

Appareil, Image et Particule
In J.-L. Déotte, M. Froger et S. Mariniello
(éd.), Appareil et Intermédialité. l'Harmattan,
p. 97-120, 2007

Alexandre Guay*

June 23, 2013

1 Introduction

Sincèrement, je ne crois pas que je saisisse pleinement le concept d'appareil chez Jean-Louis Déotte. Si certains exemples, comme la perspective, m'éclairent, d'autres, comme la cure psychanalytique, ne font que confirmer mon incompréhension. Néanmoins, j'ai l'impression d'avoir une idée relativement claire de ce à quoi le concept d'appareil s'oppose: aux médias, aux prothèses, aux dispositifs, enfin à la technique. Contrairement à ces derniers, l'appareil a des usages essentiellement politiques et artistiques.

La science, dans la mesure où on la considère comme une entreprise technique, n'aurait donc rien à voir avec l'appareil. Mais est-il juste d'assimiler la science aux prothèses et dispositifs? La science, et en particulier celle qui nous occupe ici la physique, est une entreprise de compréhension. On est loin ici de la simple instrumentalisation qu'implique les prothèses. En effet, la physique ne consiste pas en une extension de la perception sensible vers des domaines de réalité autrement inaccessibles. Elle n'est pas une metaprothèse. Elle est plutôt une activité de "creative understanding" (Torretti 1990). En d'autres mots, elle crée tout autant qu'elle découvre. Le monde matériel n'est pas un donné. Le

*alexandre.guay@gmail.com

réalisme scientifique naïf, qui impliquerait une correspondance quasi absolue entre nos théories et la réalité, n'est pas raisonnable à l'heure de la physique quantique et de la relativité. Bien sûr, tout ceci n'implique pas que la physique use d'appareils Déottiens. Une analyse plus fine est nécessaire.

Plutôt que de tenter bêtement de plaquer le concept d'appareil sur les pratiques de la physique, je vais directement discuter de la médiation entre nous et les événements au sens de la physique. Cette médiation, qui en pratique prend diverses formes, est encadrée par deux approches ontologiques. Ces approches sont ce qui me paraît de plus près des appareils Déottiens, car ce sont elles qui définissent implicitement le domaine des événements possibles. Je reviendrai sur la notion d'appareil à la fin de l'essai. Notez qu'en physique, l'événement ne surgit pas toujours spontanément mais est le plus souvent provoqué par le chercheur. Cette préparation de l'événement met le physicien dans une position similaire à l'artiste et l'éloigne du simple spectateur. Un scientifique ne fait pas que passivement regarder dans un instrument, il provoque, au moins en partie, ce qu'il y verra. Notez aussi que contrairement à plusieurs philosophes français, je ne fonde pas ma réflexion sur la philosophie esthétique. Cette dernière peut bien entendu éclairer certains aspects de la démarche scientifique, cependant la mettre au fondement de la science me paraît plus problématique qu'autre chose. Cette disparité d'approches philosophiques aura comme conséquence de creuser l'écart entre science et appareil, mais cela est peut-être inévitable.

2 Ontologie et physique

En physique, l'événement n'est pas un donné brut. Il est une construction sous contrainte à la fois de la part des théories et des manipulations expérimentales. Dans cette section, nous allons présenter deux approches ontologiques non exclusives qui servent de cadre à la construction de l'image scientifique de la réalité, une image constituée des événements et de leurs acteurs les entités. En physique, la question de la médiation entre chercheurs et événements repose sur une réflexion ontologique, une différence notable avec les cas d'appareils chez Déotte.

Je mets dès le début de côté la question du référent *ultime* des théories physiques. Cette question, typique de la métaphysique, n'a en fait qu'un intérêt limité pour moi. S'il y a un tel référent au-delà de toute expérience possible et, de surcroît, inconnaissable, l'impact d'une proposition philosophique quant à sa nature ou à ses relations aux phénomènes est, somme toute, minime. Le discours auquel je vais m'intéresser dans cet essai est d'une autre nature. L'approche que je pro-

pose consiste à placer les questions ontologiques dans le cadre de la science elle-même, comme des questions qui ont, en partie, un caractère empirique. Dans ce contexte, physique et philosophie ne sont pas des disciplines imperméables. Les questions qui se trouvent dans la zone où se superposent ces domaines sont le coeur de notre questionnement. Dans cette perspective, le travail ontologique du philosophe, comme celui du physicien intéressé par les fondements de sa discipline, consiste à produire et à analyser l'image scientifique du monde que l'on peut tirer de la physique.¹ Comme le défend (van Fraassen 1980), on peut cependant douter de la fidélité de cette image. Peut-être n'avons-nous pas encore les moyens expérimentaux et conceptuels pour vérifier l'exactitude de celle-ci? C'est possible, mais notez bien que cette critique ne se fait pas sur la base d'un argument métaphysique a priori, mais bien a posteriori. Il n'y a rien qui nous empêche, en principe de vérifier l'adéquation entre notre conception scientifique du monde et les phénomènes. La critique de van Fraassen est interne. Dans cet essai, je vais aussi mettre de côté la question du réalisme scientifique soulevée par van Fraassen. Cette question demeura bien sûr en arrière-plan. Pour les fins de cet essai, j'adopterai une position réaliste critique à la (Bunge 1975). Ce que je veux cerner, c'est ce qu'il est rationnel de croire à propos du monde, à la lumière de la physique; pas de savoir si ces croyances sont vraies, au sens d'une correspondance terme à terme avec la réalité. Ceci étant dit, quelle stratégie doit-on employer pour constituer cette image? Lorsque l'on pose la question de cette façon, comme un choix entre des stratégies, que je qualifierai de philosophiques, on présume que le physicien (ou le philosophe) a un certain recul quant à ses pratiques. Je vois, dans le caractère volontaire de la construction de l'image, un parallèle avec certains artistes qui sont motivés par une réflexion sur leur propre pratique. En conséquence, le physicien (philosophe) qui réfléchit sur l'image du monde qu'engendre sa pratique est tout sauf un simple spectateur.

Ce serait bien entendu nier le dynamisme de la physique que de croire qu'il existe un algorithme pour former cette image. À défaut de méthode clairement définie, deux approches semblent potentiellement fructueuses. Cette division binaire a certes quelque chose d'arbitraire. Ces deux approches, la top-down et la bottom-up (à défaut d'avoir trouvé de meilleurs termes), se recoupent en maints endroits. Il est cependant intéressant, pour des raisons méthodologiques de les distinguer car elles impliquent des difficultés spécifiques.

La stratégie dite top-down consiste à concentrer notre attention sur nos meilleures théories et modèles généraux. On part donc de ceux-ci pour descendre

¹Nous reprenons ici le concept d'image scientifique de (Sellars 1988).

vers le particulier. Travailler à un tel niveau de généralité nous éloigne certes de l'expérimentation mais nous donne la possibilité d'identifier les structures qui forment les fondements de l'image du monde, la classe des possibles. Concrètement, la tâche consiste à identifier les entités théoriques, l'objet du discours de la théorie, et de les isoler, dans la mesure du possible, des présupposés métaphysiques qui sont toujours présents, même implicitement, dans les théories. Cette approche, qui privilégie les théories et modèles de haut niveau de généralité, rencontre deux importantes difficultés. Premièrement, les théories sont sous-déterminées par l'expérience. La possibilité qu'il existe deux théories incompatibles mais également confirmées par l'expérience suggère que l'on doive envisager la possibilité que deux images incompatibles puissent être le produit de la physique. Notez tout d'abord que, si cette possibilité existe en principe, elle est quasi inexistante en pratique. Si un tel cas se présentait, la prudence m'ordonnerait d'attendre que de nouvelles recherches départagent les deux théories. Quant à la possibilité qu'il puisse exister deux théories incompatibles également valables mais qu'une seule me soit connue, elle ne me trouble pas davantage. Le projet de l'ontologie, tel que présenté dans cet essai, n'est pas de produire une image vraie et unique du monde (rappelons que la question du réalisme est mise de côté), mais de construire une image qu'il est rationnel de croire et d'utiliser. On ne peut être tenu responsable de ce qui ne nous est pas connu. La seconde difficulté rencontrée par l'approche top-down est, quant à elle, plus substantielle.

Contrairement aux autres sciences expérimentales, les théories physiques sont très formalisées. Ceci ouvre la possibilité qu'une même théorie puisse être décrite de multiples façons selon le formalisme adopté. Par exemple, pensons à la mécanique classique qui peut être formulée localement à l'aide de champs de force ou globalement à l'aide du principe de moindre action. Étant donné que ces multiples descriptions impliquent par construction les mêmes conséquences empiriques, aucun critère expérimental ne permet de les différencier. La difficulté survient lorsque deux formulations d'une même théorie impliquent des ontologies apparemment différentes. Un scepticisme de bon aloi me suggère que seule la part empirique des théories physiques réfèrent, mais ce repli vers l'instrumentalisme me semble excessif. Une voie alternative serait d'identifier ce qui, dans chaque formulation, est commun avec les autres et de bâtir l'image à partir de cela. Dans les cas typiques, on constate que toutes les formulations d'une même théorie partagent un cœur structurel qui garantit les mêmes implications empiriques. On considérera donc que c'est cette structure qui réfère. Ceci nous laisse à penser que les théories physiques de haut niveau de généralité sont des représentations de structures et

non d'objets.² Les structures pourraient être réalisées dans le monde par de fort différentes collections d'entités. On pourrait défendre comme Eddington qu'elles correspondent aux structures de phénomènes telles que perçues par les êtres humains (Ryckman 2005, chapitre 7) ou encore que la fusion de la physique et des sciences cognitives permet d'appréhender, dans une certaine mesure, la réalité matérielle indépendante de nous (Giere 1988) ou que sais-je encore. Un fait semble certain, rien dans l'approche ne permet de trancher. L'approche top-down implique au mieux une contrainte sur ce que la physique peut apporter à l'ontologie: une ontologie positive de certaines structures et une ontologie négative de certains objets. En effet, si on ne peut pas défendre la présence, dans l'image, de tel ou tel type d'entités particulières, on peut par contre démontrer l'incompatibilité de certaines entités avec les structures théoriques établies. Comme exemple, prenons la représentation de l'espace-temps en relativité restreinte. La structure de cet espace à 4 dimensions, dit de Minkowski, est définie en partie par sa métrique et son groupe de symétrie (groupe de Poincaré). Cette seule structure ne permet pas de savoir de façon positive quelles entités réelles pourraient la réaliser. Est-ce que l'espace de Minkowski réfère aux points de l'espace-temps ou aux relations spatio-temporelles entre objets? On peut cependant dire que cet espace est incompatible avec la possibilité d'un temps absolu et uniforme de type Newtonien. Ceci constitue déjà un résultat et pas des moindres.

L'approche top-down identifie donc des classes de structures. Le type de structures dépendra du domaine d'application de la théorie étudiée. Par exemple, une théorie de l'espace-temps nous informera sur les relations possibles entre événements distincts, où on comprend un événement comme un "lieux" spatio-temporel. D'un autre côté, une théorie modélisant un type d'interaction, par exemple l'interaction électromagnétique, nous renseignera sur le genre d'événements possibles. Il y a donc deux sens à la structure des événements appréhendés par l'approche top-down: 1) la structure au sens où comment les événements sont organisés, et 2) la structure interne des événements singuliers.³

La seconde approche, que nous appelons bottom-up, s'attache non pas aux modèles de haut niveau mais aux objets particuliers.⁴ On part du particulier

²Cette conclusion cadre bien avec le réalisme structurel de John Worrall (Worrall 1996). On pourrait même y voir la prémisse d'un argument en faveur de sa position. La description que je ferai de la seconde approche montrera que les choses ne sont pas aussi simples.

³Pour aller plus loin, il faudrait développer une théorie des structures scientifiques. Cette question difficile va bien au-delà de cet essai. Je réfère le lecteur à (French and Ladyman 2003) pour un aperçu de la question.

⁴Je dois plusieurs aspects de cette approche à Anouk Barberousse (conversation privée). Par

pour monter vers le général. S'il est possible d'appréhender un particulier en physique, ce ne peut être qu'à l'aide de quelque chose d'extra-théorique, soit l'expérimentation. Certes nous savons qu'une expérience, qu'une observation, n'est jamais neutre par rapport à la théorie, mais notons que les modèles qui permettent de comprendre le fonctionnement des instruments et d'interpréter minimalement les données sont de bas niveau, c'est-à-dire qu'ils sont beaucoup plus descriptifs par rapport aux présumées entités réelles. Ce seul facteur n'est cependant pas suffisant pour se convaincre de la capacité qu'aurait l'expérimentation d'appréhender les particuliers. Pour ce faire, il faut noter que l'expérimentation est loin d'être un simple acte passif, elle implique la manipulation d'objets. On focalise des faisceaux, on modifie la polarisation de la lumière, on produit un courant, on prépare des états quantiques, etc. Je n'irai pas aussi loin que (Hacking 1983) qui, sur la base de cette possibilité de manipulation, défend la thèse du réalisme des entités. On peut par contre faire l'hypothèse qu'il y a là un mode d'objectivation différent de l'approche top-down. C'est par des manipulations que nous nous sommes convaincus de la pertinence explicative d'une entité comme l'électron. À l'aide de la théorie seule, nous n'aurions pas obtenu le même niveau de confiance. Comparez avec le cas des quarks, entités postulées par la chromodynamique quantique. Comme l'électrodynamique, cette théorie a connu de nombreuses confirmations empiriques. Cependant, nous n'avons pas la même confiance envers les quarks qu'envers les électrons. On ne peut pas manipuler en laboratoire des quarks individuels. Soit on les trouve dans des états liés, comme lorsque trois quarks s'associent pour former un proton, soit on mesure leur produit après désintégration.⁵ Sans ce caractère manipulatoire de l'expérimentation qui permet l'identification de particuliers, on retombe sur la première approche. La structure des événements impliquée par les quarks dans la théorie est certes corroborée, mais l'existence des quarks eux-mêmes ne l'est pas.

Quel genre d'image du monde obtient-on grâce à l'approche bottom-up? Comme je l'ai déjà mentionné, l'expérimentation appréhende fondamentalement des particuliers (dont certains sont des objets) et leurs interactions (événements). On obtient donc, comme image, un réseau d'entités interagissant à l'aide d'interactions fondamentales. On peut aller plus loin et argumenter qu'un concept de causalité, même informel, fait partie de l'image. Une mesure n'est pas que l'établissement d'une corrélation entre conditions initiales et finales. Pour isoler les variables

contre, les positions défendues ici n'engagent que moi.

⁵Ceci est dû à la très courte durée de vie moyenne des quarks. Par exemple, le quark top a une durée de vie moyenne, à l'état libre, de 10^{-24} seconde.

pertinentes au type d'interaction étudiée, on se doit d'isoler le système des interactions extérieures. Tout ce travail se fait à la lumière d'une interprétation causale du monde. Sachant cela, il n'est pas surprenant de constater que cette conception causale se transpose dans l'image du monde, où cette dernière est vue comme une collection d'objets possédant la capacité d'interagir causalement avec d'autres objets. Pour un bon exemple d'une philosophie de la physique mettant la causalité à l'avant-scène, voir (Cartwright 1989).

À ce point-ci, le lecteur est en droit de se demander si on ne tente pas de lui faire avaler une grenouille. Pourquoi la nécessité méthodologique de la causalité devrait-elle se transposer dans l'image du monde, dans l'ontologie? Je n'ai pas de réponse claire à cette question. Contrairement à des disciplines comme la biologie et la chimie qui sont causales à tous les niveaux théoriques,⁶ ce n'est pas le cas en physique. En fait, il est possible d'argumenter que la causalité n'apparaît pas dans les théories et ce, même en physique classique (Norton 2003). Ce simple exemple de la causalité illustre la difficulté qu'il y a à identifier la part objective de réalité que met en évidence l'expérience. Cette difficulté est d'autant plus grande que l'on tente d'extraire des principes généraux des expériences qui, toujours, portent sur des particuliers.

Les deux approches ayant été exposées, il serait tentant, à cette étape, d'en privilégier une. Ceci ne sera pas ma position. Les deux approches sont légitimes et doivent être mises à contribution pour former l'image du monde. Si leurs contributions ne sont pas compatibles, nous faisons face à un problème qui doit être résolu. Dans les prochaines sections, je discuterai d'un tel cas d'incohérence, celui de la particule en physique quantique et tout particulièrement en physique quantique relativiste. Nous verrons que l'approche top-down exclut de son ontologie les entités localisées que sont les particules. Quant à l'approche bottom-up, elle nous pousse apparemment à accepter que le monde est peuplé de particules élémentaires de divers types.

Il est intéressant de remarquer qu'une telle tension dans le contexte des arts n'est pas nécessairement un problème. Deux appareils peuvent entrer en conflit sans que leurs produits respectifs soient considérés comme inconsistants. Comme seconde remarque, on notera que dans le contexte de la physique, des applications particulières de ces approches peuvent aussi faire époque. Par exemple, le nouveau cadre théorique qu'a amené la relativité restreinte d'Einstein a eu une influence radicale sur l'image scientifique, influence qui est éclairée par

⁶Voir à ce sujet l'interprétation mécanistique des sciences autres que la physique de (Machamer, Darden, and Craver 2000).

l'approche top-down. On peut en effet affirmer que, grâce à sa nouvelle conception de l'espace-temps, son avènement a modifié de façon durable la structure des événements possibles. De même, certaines nouvelles techniques expérimentales ont joué un rôle similaire. Par exemple, le premier cyclotron, inventé par Lawrence, en permettant de sonder la matière comme jamais auparavant a ouvert un nouveau domaine d'événements, celui de la physique des hautes énergies.

2.1 La particule: approche top-down

One of the points about quantum field theory is that, in its domain, the necessary conceptual structure has in fact not yet been found; I am tempted to say that the quantum theory of fields is the contemporary locus of metaphysical research. (Stein 1970, 284)

Le meilleur cadre théorique que nous possédons pour modéliser le monde microscopique est la mécanique quantique relativiste, plus souvent appelée théorie quantique des champs.⁷ C'est dans ce cadre que s'insèrent les modèles particuliers qui représentent les entités fondamentales et leurs interactions. Parmi ces modèles, le plus achevé est le modèle dit standard, qui représente à la fois l'électrodynamique, l'interaction forte et l'interaction faible. C'est un cliché de dire que la physique quantique est remarquablement difficile à interpréter et ce, même pour les spécialistes. Nous sommes, encore maintenant, 35 ans après Stein, toujours perplexes quant aux leçons métaphysiques que l'on doit tirer de la mécanique quantique non relativiste et d'autant plus de la théorie quantique des champs.⁸ Si on ne peut, pour le moment, rien dire de définitif, on peut tout de même dire quelque chose. En préliminaire, discutons brièvement du cas plus simple de la mécanique quantique non relativiste.

Une discussion sur la structure formelle de la mécanique quantique irait bien au-delà de cet essai. Nous nous contenterons de dire qu'essentiellement, les théories quantiques décrivent un système à un temps donné en lui associant un état dans un espace d'Hilbert. On représente l'évolution temporelle du système par l'application d'un opérateur, qui est dérivé de l'Hamiltonien du dit système. De même, les quantités mesurables sont aussi associées à des opérateurs, qui lorsque appliqués sur un état, nous donnent la distribution de probabilités de mesurer telle

⁷Dans cet essai, je vais mettre de côté des théories plus récentes, comme celle des supercordes, qui n'ont pas encore une assise empirique solide.

⁸Pour une introduction aux difficultés philosophiques spécifiques à la théorie quantique des champs, voir (Redhead 1982).

ou telle valeur.⁹ Comme le lecteur peut le constater, l'indéterminisme est intégré au coeur du formalisme. La prééminence, dans le formalisme de la mécanique quantique, de la question de la mesure ainsi que les nombreuses difficultés conceptuelles rencontrées lorsque que l'on veut interpréter les états de l'espace d'Hilbert comme des états physiques, ont amené plusieurs physiciens et philosophes à interpréter la physique quantique de façon épistémologique. La physique quantique ne décrirait pas le monde, mais s'attacherait plutôt à décrire ce que l'on peut connaître du monde. Cette théorie serait une théorie de la connaissance, comme semblent l'être certaines parties de la mécanique statistique, plutôt qu'une théorie physique à proprement parler. Cette position est, bien sûr, défendable et mérite d'être développée davantage. Cependant, on se doit de dire qu'il n'y a pas d'argument vraiment probant ni dans un sens ni dans l'autre sur ce point. Nous ne savons toujours pas clairement quel est l'objet métaphysique ou épistémologique de la mécanique quantique, si ce n'est que son domaine d'application est principalement microscopique.

Remarquons qu'en général, les théories quantiques dépendent d'une théorie classique.¹⁰ En effet, pour obtenir une théorie quantique, on débute par une théorie classique du système dont on désire une version quantique et on applique par la suite un processus de quantification (*quantization*).¹¹ Par exemple, si l'on désire obtenir une théorie quantique d'électrons interagissant entre eux par le biais d'un champ électromagnétique, on débutera à partir d'une théorie classique de ce système, puis on y appliquera une méthode de quantification, qui nous donnera l'espace d'Hilbert approprié et ses opérateurs. Parfois, on découvre des aspects quantiques qui n'ont pas d'équivalents classiques et qui demandent de modifier la théorie classique; ce fut le cas du spin notamment. Remarquez que, même si l'on interprète la théorie quantique de façon épistémologique, le fait de poser d'abord une théorie classique possédant une certaine ontologie laisse croire que l'ontologie de la théorie quantique est la même. Donc, si l'on a débuté avec une théorie classique de particules, on obtient après quantification une théorie quantique de particules ou une théorie de particules quantiques. On se doit cependant de rester prudent. L'ontologie d'une théorie quantique ne peut être complètement identique à son antécédent classique. Par exemple, il ne semble pas possible

⁹Pour plus de détails sur la structure de la mécanique quantique non relativiste nous renvoyons le lecteur à (Bub 1997).

¹⁰On emploie ici le terme "classique" au sens de non quantique.

¹¹Ces processus sont nombreux et sont toujours un sujet de recherche actif. Par exemple, la méthode de Dirac transforme les variables en opérateurs selon certaines règles. Autre exemple, la méthode de Feynman où la quantification passe par la somme pondérée des histoires du système.

d'attribuer aux particules quantiques à la fois une vitesse et une position contrairement aux particules classiques. De façon plus subtile, on peut argumenter, comme (Redhead and Teller 1991), que les particules quantiques ne peuvent avoir une identité transcendantale, c'est-à-dire que la théorie est incompatible avec un critère d'identité qui irait au-delà des propriétés intrinsèques. Malgré ces constatations, en mécanique quantique non relativiste, on semble, en gros, conserver l'ontologie des théories classiques.

Maintenant, passons à la théorie quantique des champs. Dans les modèles de cette théorie, on quantifie des théories de champs classiques, c'est-à-dire des théories où les objets sont des champs, des attributions de propriétés en chaque point de la variété représentant l'espace-temps, propriétés qui varient de façon continue et différentiable. Une théorie de champs n'étant pas une théorie de particules, on pourrait être tenté d'arrêter ici la discussion. Il faut s'en garder. Comme le fait remarquer (Redhead 1988), une théorie de champs peut très bien avoir toutes les apparences d'une théorie de particules. À l'aide d'un champ, on peut imiter la localisation des particules si les sous-domaines où le champ prend une valeur différente de la moyenne sont suffisamment restreints et que ces derniers évoluent en maintenant leur forme, comme des solitons. Bien sûr, certaines propriétés métaphysiques ne tiendront pas dans la représentation à l'aide de champs, comme par exemple la non-interpénétrabilité. Mais en pratique, la vérification de telles propriétés peut être impossible. Donc, on ne peut exclure à cette étape-ci que l'ontologie d'une théorie des champs soit en fait des particules. Les choses sont d'autant moins claires que le processus de quantification entraîne une réinterprétation des champs comme représentants, non pas des attributions locales de propriétés, mais des attributions locales d'opérateurs. Ce que ces champs d'opérateurs représentent exactement est toujours une question ouverte.

Comme on vient de le voir brièvement, l'apport positif à l'ontologie que l'on peut tirer de l'approche top-down est pour le moins limité. Qu'en est-il d'une possible contribution négative? Peut-on exclure le concept de particule comme entité compatible avec la mécanique quantique relativiste? Il existe plusieurs arguments qui vont en ce sens. Les principaux sont analysés dans le remarquable article (Halvorson and Clifton 2002). Ces arguments de Malament, Hegerfeldt, Busch et Halvorson-Clifton prennent en général la forme de théorèmes. Les prémisses de ces arguments sont des assertions qui entraîneraient un coût épistémologique très important si on devait y renoncer. Par exemple, chez Malament et Hegerfeldt on a la prémisse suivante: l'énergie de tout système a une borne inférieure. Renoncer à cette prémisse impliquerait que l'on pourrait extraire une quantité d'énergie infinie d'un système. D'autres prémisses sont clairement inspirées de la relativité

restreinte et sont associées à des symétries de l'espace-temps auxquelles on se verrait mal renoncer. De ces prémisses et de la théorie de la mécanique quantique relativiste, on déduit une conséquence qui est incompatible avec une ontologie de particules. Par exemple, la conclusion du théorème de Malament est que la proposition "Il n'y a aucune particule dans Δ " est vraie pour tout Δ , où Δ est un sous-ensemble d'un hyperplan de l'espace-temps, c'est-à-dire un lieu à un instant donné dans un certain référentiel inertiel.

La morale de tous ces théorèmes est que soutenir à la fois la validité de la mécanique quantique relativiste et une ontologie de particules nous sommes forcés de renoncer à des principes beaucoup plus fondamentaux, par exemple, à la structure relativiste de l'espace-temps. Si, malgré tout, on conserve une ontologie de particules, cette dernière n'aura pas grand chose à voir avec ce que l'on considère habituellement comme une telle ontologie. Que serait une théorie de particules, si, par exemple, l'invariance sous translation dans l'espace-temps n'était plus une symétrie (prémisse du théorème de Malament)? Ou encore le principe de localisabilité? Ou de la borne inférieure à l'énergie? Dans les circonstances, une telle théorie ne mériterait peut-être pas d'être qualifiée de théorie de particules. Il paraît plus raisonnable de renoncer à l'ontologie de particules.

2.2 La particule: approche bottom-up

Maintenant que nous avons vu comment l'analyse ontologique de la théorie exclut les particules, nous sommes en droit de nous demander comment une ontologie de particules peut se justifier? Après tout, la théorie quantique des champs a eu pour principale application la modélisation des phénomènes que l'on a appelés jusqu'à récemment la physique des particules. Si les particules ne peuvent venir de la théorie, peut-être peuvent-elles provenir de l'expérimentation. Comment cela pourrait-il se faire? L'expérimentation n'est-elle pas toujours guidée par la théorie et dépendante d'elle pour l'interprétation de ses données? Oui et non. Certes, le travail expérimental fait appel à toutes sortes de modèles théoriques, mais il a tout de même une certaine autonomie par rapport aux théories générales. Cette indépendance, cette vie propre, de l'expérimentation en microphysique a très bien été mise en évidence par les travaux de l'historien Peter Galison, dont l'ouvrage principal est *Image and Logic* (Galison 1997). Dans ce livre, Peter Galison identifie deux traditions expérimentales en microphysique au cours du 20^e siècle: l'homomorphique, dont l'objectif est de produire des représentations (souvent des images) qui misent sur la préservation mimétique de la forme des choses, telles qu'elles apparaissent dans le monde. La seconde tradition est l'homologique

qui s'appuie sur l'enregistrement d'événements ponctuels et sur l'usage des statistiques pour préserver les relations logiques entre ces événements. Galison soutient avec justesse que, dans la physique expérimentale actuelle, ces deux tendances ont fusionné, en grande partie à cause de l'usage systématique de l'ordinateur et du développement de nouveaux instruments. À son sommet, l'approche ho-

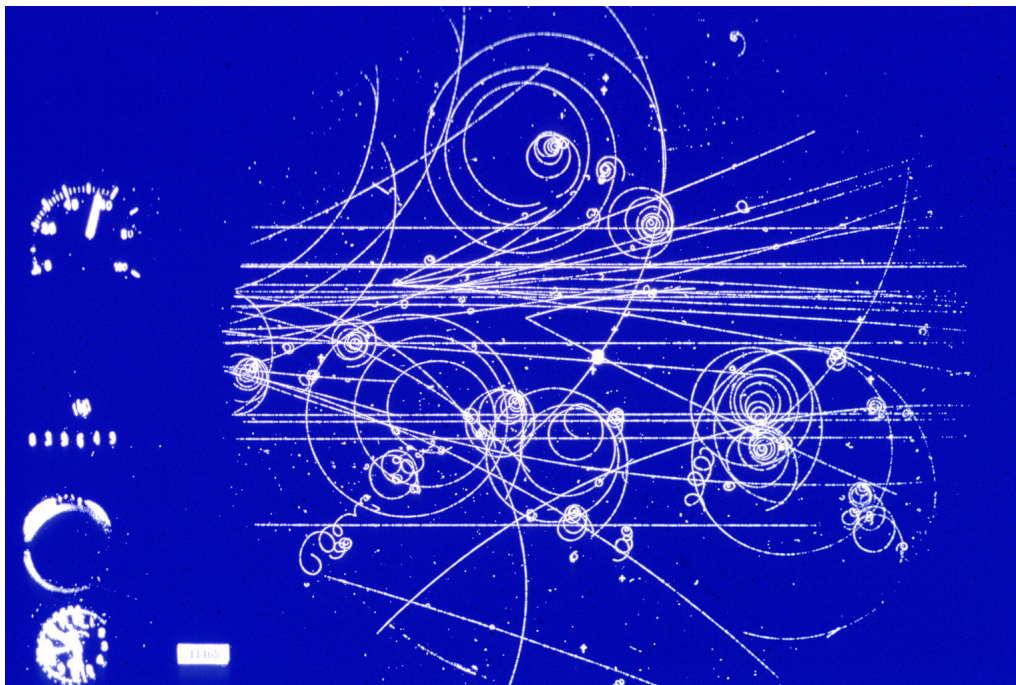


Figure 1: Production de jets de particules par des pions négatifs de 16GeV (mesons p^-) dans la première chambre à bulles à hydrogène liquide du CERN, utilisée pour des expériences; elle ne mesurait que 30cm de diamètre. Copyright CERN.

momorphe a produit des images comme celle de la Figure 1, à laquelle j'ai ajouté sa légende d'origine. Cette image est une photographie d'une cascade d'événements dans une chambre à bulles. Une chambre à bulles contient un liquide maintenu juste à la limite du passage à la phase gazeuse. Tout dépôt d'énergie engendre une bulle. Les traces que l'on voit sur la Figure 1 sont donc constituées d'une multitude de petites bulles photographiées à un instant donné. L'organisation spatiale des bulles suggère fortement qu'elles sont des trajectoires, c'est-à-dire qu'une suite contiguë de bulles serait le résultat du passage d'une en-

tité localisée (particule). De plus, sachant que la chambre est plongée dans un champ magnétique, la courbure des trajectoires nous donne des indications sur le rapport charge électrique/masse de ces particules. Si l'on compile ces photographies et qu'on les analyse, on constate qu'il y a un nombre fini de types de particules et que les interactions, représentées par les vertex dans la Figure 1, sont régies par des règles de probabilités. Un monde de particules en interaction est le produit-image de l'approche homomorphique.

Un résultat typique de l'approche homologique est la Figure 2. Ce graphe est

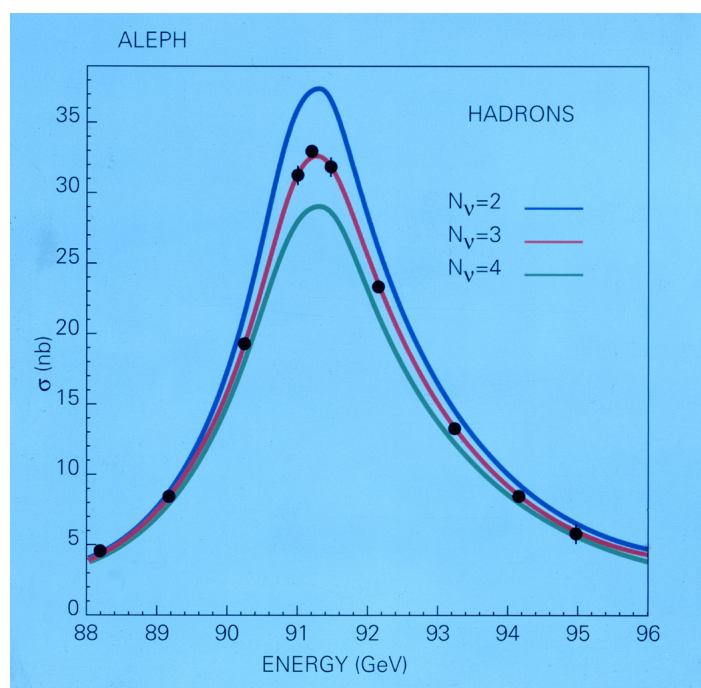


Figure 2: Mesure de précision de la forme de la résonance Z^0 prouvant que la matière est constituée de trois familles quark-lepton. Copyright CERN.

le résultat de mesures de collisions entre électrons e^- et positrons e^+ . L'énergie est en abscisse et la section efficace totale pour la résonance Z^0 en ordonnée.¹² La section efficace σ , mesurée en nanobarn ($1b = 10^{-24}cm^2$), est proportionnelle au flux sortant de bosons Z^0 produit par le flux e^-e^+ . Les trois lignes pleines sur le

¹²Pour une introduction au concept de section efficace, voir (Landau and Lifchitz 1982, chapitre 4).

graphe sont des prédictions théoriques où l'on a fait varier le nombre de familles de quarks-leptons ou hadrons. On peut bien sûr interpréter ce résultat en termes de particule mais ce n'est pas nécessaire. Le résultat montre la dépendance du flux de Z^0 , que ce soit des particules ou des champs ou autres, en fonction de l'énergie du flux entrant. De ce résultat, on déduit qu'il n'y a que trois familles de quarks et de leptons. Les familles réfèrent à des classes d'entités distinguables. Par contre, la nature exactes de ces entités n'est pas donnée par la tradition homologique. En ne visant pas à montrer directement les formes des choses, cette approche rompt avec une vision naïve de la physique expérimentale. Si on se contentait de dire

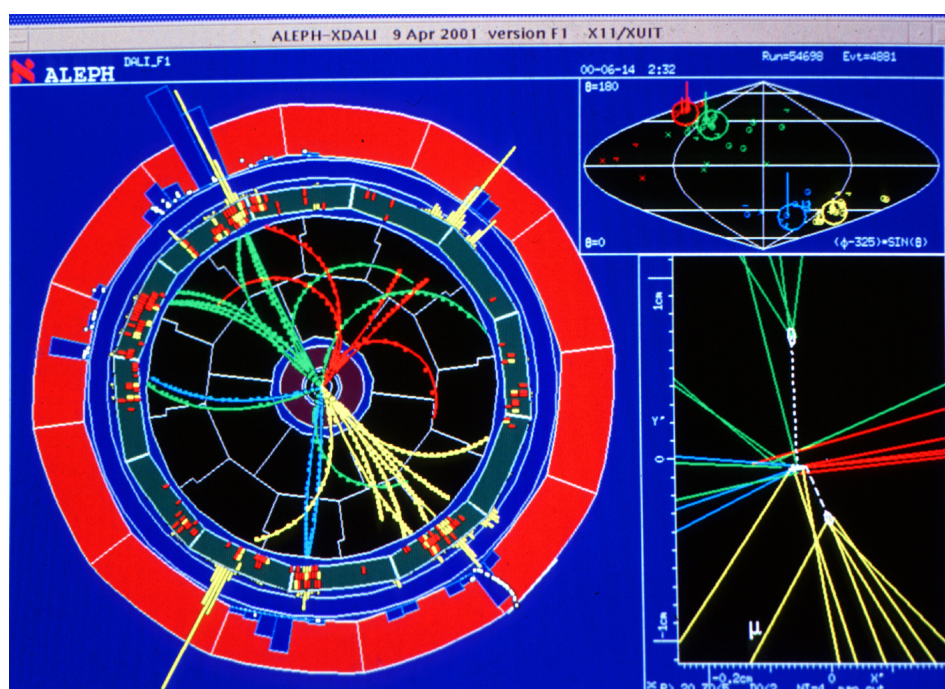


Figure 3: Expérience ALEPH: candidat de la production d'un boson de Higgs associé à un boson Z^0 . Copyright CERN.

que l'expérimentation ne fait que mettre en évidence des rapports entre quantités, il n'y aurait pas de conflit avec l'approche top-down.

Le positivisme expérimental qui se dégage de la tradition homologique est trompeur. En effet, depuis les années 80, les deux traditions homomorphique et homologique ont fusionné. La Figure 3 est un bon exemple d'un résultat expérimental que l'on doit à cette fusion. Cette figure représente un événement,

mesuré par le détecteur ALEPH, qui serait la mise en évidence d'un boson de Higgs. En d'autres mots, l'existence d'un boson de Higgs serait la meilleure explication de la structure de cet événement reconstruit sur ordinateur. Cette figure renferme des éléments homologiques, comme les rectangles à la périphérie qui représentent des dépôts d'énergie, et des éléments homomorphiques, comme les trajectoires colorées. Ces dernières sont des reconstructions par ordinateur. Les données, dans une expérience comme ALEPH, sont, dès leur production, sous forme numérique. Il n'y a pas, à proprement parler, de préservation de la forme comme dans le cas d'une photographie. Les algorithmes de reconstruction imposent une forme. On reconstruit les données en provenance de la chambre à fils comme des trajectoires car cette méthode semble efficace pour isoler des particuliers et les identifier. Contrairement à l'approche homomorphique où les particules semblaient être induites de l'expérience, ici, l'ontologie de particules est projetée sur l'expérience dans le but d'organiser logiquement le flux de données. La réussite de cette projection s'expliquerait par l'existence réelle de particules, mais ceci n'est pas la seule explication possible.

2.3 De la non convergence des approches ontologiques

Face à cette apparente incohérence ontologique entre l'approche top-down et bottom-up en ce qui concerne les particules, deux attitudes, pas nécessairement exclusives, nous semblent intéressantes: soit on désubstantialise la physique et on change radicalement son cadre ontologique, soit on brise le rapport isomorphique que sont supposées avoir les images avec le réel. Voyons ces options un peu plus en détails.

Le conflit pourrait avoir pour source la démarche ontologique elle-même. Si les théories physiques ne réfèrent pas à des objets le problème de la particule est une illusion. Si les images réfèrent à des processus, à des actions ou à des connaissances, le conflit pourrait n'être qu'apparent. Dans cette perspective, le conflit ontologique serait l'indice qu'une désubstantialisation de la physique est nécessaire. L'expérimentateur n'identifierait pas des particules mais les construirait de toutes pièces. Les structures théoriques mises en évidence par l'approche top-down devraient, elle aussi, être interprétées d'une tout autre manière. Elles ne pourraient être les descriptions de structures d'événements. Il y a des conséquences non négligeables à une telle position. Si, comme Einstein, on croit que les techniques conceptuelles ou matérielles de la science ne sont que des extensions de ce que l'on fait dans la vie courante, notre conclusion doit clairement remonter toute la chaîne des méthodes pour connaître. Cette interprétation cognitiviste de la sci-

ence n'est pas marginale. Les scientifiques sont des humains, engagés dans une entreprise humaine qu'est la science. Si l'on peut facilement être d'accord avec le fait que la mécanique quantique de réfère pas, il est beaucoup moins facile de défendre la même chose en ce qui concerne notre connaissance des objets de moyenne grandeur comme les tables, les chaises, etc. Si certains philosophes ont flirté avec des thèses constructivistes radicales, peu d'entre nous pourrions nous en satisfaire.

Une autre réponse au conflit est de renoncer au rapport privilégié que les images (photographies, etc.) auraient avec le réel. L'homomorphisme présumé des images serait tout simplement faux. Dans ce cas, si l'on croit quand même que l'expérimentateur peut identifier des particuliers, on reste sceptique quand il propose que ces particuliers sont des particules, car cette induction dépend de la validité de l'homomorphisme. De l'apparente trajectoire qui se dessine sur la photographie, il en induit l'existence d'une trajectoire réelle, causée par le passage d'une entité localisée "particule". Si l'on renonce à l'homomorphisme, la chaîne des déductions se fait dans l'autre sens. À partir de l'expérience et du concept de particule, nous construisons des événements-particules qui, eux, nous permettent de dire quelque chose sur le réel et nous aide à construire l'image scientifique du monde. Le renoncement de notre conception naïve de l'image serait l'une des conséquences de l'adoption de la physique quantique. Si l'on ne sait ce que dit exactement du monde la physique quantique, elle nous aura au moins convaincu de cela.

Nous avons montré deux éléments qui, conjointement, amènent une limitation importante des possibilités du discours ontologique en physique: 1) les théories les plus générales et donc les plus puissantes ne spécifient pas leurs objets. 2) L'exemple de la particule nous suggère que l'expérimentation ne peut aspirer à produire des représentations homomorphiques de la réalité. De ces deux points, on tire l'image suivante. La théorie identifie des structures. L'expérimentation identifie des classes de particuliers. Le succès d'une théorie est obtenu lorsque les relations entre particuliers et certaines de leurs propriétés intrinsèques s'insèrent dans les structures théoriques. L'objet du monde dans sa globalité échappe à la physique. Un certain relativisme ontologique est inévitable. Avec l'exemple de la particule, j'ai voulu montrer la complexité de l'articulation des approches ontologiques. Dans cet exemple, le conflit entre approches est philosophiquement riche de conséquences. De même, dans le cas des appareils l'articulation entre art et politique est tout aussi riche. C'est au cœur des tensions qu'approche ontologique et appareil prennent leur envergure. Ayant illustré le concept d'approche ontologique, il est maintenant temps de le comparer à celui d'appareil.

3 Appareil et Physique

J'ai montré que les approches top-down et bottom-up sont des entreprises de représentation, de construction du réel, dans la mesure où elles ont pour objectif de produire une image du monde, une proposition ontologique. Ces approches usent de la technique, mais on ne saurait minimiser la part essentielle de création qu'elles nécessitent. Une créativité qui s'exerce, certes, sous de fortes contraintes, mais qui est essentielle. L'image du monde n'est pas le monde. Elle est une proposition de ce que pourrait être le monde.

Dans un autre contexte, Jean-Louis Déotte a développé le concept d'appareil, un concept qui marie à la fois création et technique. Dans quelle mesure les approches ontologiques sont des appareils? Je crois qu'il y a des différences importantes entre ces deux concepts mais qu'ils sont moins éloignés qu'on pourrait d'abord le penser.

L'appareil, c'est donc la médiation entre le corps (la sensibilité affectée) et la loi (la forme vide universelle) que Schiller intitulait *Forme souveraine*. La loi, qu'il ne faut pas entendre ici dans un sens limité, juridique, est ce par quoi, grâce à l'appareil, le corps parlant s'ouvre à ce qui n'est pas lui: l'événement. Italiques dans l'original. (Déotte 2004, 28)

Si l'approche bottom-up est aussi une médiation entre le sujet et les événements, qui sont en physique les occurrences de particuliers qui se détectent par leurs interactions, cette approche n'a pas, apparemment, le caractère de gratuité de la loi au sens de Schiller. Quant à l'approche top-down, elle est certes une médiation entre nous et les formes (lois) où les événements s'inscrivent, mais elle n'a cependant pas, apparemment, le caractère esthétique de la Forme souveraine. De plus, l'approche bottom-up, dans la mesure où elle peut être assimilée à une généralisation du concept de prothèse, est explicitement rejetée par Déotte.¹³

Sauf qu'un appareil est plus qu'une prothèse en ce qu'il ne prolonge pas nécessairement une capacité humaine, de fait limitée. C'est pourquoi ni le microscope, ni le télescope, ni l'imagerie médicale ne sont des appareils. (Déotte 2004, 178)

À première vue, les citations ci-dessus excluent que des instances particulières des approches ontologiques soient des appareils. Dans la mesure où la technique, qui

¹³En effet, l'approche bottom-up rejoint le concept étendu d'observation avec instrument discuté dans (Shapere 1982).

repose sur un objectif de maîtrise, est incompatible avec le concept d'appareil, la conclusion s'étendrait à la science technicienne. Il est cependant simpliste d'assimiler la science à la technique. Si le cœur de la technique est le désir de puissance, cet objectif n'est pas le seul, ni même le plus important en science. Le désir de compréhension, de représentation, n'est pas à négliger. Les approches ontologiques décrites plus haut participent à ce but. L'imagerie par résonance magnétique nucléaire, qui est une technique dans les mains de l'oncologue à la recherche d'une tumeur, acquiert un autre statut chez le neurologue qui tente de comprendre les bases matérielles de la pensée. Même outil, différents usages et différentes perspectives de l'appareil.

Si l'on veut exclure l'entreprise de représentation de la science du concept d'appareil, il faudra faire plus que d'insister sur le caractère inutile, ludique ou créatif de l'appareil. Pour qui s'y est déjà adonné, il est difficile de ne pas considérer comme ludique le développement et la manipulation de formalisme. L'entreprise de représentation scientifique est en partie gratuite. Nous en prenons à témoin la multitude de théories sans application. Quant au caractère créatif de la physique, il ne peut être négligé. Après tout, la physique est une entreprise de "creative understanding". On pourrait argumenter que les caractères d'inutilité, de ludicité ou de créativité sont secondaires et que le point clef est que des appareils comme la perspective ou le cinéma ne répondent pas à un besoin, ce qui serait une prémisse nécessaire à l'art. Ils apparaissent presque par hasard et font époque. La physique et ses approches ontologiques n'auraient pas cette caractéristique.

Mais qu'entend-t-on exactement par répondre à un besoin? Dans quelle mesure le développement d'une théorie répond à un besoin? Sans présumer d'un déterminisme historique, il faut bien avouer que certaines théories ont été élaborées en réponse à d'autres. Mais quel a été le moteur interne de ces réponses? Pour ma part, je crois que ce sont des valeurs épistémiques. La violation perçue d'une ou de plusieurs de ces valeurs engendre une réponse de la communauté scientifique. Ces valeurs sont difficiles à cerner, mais l'historien Thomas Kuhn en a proposé cinq: la précision, la cohérence, l'envergure (la portée), la simplicité et la fécondité (Kuhn 1990, 427). Dans les exemples d'appareils que propose Déotte, on serait bien incapable d'identifier les valeurs qui sous-tendent l'invention de tel ou tel appareil. Par contre, on pourrait sûrement évaluer les facteurs ou valeurs qui ont fait que tel ou tel appareil a fait époque. De même, s'il est particulièrement difficile d'identifier les motivations créatives d'un scientifique proposant une théorie, une proposition scientifique compatible avec les valeurs épistémiques a d'autant plus de chances d'être acceptée par la communauté. Bien sûr, le fonctionnement normatif de la communauté des physiciens est très différent de celui des cinéastes ou des pein-

tres et c'est là une véritable distinction.

D'une tout autre façon, Déotte défend que "chaque appareil invente une temporalité non répétitive" (Déotte). Il est évident qu'une approche ontologique n'invente pas une temporalité. À la rigueur, une théorie de l'espace-temps peut le faire, mais ce n'est clairement pas ce type de temporalité qui intéresse Déotte. Dans la mesure où l'objectif premier de la physique est la compréhension des événements à travers leur modération, la physique se veut atemporelle. Bien sûr elle n'est pas intemporelle puisque son développement n'est pas une accumulation de connaissances fixée pour toujours. Elle aspire cependant à décrire le changement, l'événement, d'une certaine façon hors du temps, le temps lui-même étant un objet de recherche. L'appareil Déottien n'a pas en général cette caractéristique. Il s'inscrit dans une certaine temporalité qui lui est propre. Si à la limite la physique a pour ambition de dépasser toute limitation humaine, la pratique artistique appareillée nous ramène à ce que nous sommes. Pas que cela présume qu'il existe une telle chose qu'une nature humaine.

4 Conclusion

Le concept d'appareil chez Déotte a des parentés en physique, même s'il n'y a probablement pas d'équivalent parfait. La démarche artistique et la démarche scientifique demeurent distinctes et leur analyse nécessite des concepts qui collent à leurs pratiques. La recherche de concepts qui s'appliqueraient dans les deux domaines n'est pas utile. Cependant, les comparaisons peuvent être fructueuses. Science et art sont certes différents, ils ne s'opposent pas.

Cet essai se voulait un pas dans le sens de la réconciliation. Même si mon but n'est pas atteint, un pas a été fait.

Références

- Bub, Jeffrey. 1997. *Interpreting the Quantum World*. Cambridge University Press.
- Bunge, Mario. 1975. *Philosophie de la Physique*. Seuil.
- Cartwright, Nancy. 1989. *Nature's Capacities and their Measurement*. Oxford University Press.

- Déotte, Jean-Louis. "L'époque des appareils." *www.paris-art.com/etud_detail* – 246.html.
- . 2004. *L'époque des appareils*. Lignes & Manifestes.
- French, Steven, and James Ladyman. 2003. "Remodelling Structural Realism: quantum physics and the metaphysics of structure." *Synthese* 136:31–56.
- Galison, Peter. 1997. *Image and Logic: a material culture of microphysics*. The University of Chicago Press.
- Giere, Ronald N. 1988. *Explaining Science: a cognitive approach*. The University of Chicago Press.
- Hacking, Ian. 1983. *Representing and Intervening*. Cambridge University Press.
- Halvorson, Hans, and Rob Clifton. 2002. "No Place for Particles in Relativistic Quantum Theories." *Philosophy of Science* 69 (March): 1–28.
- Kuhn, Thomas S. 1990. *La Tension Essentielle: tradition et changement dans les sciences*. Gallimard.
- Landau, L., and E. Lifchitz. 1982. *Physique Théorique: mécanique*. 4e édition. Volume 1. Éditions Mir.
- Machamer, Peter, Lindley Darden, and Carl Craver. 2000. "Thinking about mechanisms." *Philosophy of Science* 67 (March): 1–25.
- Norton, John D. 2003. "Causation as Folk Science." *Philosophers' Imprint* 3, no. 4 (November).
- Redhead, Michael. 1988. "A philosopher looks at quantum field theory." In *Philosophical Foundations of Quantum Field Theory*, edited by Harvey R. Brown and Rom Harré, 9–23. Oxford University Press.
- Redhead, Michael, and Paul Teller. 1991. "Particles, Particles Labels, and Quanta: the toll of unacknowledged metaphysics." *Foundations of Physics* 21 (1): 43–62.
- Redhead, Michael L.G. 1982. "Quantum Field Theory for Philosophers." *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 2:57–99.
- Ryckman, Thomas. 2005. *The Reign of Relativity: philosophy in physics 1915-1925*. Oxford University Press.
- Sellars, Wilfrid. 1988. "Philosophy and the Scientific Image of Man." In *Science, Perception and Reality*, 1–40. Ridgeview Publishing.

- Shapere, Dudley. 1982. "The concept of observation in science and philosophy." *Philosophy of Science* 49:485–525.
- Stein, Howard. 1970. "On the Notion of Field in Newton, Maxwell, and Beyond." In *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, edited by Roger H. Stuewer, Volume 5, 264–310. University of Minnesota Press.
- Torretti, Roberto. 1990. *Creative Understanding: philosophical reflections on physics*. The university of Chicago Press.
- van Fraassen, Bas C. 1980. *The Scientific Image*. Oxford University Press.
- Worrall, John. 1996. "Structural Realism: the best of both world?" In *The Philosophy of Science*, edited by David Papineau, 139–165. Oxford University Press.