Cahiers de philosophie de l'université de Caen

45 | 2008

Réalisme et théories physiques

Présentation

Ivahn Smadja

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/cpuc/1262>

DOI : 10.4000/cpuc.1262

ISSN : 2677-6529

Éditeur

Presses universitaires de Caen

Édition imprimée

Date de publication : 15 décembre 2008

Pagination : 7-15

ISBN : 978-2-84133-332-5

ISSN : 1282-6545

Référence électronique

Ivahn Smadja, « Présentation », *Cahiers de philosophie de l'université de Caen* [En ligne], 45 | 2008, mis en ligne le 04 septembre 2020, consulté le 01 février 2023. URL : <http://journals.openedition.org/cpuc/1262> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cpuc.1262>

Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International - CC BY-NC 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

PRÉSENTATION

Le réalisme est-il mort ? Il y a plus de vingt ans, le philosophe des sciences Arthur Fine partait du constat abrupt de ce qui lui apparaissait comme une déroute du réalisme scientifique et engageait à dépasser les affrontements doctrinaux opposant réalistes et anti-réalistes. Il prônait à l'égard de la science une voie médiane débarrassée des présupposés généraux et des interprétations globales : une « attitude ontologique naturelle », plus ouverte et plus souple, consistant à accepter humblement les résultats de la science comme « vrais » au même titre que les vérités plus ordinaires. Antiréalistes et réalistes ne se distinguaient plus alors, selon lui, que par ce qu'ils ajoutent à cette position centrale minimaliste, qu'il s'agisse pour les uns de promouvoir une conception de la vérité de type conventionnaliste, instrumentaliste ou pragmatiste, ou bien pour les autres de donner corps à l'idée d'une correspondance avec le monde, confortée et affinée graduellement par les progrès de la science. Adopter en revanche cette « attitude ontologique naturelle » reviendrait à refuser de se tenir « hors de l'arène » dans le but illusoire d'apprécier la teneur ontologique des théories physiques à l'aune de conceptions philosophiques préalables, et conduirait à mettre davantage l'accent sur les circonstances historiques particulières qui fondent chaque jugement d'attribution de vérité particulier et sur les relations logiques que les affirmations de ce type engendrent.

Dans ce contexte, les lignes se sont déplacées et la question même du réalisme s'est transformée. À un réalisme doctrinal, unitaire et hégémonique se substituent désormais des formes de questionnement ouvert visant à cerner les différents aspects d'un réalisme problématique et fragmenté, porté par les théories physiques elles-mêmes.

Faisant suite à un colloque international organisé à l'Université de Caen en 2005, qui réunissait historiens, philosophes des sciences

et physiciens théoriciens réfléchissant sur l'état de leur art, les textes rassemblés dans ce volume cherchent aussi bien à éclairer ces variétés renouvelées de réalisme qu'à interroger dans une perspective neuve certaines des thèses centrales autour desquelles s'est structuré le débat théorique entre réalisme et antiréalisme.

Les contributions se répartissent en trois groupes :

- (1) d'abord des propositions philosophiques qui esquissent des pistes possibles pour repenser ou aménager les formes contemporaines du réalisme scientifique ;
- (2) ensuite des analyses historiques et philosophiques qui approfondissent l'examen de positions fondamentales ayant jalonné l'histoire de la philosophie de la physique ;
- (3) enfin des textes de réflexion de physiciens théoriciens qui expliquent comment, à la lumière des développements contemporains, la question du réalisme se présente aujourd'hui en physique et dégagent les principales lignes d'évolution qu'il est possible d'y discerner.

Les deux premières contributions montrent, de deux manières différentes, comment articuler pragmatisme et réalisme dans une perspective qui serait ajustée aux besoins de la science contemporaine. Rom Harré invite ainsi à réévaluer le rôle et l'importance en physique de la machinerie comprise comme moyen d'exploration du monde réel : microscopes, télescopes, spectroscopes, etc. et plus largement tout l'arsenal de l'ingénierie technoscientifique. Partant d'une analyse de la notion de modèle, il explique comment le processus de modélisation en physique permet de combler les lacunes de notre connaissance en créant un modèle d'un processus inconnu sur la base d'une source qui doit l'être. En empruntant alors le concept d'*Umwelt* à von Uexküll et en définissant en première approche comme « réel » tout ce qui est accessible dans l'*Umwelt* humain, Rom Harré montre comment les modèles peuvent servir de guides pour élargir l'*Umwelt* et explorer de nouveaux aspects du monde ; et en ce sens la variété de réalisme scientifique la plus défendable serait de type pragmatique. En suivant cette voie, Rom Harré propose alors une interprétation originale, en termes dispositionnels, de la superposition d'états quantiques supposés contradictoires, ce qui permettrait selon lui de dissiper l'apparence de paradoxe qui s'y attache traditionnellement.

À partir d'idées de Searle, Michel Bitbol développe quant à lui une théorie de la construction sociale de la réalité mais c'est pour

mettre en question la frontière entre réalité construite et réalité donnée et non pour l'entériner. Searle arguait du fait que toute construction sociale d'une réalité doit présupposer des réalités antérieures non sociales, donc naturelles, pour affirmer l'existence de faits bruts naturels. Michel Bitbol critique la version abrupte et indéterminée de l'argument transcendantal que livre Searle et en propose une version remaniée en l'interprétant dans une perspective pragmatiste. Si une réalité socialement construite, ou en d'autres termes une institution, n'est pas une convention abstraite mais s'enracine dynamiquement dans un corpus de pratiques sociales susceptibles d'évolution et de remaniement, si par conséquent ce sont d'abord les pratiques sous-jacentes que les énoncés performatifs instituant des règles qui constituent les entités socialement construites – dont la monnaie fournit le paradigme – alors il est possible, comme le montre Michel Bitbol, d'élaborer une forme de constructivisme social compatible avec un certain réalisme scientifique, en ce sens que les contraintes que le réel est d'ordinaire censé opposer aux initiatives des chercheurs seraient intégrées dans le plan intrinsèque des pratiques elles-mêmes.

Viennent ensuite des contributions qui cherchent autant à retracer la genèse et les enjeux de conceptions philosophiques majeures (conventionnalisme de Poincaré, réalisme structural chez Eddington et Russell) qu'à mettre en lumière les transformations conceptuelles inhérentes au mouvement historique de constitution des théories physiques (géométrisation de la physique, « réalisme motivationnel » ou visée ontologique chez Einstein, rapports entre mathématiques et physique selon Hadamard, etc.).

Philippe Nabonnand analyse ainsi le contexte théorique dans lequel s'est constitué le conventionnalisme géométrique de Poincaré pour en éclairer la signification essentielle. Il porte en particulier son attention sur les discussions relatives au statut des géométries non euclidiennes, à la possibilité d'une géométrie absolue, mais aussi au rôle que jouent les sensations et les mouvements dans la formation de la notion d'espace, mettant ainsi en lumière le processus par lequel la géométrie s'est progressivement émancipée du réalisme spatial. Il montre comment, tout en prenant en compte les avancées de la psychologie expérimentale et de la physiologie de la fin du XIX^e siècle, Poincaré se démarque néanmoins de tout empirisme philosophique concernant le statut de l'espace, et plus spécifiquement comment la théorie de la genèse psychophysiologique de l'espace vient chez lui conforter un antiréalisme spatial

radical en étayant, grâce à la notion de groupe, le conventionnalisme géométrique.

Mais la philosophie conventionnaliste peut-elle être transposée de la géométrie à la physique ? Comment comprendre les relations entre conventionnalisme géométrique et principe de relativité ? Comment Poincaré envisageait-il lui-même les relations entre la théorie mathématique de la relativité à laquelle il devait contribuer en formulant par exemple pour la première fois la transformation de Lorentz sous la forme moderne que nous lui connaissons, et la conception de l'espace physique qu'il prônait. Partant de ces questions controversées, Scott Walter retrace le processus de pensée par lequel Poincaré en est venu à intégrer le principe de relativité à la doctrine de l'espace physique. Dès ses premiers travaux sur les fonctions fuchsiennes, Poincaré concevait la géométrie comme une application de la théorie des groupes, aussi la prise en compte des groupes de transformations galiléen et lorentzien s'inscrivait-elle dans la continuité du conventionnalisme géométrique des premières années. En 1912, vers la fin de sa vie, dans un contexte dans lequel les idées de Minkowski ne cessaient de faire de nouveaux adeptes, Poincaré défend ainsi une conception conventionnaliste de ce qu'il appelle le « principe de relativité physique », sous les deux formes de la covariance galiléenne et de la covariance lorentzienne, quoiqu'il exprime sa préférence pour la première au détriment de la seconde. Scott Walter explicite les raisons pour lesquelles ce choix pouvait être à la fois cohérent et relativiste du point de vue de Poincaré.

Si le nom de Poincaré est indéfectiblement lié au conventionnalisme, on lui impute aussi la paternité du réalisme structural¹, bien que les formes puissent en être différentes sous un même vocable d'un auteur à l'autre. Dans l'article suivant, nous montrons que le type de réalisme structural que Russell propose à la fin des années vingt se comprend à partir des exigences théoriques fortes, apparemment divergentes, qu'ont défendues Eddington et Whitehead et que Russell cherche à concilier. À savoir d'une part la promotion de la structure au détriment de la substance et le programme de construction mathématique du monde dont le « principe d'identification » fournit la cheville ouvrière, et d'autre part l'exigence de « défaire les abstractions » de la théorie en jetant un pont entre phy-

1. Cf. Zahar E., *Poincaré's Philosophy: From Conventionalism to Phenomenology*, Chicago – La Salle, Open Court, 2001, chap. II, « Poincaré's structural realism and his logic of discovery », p. 37-64.

sique et perception. Plus spécifiquement, concernant la théorie de la relativité, l'affrontement de ces deux perspectives se concentre dans la question du statut qu'il convient d'accorder à l'intervalle infinitésimal d'espace-temps. Si en effet on envisage la théorie du point de vue déductif, la mesure se fonde sur l'intégration du ds , mais dans la pratique la valeur des $g_{\mu\nu}$ ne peut être fixée que par des mesures concrètes au voisinage d'une région donnée. Faire de l'intervalle d'espace-temps ds quelque chose de primitif revient donc à occulter la base de continuité concrète sous-jacente à la variété espace-temps. Russell adopte l'interprétation d'Einstein consistant à internaliser la gravitation à la géométrie, mais l'originalité de sa position tient à ce qu'il dénonce l'abstraction des « tenseurs substantiels » d'Eddington en retenant de Whitehead l'idée centrale d'un « continuum » d'événements sous-jacent à la variété espace-temps.

Les deux contributions suivantes interrogent, selon des perspectives différentes, la signification profonde du processus de géométrisation de la physique du point de vue de l'ontologie des théories physiques.

Alain Michel pose le problème dans les termes suivants. D'un côté, la théorie physique se caractérise, à toutes les étapes de son développement, par une certaine « visée ontologique réaliste ». Concernant la théorie de la relativité, on peut par exemple discerner pareille orientation de pensée dans le fait qu'Einstein envisage la variété espace-temps, ou le « mollusque espace-temps », comme quelque chose de réel doué d'existence physique, que le choix de coordonnées, ou de référentiels, rend visible mais qui est sous-jacent à ces marques. Mais d'un autre côté, la propriété caractéristique des mathématiques est la réflexivité, et Alain Michel interprète explicitement le mouvement d'incorporation des théories physiques d'espace-temps à la théorie des fibrés d'abord puis à la théorie des catégories ensuite comme une montée vers l'abstraction réflexive. Si on suppose que toutes les théories d'espace-temps ont en commun deux hypothèses fondamentales (la position d'une variété différentiable à quatre dimensions continue et l'existence d'une connexion affine permettant l'expression des lois de la physique sous forme d'équations différentielles), alors le problème de la géométrisation de l'inertie consiste à déterminer la classe privilégiée de lignes d'univers qu'il faut interpréter comme ensemble des géodésiques de la connexion affine. Les structures mathématiques comme celle de fibrés permettent à cet égard d'adopter un point de vue plus profond sur la nature des théories d'espace-temps parce qu'elles

rendent possibles de véritables méta-raisonnements. Alain Michel défend en effet l'idée que les principes d'invariance fonctionnent comme de véritables énoncés réflexifs, en ce sens que chaque principe d'invariance a une signification pour toute une classe de théories physiques. Mais précisément pour cette raison, la mathématisation structurale des théories physiques peut être poussée plus loin et l'on peut associer à chaque théorie physique une classe d'automorphismes appropriés, ce qui ouvre la voie à une étape supplémentaire dans le processus de mathématisation : le passage à la théorie des catégories. Mettant en lumière cette tension, inhérente aux théories physiques, entre « visée ontologique réaliste » et réflexivité mathématique, Alain Michel s'interroge sur le risque d'une possible dilution de la référence à la réalité à la faveur de cette absorption de la physique par les mathématiques.

Jean-Jacques Szczeciniarz quant à lui montre en quel sens il y a une sorte de « physicalisation originaire » de la géométrie à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, notamment dans l'élaboration des concepts de courbure et de géométrie intrinsèque. Depuis les travaux de Gauss et Riemann, la compréhension des concepts physiques se fait pour ainsi dire à travers leur élaboration mathématique. À partir de réflexions pénétrantes que Jacques Hadamard livre dans un texte intitulé « comment je n'ai pas découvert la relativité », Jean-Jacques Szczeciniarz revient ainsi sur l'analyse des rapports entre mathématiques et physique. Hadamard montre que la physique mathématique du XIX^e siècle, plus spécifiquement la théorie des équations aux dérivées partielles appliquées aux ondes sphériques, ménageait déjà pour ainsi dire en creux une place pour la théorie de la relativité restreinte, pour peu qu'on ait su reconnaître un contenu physique dans les formules analytiques. C'est dans l'étude géométrique des domaines d'intégration des équations aux dérivées partielles que tout se joue. Une perturbation produite par une source lumineuse en un point donné à un instant donné propage une onde sphérique à vitesse constante, et chaque point de passage de l'onde est à son tour source de lumière produisant une onde sphérique. Hadamard remarque que le front d'onde rétrograde, c'est-à-dire le lieu des points de l'espace-temps tel qu'une onde qui en serait issue passe par un point donné (x_0, y_0, z_0) à un instant donné t_0 , correspond à ce qui dans le langage de Minkowski s'appellerait le cône du passé par rapport au point (x_0, y_0, z_0, t_0) . Le domaine des singularités, c'est-à-dire du lieu des points où les solutions de l'équation d'onde deviennent infinies, correspond à la surface conique représentant l'onde rétrograde issue d'un point

donné. Mais lorsque l'on cherche à intégrer l'équation d'onde en dimension quatre, on obtient outre cette surface conique, toute une droite de singularités, appelée droite de Kirchhoff, pour laquelle x , y , z sont constants et t seul varie. Que par un changement de variable, on puisse amener cette droite à coïncider avec n'importe quelle autre droite issue du point source à l'intérieur du cône est une évidence que chacun à l'époque avait sous les yeux, mais reconnaître qu'un tel changement de variable présente une signification physique et non simplement mathématique constituait précisément le pas décisif que Hadamard n'a pas franchi.

Partant de cette reconstitution, Jean-Jacques Szczeciniarz dégage les raisons de cette forme d'évitement en s'appuyant sur la distinction proposée par Albert Lautman entre les deux conceptions du temps à l'œuvre dans la théorie des équations aux dérivées partielles, à savoir le temps comme variable dimensionnelle et le temps comme simple paramètre d'évolution. Élargissant la perspective aux théories d'espace-temps, il précise alors la question des rapports entre structures mathématiques et contenu physique en reprenant à son compte certaines des analyses proposées par Michael Friedman auquel il emprunte la distinction entre « représentation » et « réduction » selon la manière dont on interprète la coordination de la variété espace-temps, mais surtout la notion de « pouvoir unifiant ». Si en effet un élément de la structure mathématique de la théorie physique a une fonction unifiante et organisatrice dans les raisonnements qui permettent de passer de théories partielles à des théories plus compréhensives, alors il est légitime de lui conférer de la réalité physique. Jean-Jacques Szczeciniarz montre comment ces outils d'analyse appliqués à la distinction entre temps paramètre et temps propre s'inscrivent dans le droit fil des remarques de Hadamard concernant la théorie de la relativité et éclairent la question de l'ontologie des théories physiques.

La téléologie mathématique est le plus souvent sujette à caution, mais elle a parfois une justification et une vertu. Si tout le mouvement de géométrisation de la théorie de la relativité est en quelque sorte récapitulé dans la constitution même de l'objet « variété espace-temps » compris comme empilement de structures, cette construction mathématique élaborée fournit une norme idéale grâce à laquelle on peut mieux apprécier les contenus partiels que cet objet même synthétise et harmonise. Nous montrons ainsi dans l'article suivant comment les thèses traditionnellement imputées à Russell concernant la nature du continuum spatio-temporel de la physique, à savoir l'indépendance de la structure topologique par rapport à la

structure métrique et la dérivation de l'intervalle d'espace-temps à partir de la seule structure causale, ont été articulées dans le contexte d'un programme de construction logique de la variété espace-temps à partir d'événements supposés dépourvus de structure spatio-temporelle.

Les deux dernières contributions de ce volume enfin présentent le point de vue de *working physicists* qui envisagent la pertinence de la question du réalisme dans l'élaboration de nouvelles théories.

Dénonçant avec Arthur Fine, l'illusion d'une adéquation entre l'ontologie d'une théorie et sa contrepartie supposée réelle dans la nature physique, Marc Lachièze-Rey définit une notion faible de réalité, interne et relative à une théorie physique donnée, qu'il oppose à une notion ontologique forte de Réalité – avec majuscule – dont il déclare d'emblée qu'elle concerne sans doute davantage le métaphysicien que le physicien au travail. Selon Marc Lachièze-Rey, toute théorie physique bien construite non seulement définit ses « objets physiques », c'est-à-dire les entités, propriétés et relations qu'elle tient pour réelles, mais encore précise ce que l'on peut connaître de cette réalité et décide de ce qui est mesurable. Loin d'être une stipulation abstraite préalable, le processus de définition de ce qui vaut comme réel pour une théorie donnée est étroitement lié à la structuration conceptuelle de cette même théorie. Dans la physique newtonienne par exemple, l'*espace* et le *temps* définissent un cadre géométrique dans lequel des *particules* matérielles sont supposées se mouvoir ; une certaine réalité objective leur est de ce fait conférée qui est indépendante de quelque Réalité métaphysique que ce soit ; on peut en effet leur contester radicalement celle-ci, sans jamais cesser de leur imputer tacitement celle-là dès lors qu'on raisonne en termes newtoniens. Un certain nombre de questions analogues se posent aussi pour la relativité générale : la courbure est-elle un attribut de l'espace-temps considéré comme entité réelle ou faut-il au contraire la considérer elle-même comme un élément de réalité indépendant de l'espace-temps qui ne serait plus alors qu'un système conventionnel de coordonnées ? C'est en ce sens que Marc Lachièze-Rey se propose d'expliciter ce que serait un « réalisme relativiste » aujourd'hui, en envisageant la théorie de la relativité dans une perspective novatrice qui la rapproche de la mécanique quantique. D'une part « connaître » ou « mesurer » est un processus physique comme les autres, dans lequel l'un des systèmes en interaction est l'observateur, d'autre part tout ce qui est réel n'est pas connaissable.

Puisqu'en relativité générale, les objets physiques sont traditionnellement représentés par des tenseurs, et que certains éléments de la structure mathématique ont la propriété d'opérer les uns sur les autres (tenseurs, connexions,...), Marc Lachièze-Rey défend plus spécifiquement la thèse selon laquelle « tout objet réel est représenté par un opérateur agissant sur les tenseurs ». Cette approche ouvre alors la voie à une conception nouvelle de la mesure comprise désormais comme l'action d'opérateurs agissant les uns sur les autres et produisant comme résultat un nombre, ou plus spécifiquement comme interaction ternaire faisant intervenir les opérateurs liés aussi bien à l'observateur, au système physique étudié qu'à l'espace-temps.

Enfin, dans le texte dense et personnel qui clôt ce recueil, Roland Omnès livre un ensemble de réflexions inédites à l'occasion desquelles il jette un regard rétrospectif sur les développements des dernières années – auxquels il a contribué (émergence de la physique classique à partir des lois quantiques, « histoires de Griffiths » et décohérence) et dans lesquels il discerne une même orientation de pensée visant à dégager une interprétation des lois quantiques à partir des principes abstraits de la théorie « comme s'ils contenaient en eux tous les éléments nécessaires à leur interprétation » – et esquisse certaines des pistes nouvelles qui lui semblent prometteuses pour l'avenir.

Ivahn SMADJA

Université Denis Diderot – Paris 7