Qu'est-ce qu'une loi scientifique ?
Etude de texte

La loi scientifique peut être pensée comme expression de la détermination nécessaire de la nature, ainsi que la conçoit Claude Bernard, par exemple. Mais l'idée de loi scientifique survit à la critique du déterminisme. Pour que la loi scientifique soit effectivement scientifique, il faut qu'elle nous permette de soumettre les faits observés à l'ordre du calcul. Cette exigence de mise en forme mathématique des paramètres observés répond à la nécessité logique de modéliser un rapport. Cette modélisation existe même si elle ne correspond à la réalité effective. Il n'est pas nécessaire, en effet, que les choses se passent effectivement comme nous les interprétons pour que notre interprétation joue son rôle, pour nous, de clarification. Il est donc possible de concevoir la science non pas tant comme explication de ce qui est que comme mise en forme de ce qui nous apparaît. Le paradigme de la vérité peut être abandonné au profit de celui de la classification. La science dès lors participe de l'activité ordonnatrice du donné plus que de la visée dévoilante de l'être.

Cette logique est présente dans le *Timée* de Platon à propos de l'astronomie. Platon note, en effet, que le cosmos est ordonné : nous voyons l'ordre mais nous ignorons le modèle de cet ordre ; nous ne connaissons donc qu'une image de l'ordre, dès lors notre connaissance ne peut avoir la certitude qu'elle aurait si nous avions accès directement au modèle. « Dans ces conditions, il est aussi absolument nécessaire que ce monde-ci soit l'image de quelque chose. Or en toute matière, il est de la plus haute importance de commencer par le commencement naturel. En conséquence, à propos de l'image et de son modèle, il faut faire les distinctions suivantes : les paroles ont une parenté naturelle avec les choses qu'elles expriment. Expriment-elles ce qui est stable, fixe et visible à l'aide de l'intelligence, elles sont stables et fixes, et, autant qu'il est possible et qu'il appartient à des paroles d'être irréfutables et invincibles, elles ne doivent rien laisser à désirer à cet égard. Expriment-elles au contraire ce qui a été copié sur ce modèle et qui n'est qu'une image, elles sont vraisemblables et proportionnées à leur objet, car ce que l'être est au devenir, la vérité l'est à la croyance. Si donc, Socrate, il se rencontre maint détail en mainte question touchant les dieux et la genèse du monde, où nous soyons incapables de fournir des explications absolument et parfaitement cohérentes et exactes, n'en sois pas étonné ; mais si nous en fournissons qui ne le cèdent à aucune autre en vraisemblance, il faudra nous en contenter, en nous rappelant que moi qui parle et vous qui jugez nous ne sommes que des hommes et que sur un tel sujet il convient d'accepter le mythe vraisemblable, sans rien chercher au-delà. » (*Timée* 29a) La science vise alors le vraisemblable et non pas le vrai : il s'agit de proposer une lecture cohérente de ce qui nous apparaît et non pas de connaître ce qui est. Il s'agit, en d'autres termes, de « sauver les phénomènes », de sauver leur cohérence alors même que nous n'avons pas accès à leur ordre effectif.

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Fichier généré pour Visiteur (), le 31/05/2021

Culture Générale

Qu'est-ce qu'une loi scientifique ?

Cette conception de la science est redéployée par Simplicius, vers 530 ap. JC dans son *Commentaires du livre Du Ciel d'Aristote*. Exposant les différentes manières de rendre compte des mouvements des astres, il montre comment des modèles théoriques contraires peuvent également rendre compte de ce qui nous apparaît.

Dans sa *Préface* aux *Révolutions des Orbes Célestes* de Copernic en, 1543, Oisander reprenant Simplicius affirme : « il n'est pas nécessaire que ces hypothèses soient vraies ni même vraisemblables ; une seule chose suffit : qu'elles offrent des calculs conformes à l'observation. » Cette conception non réaliste de la science peut être tenue pour une précaution stratégique permettant d'éviter les faux procès, mais elle est aussi et surtout une précaution méthodologique : tant que l'on n'a pas pu s'assurer de la conformité entre le modèle théorique et la réalité, il est prudent de tenir le modèle pour une grille de lecture de la réalité et non pour sa description.

Cette épistémologie non réaliste permet de faire droit à la complexité du réel sans la réduire et sans transgresser les limites de notre capacité d'investigation. E. Duhem, au tournant du XIXè et du XXè siècle, dans le sillage d'E. Mach va pratiquer « l'économie de la pensée » : au lieu de produire d'ambitieuses *explications* de la réalité, se contenter de *classifications* qui nous donnent un surcroît d'intelligibilité sans prétendre être en adéquation avec ce qui est. Dans ces conditions, les lois sont formulations de rapports, elles constituent, une fois liées de façon systématique, la théorie qui est modèle d'interprétation du donné.

*
***

Duhem *La théorie physique*

> En regardant une théorie physique comme une explication hypothétique de la réalité matérielle, on la place sous la dépendance de la Métaphysique. Par là, bien loin de lui donner une forme à laquelle le plus grand nombre des esprits puissent consentir, on en limite l'acceptation à ceux qui reconnaissent la philosophie dont elle se réclame. Mais ceux-là mêmes ne sauraient être pleinement satisfaits de cette théorie, car elle ne tire pas tous ses principes de la doctrine métaphysique dont elle prétend dériver.
>
> Ces pensées, objet du précédent Chapitre, nous amènent tout naturellement à nous poser les deux questions suivantes :
>
> Ne pourrait-on assigner à la théorie physique un objet tel qu'elle devint *autonome* ? Fondée sur des principes qui ne relèveraient d'aucune doctrine métaphysique, elle pourrait être jugée en elle-même et sans que les opinions des divers physiciens à son endroit dépendissent en rien des Écoles philosophiques diverses auxquelles ils peuvent appartenir.
>
> Ne pourrait-on, pour construire une théorie physique, [24] concevoir une méthode qui fût *suffisante* ? Conséquente avec sa propre définition, la théorie

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

n'emploierait aucun principe, ne recourrait à aucun procédé dont elle ne puisse légitimement faire usage.

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

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

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

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

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

2° Nous relions entre elles les diverses sortes de grandeurs ainsi introduites par un petit nombre de propositions qui serviront de principes à nos déductions ; [25] ces principes peuvent être nommés *hypothèses* au sens étymologique du mot, car ils sont vraiment les fondements sur lesquels s'édifiera la théorie ; mais ils ne prétendent en aucune façon énoncer des relations véritables entre les propriétés réelles des corps. Ces hypothèses peuvent donc être formulées d'une manière arbitraire. La contradiction logique, soit entre les termes d'une même hypothèse, soit entre diverses hypothèses d'une même théorie, est la seule barrière absolument infranchissable devant laquelle s'arrête cet arbitraire.

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

4° Les diverses conséquences que l'on a ainsi tirées des hypothèses peuvent se traduire en autant de jugement portant sur les propriétés physiques des corps ; les méthodes propres à définir et à mesurer ces propriétés physiques sont comme le vocabulaire, comme la clé qui permet de faire cette traduction ; ces jugements, on les compare aux lois expérimentales que la théorie se propose de

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

représenter ; s'ils concordent avec ces lois, au degré d'approximation que comportent les procédés de mesure employés, la théorie a [26] atteint son but, elle est déclarée bonne ; sinon, elle est mauvaise, elle doit être modifiée ou rejetée.

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

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

1° La définition et la mesure des grandeurs physiques ;

2° Le choix des hypothèses ;

3° Le développement mathématique de la théorie ;

4° La comparaison de la théorie avec l'expérience.

Chacune de ces opérations nous occupera longuement dans la suite de cet écrit, car chacune d'elles présente des difficultés qui réclament une minutieuse analyse ; mais, dès maintenant, il nous est possible de répondre à quelques questions, de réfuter quelques objections soulevées par la présente définition de la théorie physique.

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

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

Touchant la nature même des choses, touchant les réalités qui se cachent sous les phénomènes dont nous [27] faisons l'étude, une théorie conçue sur le plan qui vient d'être tracé ne nous apprend absolument rien et ne prétend rien nous apprendre. A quoi donc est-elle utile ? Quel avantage les physiciens trouvent-ils à remplacer les lois que fournit directement la méthode expérimentale par un système de propositions mathématiques qui les représentent ?

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

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Fichier généré pour Visiteur (), le 31/05/2021

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

La loi expérimentale représentait déjà une première économie intellectuelle. L'esprit humain avait devant lui un nombre immense de faits concrets, dont chacun se compliquait d'une foule de détails, dissemblables de l'un à l'autre ; aucun homme n'aurait pu embrasser et retenir la connaissance de tous ces [28] faits ; aucun n'aurait pu communiquer cette connaissance à son semblable. L'abstraction est entrée en jeu ; elle a fait tomber tout ce qu'il y avait de particulier, d'individuel dans chacun de ces faits ; de leur ensemble, elle a extrait seulement ce qu'il y avait en eux de général, ce qui leur était commun, et à cet encombrant amas de faits, elle a substitué une proposition unique, tenant peu de place dans la mémoire, aisée à transmettre par l'enseignement ; elle a formulé une loi physique.

« Au lieu, par exemple[2], de noter un à un les divers cas de réfraction de la lumière, nous pouvons les reproduire et les prévoir tous lorsque nous savons que le rayon incident, le rayon réfracté et la normale sont dans un même plan et que sin. $i = n$ sin. r. Au lieu de tenir compte des innombrables phénomènes de réfraction dans des milieux et sous des angles différents, nous n'avons alors qu'à observer la valeur de n en tenant compte des relations ci-dessus, ce qui est infiniment plus facile. La tendance à l'économie est ici évidente. »

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

Parmi les effets de la lumière, il n'en est qu'un fort petit nombre que les Anciens eussent réduits en lois ; les seules lois optiques qu'ils connussent étaient la loi de la propagation rectiligne de la lumière et les lois de la réflexion ; ce maigre contingent s'accrut, à [29] l'époque de Descartes, de la loi de la réfraction. Une Optique aussi réduite pouvait se passer de théorie ; il était aisé d'étudier et d'enseigner chaque loi en elle-même.

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

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

[2] E. MACH, *La Mécanique ; exposé historique et critique de son développement*, Paris, 1904, p. 453.

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Fichier généré pour Visiteur (), le 31/05/2021

Culture Générale

Qu'est-ce qu'une loi scientifique ?

expérimentales dont le nombre, dont la complication, effrayeraient la mémoire la plus capable et la plus fidèle.

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

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

§ III. - La théorie considérée comme classification.

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

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

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

Ainsi, près des lois qui régissent le spectre fourni par un prisme, elle range les lois auxquelles obéissent les couleurs de l'arc-en-ciel ; mais les lois selon lesquelles se succèdent les teintes des anneaux de Newton vont, en une autre région, rejoindre les lois des franges découvertes par Young et par Fresnel ; en [31] une autre catégorie, les élégantes colorations analysées par Grimaldi sont considérées comme parentes des spectres de diffraction produits par Fraunhöfer. Les lois de tous ces phénomènes, que leurs éclatantes couleurs confondaient les uns avec les autres aux yeux du simple observateur, sont, par les soins du théoricien, classées et ordonnées.

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

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

*
***

L'économie de la pensée doit éviter de subordonner la théorie physique à une présupposition concernant le fond ultime de toute chose. L'affirmation du déterminisme de la nature est déjà, en ce sens, une métaphysique : elle pose une structure de la réalité qui excède ce que notre capacité à expérimenter peut nous faire connaître.
Le plus simple est de penser la théorie en elle-même comme moyen pour nous de nous représenter ce qui nous apparaît. Dans ces conditions, la question centrale n'est pas de produire une représentation qui soit en accord avec la réalité, qui soit « représentative » de ce que sont les phénomènes mais de concevoir une représentation qui les ordonne pour nous.

La première opération consiste à associer des variables mathématiques aux propriétés physiques. Il faut, à ce premier niveau, se débarrasser de la logique réaliste : il n'y pas de lien de représentation entre les variables et ce qu'elles signifient, de même que le mot ne ressemble pas à ce qu'il signifie. Ces variables pourront ensuite être inscrites dans des hypothèses. Selon l'étymologie, l'hypo-thèse est ce qui est placé dessous : l'hypothèse n'a donc pas pour but d'être vérifiée et de devenir une loi descriptive, elle est le soubassement logique du modèle d'interprétation. L'hypothèse ne doit pas être contradictoire en elle-même, elle ne peut être contradictoire avec les autres hypothèses, elle ne peut non plus être contradictoire avec le donné qu'elle prétend interpréter. Hormis cette règle minimale de cohérence, le scientifique a la liberté d'inventer des modèles interprétatifs différents. Ces modèles ont pour but de représenter les lois expérimentales, c'est-à-dire de rendre raison pour nous des constantes observées. La loi n'est donc plus comprise comme l'énoncé qui exprime la structure effective de la réalité mais comme un rapport donné dont nous avons à rendre raison par un vocabulaire qu'il nous appartient de construire. Ainsi une vraie théorie n'est pas une théorie vraie : elle est vraie en tant qu'elle joue son rôle de modélisation du donné ; la question de savoir si elle est correspond à la réalité objective ne la constitue pas essentiellement comme théorie. L'accord avec l'expérience ne doit pas être compris comme un rapport d'adéquation mais comme une conformité cohérente : la moindre des choses pour un modèle herméneutique est de ne pas être en contradiction avec ce dont il prétend rendre raison, mais cette concordance ne signifie pas que la lecture que l'on donne de la réalité donnée exprime ce qu'elle est effectivement.

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Fichier généré pour Visiteur (), le 31/05/2021

Culture Générale

Qu'est-ce qu'une loi scientifique ?

Le but de la recherche scientifique est donc de transformer les lois en principes internes à une théorie organisée de façon systématique. La loi expérimentale, comprise comme formulation simple des constantes, abstraction faite de la particularité des faits, n'est qu'une étape dans l'économie de la pensée. Le stade ultime de la scientificité consiste à intégrer les lois expérimentales dans une théorie qui les lie de façon systématique ; cet « holisme » méthodologique donne aux lois une cohérence qui permet au scientifique de s'en servir comme schème d'interprétation.

Frédéric Laupies, professeur en classes préparatoires,
directeur de rédaction du *Dictionnaire de culture générale,* Major, PUF.

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.