

PHILOSOPHIA SCIENTIÆ

FRANÇOISE BALIBAR

Équivocité de l'univocité

Philosophia Scientiæ, tome 3, n° 2 (1998-1999), p. 155-165

<http://www.numdam.org/item?id=PHSC_1998-1999__3_2_155_0>

© Éditions Kimé, 1998-1999, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Philosophia Scientiæ* » (<http://poincare.univ-nancy2.fr/PhilosophiaScientiae/>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

Équivocité de l'univocité

Françoise Balibar

Ce travail se veut le prolongement des réflexions menées par Don Howard, parues sous le titre *«Einstein and Eindeutigkeit : A Neglected Theme in the Philosophical Background to General Relativity»*, paru dans le volume III de la série *Einstein Studies* en 1992. Il s'agit d'un article fondateur dans lequel la notion d'*Eindeutigkeit* (dont le mot français 'univocité' est une traduction possible, sans être pleinement satisfaisante), souvent évoquée par Einstein, est mise en rapport avec la tradition et les discussions philosophiques dans les années autour de 1915, et en particulier avec Joseph Petzoldt, figure aujourd'hui bien pâlie sinon oubliée.

Don Howard s'interroge sur les origines philosophiques de ce qu'il est convenu d'appeler l'argument du trou (*Lochbetrachtung*) et de cet autre argument fortement semblable que John Stachel a appelé *«the point-coincidence argument»* [Stachel 1989]. A la fin de 1913 Einstein (qui était en train d'élaborer la théorie de la relativité générale) eut l'idée d'un raisonnement qui lui permettait, à son grand soulagement, d'exclure la possibilité d'équations du champ de gravitation généralement covariantes (c'est-à-dire gardant la même forme lors d'une transformation quelconque des coordonnées). «L'affaire de la gravitation a été résolue à mon entière satisfaction, écrit-il à Ehrenfest (lettre non datée). On peut en effet montrer [grâce à l'argument du trou, précisément] qu'il ne peut pas exister d'équations généralement covariantes qui déterminent le champ de façon complète (*vollständig*) à partir du tenseur de matière». L'argument du trou revient à montrer que si les équations du champ sont généralement covariantes, le tenseur de matière (autrement dit la distribution de matière et d'énergie) ne détermine pas de façon unique le tenseur fondamental $g_{\mu\nu}$. Le point essentiel ici est l'inférence que fait Einstein du fait que les équations généralement covariantes ne déterminent pas uniquement les $g_{\mu\nu}$ à l'impossibilité, à la non-existence, la non-réalité, de telles équations. Une théorie, pour mériter le nom de théorie physique, doit être *eindeutig*.

En fait nous savons aujourd'hui que le manque de détermination des $g_{\mu\nu}$ est normal et qu'il correspond à l'absence de signification métrique des coordonnées en relativité générale. C'est ce dont Einstein a pris conscience en 1915. Plus exactement : ayant été, pour d'autres raisons, contraint d'admettre des équations généralement covariantes, il lui a fallu trouver une réponse à l'objection qu'il leur avait lui-même opposée ; il lui a fallu comprendre pourquoi, contrairement à ce qu'il avait cru, les équations covariantes ne contredisent pas le principe d'univocité. «Dans mon article de l'an dernier, écrit-il en 1915, encore à Ehrenfest, tout est correct jusqu'à ce qui est en italiques. De ce que les deux systèmes $G(x)$ et $G'(x)$ [deux systèmes de $g_{\mu\nu}$ différents] rapportés au même système de référence, satisfont aux conditions pour le champ de gravita-

tion, il ne découle aucune contradiction avec l'univocité des événements (*Eindeutigkeit des Geschehens*). L'apparent pouvoir contraignant de cet argument disparaît dès lors que l'on considère qu'un système de coordonnées ne signifie rien de réel [...] Ce qui, du point de vue physique, est réel dans le monde des événements, est constitué de coïncidences spatio-temporelles. Et rien d'autre» [CNRS 1983, 178]. La covariance générale (parce qu'elle impose que les intersections de lignes d'univers soient indépendantes du choix des coordonnées, et donc uniquement déterminées) assure l'*Eindeutigkeit (des Geschehens)*, mais pas au sens où Einstein l'entendait en 1913, c'est-à-dire par référence aux coordonnées. L'*Eindeutigkeit* est retrouvée, mais le prix à payer pour cela est l'abandon de l'idée que les coordonnées ont une signification physique. «Le temps et l'espace perdent leur dernier vestige de réalité». On peut dire, avec toutes les précautions qui conviennent, qu'Einstein fait ici jouer à l'exigence d'*Eindeutigkeit* le même rôle que celui qu'il avait fait jouer en 1905 à l'exigence de relativité (restreinte) : le principe de relativité était maintenu mais au prix d'une modification de nos conceptions de l'espace et du temps - c'est-à-dire essentiellement leur signification physique.

On le voit, l'exigence d'*Eindeutigkeit* ne prend pas en 1915 la même forme qu'en 1914. En 1914, il s'agit d'assurer qu'à une même réalité (un même tenseur de matière) corresponde un seul élément dans la théorie (un seul système de $g_{\mu\nu}$). C'est là une exigence qu'Einstein, plus tard, au moment de l'article EPR (1935), appellera exigence de complétude (et d'ailleurs il est bien question dans la citation donnée plus haut de détermination complète, *vollständig*). La position d'Einstein en 1935 est très clairement résumée par lui dans l'article EPR : «Quelle que soit la signification que l'on donne au mot 'complet', il semble bien que la condition suivante doive nécessairement être remplie, pour pouvoir parler de théorie complète : chaque élément de la réalité physique doit avoir un correspondant dans la théorie physique» [*op. cit.* vol.1, 1989, 224]. Le problème posé est celui de l'adéquation de nos représentations (qui ne signifie pas forcément l'adéquation des mots aux choses, j'y reviendrai). L'exemple pris par Einstein dans l'article EPR est à cet égard significatif : à un même élément de réalité, le système II, correspondent deux éléments de la théorie, deux fonctions d'onde, preuve que la théorie quantique est incomplète.

En 1915, l'usage de l'exigence d'*Eindeutigkeit* est toute différente. Il ne s'agit pas de correspondance bi-univoque entre un élément de la réalité et un élément de la théorie. L'utilisation que fait Einstein de l'*Eindeutigkeit* en 1915 va bien au delà ; l'univocité apparaît comme une super-loi, pour reprendre la terminologie de Wigner [Wigner 1979], c'est-à-dire comme une exigence imposée aux lois physiques par la nature elle-même, par le monde, par la réalité. De

même que nos représentations du monde physique doivent être invariantes par translation dans le temps ou dans l'espace, *parce que* la nature est la même aujourd'hui, hier et dans 100 000 ans, et parce qu'elle est la même ici et ailleurs, de même, nos représentations doivent satisfaire à l'exigence d'univocité *parce que* les événements dans la nature sont uniques, ne se produisent qu'une seule fois. De là cette expression bizarre, il faut le dire, l'«univocité des événements», *die Eindeutigkeit des Geschehens*, utilisée par Einstein en 1915.

C'est cette utilisation là qui a retenu l'attention de Don Howard et de ce point de vue son article est extrêmement précieux. Il a retrouvé chez Petzoldt l'origine de cette idée que la réalité physique doit être *eindeutig*, et par conséquent la théorie physique aussi. Deux mots sur Petzoldt. Si l'on en croit D. Howard, Petzoldt a connu au tournant du siècle son heure de gloire, à la suite de la publication en 1895 d'un article intitulé «*Das Gesetz der Eindeutigkeit*», article qui est à l'origine d'une discussion dans le milieu des philosophes et des physiciens 'éclairés' (c'est-à-dire à orientation philosophique) dont on a perdu le souvenir mais qui fut très vive, en particulier parce que Mach y prit part activement (au point de mentionner la question de l'*Eindeutigkeit* dans la plupart de ses livres importants). Par ailleurs Petzoldt écrivit, à partir de 1912, de nombreux livres et articles portant sur l'application de son principe (en en tordant la signification, comme on va le voir dans un instant) au cas de la relativité [Wigner 1979]. C'est ainsi qu'il entra en correspondance avec Einstein qui, selon son habitude, rectifia avec courtoisie les erreurs techniques et d'interprétation de Petzoldt (en particulier en ce qui concerne le problème, difficile, du disque tournant). Enfin, le dernier titre de gloire de Petzoldt est d'avoir été à l'origine, en 1912, de la fameuse *Gesellschaft für positivistische Philosophie*, société qui fait rêver puisque parmi ses fondateurs on relève les noms d'Einstein, Freud, Hilbert, Klein et Mach.

Quelle est la thèse de Petzoldt ? Il s'agit au départ d'une thèse sur la causalité selon laquelle «l'essence' des processus de la nature est telle que nous pouvons réduire ceux-ci à des changements *continus* et *univoques* (*einsinnig*) d'un petit nombre d'éléments toujours les mêmes, - c'est-à-dire, des éléments *déterminants*, des moyens de détermination - qui se *déterminent* les uns les autres *de façon unique* (*eindeutig*)» [Petzoldt, 146-203]. La raison de cette exigence est à mettre en rapport avec une présupposition générale. «Cette présupposition, écrit Petzoldt, est au fondement de toute recherche scientifique ; il s'agit de quelque chose dont nous pouvons être plus ou moins conscients et dont nous avons la ferme conviction que c'est vrai partout, car nous ne pourrions plus concevoir, ni nous-mêmes ni notre nature mentale particulière, si nous imaginions que cette présupposition puisse être abandonnée. Ce postulat, c'est ainsi que nous désignerons cette présupposition, est indissociable de notre constitution individuelle. Il consiste en rien d'autre que ceci : la présupposition

d'une *complète et entière détermination*, ou – comme nous dirons, afin de mettre l'accent sur son aspect le plus important – l'hypothèse de l'*univocité de tous les processus (Eindeutigkeit aller Vorgänge)*».

Cela dit, Petzoldt, comme le remarque Don Howard, n'est pas très rigoureux quand à l'usage et la définition de son principe auquel il donne plusieurs acceptions très différentes les unes des autres. Il va même très loin dans l'identification de son principe avec ce que nous appelons aujourd'hui un principe d'invariance (lié aux symétries fondamentales) ; il va même jusqu'à en donner un énoncé identique à celui du principe d'invariance galiléenne. Témoin cet extrait cité par D. Howard : «La tâche de la physique est donc de fournir une représentation générale univoque (*eindeutig*) des événements vus *de différents points de vue en translation uniforme les uns par rapport aux autres* [soulignement ajouté] et de mettre en relation de façon univoque ces diverses représentations. Chacune de ces représentations, quelque soit la totalité d'événements dont on parle, doit être applicable de façon univoque sur tout autre [traduction : il existe une transformation des coordonnées qui fait passer de la représentation dans un certain référentiel à la représentation dans un autre référentiel équivalent]. Tel est le cas de la théorie de la relativité. Ce qui est essentiel, c'est cette connexion univoque [*id est*, l'existence de la transformation de Lorentz]». Au bout du compte, le principe d'univocité se trouve purement et simplement identifié au principe de relativité.

Mais revenons à ce qui chez Petzoldt est le plus intéressant : l'expression 'univocité des processus'. De l'univocité des processus à l'univocité des événements il n'y a qu'un pas et D. Howard a raison de faire remarquer que l'expression employée par Einstein dans l'argument des coïncidences (1915) est trop semblable à celle de Petzoldt pour qu'il s'agisse d'une simple coïncidence. Et de montrer qu'Einstein avait sûrement eu connaissance des débats alors en vigueur autour de la thèse de Petzoldt. Le principe d'*Eindeutigkeit* entendu en ce sens là concerne le monde tel qu'il est. Don Howard lui attribue l'adjectif 'métaphysique'. Qualification impropre car ce principe n'est pas plus métaphysique que n'importe lequel de ces principes dont la physique ne peut se passer si elle veut pouvoir parler. S'il est métaphysique c'est avec un trait d'union : méta-physique, c'est-à-dire à côté de la physique, mais indispensable parce que sinon on en est réduit à ne rien dire du monde.

Mais admettons l'adjectif métaphysique. Il faut alors se demander d'où vient une telle conception de l'univocité. On se doute bien que le terme doit être très chargé philosophiquement et qu'il a certainement connu des usages antérieurs, repérables dans la tradition philosophique. Apparemment, il faut remonter à Duns Scot et Deleuze a montré ce que Spinoza doit à Duns Scot et en quoi il en diffère radicalement : chez Spinoza l'être univoque est défini à la fois par son être et par ses attributs qui sont des substances en un sens qualitatif et à la

division entre attributs ne correspond aucune division dans l'être. En tant que les attributs sont ce qui constitue l'essence de la substance, et contiennent les modes et l'essence, les attributs sont univoques.

Se pourrait-il alors qu'Einstein ait repris de Petzoldt une expression dont il pensait qu'elle avait quelque chose de spinoziste ? Une expression qui aurait séduit son spinozisme spontané et confus ? Confus, car l'idée einsteinienne selon laquelle ce qui est réel est uniquement constitué des intersections de deux lignes d'univers, indépendamment des attributs que confère la référence à un système de coordonnées, relève d'une vision plus scotiste que spinoziste de l'univocité.

Mais la référence à Spinoza permet peut-être de comprendre qu'Einstein ait fait un usage non univoque de la notion d'univocité. C'est ce qui apparaît lorsqu'on examine plus attentivement la manière dont Einstein utilise le mot *Eindeutigkeit* en 1914 (et, plus tard, en 1935 dans l'argument EPR) : à la fois comme un principe méta-physique (l'univocité des événements) et comme un principe épistémologique (*model-theoretic*, dit D. Howard) selon lequel à un élément de réalité doit correspondre un et un seul élément dans la théorie. Ce double usage n'est pas sans rappeler ce que dit Deleuze [Deleuze 1968] des trois figures que prend l'univocité chez Spinoza : «univocité de l'être, univocité du produire, univocité du connaître» qui se résume dans l'idée du troisième genre, ce qui pourrait justifier un usage épistémologique de la notion d'univocité, à côté de, et sans contredire, l'usage métaphysique. Je n'en dis pas plus, faute de compétences en histoire de la philosophie.

En revanche, il ne me paraît pas inutile d'explorer une autre piste, relevant de façon plus directe de l'histoire des sciences et singulièrement de la physique. Pourquoi D. Howard n'indique-t-il pas comme source possible de l'usage du principe d'univocité chez Einstein Heinrich Hertz, dont on sait qu'il eut une influence considérable sur toute cette génération de physiciens, et en particulier sur Einstein («Le reste du temps [à l'Ecole Polytechnique de Zurich], je le passais principalement chez moi à étudier les oeuvres de Kirchhoff, Helmholtz et Hertz» [*op. cit.*, vol. 5, 1991, 24]).

Hertz, en effet, fait une large place à la notion d'univocité ; la question se pose donc, dès lors que l'on recherche les origines de cette notion chez Einstein, d'aller voir ce qu'en dit exactement Hertz. Se pourrait-il qu'Einstein ait emprunté à Hertz l'usage qu'il fait de l'*Eindeutigkeit* d'abord en 1914 puis en 1935 ?

On sait que l'un des concepts clés de l'épistémologie de H. Hertz (telle qu'elle est développée dans son ouvrage *Les Principes de la Mécanique*, paru en 1895 de façon posthume) est celui de *Scheinbilder*, ou symboles selon la tra-

duction que donne Hertz de ce terme intraduisible². Ces symboles sont des représentations des objets, délibérément sélectionnées de manière à posséder plusieurs propriétés, qui leur donnent la qualité d'être...*eindeutig*. Pour être *eindeutig*, les symboles doivent être acceptables du point de vue logique (sans contradiction avec les lois de la pensée), corrects (il ne doit pas y avoir contradiction entre les relations des symboles entre eux et les relations des choses entre elles) et convenants (*zweckmässig* ; c'est-à-dire figurant aux mieux les relations essentielles de l'objet). Lorsque ces trois conditions sont respectées, les symboles sont *eindeutig*. Le point important est que ces propriétés exigées des symboles portent sur leur arrangement, leur grammaire (Hertz définit sa reformulation de la mécanique classique comme une 'grammaire systématique'). Ce qui doit être univoque ce n'est pas la mise en rapport des symboles et des choses mais bien la forme des relations entre symboles, les réseaux de symboles, qui doivent évoluer parallèlement à l'évolution que l'on suppose être celle qui se produit dans la nature : «L'accord entre l'entendement et la nature peut être comparé à l'accord entre deux systèmes qui sont des modèles l'un pour l'autre». «L'accord entre l'entendement et la nature» : on voit se profiler en filigrane le poids de la tradition philosophique, y compris sous la forme de l'idée d'un Dieu mathématicien qui serait à l'origine de cet accord.

C'est évidemment aux modèles dynamiques, ces modèles mécaniques d'éther que Maxwell et ses successeurs avaient développés lors de la construction de l'électromagnétisme, que pense Hertz en définissant ses réseaux de symboles univoques. Ce qui importe dans ce cas c'est que l'arrangement des concepts soit le même dans un modèle et dans un autre : «Un système mécanique, écrit Hertz, est un modèle dynamique d'un second système quand les connexions du premier peuvent être exprimées par des coordonnées qui satisfont aux conditions suivantes : le nombre des coordonnées du premier système est égal au nombre des coordonnées du second ; avec un arrangement *convenable* des coordonnées des deux systèmes, on obtient les mêmes équations ; au moyen de cet arrangement des coordonnées, l'expression du déplacement est la même dans les deux systèmes». Autrement dit : il existe plusieurs modèles d'éther mais un seul éther et l'univocité est assurée par le fait que tous les modèles donnent la même valeur aux grandeurs fondamentales relatives à cet éther (autrement dit, et dans un langage moderne, aux champs électrique et magnétique).

2 Le passage qui suit est entièrement repris de l'entrée 'Symbole' du glossaire ajouté par C. Chevalley à la réédition de N. Bohr, *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gallimard, 1991.

Examinons d'abord la question de savoir si Petzoldt a pu être influencé par Hertz. On est loin de l'univocité des événements (Petzoldt première manière) et de l'invariance des relations entre grandeurs par transformation des coordonnées (Petzoldt deuxième manière). Pourtant on est frappé par la similitude de certaines expressions chez Hertz et chez Petzoldt deuxième manière : il semble que l'un et l'autre mettent l'accent sur le fait que l'univocité porte sur les *relations* et non sur les concepts. Mais la similitude s'arrête là car dans le cas des modèles dynamiques et de l'épistémologie de Hertz, la correspondance univoque entre relations ne se réduit nullement à une transformation géométrique des coordonnées comme c'est le cas dans l'énoncé du principe de relativité (restreinte) auquel Petzoldt deuxième manière réduit l'univocité. Chez Hertz, il s'agit, d'une mise en rapport de deux modèles l'un avec l'autre, l'objectif étant d'établir une correspondance d'un certain type de variables avec un autre type de variables de manière à ce que les relations (les 'arrangements') entre ces variables aient la même forme dans l'un et l'autre modèle. Par exemple, dans un modèle électrique E , l'énergie, est liée à L (la self-inductance du circuit) et I (l'intensité du courant circulant dans ce circuit) par $E = (1/2) LI^2$ et dans un modèle mécanique, E est liée à m (la masse d'un corps) et v (sa vitesse) par $E = (1/2) mv^2$; l'arrangement convenable des coordonnées des deux systèmes est, dans ce cas simple, l'opération $1/2$ que multiplie une première coordonnée que multiplie le carré d'une seconde ; au moyen de cet arrangement l'expression de l'énergie est la même dans le modèle électrique et dans le modèle mécanique ... et l'univocité est sauvegardée. Mais aucune transformation ne permet de transformer une masse en self-inductance et une vitesse en intensité de courant électrique ; il ne s'agit pas de coordonnées d'espace-temps transformables les unes dans les autres par changement de référentiel. Force est donc de conclure que Petzoldt n'a rien emprunté à Hertz.

Et Einstein ? Il est clair que le concept d'univocité de Hertz est historiquement daté. Il a été développé, à l'époque de la fin du mécanisme, pour rendre compte de la grande variété de modèles permettant d'établir les équations fondamentales de l'électromagnétisme. Les modèles sont de nature radicalement différente mais les relations (les 'arrangements') gardent la même forme d'un modèle à l'autre, à condition d'avoir su repérer les bonnes variables. L'univocité est assurée par la conservation des relations d'un modèle à l'autre. Compte-tenu de ce que cette conception de l'univocité est si fortement datée, il serait étonnant qu'Einstein ait pu reprendre à son compte une telle conception, même modifiée. Sauf peut-être en une occasion : lorsqu'il énonce que seul est réel le fait que deux lignes d'univers se coupent ou ne se coupent pas. C'est l'opération (l'arrangement'), 'se couper' qui est préservée et assure l'univocité en dépit des 'modèles' différents correspondant aux divers systèmes de coordonnées. En revanche, rien ne permet d'affirmer que la conception qu'Einstein se fait de l'univocité en 1914, puis en 1935, soit inspirée par la lecture de Hertz

sinon, peut-être *via* l'idée que la théorie est un modèle de la réalité, avec tous les problèmes de multiplicité qu'une telle idée peut suggérer.

D'où Einstein tire-t-il donc l'idée exprimée dans l'article EPR si ce n'est ni de Petzoldt ni de Hertz ? Il est intéressant de constater que l'univocité telle qu'elle est caractérisée par Hertz présente des traits communs avec ce que H. Weyl désigne sous le nom d'*isomorphisme*-- ce qui ajoute encore à la confusion terminologique. «Supposons que nous disposions d'un système Σ_1 d'objets (points, lignes et plans de la géométrie, par exemple) et que nous connaissions un certain nombre de relations fondamentales, $R, R' \dots$ qui leur sont relatives. Soit un second système Σ_2 muni de relations fondamentales qui sont corrélées aux relations $R, R' \dots$ du premier domaine d'objets, par exemple en leur donnant le même nom. S'il est possible d'établir une règle selon laquelle les éléments du système Σ_1 sont appariés de façon unique aux éléments du système Σ_2 , en sorte que les éléments de Σ_1 entre lesquels la relation R (ou R') est vraie correspondent aux éléments de Σ_2 entre lesquels la relation de même nom R (ou R') est vraie, alors les deux domaines sont dits isomorphes. On dit que la corrélation en question est une application isomorphe de Σ_1 sur Σ_2 , et inversement. Tout ce qui est dit à propos des objets de Σ_1 vaut également pour les objets de Σ_2 » [Weyl 1963, 25].

Il est facile de voir que cette définition de l'isomorphisme pourrait très bien convenir aux exemples cités plus haut à propos des modèles dynamiques.

Demandons-nous maintenant si cet isomorphisme a quelque chose à voir avec ce qu'Einstein appelle la complétude d'une théorie. Ne peut-on pas dire qu'Einstein conçoit la relation entre théorie et réalité, par exemple dans l'article EPR, comme un isomorphisme ? Les éléments de la réalité et ceux de la théorie (complète) doivent être 'appariés' de telle sorte que toute relation dans la réalité est corrélée à une relation dans la théorie (complète), et inversement. Pour reprendre la terminologie de Hertz, -- ce que justifie la parenté entre la définition d'un réseau univoque et l'isomorphisme selon Weyl -- ne peut-on dire que la réalité et la théorie sont le modèle l'une de l'autre ; la théorie est un modèle de la réalité et la réalité un modèle de la théorie ? Mais alors, comme je vais le montrer maintenant, cet usage est un contre-sens par rapport à H. Weyl.

En effet, si Weyl doit être évoqué dans cette recherche des origines de la notion d'univocité chez Einstein, c'est, outre le fait que les deux hommes entretenaient des relations intellectuelles assez étroites, la constatation que chez Weyl les notions d'univocité, d'isomorphisme et de 'complétude' apparaissent comme reliées les unes aux autres -- tout comme chez Einstein. On lit en effet chez Weyl, à la suite du paragraphe qui vient d'être cité sur l'isomorphisme : «Ces considérations invitent à concevoir un système d'axiomes comme un

moule (*Leerform*) logique des sciences possibles. On obtient une interprétation concrète quand on assigne des *designata* aux noms des concepts de base, ce qui transforme les axiomes en propositions vraies. On aurait pu appeler complet un système d'axiomes pour lequel il suffit, pour fixer la signification des concepts de base, d'exiger que ces axiomes soient valides. Mais cette idéal d'*univocité* n'est pas réalisable [...] La formulation finale est donc la suivante : un système d'axiomes est *complet*, ou catégorique, si deux quelconques de ses interprétations concrètes sont nécessairement *isomorphes*». En ce sens, et pour revenir à l'époque de Hertz, la théorie électromagnétique est complète : il y a isomorphisme entre les divers modèles d'éther, qui sont des interprétations concrètes de la théorie (on assigne pour chaque modèle un signifié à chaque symbole). Mais ce n'est pas en ce sens là qu'Einstein dit que la théorie quantique n'est pas complète ; ce n'est pas parce que ses diverses réalisations ne pourraient être appliquées l'une sur l'autre ; c'est tout simplement parce qu'il n'existe pas d'isomorphisme entre la réalité (définie de la façon qu'on sait par Einstein et qui sera critiquée par Bohr) et la théorie (deux fonctions d'onde pour un même élément de réalité).

Il est intéressant de comparer l'usage pour le moins éclectique que fait Einstein des concepts à connotation philosophique à la manière dont Bohr procède dans une situation semblable. Justement il existe chez Bohr un concept d'univocité. Curieusement ce concept apparaît chez lui sous forme d'une double négation ; il s'agit de l'*Unzweideutigkeit*, qui est une non non-univocité : non (*Un*) *zwei* (non un) *deutigkeit*. L'expression intervient dans le contexte de l'existence de deux interprétations concrètes du formalisme de la théorie quantique : le modèle corpusculaire et le modèle ondulatoire, qui ne sont pas liés par un isomorphisme. En ce sens, la théorie n'est pas complète et le problème est de retrouver, condition expresse d'une nouvelle forme d'objectivité, l'*Eindeutigkeit* perdue. La différence avec la position d'Einstein saute aux yeux ; mais ce n'est ni la première ni la dernière fois.

Ouvrages de références :

- 1992 *Einstein Studies vol. III, Studies in the History of General Relativity*, J. Eisenstaedt et A.J. Kox éd., Birkhäuser.
- 1983 *Oeuvres choisies d'Albert Einstein*, Paris, co-édition Seuil - CNRS, vol. 2.
- N. Bohr
- 1991 *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gallimard.
- G. Deleuze
- 1968 *Spinoza et le problème de l'expression*, Paris, Minuit, 1968
- J. Petzoldt
- "Das Gesetz der Eindeutigkeit", *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie und Soziologie*, 19, 146-203.
- J. Stachel
- 1989 "Einstein's Search for General Covariance, 1912-1915", 9th Conference on General Relativity, Jena, RDA, juillet 1980, publié dans *Einstein and the History of General Relativity*, D. Howard et J. Stachel éd., Boston, Birkhäuser.
- H. Weyl
- 1963 *Philosophy of Mathematics and Natural Science*, New York, Atheneum.
- E. Wigner
- 1979 *Symmetries and Reflections, Scientific Essays*, Connecticut, Ox Bow Press.