



HAL
open science

Recension de : Soazig Le Bihan (dir.), Précis de philosophie de la physique (Paris, Vuibert)

Fabien Ferri

► **To cite this version:**

Fabien Ferri. Recension de: Soazig Le Bihan (dir.), Précis de philosophie de la physique (Paris, Vuibert). 2013. hal-02919772

HAL Id: hal-02919772

<https://hal.science/hal-02919772>

Submitted on 24 Aug 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

À propos de : Soazig Le Bihan (dir.), *Précis de philosophie de la physique*, Paris, Vuibert, 2013. VIII-360 p.

Le but de ce précis est d'expliquer ce qu'est la philosophie de la physique. L'ouvrage se divise en quatre grandes parties. La première porte sur les problèmes fondamentaux posés par la mécanique quantique : problèmes de la localité, de la mesure, de l'interprétation et des ontologies associées (chapitres 1 à 6). La seconde partie traite des rapports entre thermodynamique et mécanique statistique : elle examine en particulier les approches de Boltzmann et Gibbs dans ces domaines, ainsi que le paradoxe de la réversibilité (chap. 7 et 8). La troisième partie se focalise sur deux théories de l'espace-temps : la théorie de la relativité générale et la gravité quantique (chap. 9 et 10). Enfin, la quatrième et dernière partie aborde des problèmes classiques de la philosophie des sciences tels qu'ils se posent à nouveaux frais à la lumière de la physique contemporaine : transformation de la dynamique de la science à l'ère du traitement computationnel (chap. 11), reformulation du problème de la classification des êtres naturels à la lumière de l'astrophysique actuelle (chap. 12), importance du rôle joué par la symétrie dans la description du monde physique (chap. 13 et 14), édification d'une métaphysique des sciences unifiée rendue possible par le réalisme structural ontologique (chap. 15). Cet ouvrage est aussi bien destiné aux étudiants, aux doctorants, qu'aux chercheurs confirmés.

Les corrélations entre deux systèmes quantiques peuvent-elles être expliquées au moyen d'un modèle à la fois local, déterminé et faisant intervenir une cause commune qui les fonde ? C'est à cette question que s'est attelé le physicien John Bell (1928-1990), qui a montré que si un tel modèle est possible, les distributions de probabilités des résultats d'expérience relatives à l'étude des corrélations entre les deux systèmes doivent satisfaire certaines inégalités : les inégalités dites de Bell. Si ces inégalités ne sont pas vérifiées après l'analyse des résultats d'expérience, alors le modèle en question est inapte à rendre compte de telles corrélations. Or « il existe bien des systèmes quantiques qui, soumis à certaines mesures, présentent des corrélations qui violent les inégalités de Bell. » L'objectif du premier chapitre est ainsi de remettre au travail l'interprétation de ce dernier type de résultats grâce à une analyse philosophique du problème que pose l'étude des corrélations quantiques.

La théorie de la décohérence étudie les interactions entre un système quantique et son environnement dont la conséquence est la suppression des phénomènes dits « d'interférences », phénomènes physiques mis en évidence pour la première fois dans l'expérience des fentes de Young en 1801. Le deuxième chapitre traite ainsi de la pertinence de la théorie de la décohérence dans la résolution de problèmes importants de la mécanique quantique, plus particulièrement ceux de la mesure et de l'émergence de la classicalité.

Au lieu d'associer les vecteurs d'état (*i.e.* des représentations mathématiques) aux caractères ontologiques des systèmes mesurés, la théorie de l'information quantique les associe aux fonctions de croyance d'agents rationnels : c'est ce qu'Armond Duwell nomme le « présupposé bayésien quantique ». Dès lors, soit ces croyances portent sur les propriétés des systèmes en question, soit sur les résultats de mesure. Le chapitre 3 présente ainsi un examen critique de deux interprétations du problème de la mesure dans le cadre de la théorie de l'information quantique – le bayésianisme quantique subjectif et le bayésianisme quantique objectif – toutes deux fondées sur cette nouvelle interprétation des vecteurs d'état.

L'interprétation multi-mondes pose en effet que si la fonction d'onde – exprimée par l'équation de Schrödinger – est la représentation mathématique complète des phénomènes physiques au niveau le plus fondamental, alors la conséquence ultime en est l'existence d'une superposition de mondes au niveau macroscopique. L'objectif de cet article est d'examiner rationnellement et méthodiquement l'interprétation multi-mondes, un cas particulier d'un type d'interprétation introduit par le mathématicien et physicien Hugh Everett (1930-1982) en

1957 visant à répondre au problème de la mesure en mécanique quantique. Après avoir exposé les bases de la mécanique quantique standard, l'auteur procède à la description du problème en question.

La thèse du chapitre 5 est de soutenir que les solutions qui ont été proposées au problème de la mesure en mécanique quantique (mécanique bohémienne, théorie de Ghirardi-Rimini-Weber, interprétation multi-mondes) partagent une ontologie primitive qu'il faut représenter par un objet mathématique défini dans l'espace à trois dimensions, et non par la fonction d'onde décrite par l'équation de Schrödinger.

La théorie quantique des champs (TCQ) est une théorie physique combinant théorie quantique et théorie de la relativité restreinte. Cependant nous savons qu'elle est insuffisante pour fournir une théorie omni-englobante de la réalité physique dans la mesure où elle n'intègre pas la gravitation. Doreen Fraser se concentre dans le chapitre 6 sur deux problèmes : 1° celui de savoir si la TCQ est une théorie locale ; 2° celui de savoir quelle sorte de description de la réalité est permise par la théorie en question.

La mécanique statistique (MS) étudie les comportements macroscopiques des systèmes physiques en fonction de leurs constituants microscopiques, et ce, en introduisant des éléments de probabilité dans la théorie pour donner une explication des phénomènes étudiés en termes mécaniques. Le chapitre 7 présente les deux grands cadres théoriques de la MS : l'approche de Boltzmann (1877) et celle de Gibbs (1902).

La mécanique statistique est-elle une science spéciale ou une science fondamentale ? Le chapitre 8 a pour objet le paradoxe de la réversibilité en mécanique statistique (MS). Il montre en quoi l'interprétation que l'on en donne conditionne le statut que l'on sera conduit à accorder à la MS.

Le chapitre 9 traite de la nature fondamentalement dynamique de l'espace-temps. Il examine une interprétation particulière de l'espace-temps et de la gravitation : celle liée à la conception métaphysique connue sous le nom de réalisme structural ontologique (voir chapitre 15). Suivant cette conception, l'espace-temps est un réseau de relations physiques entre des termes physiques (*relata*) ne possédant pas d'identité intrinsèque : on ne peut donc pas connaître la nature des objets physiques formant le monde, mais seulement leur structure. L'objectif de ce chapitre est ainsi de fournir les éléments d'une métaphysique pour la physique contemporaine fondamentale, et plus particulièrement pour la théorie de la relativité générale.

La théorie de la gravité quantique se donne pour tâche d'unifier les deux grandes théories actuellement incommensurables de la physique théorique : la mécanique quantique et la théorie de la relativité générale. Après avoir présenté les raisons au fondement du développement d'une théorie quantique de la gravité, Christian Wüthrich établit dans le chapitre 10 la cartographie du domaine en question, c'est-à-dire les différentes approches en compétition. Dès lors, il présente la plus prometteuse d'entre elles : la gravitation quantique à boucles (GQB). Dans cette perspective, le temps et l'espace n'apparaissent plus comme des entités fondamentales, mais comme des phénomènes émergents : le problème crucial qui se pose est alors celui d'expliquer le passage de l'espace-temps à l'échelle quantique aux espaces-temps de la relativité générale.

L'introduction du calcul numérique dans la pratique de la science induit-elle un changement purement quantitatif au sein de celle-ci, ou fait-elle émerger un nouveau type de science qu'il faudrait ainsi qualifier de « computationnelle » ? L'objectif du chapitre 11 est d'identifier et d'analyser certains changements introduits par l'usage des ordinateurs dans l'activité de théorisation. Dès lors, il s'agit de montrer que la discontinuité entre la science computationnelle et la science antérieure est de deux ordres : « faible quand la science computationnelle développe des traditions de recherche déjà existantes et que la discontinuité est essentiellement quantitative, et forte quand elle permet d'en créer de nouvelles. » Pour

illustrer le changement radical introduit par les méthodes numériques dans l'activité de modélisation, cette contribution présente des exemples de simulations effectuées à partir d'automates cellulaires.

Y a-t-il un ordre des étoiles ? Autrement dit, les classifications stellaires sont-elles structurées par un ordre naturel ? Le chapitre 12 présente le paysage taxinomique actuel dans le domaine de l'astrophysique, soit l'actualité du débat entre monistes et pluralistes concernant le problème des classifications stellaires.

L'objectif du chapitre 13 est de présenter la valeur heuristique d'un outil mathématique, la symétrie de jauge (*i.e.* d'un ensemble de descriptions équivalentes d'un même état physique), le renouvellement du regard qu'il nous donne sur l'objectivité et la causalité, enfin le rôle pragmatique qu'il peut avoir dans le passage d'une théorie à une autre, comme le montre Alexandre Guay à propos de la procédure permettant de passer d'une théorie classique des champs à une théorie quantique.

Pierre Curie (1859-1906) fut le premier physicien à prendre en compte le rôle de la symétrie et de ses brisures dans l'étude des phénomènes physiques. La symétrie est une propriété mathématique qui trouve son corrélat physique dans la propriété d'invariance. On parle de symétrie au sens large dès lors qu'il y a invariance d'un phénomène ou d'une loi par rapport à un groupe de transformations : la symétrie d'un gaz renvoie par exemple à l'invariance des équations décrivant le comportement physique des atomes dont il est composé. Inversement, on parle de brisure de symétrie lorsque le groupe de symétrie initial est réduit à l'un de ses sous-groupes : par exemple la brisure de symétrie d'un gaz, après son refroidissement, engendre une symétrie plus restreinte des structures cristallines qu'elle crée. L'objectif du chapitre 14 est ainsi de montrer qu'il est possible de généraliser l'analyse de Curie (historiquement limitée aux cas des symétries des phénomènes physiques) aux cas des symétries des lois physiques.

Le réalisme structural ontologique est un courant de la métaphysique des sciences contemporaines initié par Steven French et James Ladyman, qui pose une prévalence des structures physiques sur les objets. Pour Michael Esfeld, partisan d'une forme de réalisme structural ontologique, les structures physiques sont des structures causales. Son objectif est de montrer dans le chapitre 15 comment une telle ontologie des structures causales permet de construire une conception du monde à la fois réaliste, complète et cohérente, comprenant tous les domaines de la science empirique.

Fabien Ferri