est même pas besoin, à l'origine, d'idées claires et distinctes, au sens objectif de Descartes. Il suffit d'une déduction *logiquement cohérente*, à partir de concepts subjectifs pris pour origines. L'expérience n'aura à décider qu'une chose : coïncide-t-elle à *peu près* ou non avec les résultats de cette déduction.

Les seules différences qu'il y ait entre les tendances de la scolastique et les tendances de la mécanique de M. Duhem, c'est que pour la première, les concepts primaires étaient imposés par la nature des choses par une intuition de l'absolu ; tandis qu'avec la mécanique nouvelle ils sont arbitraires, conventionnels. C'est encore que nous demandons aux résultats une approximation de l'expérience, et non une adéquation complète. Le système de M. Duhem n'est pas réaliste, pour employer les termes de l'École, il est conceptualiste, peut-être même nominaliste.

Et en cela il nous paraît un peu déconcertant. M. Duhem répète à chaque instant qu'il y a un choix à faire entre les hypothèses, qu'il existe *une* physique théorique, c'est-à-dire un système préférable à tout autre. L'évolution qu'il note, dans les conceptions de la mécanique en est une preuve. Il ne veut pas du nominalisme absolu — de mode, dans les récentes critiques philosophiques de la science. Mais comment y échappera-t-il, comment maintiendra-t-il le compromis, très original, mais subtil qu'il introduit entre les exigences d'une science théorique, et le scepticisme nominaliste ? Il reconnaît que les principes de la théorie et toute sa marche sont arbitraires. Il suffit que les résultats soient à peu près d'accord avec l'expérience. Or, n'est-ce pas ici le lieu de retourner contre lui, l'argument qu'il emprunte à M. Poincaré contre le mécanisme ? Ne peut-on pas faire correspondre à un ensemble donné de résultats expérimentaux — qui sont tous des quantités métriques -- une *infinité* de systèmes logiques ? Ne peut-on pas déduire, puisque toutes les prémisses sont conventionnelles, d'une *infinité de manières*, des relations quantitatives identiques ? J'entends bien qu'on répondra : il y a un système plus simple que tous les autres. Mais d'abord ce n'est pas prouvé : pour un ensemble aussi complexe que les résultats physico-chimiques actuels, tel ensemble peut être partiellement plus simple qu'un autre, et partiellement aussi plus compliqué. Il peut y avoir avantage, par exemple, au point de vue de la simplicité, à traiter telles questions par la mécanique classique, telles autres par la mécanique nouvelle. Alors pourquoi choisir l'une plutôt que l'autre ? Qui nous garantit que la découverte de relations nouvelles ne compensera pas certaines complications actuelles du mécanisme classique, par de très grandes simplifications qu'il apporterait ailleurs ? L'évolution de la mécanique tournerait alors brusquement sur elle-même. Et nous revenons à la

conception toute sceptique d'une science, simple assemblage de formules qui réussissent à peu près et pendant un temps. D'autre part la simplicité d'une théorie est objet d'appréciation toute subjective. Les renvois de sonnette peuvent paraître plus simples à sir W. Thomson, que l'édifice logico-mathématique de M. Duhem.

Au fond, la différence entre la conception sceptique exposée par les purs nominalistes et la conception de M. Duhem semble plutôt dans les termes que dans le fond des choses. La scolastique de M. Duhem s'achemine malgré tout vers l'idée d'une science, simple discours commode, entre beaucoup d'autres également possibles, pour guider notre action sur l'univers. Et pour qu'elle en soit différente, nous ne voyons guère en fin de compte que la volonté de son auteur.

En entrant dans le détail de la construction de M. Duhem, on pourrait en faire un nouvel examen, à un point de vue exclusivement scientifique cette fois : comparer la clarté des expressions fondamentales dans le système classique, et dans le nouveau système, la facilité de leurs applications dans les recherches scientifiques, les modifications qu'elles introduisent dans le développement des théories, enfin les représentations générales qu'elles donnent des phénomènes (le rôle de la quantité de chaleur et de la température dans ce système, et le rôle du mouvement dans la théorie classique), l'intelligibilité respective de ces notions, leur simplicité, leur généralité. On pourrait arriver peut-être à la conclusion que la mécanique fondée sur la thermodynamique aurait avantage à se présenter comme une promotion du mécanisme classique (ainsi que Gibbs ou Helmholtz ont semblé le croire). Elle en serait un développement dans une direction nouvelle, à peu près comme la géométrie dans l'espace est un développement dans une direction nouvelle, de la géométrie plane. Loin de se substituer à elle, comme le cas général se substitue au cas particulier qu'il enveloppait, ainsi que le voulait M. Duhem, elle serait au contraire une complication particulière (quand on envisage de nouvelles propriétés) de l'élément général et simple qui fournit à la mécanique atomistique sa matière. Les insuffisances incontestables de celles-ci seraient corrigées, sans que l'édifice soit ruiné de fond en comble¹.

Mais nous n'avons eu ici que l'intention d'examiner la philoso-

1. Voir par exemple dans cette direction le remarquable 1^{er} volume du *Traité de chimie physique* de J. Perrin.

phie scientifique de M. Duhem, et non l'œuvre scientifique elle-même. Pour trouver et préciser l'expression de cette philosophie — tentative originale et intéressante en l'état actuel de la critique épistémologique — il semble qu'on puisse proposer cette formule : dans ses tendances vers une conception qualitative de l'univers matériel, dans sa défiance vis-à-vis d'une explication complète de cet univers par lui-même, telle que la rêve le mécanisme, dans ses répugnances plus affirmées que réelles, à l'égard d'un scepticisme scientifique intégral, elle est la philosophie scientifique d'un croyant.

ABEL REY.