

JEAN PERDIJON



LE LONG **CHEMINEMENT**
DE LA **PENSÉE** VERS
LES **GRANDES THÉORIES**

DUNOD

Crédits iconographiques

Toutes les illustrations sont de l'auteur, sauf : **P. 7** : Christophe, Armand Colin.

P. 33 : © Hartmann Linge, Wikimedia Commons, CC-by-sa 3.0. **P. 38** : Wikimedia, domaine public. **P. 51** : Vitelion, *De perspectiva*. **P. 52** : Wikimedia, domaine public. **P. 67** : d'après une gravure de la Renaissance. **P. 69** : Wikimedia, domaine public. **P. 73** : © akg-images/Erich Lessing. **P. 76** : d'après une estampe de Pieter Bruegel. **P. 86** : Wikimedia, domaine public. **P. 91** : Wikimedia, domaine public. **P. 102** : Christiaan Huygens. **P. 116 (haut)** : © Morphart Creation/Shutterstock. **P. 126** : d'après Wikimedia, domaine public. **P. 141** : © Image courtesy of US Govt. Defense Threat Reduction Agency. **P. 144** : © Maximilien Brice, CERN/Wikimedia. **P. 146** : Wikimedia, domaine public. **P. 154** : Wikimedia, domaine public. **P. 160** : © Wikimedia. **P. 207** : photo modifiée par l'auteur, d'après © NASA/JPL/Cornell University/Maas Digital.

Direction artistique : Nicolas Wiel
Couverture : Audrey Baudoin
Mise en pages : Nord Compo

Une première édition de cet ouvrage est parue en 2008
sous le titre *Histoire de la physique*.

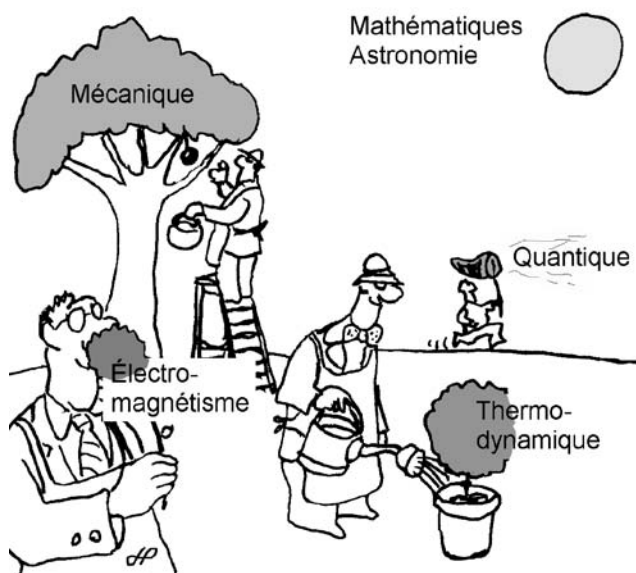
© Dunod, 2026
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-089385-0

« C'est un grand et beau spectacle de voir l'homme
sortir en quelque manière du néant par ses propres
efforts ; dissiper par les lumières de sa raison les ténèbres
dans lesquelles la nature l'avait enveloppé ;
s'élever au-dessus de lui-même ;
s'élancer par l'esprit jusque dans les régions célestes ;
parcourir à pas de géant, ainsi que le soleil,
la vaste étendue de l'univers [...]. »

Jean-Jacques Rousseau
(*Discours sur les sciences et les arts*)



« Eurêka ! »
[cul-de-lampe de Christophe
dans *L'Idée fixe du savant Cosinus*].



Le jardin des physiciens.

AVANT-PROPOS

Le domaine du physicien

« Il y a plus de choses sur la terre
et dans le ciel, Horatio,
Que votre philosophie n'en rêve. »

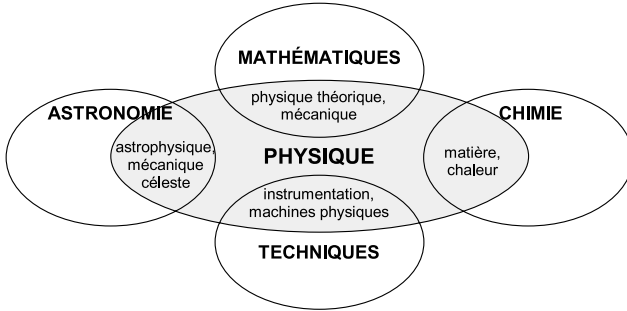
William Shakespeare (*Hamlet*)

À l'origine de la physique se trouve la rencontre entre un *phénomène naturel* et la *curiosité humaine* : un arc-en-ciel, une éclipse, un coup de tonnerre... et un esprit en éveil. « Je suis persuadé, écrivait Benjamin Thompson, comte de Rumford (1753-1814), que l'habitude de bien observer ce qui se passe dans le cours ordinaire de la vie a plus souvent conduit, comme par hasard, ou par le vagabondage folâtre de l'imagination, mise en action par la contemplation des phénomènes les plus communs, à des doutes utiles et à des projets sensés d'investigation et de perfectionnement que les méditations les plus profondes des philosophes. »¹ Mais l'étonnement provoqué par l'observation de la nature

peut se borner à un émerveillement stérile : « Assez de gens, disait Bernard Le Bovier de Fontenelle (1657-1757), ont dans la tête un faux merveilleux enveloppé d'une obscurité qu'ils respectent ; ils n'admirent la nature que parce qu'ils la croient une espèce de magie, où l'on n'entend rien. »² L'esprit véritablement curieux, face au phénomène qu'il observe, veut une explication ; peut-être serait-il plus sage s'il attendait d'avoir patiemment rassemblé tous les éléments d'une solution, mais on ne peut lui demander d'être à la fois patient et curieux !

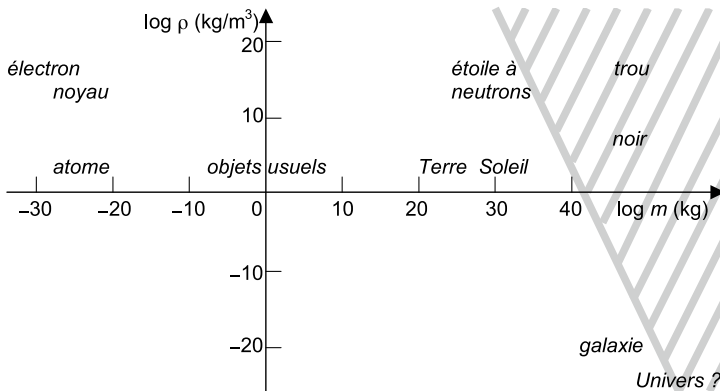
« Physique » vient d'un mot grec signifiant « nature » et cette science est définie dans sa généralité comme étant l'étude du monde extérieur et des lois de son évolution. Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, elle fut en effet comprise dans ce sens large, sous le nom de « philosophie naturelle ». Puis son domaine fut restreint à l'étude de groupes plus limités de phénomènes, dans lesquels la nature des substances qui y participaient ne changeait pas (contrairement à la chimie), et la physique est apparue comme divisée en plusieurs sciences distinctes : mécanique, optique, acoustique, thermodynamique, etc. L'électromagnétisme opéra un premier regroupement au XIX^e siècle et la « physique moderne », introduite au début du XX^e siècle, a montré qu'on ne pouvait étudier les fondements de manière aussi compartimentée. Ce qui a trait aux êtres vivants est bien entendu exclu, mais les frontières avec les mathématiques, l'astronomie, la chimie ou la technique sont parfois assez floues (voir la figure ci-contre).

AVANT-PROPOS



Aux frontières de la physique.

Dans cette perspective unificatrice, nous dirons que la physique étudie, par l'expérimentation et l'élaboration de concepts, la matière et le rayonnement en relation avec l'espace et le temps. Le domaine couvert est donc immense et les objets qu'il contient divers et nombreux (voir la figure ci-dessous).



**Échelle (logarithmique) des objets physiques,
classés en fonction de leur masse m
et de leur densité ρ .**

Du phénomène au fait, du fait à l'objet

« Il serait bien affreux que tout fait imbécile
Méritât commentaire, exégèse subtile. »

Raymond Queneau (*Le Chien à la mandoline*)

Dès le premier coup d'œil jeté sur le monde, nous y délimitons plus ou moins arbitrairement des corps, faits de matière, que nous distinguons par leurs qualités. Voilà ce que nous révèle une première appréhension du monde qui nous entoure. Et, lorsque nous perfectionnons ensuite notre analyse et nos moyens d'observation pour étudier la matière et ses interactions, nous continuons à décrire le monde en y délimitant des corps. Mais « il est impossible de supposer un corps absolument isolé dans la nature ; il n'aurait plus de réalité, parce que, dans ce cas, aucune relation ne viendrait manifester son existence »³. Ce qui est connu, c'est le phénomène : nos sensations ne se rapportent pas à des *corps* mais à des *phénomènes* (voir l'encadré ci-contre). Par exemple, la masse d'un objet est reconnue par la mise en relation avec une force, qui modifie sa vitesse ; la résistance d'un fil par la mise en relation avec une pile, qui l'échauffe.

C'est seulement à partir des multiples relations observées dans des conditions diverses, que nous pourrions construire l'idée du corps dans son interaction avec l'Univers (voir l'encadré p. 14). Chacun n'a besoin que de lui-même pour exister ou pour être conçu : concret comme une bille de métal, il existe dans la nature indépendamment de toute connaissance ou idée, et l'expérimentateur le caractérise par ses *qualités* qu'il mesure ; abstrait comme une sphère

massive, il est également conçu par tout esprit, et le théoricien le définit par les *grandeurs* qu'il lui attache. « Le seul objet de la physique, écrivait Léon Bloch, est de faire correspondre à la connaissance des sens un système de symboles abstraits, susceptibles d'en régulariser le progrès. Le savant n'a pas sur l'homme vulgaire la prérogative de comprendre plus et mieux. La véritable supériorité du savant, c'est qu'il possède un langage précis, fait de lois et de formules, grâce auquel ce qu'il comprend reçoit une forme commode et féconde. »⁴

Le fait du physicien

L'observation transforme le *phénomène* en un *fait*. Mais « nous ne pouvons connaître *tous* les faits, puisque leur nombre est pratiquement infini. Il faut choisir »⁵. Le fait observé est un fait remarqué, que nous considérons comme significatif. Plus encore, nous accordons une certaine importance à ce fait au nom de certaines idées préconçues. Ainsi, le fait est une observation jugée à la fois significative et importante.

« L'observation est l'investigation d'un phénomène naturel, et l'expérience est l'investigation d'un phénomène modifié par l'investigateur. »³ L'*observation* est d'abord qualitative. Elle consiste en une description aussi complète et précise que possible du phénomène, avec l'analyse des différents facteurs et circonstances qui paraissent l'influencer. Cependant, comme les conditions dans lesquelles ces phénomènes se produisent naturellement sont souvent trop strictes ou trop rares, une *expérimentation* est utile quand elle est possible. Celle-ci consiste à répéter le phénomène et à l'observer dans des conditions préparées et soigneusement définies.

L'invention des objets

Parmi les nombreux *objets* auxquels le physicien fait appel pour représenter le monde⁶, on peut citer par exemple les particules ou les champs. Quand on rencontre des objets mal définis ou trop complexes – comme en thermodynamique –, on peut contourner la difficulté en les regroupant dans un système ou dans des populations. On est parfois amené à considérer des objets dont on peut s'interroger sur leur réalité : existent-ils réellement, ou bien ne sont-ils que des artifices de calcul ? Au départ, le système de Copernic n'était qu'un moyen commode pour calculer la trajectoire des planètes, et les atomes une manière de retrouver les lois de la thermodynamique « à la Newton ». En revanche, le point matériel n'est manifestement qu'un concept mathématique, complètement dénué de toute réalité physique. Il en est probablement de même de l'espace de configuration ; selon Louis de Broglie (1892-1987), « la propagation d'une onde dans l'espace de configuration a un caractère si visiblement fictif qu'il est difficile de penser qu'elle puisse régir des phénomènes physiques »⁷. Il a fallu plus de deux siècles pour se débarrasser de l'éther. Les nouveaux objets de la gravité quantique ont-ils plus de réalité ?

Plus généralement, il faut rester conscient d'un certain caractère conventionnel des objets, d'une certaine circularité du raisonnement : nous avons l'idée d'une certaine qualité en la reconnaissant dans certains corps, mais nous ne pouvons reconnaître cette qualité dans un corps que si nous en avons déjà l'idée et il n'existe pas de critère pour « distinguer, par sa nature seule, une idée folle d'une idée raisonnable »⁸. C'est pourquoi il ne faut pas oublier que la consistance de notre représentation repose uniquement sur sa cohérence logique, sur l'absence d'observation contradictoire, sur la convergence de méthodes fondées sur des processus différents et pratiquées

par des personnes différentes. La carte n'est pas le territoire, mais nous ne pouvons avoir une idée de celui-ci qu'à la suite d'un grand nombre d'allers et retours entre les deux.

Vers une explication

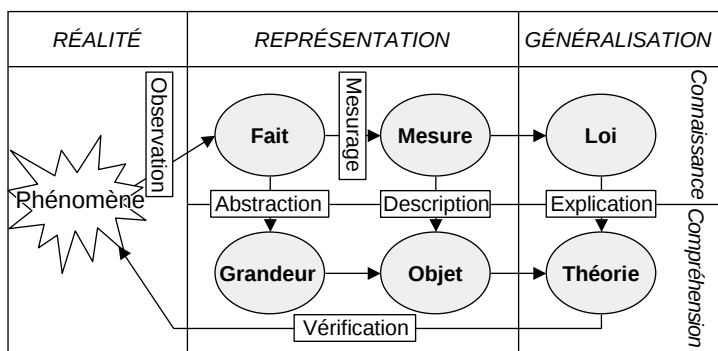
« Il fallait une explication ; on l'a trouvée ;
on en trouve toujours ; les hypothèses,
c'est le fonds qui manque le moins. »

Henri Poincaré (*La Science et l'hypothèse*)

Une première tentative d'explication du monde est de dire que les choses sont destinées à être telles qu'elles sont : leur existence résulte d'un dessein, de la volonté d'un démiurge qu'il est prudent d'honorer. Une autre possibilité consiste à dire que les choses ne sont que le fruit du hasard ; il se trouve simplement qu'elles ont pris leur configuration particulière plutôt qu'une autre, moins probable, et on est seulement là pour les contempler. Le physicien a toujours espéré que les lois de la nature étaient inévitables, c'est-à-dire que les choses sont telles qu'elles sont parce qu'il est impossible qu'elles soient autrement, mais il n'a jamais réussi à le prouver ! Tel un sorcier, le théoricien cherche un modèle, une représentation permettant de comprendre les phénomènes, pour les expliquer par un « tout se passe comme si ». Mais l'expérimentateur est là pour lui demander de remettre constamment son ouvrage sur le métier.

« Comprendre », c'est mettre ensemble des données de même nature pour en faire un système cohérent. « Nous partons d'abord d'une observation, nous obtenons des nombres que nous mesurons, puis nous obtenons une loi qui résume tous les nombres. Mais le vrai *triomphe* de

la science c'est de *pouvoir trouver une manière de penser* telle que cette loi soit évidente »⁹, écrit Richard Feynman (1918-1988) dans son célèbre cours. De même que les propriétés mathématiques sont résumées dans des théorèmes que l'on démontre à partir d'axiomes, les faits constatés sont résumés dans des lois que l'on tente d'expliquer par des principes pour en bâtir une théorie (voir la figure et l'encadré ci-dessous).



De l'observation à l'explication¹⁰.

Les principes

Un principe physique est une hypothèse de caractère très général, qui semble nécessaire au physicien pour rendre la nature compréhensible¹¹. Il sert de point de départ à une théorie, et sa validité n'est démontrée que par l'accord entre toutes les conséquences qu'on peut en tirer et l'expérience. Au début de son enseignement au King's College en 1860, James Clerk Maxwell (1831-1879) affirma : « Celui qui a appris une formule est à la merci de sa mémoire, mais celui qui a maîtrisé un principe peut garder son esprit libre de formule, sachant qu'il peut en fabriquer autant que nécessaire le moment voulu. » « Les principes sont des conventions et des définitions déguisées. »¹² C'est le cas de ceux,