

TEO, ISSN 2247-4382  
55 (2), 49-58, 2013

# Le principe de l'indétermination dans la physique quantique et ses implications épistémologiques

Adrian Lemeni

**Adrian Lemeni**

University of Bucharest  
alemeni@pcnet.ro

## Résumé

La physique classique a imposé dans le plan épistémologique une perspective déterministe et la vision de l'extériorité totale entre le sujet connaissant et l'objet étudié. Cette épistémologie, impersonnel par excellence, a servi de base pour la construction de toute une philosophie politique et de sociologie déterministe.

La physique quantique a impliqué quelques principes révolutionnaires en termes d'épistémologie scientifique. L'objectivité impersonnelle est surmontée de la physique quantique, où le chercheur est effectivement impliqué dans le phénomène étudié. Le principe d'indétermination de Heisenberg a fait que la vérité scientifique ne doit pas être perçue dans un manière créationniste, comme étant épuisés par une méthodologie. Ce principe implique un majeur changement épistémologique, par la possibilité d'assumer la conscience des limites dans la recherche scientifique. La perspective de la physique quantique fournit ainsi l'ouverture de la science vers les requêtes philosophiques, et une articulation avec la vision théologique du monde, par les possibilités d'une ontologie qui porte sur la relation entre naturel et surnaturel.

## Mots-clés

*Déterminisme, l'épistémologie, empirique, objective, indétermination, des limites, l'intuition, la vérité*

La physique newtonienne a constitué la prémisse du développement d'une vision mécaniciste et déterministe du monde. La philosophie des Lumières et le positivisme, ayant comme fondement le mythe du progrès impliqué par la modernité, élaborera une représentation réaliste naïve et réductionniste du monde. Le triomphe de cette philosophie contribuera à l'interprétation des résultats scientifiques à l'aune d'une idéologie athée et matérialiste, détournant la science vers le scientisme. Au plan épistémologique cette évolution a imposé une perspective déterministe par laquelle tous les événements naturels sont censés être identifiés à partir des lois de la dynamique classique. Le déterminisme mécaniciste de la physique classique est extrapolé au plan social, les relations inter-humaines étant caractérisées par un déterminisme social.

Cette perspective élimine le mystère dans la vie concrète et dans la recherche scientifique. Le savant ne peut pas vivre la joie de la surprise devant l'extraordinaire révélé par les phénomènes naturels. Il y a une extériorité entre le savant et le phénomène étudié parce que l'homme de science n'est pas un simple observateur du phénomène. L'évolution du phénomène naturel est donnée par les équations des lois implacables et neutres qui sont les expressions d'une extériorité parfaite entre le savant et le phénomène étudié. En fait, le déterminisme laplacien élimine l'interaction entre l'homme et la nature. Le savant modélise les équations des lois physiques considérées comme mesures de l'objectivité suprême.

Dans la perspective épistémologique de la physique classique il y a un déterminisme concrétisé par un réalisme naïf et une extériorité entre le sujet chercheur et l'objet étudié. Cette épistémologie est par excellence impersonnelle et elle a servi comme fondement pour construire une philosophie politique et une sociologie par laquelle les relations inter-humaines sont établies pour une fonctionnalité immédiate et une efficacité pragmatique. Le caractère impersonnel, normatif pour établir l'objectivité marquera de plus en plus l'épistémologie des sciences naturelles et humaines.

La physique quantique implique certains principes révolutionnaires dans le plan de l'épistémologie scientifique. Dans la physique classique l'expérience pratique et l'accumulation des observations données par les sens empiriques avaient une importance centrale. La physique quantique présuppose une recherche scientifique de la nature qui se soustrait de plus

### *Le principe de l'indétermination dans la physique quantique...*

en plus à l'expérience. Le règne de l'expérience sur la pensée, le primat de la quantité sur la qualité sont éliminées dans l'épistémologie de la physique quantique. Il y a dans la physique quantique la possibilité de retrouver la pensée symbolique fondée sur l'intuition et l'interaction entre le savant le phénomène naturel. Les modèles atomiques et nucléaires dans la microphysique ne peuvent pas être élaborés à partir de l'expérience évidente et des catégories conceptuelles comme l'espace, le temps, la matière tels qu'ils sont compris dans la physique classique.

L'objectivité impersonnelle de la physique classique est dépassée dans la physique quantique où le chercheur est réellement impliqué dans le phénomène étudié. L'extériorité entre le sujet et l'objet dans la physique classique est remplacé par la réciprocité dynamique de la physique quantique. Les équations mathématiques de la physique quantique impliquent un symbolisme qualitatif, n'étant pas des combinaisons simples des constantes mesurables par l'expérience empirique. L'inadéquation du réalisme naïf avec la recherche scientifique dans la physique quantique implique une dynamique permanente entre le savant et la théorie proposée.

Le principe de l'indétermination de Heisenberg a fait que la vérité scientifique ne soit plus perçue dans une manière fixiste, comme un concept possible d'être conquis par l'expérience et par la quantification des observations dans un set de règles mathématiques. Le chercheur est impliqué d'une manière existentielle dans l'acte de recherche, ayant la conscience que la vérité ne peut pas être épuisée par une méthodologie. Le changement permanent d'un résultat avec l'autre ne signifie pas une relativisation de la vérité, mais une participation différenciée à une même vérité, ayant la conscience que la vérité ne peut jamais être atteinte de façon absolue. Dans cette perspective la limite devient une chance parce que la conscience de la limite existante dans la démarche scientifique réalise un cadre épistémologique favorable au dialogue. Le savant est disponible pour accepter le dialogue avec l'autre forme de connaissance.

De ce point de vue, le principe de l'indétermination de Heisenberg présuppose une mutation épistémologique majeure. „Dans la physique quantique la connaissance est une interaction entre le scientifique et l'objet de recherche. Le principe de l'indétermination de Heisenberg a modifié la compréhension de l'objectivité”.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ian Barbour, *Issues in Science and Religion*, Harper Torchbook, New York, 1971, p. 285.

La signification épistémologique fondamentale de la physique quantique est marquée par la possibilité d'assumer la conscience des limites dans la recherche scientifique. La science ne peut pas offrir une représentation intégrale du monde comme dans la conception scientiste. La science offre une *certaine* connaissance d'un *certain* niveau de la réalité du monde créé. Le caractère sélectif de la recherche scientifique ne trouve pas sa cause dans des conditions extérieures qui peuvent être dépassées dans le temps par le perfectionnement de la méthodologie ou par le progrès technique. La limite constitue une réalité interne structurale de la recherche scientifique. Le caractère partiel, sélectif et limité de la science ne diminue pas l'autorité de la science, mais lui découvre le vrai statut épistémologique qui permet la réalisation d'un dialogue, d'une complémentarité enrichissante.

Le fait d'assumer et d'exercer la conscience de la limite peut être un cadre favorable de rencontre avec l'humilité spécifique à l'expérience religieuse. „La plus importante signification de la physique quantique est la reconnaissance des limites dans la démarche scientifique. Le caractère sélectif et abstrait des concepts scientifiques est discutabile dans cette perspective. Le savant contemporain sait que chaque théorie scientifique est partielle et incomplète. La physique quantique n'est pas adéquate pour une description totale de la réalité”.<sup>2</sup>

Ainsi, la physique quantique produit une vraie révolution épistémologique dans la recherche scientifique. Le scientisme comme idéologie a occulté la vraie science et a développé une épistémologie dans laquelle le principe de la science positiviste avait une place centrale. Au contraire, la physique quantique relève l'insuffisance de la démarche exclusivement scientifique. La perspective épistémologique fondée et élaborée dans la physique quantique détermine une ouverture de la science vers les interrogations de type philosophique, favorise une articulation de la vision théologique du monde et de la conception scientifique sur un plan philosophique. De cette manière, la limite est assumée comme une ouverture, et non pas comme une restriction des potentialités cognitives.

La physique quantique n'a pas la prétention de dire ce qu'est la nature, quel est le fondement ultime de la matière et quelles sont les lois qui gouvernent l'univers, mais d'exprimer ce qui est possible d'être exprimé, en tenant compte des limites épistémologiques. Niels Bohr disait très clairement: „Il est faux de croire que le rôle de la physique soit de

---

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 289.

### *Le principe de l'indétermination dans la physique quantique...*

découvrir ce qu'est la nature. Elle a seulement pour objet ce que nous pouvons en dire".<sup>3</sup>

Werner Heisenberg postule le célèbre principe de l'indétermination qui aura un impact décisif sur le scientisme idéologique. En partant des connaissances mathématiques impressionnantes, Heisenberg élabore le principe de l'indétermination dans la physique quantique. Ensemble avec Max Born et Pascal Jordan, il développe la mécanique matricielle. Le principe de l'indétermination montre qu'il est possible de connaître simultanément l'impulse et la position d'une particule atomique. Cette impossibilité n'a pas comme cause une imperfection technologique, mais elle exprime la limite structurale de la connaissance scientifique.

Einstein a fait une révolution dans la physique par la théorie de la relativité, mais il n'a pas accepté totalement les implications épistémologiques de la physique quantique. Il a continué à croire que l'univers est une réalité indépendante du savant, qui peut être connue par la capacité scientifique du savant. Ensemble avec ses collaborateurs, Boris Podolsky et Nathan Rosen, Einstein a élaboré une expérimentation imaginaire dénommé EPR par laquelle on essayait de démontrer que le principe de l'indétermination n'est pas valable. Le contenu du paradoxe EPR a été publié en 1935 dans *The Physical Review* sous le titre *La description de la réalité physique par la mécanique quantique peut-elle être considérée complète?*

Alain Aspect et Philippe Grangier ont démontré par leurs expériences que les prémisses posées par Einstein dans le paradoxe EPR étaient erronées. En 1981 et 1982 les deux physiciens français ont publié leurs recherches scientifiques par lesquelles le principe de Heisenberg était validé. Olivier Costa de Beauregard résume les résultats des deux savants de la manière suivante: „Il y a donc une limite au savoir, comme une obligation de non-science à partir de frontières précisément définies. On se rend compte sur le champ des énormes conséquences d'une telle démonstration: la mécanique quantique nous décrit le réel sous certaines conditions et sans pouvoir l'épuiser d'où les hypothèses séduisantes de Bernard d'Espagnat sur un double niveau de la réalité et sur le caractère voilé d'un réel fondamental mais scientifiquement inaccessible".<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Collectif, *La fin du déterminisme*, Paris, 1998, p. 188.

<sup>4</sup> *Ibid.*, p. 224.

L'épistémologie développée à partir des prémisses de la physique classique est fondée sur le principe de continuité. La continuité est une constante de la pensée moderne qui place la réalité immédiate au centre de son épistémologie, visible et palpable. Le principe de continuité exprime une connaissance quantitative, observable dans un mode explicite. L'analyse mathématique a valorisé le principe de continuité, en développant une épistémologie qui comprenait le monde dans toute sa complexité comme une évolution continue, manifestée dans tous les aspects de la vie. L'évolutionnisme, aussi bien que le mythe du progrès, spécifiques pour la mentalité moderne, sont intrinsèquement liés au principe de continuité.

Le principe de discontinuité caractérise la pensée enracinée dans une tradition religieuse qui affirme l'existence des distinctions qualitatives. La discontinuité comme fracture épistémologique favorise le développement d'une connaissance qui opère avec une logique paradoxale, faisant la plaidoirie d'une théorie unificatrice, mais dans laquelle les distinctions sont conservées. L'unité ne signifie pas l'uniformité parce que dans la connaissance on conserve le principe de hiérarchisation spécifique pour une pensée religieuse. La discontinuité ontologique fondamentale se retrouve dans la distinction entre incréé et créé. Au niveau du monde créé le principe de discontinuité assure l'existence des réalités distinctives qualitativement.

La physique quantique retrouve dans le plan de l'épistémologie scientifique le principe de discontinuité et par cela elle favorise une relation entre la connaissance scientifique et la pensée religieuse. Le quanta implique l'existence de la discontinuité, la transmission d'énergie de façon discontinue. La connaissance fondée sur le principe de discontinuité n'est pas évidente pour la pensée analytique et discursive. Cette connaissance n'est pas une expression d'une connaissance conceptuelle, mais d'une intuition enracinée dans l'imaginaire profond de l'homme. La discontinuité affirmée par la physique quantique remet entièrement en cause, dans le cadre de l'épistémologie scientifique, le schéma du réalisme classique caractérisé par la causalité locale, le déterminisme univoque et l'objectivité neutre, qui sont les attributs essentiels du principe de continuité.

Bernard d'Espagnat montre que les recherches scientifiques de la physique quantique soulignent le fait que la réalité physique ne peut être explicitée définitivement par une théorie scientifique. Il introduit le terme de „réel voilé” qui exprime les limites de la connaissance scientifique. „Ce

### *Le principe de l'indétermination dans la physique quantique...*

réel voilé excède en partie les possibilités de l'intelligence humaine... D'un autre côté, ce que la science nous apprend a sans aucun doute un rapport avec le réel. Mais l'information qu'elle nous procure à son sujet paraît limitée à certaines de ses structures générales, et ne peut donc être conçue comme exhaustive".<sup>5</sup>

L'épistémologie scientifique moderne reconnaît comme vérité scientifique le concept qui est mathématisable et qui est vérifiée par l'expérimentation l'expérimentation pratique. La vérité scientifique est le résultat d'une méthodologie qui se fonde sur la combinaison entre la logique formelle de la mathématique et l'empirisme. On émet une hypothèse qui est vérifiée par l'expérimentation et puis les résultats de la théorie sont interconnectés dans une conception cohérente mathématisée. La vérité scientifique de l'épistémologie moderne part de la prémisse qui sépare l'homme et la nature. L'objectivité scientifique est garantie par cette séparation.

La physique quantique souligne l'existence des limites dans la méthodologie scientifique. La théorie scientifique n'est pas seulement une résultante obtenue par une recherche dans laquelle le sujet humain reste extérieur à la réalité naturelle. La vérité scientifique c'est pas le résultat d'une méthodologie neutre, mais l'expression de l'interaction dynamique entre l'homme et la nature. Cette vérité reconnaît les limites internes et structurales de la méthodologie scientifique, en affirmant la structure ouverte de type godelien de la pensée humaine.

Les limites ne diminuent pas l'autorité épistémologique de la science, mais elles permettent l'ouverture de la connaissance scientifique pour assumer le mystère de la nature, en favorisant une connaissance supérieure du monde. „La science, cessant d'être le spectateur de la nature, se reconnaît elle-même comme partie des actions réciproques entre la nature et l'homme. La méthode scientifique, qui choisit, explique et ordonne, admet les limites qui lui sont imposées par le fait que l'emploi de la méthode transforme son objet, et que, par conséquent, la méthode ne peut plus se séparer de son objet. Cela signifie que l'image de l'univers selon les sciences de la nature cesse d'être, à proprement parler, l'image de l'univers selon les sciences de la nature".<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Bernard d'Espagnat, *Le réel voilé*, Fayard, Paris, 1994, p. 377.

<sup>6</sup> Werner Heisenberg, *La nature dans la physique contemporaine*, Gallimard, Paris, 1962, p. 34.

L'indétermination impliquée par la physique quantique présuppose certains niveaux: comme ignorance humaine, comme une limite de la connaissance conceptuelle, comme une indétermination ontologique et structurale de la nature. Einstein et Bohr considèrent l'incertitude exposée par le principe de indétermination comme une expression de l'ignorance humaine. La subjectivité de la recherche scientifique est donnée par une information incomplète et par une interprétation insuffisante des données existantes. L'incertitude est épistémologique, non pas ontologique. La théorie des probabilités et les incertitudes de la physique quantique ont été rejetées par Einstein qui croyait dans l'objectivité absolue de la connaissance scientifique.

Similairement, David Bohm par la théorie des variables cachées essaye de construire un certain cadre formel de la connaissance scientifique, exprimée d'une manière objective. L'incertitude du principe de l'indétermination signifie seulement une étape épistémologique qui est dépassée dans le temps par une théorie qui fait une articulation cohérente de toutes les variables. Il y a dans cette position une aspiration profonde de trouver une théorie unificatrice de la science par laquelle on peut construire une représentation intégrale du monde. Dans cette situation la confiance dans l'autorité de la démarche scientifique reste majeure.

Niels Bohr considère que l'incertitude n'est pas donnée par une ignorance temporaire, mais elle signifie une limite fondamentale de la connaissance humaine. Toute la connaissance humaine (y compris celle scientifique) est limitée structurellement. L'impossibilité d'une prédiction de l'état de la particule atomique n'est pas le résultat de l'intervention du savant, mais elle est une condition intrinsèque de la nature elle-même. Bohr insiste sur l'agnosticisme scientifique, pas sur la dimension ontologique du principe de indétermination.

Néanmoins Bohr a développé une interprétation idéaliste connue comme l'interprétation d'école de Copenhague dans la physique quantique par laquelle est détruite l'ontologie matérialiste. „L'ontologie du matérialisme reposait sur l'illusion que le genre d'existence, la réalité directe du monde qui nous entoure, pouvait s'extrapoler jusqu'à l'ordre de grandeur de l'atome. Or cette extrapolation est impossible. L'on pourrait ajouter quelques remarques concernant la structure formelle de toutes les contre-propositions faites jusqu'à maintenant à l'interprétation de Copenhague. Elles se sont toutes trouvées contraintes à sacrifier les propriétés essentielles de symétrie de la théorie quantique. Par conséquent,



### *Le principe de l'indétermination dans la physique quantique...*

nous serions assez fondés à supposer que l'on ne peut éviter l'interprétation de Copenhague si l'on considère que ces propriétés de symétrie sont une caractéristique authentique de la nature; et chacune des expériences ayant eu lieu jusqu'ici appuie ce point de vue".<sup>7</sup>

Werner Heisenberg est celui qui insiste sur le caractère ontologique du principe de indétermination. La limite est une expression ontologique de la réalité naturelle, elle est structurelle pour l'existence créée. De point de vue théologique la dimension ontologique de l'indétermination exprime clairement la distinction significative entre incréé et créé. La science a une compétence seulement dans le domaine créé, mais aussi dans cette situation elle a une limite donnée par la indétermination ontologique existante dans la nature créée. L'imperfection de la connaissance scientifique n'a pas comme cause ni l'imprécision d'outils de mesure, ni l'imperfection épistémologique, mais la indétermination ontologique existante dans la structure interne du monde.

La dimension ontologique exprimée par le principe de indétermination de Heisenberg montre une potentialité objective de la nature, mais non pas seulement la subjectivité de l'homme. La potentialité objective de la nature peut être actualisé par l'homme dans une histoire unique et irrépétable. „La indétermination est une réalité ontologique. Heisenberg appelle ce la une restauration de la potentialité. Si la indétermination est un attribut de la nature, alors il y a une opportunité pour la nouveauté. Le temps implique une histoire unique et irréversible. Ainsi la potentialité est objective, non pas subjective".<sup>8</sup>

A partir du principe de l'indétermination de Heisenberg la physique contemporaine constate l'existence structurelle de la limite dans le monde microphysique. Il est impossible de prédire les événements des microparticules. Cette limite n'est pas une déficience, mais une chance d'ouverture vers une ontologie qui accepte l'articulation entre nature et métaphysique. Il n'y a pas une ontologie autosuffisante qui épuise la réalité du monde matériel, mais une ontologie qui présuppose la liaison entre naturel et surnaturel. L'épistémologie quantique et l'ontologie fondée sur le principe de l'indétermination affirme clairement que la science ne peut pas donner une représentation complète du monde.

Le nouveau principe de causalité de l'ontologie quantique dépasse la description complète du système physique. „Dans sa totalité le nouveau

<sup>7</sup> Idem, *Physique et philosophie*, Albin Michel, Paris, 1961, p. 165-166.

<sup>8</sup> Ian Barbour, *op. cit.*, p. 304-305.

principe de causalité de la physique actuelle implique l'action de Dieu et de l'homme. Il a un caractère métaphysique et il affirme que la science ne peut jamais être complète". (John Polkinghorne, *Kenotic Creation and Divine Action*, p. 98). L'existence de la limite dans la connaissance scientifique ouvre une nouvelle perspective épistémologique. (Dans ce sens voir J. Polkinghorne, *Reason and Reality*, London, 1991, et *Belief in God in an Age of Science*, Yale University Press, 1998; M Worthing, *God, Creation and Contemporary Physics*, Fortress, 1996).

Le principe de indétermination met en discussion la nature de la connaissance scientifique et les possibilités d'investigation de la recherche scientifique. Dans cette situation on pose la question sur ce qui véritablement réel. L'épistémologie fondée sur la physique classique reconnaît comme réel le monde sensible identifié par les sens. Toute autre conception n'était pas considérée comme scientifique. La physique quantique par le principe de Heisenberg favorise l'intuition d'une autre réalité plus profonde que celle observée par des moyens empiriques. En fait ce niveau profond de la réalité articule toute l'existence matérielle. La relation entre la physique et la métaphysique retrouve la force du symbole et de l'archétype spécifique pour une épistémologie traditionnelle. De ce point de vue l'effort de Heisenberg de lire Platon en grec ancien est emblématique, le physicien ayant l'intuition de la relation entre l'épistémologie quantique et l'épistémologie symbolique de Platon.

En ce qui concerne cet aspect, Max Planck reconnaît: „La recherche scientifique nous aide à prendre conscience du fait que le monde phénoménologique constitue seulement une approximation d'une réalité plus profonde que celle observable. Bien que les sciences naturelles se fondent sur l'expérimentation empirique et utilisent les impressions sensorielles, la recherche scientifique contemporaine nous aide reconnaître l'existence d'une réalité métaphysique dans l'horizon de l'expérimentation empirique. On pourrait comme plusieurs savants riposter à cette idée... Nous répondons que la réalité métaphysique ne se cache pas derrière le monde naturel. La réalité métaphysique se situe à l'intérieur même le plus profond du monde empirique. Le monde sensible n'est pas le seul qui existe, mais il y a une autre réalité supérieure inaccessible à l'expérimentation empirique, mais que la science reconnaît par intuition”.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Ian Barbour, *When Science Meets Religion*, Harper Publishing, San Francisco, 2000, p. 74.