

Pierrot SEBAN

« Pierre Duhem, *La Théorie physique* (1905) »

notice encyclopédique pour une encyclopédie n'ayant jamais vu le jour (2019)

L'ouvrage de Pierre Duhem, *La Théorie physique*, paru en 1905, expose et défend une doctrine de ce en quoi consistent ces produits du travail intellectuel humain que sont les « théories physiques » – à savoir, par exemple, la « Thermodynamique » ou, plus proche de nous et postérieure à l'élaboration de l'ouvrage, la « Relativité générale » d'Einstein.

À partir de son expérience de physicien et de professeur de physique, de sa connaissance approfondie de l'histoire du développement des sciences naturelles depuis l'Antiquité, et de ses convictions religieuses catholiques, Duhem, s'opposant à diverses conceptions contemporaines, va chercher à convaincre son lectorat du fait que la théorie physique ne saurait être considérée ni – dans une perspective « réaliste » ou « métaphysique » comme celles des matérialistes ou des néo-thomistes de son temps – comme une *explication* des phénomènes naturels, occupée à révéler leur nature ou la réalité cachée permettant d'en rendre compte, ni à l'inverse – dans une perspective « conventionnaliste » ou « pragmatiste » comme celles de penseurs comme Poincaré ou Édouard le Roy – comme une simple *convention* ou manière de parler destinée à nous procurer des avantages pratiques. Il montre qu'aucune de ces deux perspectives opposées ne permet de rendre compte de l'activité et de la méthode réelle du ou de la physicien·ne, et il s'agit pour lui d'expliquer dans le détail le type de rapport au *réalisme* qu'il est rationnel d'attendre de la physique théorique.

Son exposé suit un ordre simple : après avoir, dans une première partie, établi la *nature* de la théorie physique en même temps que le *but* ou l'*objet* visé par ceux qui la développent, il en déduit dans la seconde un ensemble de considérations sur ses éléments constitutifs, son élaboration mathématique, et son rapport à l'expérimentation.

L'objet de la théorie physique

Théorie physique et explication métaphysique

La réflexion de Duhem s'ouvre sur une alternative fondamentale censée résumer les principales conceptions concernant la *nature et fonction* de la théorie physique : ou bien celle-ci « *a pour objet l'EXPLICATION d'un ensemble de lois expérimentalement établies* », ou bien elle « *est un système abstrait qui a pour but de RÉSUMER et CLASSER LOGIQUEMENT* » ces lois, « *sans prétendre [les] expliquer* » (p.3). Duhem adopte sans ambiguïté la seconde de ces deux possibilités, et consacre l'ensemble du premier chapitre à montrer le caractère insatisfaisant de la première.

Il est important de noter ici deux points qui forment les présupposés de l'auteur : le premier est qu'il fonde sa réflexion sur une distinction fondamentale entre, d'une part, la *réalité*, et, d'autre part, les *apparences, phénomènes* ou *manifestations*, auxquelles l'*expérience* de physique est réputée avoir seules à faire. On conçoit alors une « explication » comme ce qui *révèle* la réalité non-immédiatement apparente et *sous-jacente* aux phénomènes d'expérience.

Le second point est que Duhem distingue en fait au moins trois niveaux, à savoir celui des *faits d'expériences*, portant sur des phénomènes particuliers ; celui des *lois expérimentales*, résumant et indiquant un rapport fixe, établi par induction, entre une infinité de faits d'expérience divers ; et enfin celui de la *théorie physique* proprement dite, qui ne se réduit pas à une collection de lois mais semble fournir un compte-rendu systématique et unifié du monde naturel. Or Duhem admet que le ou la physicien·ne est capable d'établir, au sujet des phénomènes, des « lois expérimentales », et cela avant même que ne se pose la question de la *théorie*. Cette possibilité d'établir des lois soulève les problèmes classiques de l'*induction* et de l'*interprétation de l'expérience*, mais l'auteur la tient

d'abord pour acquiesce avant d'y revenir dans la deuxième partie.

Concevoir, donc, la théorie physique comme une *explication* des phénomènes va poser deux inconvénients majeurs et finalement rédhibitoires, relatifs à des considérations méthodologiques. Le premier porte sur l'inadéquation de la méthode physique avec le but explicatif. Considérée comme explication, une théorie ne peut être tenue pour acceptable que si les notions dont elle traite représentent des éléments de la réalité, distincts des caractères que présentent les apparences sensibles. Ainsi on ne pourra juger qu'une théorie physique a atteint son but que si l'on peut établir 1/ qu'il y a bien une réalité sensible sous-jacente aux apparences, et 2/ que la théorie lui est conforme. Or, « ces deux questions (...) ne ressortissent point à la méthode expérimentale ; celle-ci ne connaît que des apparences sensibles et ne saurait rien découvrir qui les dépasse. La solution de ces questions est transcendante aux méthodes d'observation dont use la Physique ; elle est objet de Métaphysique. Donc, si les théories physiques ont pour objet d'expliquer les lois expérimentales, la Physique théorique n'est pas une science autonome ; elle est subordonnée à la Métaphysique. » (p.8-9). Une telle subordination transfère à la physique, pour laquelle on pouvait espérer un développement scientifique reposant sur le consensus, le caractère de *champ de bataille* caractérisant la Métaphysique, qui est la plus conflictuelle des disciplines et n'a jamais pu former un accord sur ce qui constitue un élément possible de la réalité ou une explication satisfaisante. Il ne s'agit donc pas d'un but *souhaitable*.

Le second inconvénient repose sur l'incapacité réciproque de la méthode métaphysique à produire une théorie physique : une *explication* n'est en effet satisfaisante que si elle peut *rendre compte* de l'ensemble des éléments qu'elle prétend expliquer, et ne peut tolérer des éléments injustifiés. Or « aucune Métaphysique ne donne d'enseignements assez précis, assez détaillés, pour que, de ces enseignements, il soit possible de tirer tous les éléments d'une théorie physique » (p.18). Il ne s'agit donc pas d'un but *crédible*.

En somme, il faut abandonner l'idée de la théorie comme explication, en tant qu'elle est entièrement inadéquate au développement réel de la Physique, la rendant dépendante d'un champ conflictuel et ne lui fournissant pas des moyens suffisants.

Pour remédier à ces inconvénients, l'auteur adopte donc l'autre possibilité, et fournit une définition qui sera développée et étudiée dans tout le livre : « Une Théorie physique [est] un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentales. » (p.24)

Il s'agit donc d'une opération intellectuelle, caractérisée par quatre opérations :

1. Le choix de *propriétés physiques fondamentales*, à partir desquelles l'on définit les autres et qui sont représentées par des *symboles mathématiques*, dont la correspondance avec une propriété physique est permise par des *méthodes de mesure*.
2. Le choix d'un *petit nombre de propositions* portant sur ces propriétés et servant de *principes* à la théorie, mais ayant pour seule véritable contrainte la *cohérence logique*.
3. La combinaison de ces principes au moyen du *calcul mathématique*.
4. La *déduction*, au moyen de ce calcul, d'une série de propositions correspondants à des énoncés sur les propriétés de corps observables, susceptibles d'être *comparés avec les lois expérimentales*.

Duhem insiste alors d'emblée sur un point décisif, qui est que la confrontation à l'expérience n'est nécessaire qu'à la *quatrième* de ces étapes, en sorte que ni la formulation des principes, ni le suivi du calcul mathématique n'ont nécessairement besoin de correspondre à des faits ou réalités physiques ou d'être signifiants en termes de phénomènes concevables. À l'issue du calcul, en revanche, la théorie doit impérativement produire des jugements concordants avec les lois expérimentales, « au degré d'approximation que comportent les procédés de mesure employés » (p.25), correspondance

qui est « l'unique criterium de vérité » pour la théorie (p.26).

On pourrait néanmoins, à première vue, objecter à Duhem l'*inutilité* apparente de la théorie, si celle-ci ne prétend vraiment pas ajouter aux lois expérimentales, supposées déjà établies, le surplus d'une *explication* réaliste. Se pose en somme la question de la *finalité* de la théorie physique.

Théorie physique et classification naturelle

Or, la question de sa finalité s'avère présenter deux versants très distincts, dont seul le premier est soluble dans le pragmatisme.

En effet, en tant que classification systématique, et déduction des lois à partir d'un petit nombre de principes, la théorie physique peut être dite apporter une *économie de la pensée* qui permet de soulager la raison, et d'élargir d'autant ses capacités de connaissance : en rassemblant sous ses principes une multiplicité de lois, elle fait à l'égard de ces lois l'analogue de ce que les lois faisaient sur l'infinité des phénomènes qu'elles résumaient. Cette classification, en outre, ajoute un *ordre* à ce qui n'était qu'une compilation ; cela, en plus d'offrir encore à la raison un « *usage sûr et commode* », satisfait l'esprit humain par la *beauté* qu'il ne peut manquer de voir accompagner l'ordre (p.31). Cette satisfaction de l'esprit devant une construction faite pour lui, pourrait conduire à considérer que la théorie physique n'a que la valeur d'une convention, certes grandement fructueuse mais sans rapport avec la réalité qu'elle prétend décrire. Or Duhem est très éloigné d'une telle perspective.

Il soutient en effet que la théorie physique a également pour *finalité* de s'approcher de ce qu'il appelle une « *classification naturelle* », à savoir une théorie telle que « les rapports qu'elle établit entre les données de l'observation correspondent à des rapports entre les choses » (p.35) – correspondance au niveau des *relations* qui ne contredit pas l'idée que la théorie ne dit rien de la *nature* ultime des choses. En ce lieu le texte pourrait présenter une certaine ambiguïté : Duhem soutient-il, oui ou non, que nous sommes parfois rationnellement justifiés à tenir notre théorie pour une telle classification naturelle ? La réponse de l'auteur est explicitement négative. Cette croyance est de l'ordre du « pressentiment », de la « conviction que le ou la physicien·ne est impuissant·e à justifier », de « l'intuition » et de la « foi » (p.35-36), cela pour une raison simple : un supposé *ordre réel* des choses naturelles est tout aussi transcendant à la méthode physique que ne l'était leur supposée *nature*. Cela n'enlève pourtant rien à la thèse de Duhem, qui est non seulement que l'effort pour approcher une classification naturelle est effectivement ce que poursuit le ou la physicien·ne, mais de plus que celle-ci ne pourrait faire autrement, en dépit des indications de l'analyse logique. Référence est faite ici à Pascal, auteur très important pour Duhem, et à l'idée de « raisons du cœur » inaccessibles à la justification rationnelle mais constitutives de la nature humaine (p.36).

Ici, le rôle de *prédiction* accordé à la théorie physique apparaît décisif. En effet, nous avons dit que le principe de comparabilité à l'expérience imposait que les propositions déduites algébriquement des principes soient conformes à l'ensemble des faits expérimentaux connus dans le domaine de la théorie, dans les limites imposées par la précision de nos capacités de mesure. Mais parmi les propositions déductibles d'une théorie, il en est à qui il est possible de donner un sens expérimental mais qui ne correspondent pas à des faits déjà connus. Ils constituent donc des prédictions de nouveaux faits d'expérience, parfois contraires aux prédictions des théories précédentes ou concurrentes, ou à ce qui serait plus communément attendu.

Duhem remarque alors la chose suivante : si nous n'accordions pas à notre théorie le statut d'une classification naturelle, nous devrions nous attendre à ce que les propositions qui en sont déduites ne soient conformes à l'expérience qu'en ce qui concerne les lois déjà connues que la théorie a servi à formaliser, mais pas – si son élaboration mathématique n'est qu'un outil commode et ne reflète pas un ordre naturel – à ce qu'elle permette de prédire de nouveaux faits. Or les physicien·nes se servent constamment de leur théorie sur un mode prédictif, c'est-à-dire accordent foi à ses prédictions, et se servent de la vérification expérimentale des prédictions comme confirmation de leur foi. Notons bien qu'il y a ici deux questions différentes : d'une part l'impératif de conformité à l'expérience, et d'autre part le caractère de reflet d'un ordre naturel. Une fois que la théorie a prédit

un ensemble de nouveaux phénomènes, il est possible et nécessaire de vérifier ses prédictions, et de former de nouvelles lois expérimentales qui pourront conduire à abandonner la théorie si celle-ci s'avère ne pas s'y conformer. Mais cela est distinct du fait de conclure, au cas où la théorie ait fait des prédictions *correctes*, à son caractère de reflet d'un ordre réel.

L'ambiguïté est ici la plus grande, car Duhem semble bien maintenir à la fois l'inaccessibilité à la justification rationnelle du caractère de classification naturelle, et le statut de preuve, assurant la certitude, de la confirmation expérimentale des prédictions. Une manière de le comprendre serait alors de comparer cette « preuve » à la confirmation d'un acte de foi par un signe, plus ou moins miraculeux, qui assure la conviction sans avoir valeur de justification rationnelle.

Classifications et explications dans l'évolution des théories

La solution de Duhem selon laquelle la théorie n'est ni une explication ni un simple outil, donne alors lieu à deux objections ou développements qui vont dans l'une et l'autre direction.

Du côté de l'explication métaphysique, le premier développement porte sur le rôle de celle-ci dans l'histoire de l'évolution de la physique, et fait face à l'objection suivante, qui a elle-même deux versants : si le but de la théorie est de *refléter* l'ordre naturel et réel des choses, ne devrait-elle pas, premièrement, commencer par chercher à établir quelle est la réalité des choses ? Et n'est-ce pas, deuxièmement, la manière dont ont, en fait, procédé les maîtres de la science ?

Duhem concède que de nombreux chercheurs de physique ont espéré fournir une explication des phénomènes, mais il défend au moyen de nombreux exemples la thèse historique suivante : chaque théorie physique qui se veut explicative « a deux parties bien distinctes ; l'une est la partie simplement représentative qui se propose de classer les lois ; l'autre est la partie explicative, qui se propose, au-dessous des phénomènes, de saisir la réalité » (p.43). De ces parties, en outre, seule la première est pérenne, se transmet continûment, presque intacte, aux chercheurs des générations suivantes et forme le « fil d'Ariane » (p.42) de l'évolution physique, alors que la seconde n'en est qu'un « parasite » susceptible de disparaître subitement avec l'abandon futur des théories. Ainsi pour Duhem l'histoire de la physique présente l'histoire de l'élaboration continue d'une classification naturelle, comme une marée constamment montante « masquée aux yeux de l'observateur superficiel par le fracas incessant des explications qui ne surgissent que pour s'écrouler » (p.44).

Variété des esprits : théorie physique et modèles mécaniques

Du côté de l'intérêt pratique, le second développement envisage une mise en doute du caractère nécessaire de la forme théorique et de la visée d'une classification naturelle. Si la théorie physique, en classant sous un minimum de principes une multiplicité de lois, a pour avantage de satisfaire l'esprit par son économie et son ordre déductif et de satisfaire la conviction intime par son approche d'une classification naturelle, ne peut-on suggérer qu'il y ait différents types d'esprits et de cœurs, naturellement disposés à profiter plus pleinement et mieux se satisfaire d'une forme radicalement différente que celle de la « théorie » ?

Duhem admet qu'il y ait différent types d'esprit, en particulier un esprit « ample et imaginaire » qui ne trouverait que pénibilité dans des théories déductives qui soulageraient au contraire un esprit « profond et abstrait » ; et il se confronte à une méthode alternative, qui serait celle des « modèles mécaniques », typiquement anglaise selon lui, où la théorie est remplacée par une série de modèles non coordonnés, représentant chacun par *analogie* certains aspects de l'expérience, et qui sont traités selon une diversité de représentations algébriques elles-mêmes non-coordonnées. Un trait décisif de cette méthode est qu'elle n'a pas besoin de garantir une cohérence logique globale entre les modèles, puisqu'ils ne forment pas un système unitaire mais sont utilisés alternativement selon les besoins du moment.

Si Duhem ne nie pas l'existence et la fécondité d'une telle méthode, il s'oppose à son pragmatisme en vertu de deux lignes argumentatives, la première en référence à l'histoire, et la seconde au sens commun. Selon la première, Duhem soutient que le rôle productif des modèles

mécaniques dans l'évolution de la physique est en réalité minime et bien moindre que celui des théories déductives. Selon la seconde, il affirme que le praticien des modèles mécaniques ne peut lui-même considérer sa méthode, ultimement, que comme un pis-aller, au sens où « tous ceux qui sont capables [...] de prendre conscience de leurs propres pensées, sentent en eux-mêmes une aspiration, impossible à étouffer, vers l'unité logique de la théorie physique » (p.152), inséparable de l'aspiration à une classification naturelle. Celui qui rejetterait le besoin d'unité serait alors « excommunié par le *sens commun* » (p.153).

Duhem parvient alors à la conclusion de sa première partie : si la logique et l'analyse de la méthode a montré l'impossibilité d'une physique visant à un but métaphysique, une voie purement conventionnaliste ou pragmatiste ne permettrait pas mieux de rendre compte de l'activité théorique en Physique : « la Science serait impuissante à établir la légitimité des principes mêmes qui tracent ses méthodes et dirigent ses recherches », à savoir la recherche de l'unité logique et de l'effort continu vers une classification naturelle, « si elle ne recourait au *sens commun* » contre les possibles « extravagances » de la raison (p.152-153).

La structure de la théorie physique

De cette conception de l'objet de la théorie physique suivent des considérations sur sa structure, c'est-à-dire sur les quatre opérations qui en sont constitutives : le choix de propriétés physiques fondamentales et leur expression sous forme symbolique, leur liaison par des propositions algébriques qui forment les principes de la théorie, la manipulation de ces propositions par un calcul afin de produire de nouvelles propositions, et enfin la comparaison de ces dernières à l'expérience.

Le choix des propriétés fondamentales

En ce qui concerne le choix des propriétés fondamentales, l'enjeu principal du propos de Duhem est de nous permettre de résister à la tentation métaphysique. Il importe alors de rappeler qu'en vertu de la nature de la *méthode physique*, poser une propriété comme *irréductible* ou *primitive* ne peut signifier que notre incapacité à aller plus loin dans l'analyse de cette propriété, et non son caractère réellement ultime. De plus, nous n'avons même pas les moyens de dire si une propriété donnée est ultimement de nature *qualitative* ou *quantitative*, et une telle question, fait remarquer Duhem, ne concerne en réalité pas le ou la physicien·ne, qui doit simplement à parvenir au traitement mathématique des propriétés physiques qui l'intéressent. Enfin, aucun présupposé métaphysique (par exemple matérialiste) n'est en mesure de nous forcer à envisager une physique *purement quantitative*, uniquement concernée par des grandeurs, car nous sommes capables de produire une *mathématisation des qualités* à travers la notion de *grandeur intensive*.

La déduction mathématique

Le rôle de représentation mathématique que joue la théorie physique à l'égard des lois d'expérience pose néanmoins la question plus générale des limites de l'adéquation d'une telle représentation. Duhem précise le problème en montrant que la comparaison se fait entre d'un côté un *calcul numérique*, et de l'autre un ensemble de *mesures* permettant de traduire les faits expérimentaux en nombres calculables. Or, la mesure est par essence un procédé *approximatif*, qui donne un faisceau de résultats – compris, par exemple, entre 0,999 et 1,001 – en sorte que « une infinité de faits théoriques différents peuvent être pris pour traduction d'un même fait pratique » (p.201), à savoir l'ensemble des traductions numériques possibles, strictement incompatibles d'un point de vue mathématique, pour une mesure donnée. Mais cette variabilité est susceptible de rendre les calculs entièrement inutiles : si, par exemple, selon la traduction numérique choisie pour une mesure donnée, les calculs se trouvent donner des réponses sensiblement différentes à l'arrivée, alors la théorie n'est pas en fait capable de prédire utilement les phénomènes. L'amélioration de la finesse de mesure des phénomènes de « départ » est certes en droit toujours possible, mais le faisceau ne peut jamais entièrement être éliminé, et Duhem montre que pour des phénomènes donnant lieu à certains types de formalisations mathématiques (celles qui relèvent de ce que nous connaissons aujourd'hui comme

le « chaos » au sens mathématique), aucune amélioration de la mesure ne serait capable d'empêcher l'échec de la prédiction.

La confrontation à l'expérience

La question de la confrontation à l'expérience occupe une part importante de l'ouvrage (chap. 4 à 6 de la seconde partie) et donne lieu à certains de ses développements les plus célèbres. Elle est aussi pour Duhem l'occasion de revenir sur la nature de l'expérience physique, et de la loi physique en particulier, dont il tenait la possibilité pour acquise dans la première partie.

L'expérience de physique

Quand la première partie du livre tendait à distinguer, pour mieux l'interroger, la partie d'élaboration proprement théorique de l'activité physique, la seconde partie va au contraire s'appliquer à montrer en quel sens l'expérience de physique est en fait toujours déjà imprégnée de théorie, et nous est donnée à travers une médiation théorique¹.

Cela se montre dans la différence entre d'un côté l'expérience telle qu'immédiatement observable, dans le laboratoire, pour un œil a-théorique (« telle aiguille a bougé vers la droite sur tel cadran ») et de l'autre le compte-rendu de cette expérience comme fait physique (« la *pression* du gaz a pris telle *valeur* »), exhibant que « *le résultat des opérations auxquelles se livre un physicien expérimentateur n'est point du tout la constatation d'un groupe de faits concrets ; c'est l'énoncé d'un jugement reliant entre elles certaines notions abstraites, symboliques, dont les théories seules établissent la correspondance avec les faits réellement observés* » (p.222).

Cela se manifeste encore dans le double constat que non seulement, comme précédemment remarqué, « *à un même fait pratique peuvent correspondre une infinité de faits théoriques logiquement incompatibles* », correspondant au faisceau irréductible autorisé par toute mesure, mais de plus et réciproquement « *à un même fait théorique peuvent correspondre une infinité de faits pratiques distincts* » (p.229), correspondant à la multiplicité indéterminée des manières techniquement différentes de reproduire un « même » phénomène théorique avec des instruments différents. Les instruments sont d'ailleurs eux-mêmes appréhendés à travers une médiation théorique qui les remplace dans l'œil du ou de la praticien.ne par un modèle théorique de l'opération dont ils sont supposés capables.

Ainsi, remarquablement, le caractère de médiation théorique qui empêche de croire au réalisme empiriste de l'activité physique est aussi ce qui interdit une approche purement conventionnaliste qui réduirait le langage physique à un langage technique abrégé et résumant des gestes expérimentaux de laboratoire, ne renvoyant qu'à notre activité humaine et non à la nature elle-même : en effet, la signification d'un énoncé physique, quoi que renvoyant à des gestes possibles, est toujours essentiellement hétérogène à chacun d'eux en particulier, et située sur un autre plan, celui du théorique dont la réalisation pragmatique est complexe et ouverte sur un ensemble de gestes impossible à déterminer d'avance.

D'une manière générale, il importe pour Duhem que nous reconnaissons la différence qui sépare le rapport à l'expérience qui est propre à la physique théorique, de celui qui est donné au niveau du discours de sens commun et même encore au niveau des sciences que Duhem reconnaît comme proprement empiriques, notamment la médecine telle que théorisée par Claude Bernard. La critique du rapport expérimental de la physique théorique ne peut pas consister, en particulier, à demander au témoin d'être impartial et de ne pas emporter avec lui ses préjugés théoriques, car ceux-ci sont la condition même d'intelligibilité de l'expérience. En général, note Duhem, « l'expérience de physique est moins certaine, mais plus précise et plus détaillée » (p.246) que l'expérience de sens commun, c'est-à-dire qu'elle paye sa capacité expressive de description fine du monde au prix de la

¹S'il n'y a pas un pur cercle vicieux à chercher à représenter par une théorie un ensemble d'expériences présupposant la théorie pour simplement être énoncées, c'est qu'il ne s'agit pas dans l'un et l'autre cas du *même* ensemble théorique. Les théories entretiennent en effet entre elles des rapports complexes de supposition et d'englobement, voir plus loin.

perte de la certitude empirique.

La loi physique

La loi physique étant comprise comme résumé et représentation d'une infinité d'expériences particulières possibles, elle hérite naturellement des caractères de ces dernières. Elle doit, en particulier, être considérée comme relation *symbolique*, typiquement exprimée sous la forme d'une équation, dont la mise en rapport avec des faits particuliers concrets constatables, insiste Duhem, ne peut jamais être simple, mais passe à nouveau par la médiation d'un ensemble de suppositions théoriques.

De plus, la loi hérite de l'expérience le caractère *d'approximation* inhérent à ce qui est déterminé à travers une mesure. Cela a pour conséquence que la notion ordinaire de « vérité » ne peut pas en toute rigueur s'y appliquer, mais doit être remplacée par la notion d'« acceptabilité ». Considérons par exemple le cas d'une loi sous forme d'une équation algébrique qui détermine une courbe représentant l'évolution d'un système physique (par exemple la position du soleil dans le ciel en fonction du temps), et qui représente le résumé et l'abrégé d'une infinité d'expériences particulières possibles (qui sont les positions et mouvements individuellement données du soleil par observation) : comme pour chacune de ces observations un faisceau de représentations symboliques sont également acceptables – du fait de la nature essentiellement approximative de la mesure – il y a une infinité de courbes distinctes, déterminées par des équations distinctes, qui se tiennent, pour toute expérience particulière, à l'intérieur du faisceau. Étant toutes acceptables et toutes incompatibles, elles ne peuvent être dites ni vraies ni fausses. Duhem remarque en outre que si nous choisissons en fait une de ces équations, selon divers critères pratiques et esthétiques, nous manquons d'un référent transcendant nous permettant de garantir la vérité d'une d'entre elles – par exemple la plus simple.

Le caractère symbolique et « ni vrai ni faux » – ce que Duhem appelle « approché » – des lois physiques a également pour conséquence de les rendre à la fois *relatives* et *provisoires*, en tant qu'elles sont acceptables. *Relatives*, en ce que l'acceptabilité d'une loi est toujours fonction des besoins et des capacités d'approximation données par certaines mesures, qui peuvent différer selon le contexte ; cela a la très remarquable conséquence que plusieurs lois, contradictoires, relatives à une même classe de phénomènes, peuvent être sans contradiction conjointement utilisées dans un même raisonnement, ou qu'une loi peut être utilisée pour en établir une autre plus précise qui au sens strict la contredit, du moment que la déduction mathématique, partant de la première loi utilisée dans un certain contexte, donne des résultats adéquatement précis au niveau du contexte d'utilisation de la seconde. *Provisoires*, et cela non seulement en fait mais également de droit : toute loi de physique théorique doit, en elle-même, être considérée comme susceptible d'être remplacée, à la fois parce que la loi est toujours à la merci d'un accroissement des méthodes de mesure qui la rende inacceptable, et parce qu'elle ne dérive pas au sens strict de l'empirie mais consiste dans la substitution à celle-ci d'une représentation symbolique simplificatrice, comme une armure perpétuellement mieux ajustée au corps du combattant mais ne pouvant jamais le rejoindre comme tel.

On peut alors revenir sur le rapport loi/théorie tel qu'il était posé au début de l'ouvrage. On comprend qu'il ne s'agit pas en fait de représenter, dans une nouvelle théorie physique, un ensemble de lois qui étaient pré-théoriques et en attente de théorie. Plus exactement il va s'agir, dans l'établissement d'une théorie physique, de produire un système déductif d'où se déduisent des lois qui représentent les mêmes phénomènes, avec une égale acceptabilité relativement à nos capacités de mesure, que l'ensemble des autres lois précédemment établies dans d'autres cadres théoriques. En sorte qu'on puisse dire en même temps que ces anciennes lois sont reprises dans la nouvelle théorie, au sens où leur contenu représentatif est récupéré, et qu'elles sont supprimées et remplacées par les nouvelles, au sens où leur contenu symbolique et numérique a été abandonné.

La vérification expérimentale

Une fois reprécisé le statut du contenu de la théorie, on peut examiner plus complètement la vérification expérimentale en tant que telle. La célèbre thèse de Duhem à son propos est ce qu'on

peut appeler le « holisme » de la vérification, c'est-à-dire le fait qu'il n'est jamais possible, en physique, de vérifier expérimentalement une hypothèse particulière, mais que toute vérification engage un ensemble de présuppositions théoriques, en sorte que nous ne sommes jamais logiquement contraints de renoncer à une hypothèse physique face à un échec expérimental. En effet, comme on l'a dit l'expérience n'est pas confrontée directement à l'hypothèse, mais à l'ensemble des résultats déduits par le système dans son entier, en sorte que c'est ce système qui entre en conflit avec un résultat expérimental. Par exemple, on a dit que l'appareil de mesure concret était lui-même remplacé, dans la conception de l'expérience, par son modèle théorique, or il se pourrait, si le résultat n'est pas attendu, ou bien que la loi testée soit fausse, ou bien que notre modèle de l'appareil soit inadéquat. Ou il se pourrait plus généralement que notre hypothèse doive être maintenue mais que nous nous trompions sur ses conséquences parce qu'une autre loi supposée vraie jusqu'alors ne se vérifie pas dans ce nouveau contexte².

Duhem décrit plusieurs aspects et conséquences de ce holisme expérimental, qui est lui-même un des versants de la nécessité du moment théorique qui remplace la confrontation directe à l'expérience concrète. On notera par exemple que, puisque dans tous les cas l'expérience ne peut que concorder ou discorder avec un ensemble de présuppositions théoriques, une expérience particulière ne peut jamais constituer, au sens strict, ni la confirmation ni la réfutation d'une hypothèse : pas la confirmation, car en cas de succès on ne peut jamais exclure qu'un autre système, se passant de l'hypothèse, s'accorde lui-aussi avec l'expérience et soit amené à être adopté à l'avenir, mais pas non plus l'infirmité, car à l'inverse en cas d'échec, on ne peut exclure qu'un système conservant l'hypothèse ne parvienne, lui, à s'accorder avec l'expérience. Par suite et en particulier, le holisme exclut toute pratique simplement empiriste qui bâtirait une théorie par accumulation de lois successivement vérifiées.

Mais à l'inverse, le holisme expérimental nous prémunit aussi bien de conclusions conventionnalistes qui entendraient nier ou relativiser la portée empiriste des énoncés physiques, en prétendant que certains énoncés fondamentaux de cette science sont adoptés par convention et n'ont aucune valeur expérimentale, ou bien parce qu'ils constituent de simples *définitions* sur lesquelles la physique est bâtie et à partir desquelles l'expérience est interprétée, ou bien parce qu'ils sont *invérifiables* et par suite à l'abri de l'épreuve expérimentale³. Duhem montre que si ces énoncés produisent une telle illusion, c'est qu'étant bien fondés, ayant prouvé leur utilité et étant particulièrement fondamentaux pour un paradigme théorique, ils sont généralement conservés lors de chaque échec de prédiction – une autre partie de l'ensemble expérimental leur étant préféré comme candidat au remplacement. Cela ne veut pourtant pas dire qu'ils soient *en soi* ou *logiquement* à l'abri de la réfutation expérimentale, et l'historien Duhem montre que la physique a bien connu des abandons d'hypothèse fondatrices de ce genre, dans ce que nous appellerions, après Kuhn, des « changements de paradigme » : quand l'accumulation des échecs expérimentaux liés au maintien d'une hypothèse devient trop importante pour que la pratique demeure viable. Duhem conclut sur le fait que c'est tout simplement le *bon sens*, c'est-à-dire le jugement des praticien.nes compétent.es, qui doit être, et qui est, juge des hypothèses qu'il convient dans chaque cas d'abandonner ou de remettre en cause, en l'absence d'un critère logique, transcendant, ou fournit directement par l'expérience elle-même, nous permettant de trancher avec pleine assurance.

²Cette thèse du holisme de la vérification, qui va jusqu'à un holisme de la signification (expérimentale) des énoncés, est connue parfois comme « thèse Duhem-Quine », mais il est important de noter qu'à la différence de Quine, Duhem n'en fait pas une thèse générale sur la vérité et la vérification, ni même sur l'expérience scientifique en général. Pour Duhem, la thèse du holisme vaut spécifiquement pour la physique, où la pratique de la « vérité » se sépare de sa fonction ordinaire au niveau du sens commun, du fait de la nécessité du passage par le moment théorique.

³Des exemples simples de l'un et l'autre cas sont respectivement la loi de la chute des graves et la loi d'inertie. La loi de la chute des graves (selon laquelle un objet en chute libre subit une accélération uniforme accéléré) est tenue pour une *définition* de la chute libre, en vertu du fait que si nous constatons une variation dans l'accélération d'un corps nous poserons – supposément par définition – que sa chute n'est pas libre ; la loi d'inertie (selon laquelle un corps n'étant soumis à aucune force poursuit son mouvement en ligne droite) est tenue pour *en soi* à l'abri de l'expérience, car nous ne pouvons jamais observer un corps n'étant soumis à aucune force.

Ce qui apparaît alors comme le thème central de cette seconde partie est le fait que, la théorie ayant été caractérisée comme système abstrait de propositions (mathématiques) jouant un rôle de représentation à l'égard du domaine expérimental, nous sommes conduits à refuser à nouveau deux formes de *réduction* de la théorie sur un terrain qu'on pourrait dire platement *empirique* ou *de sens commun* : les énoncés, calculs, lois de la théorie ne peuvent ni être considérées – dans une perspective qu'on dira « *réaliste* » – comme ayant directement *prise* sur l'empirie au sens ordinaire, ou comme en énonçant des propriétés *vraies* au sens de la vérité ordinairement maîtrisée dans le discours commun, ni – dans une perspective qu'on dira « *conventionnaliste* » – être réduites à un discours de surface faisant passer pour description du monde naturel ce qui renvoie en fait à des *ensembles de gestes humains* accomplis dans les laboratoires. Dans l'un et l'autre cas, en effet, on croirait possible de plaquer les énoncés théoriques sur des référents ordinaires, alors que Duhem montre que la théorie forme toujours une sorte de strate autonome dont le rapport à l'empirie ordinaire est nécessairement complexe et médié par l'ensemble de l'appréhension théorique.