



LECTURE POUR LA MARQUISE

Qu'est-ce que la matière

Françoise Balibar, JM Lévy-Leblond,
Roland Lehoucq

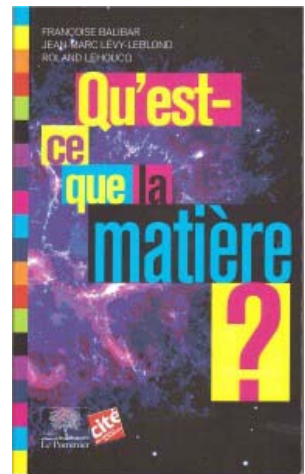
Le Pommier/Cité des sciences et de l'industrie
2014

La collaboration de trois auteurs aussi différents conduit à un petit livre d'une grande richesse. Chacun d'entre eux apporte successivement une vision particulière d'un concept assez difficile à bien définir.

Dans la première partie, **Françoise Balibar** aborde l'aspect historique ; elle montre comment progressivement les penseurs de l'Antiquité se sont dégagés des explications mythologiques pour aboutir à des explications de nature plus causale. Elle explique comment l'influence de Parménide et de son école a failli réduire la physique (du latin *physica* science de la nature) au silence. Pour ce philosophe de l'Antiquité il était fondamental de distinguer ce qui « EST » et ce qui « N'EST PAS ». Par nature on ne devrait pas pouvoir parler, ni penser ce qui n'est pas. Le verbe être a deux fonctions, d'une part « *ce qui est vrai* » en vérité et d'autre part ce dont l'essence est d'exister.

Exemple : Pour les Milésiens « CE QUI EST » existe de toute éternité et ne peut donc pas subir de changement ; de « ce qui est » on ne pourra jamais dire *qu'il était ou qu'il sera* car ce qui est présent ne peut pas procéder de « ce qui n'est pas ». Ce qui « est » ne peut pas subir de changement car du « N'EST PAS » ne peut se mêler à ce qui « EST ». Autrement dit, si une chose a changé, c'est qu'elle cesse d'être elle-même (puisqu'elle a changé). Si au contraire, elle reste identique à elle-même, c'est qu'elle n'a pas changé...

Françoise Balibar explique que toute la physique grecque n'est qu'une longue série de tentatives en vue de contourner l'argument de Parménide. La première tentative est *l'irruption du vide*, puis avec Aristote : *la matière et la forme*. Pour Aristote la statue existe déjà en puissance dans le bloc de pierre du sculpteur, l'artiste ne fait que la rendre présente



« en acte ». Plus tard Galilée se propose « *de rendre mesurable ce qui ne l'est pas encore* » en particulier la notion de masse « *qui persiste dans son être lors du mouvement* ». Newton « *ne forge pas d'hypothèse* » sur les causes de l'attraction des masses. Leibnitz, lui, anticipe la notion de champ qui apparaîtra avec Faraday.

La deuxième partie porte sur la matière dans la physique moderne. Elle part d'une question non résolue par Isaac Newton : « *Comment la Lune sent-elle la Terre qui est située à 384 000 km d'elle ?* La réponse apparaîtra avec la notion de champ qui « *acquiert un statut ontologique* ». Le concept de champ remplissant tout l'espace sert de médiateur.

Jean-Marc Lévy-Leblond suggère, depuis longtemps, d'utiliser le terme générique de « *quantons* » pour désigner les particules comme

« *électron* », « *proton* », « *photon* », « *neutron* »... Ces quantons relèvent du discontinu quant à leur quantité et du continu quant à leur spatialité (on ne peut pas localiser un quanton en un point de l'espace). Ce faisant on retrouve une certaine analogie, d'une part avec les corpuscules en ce qui concerne la qualité et, d'autre part, avec les ondes en ce qui concerne la spatialité. Mais, pour l'auteur, les quantons ne sont : « *ni ondes ni corpuscules* » mais un type d'objets qui constitue un monisme quantique.

La dernière partie s'intitule *généalogie de la matière*. **Roland Lehoucq** reprend les grandes lignes de l'histoire de l'Univers à partir de la synthèse des atomes lourds dans les chaudrons stellaires pour terminer sur les incertitudes quant à la nature de la matière sombre.

L'esprit et la matière d'Erwin Schrödinger

Précédé de *L'Élision*, par Michel Bitbol,
Seuil 2011-Points Sciences n° S199

Pour tenter de saisir la nature de la mécanique quantique, il est indispensable de relire les œuvres des pères fondateurs et parmi eux Schrödinger est acteur essentiel.

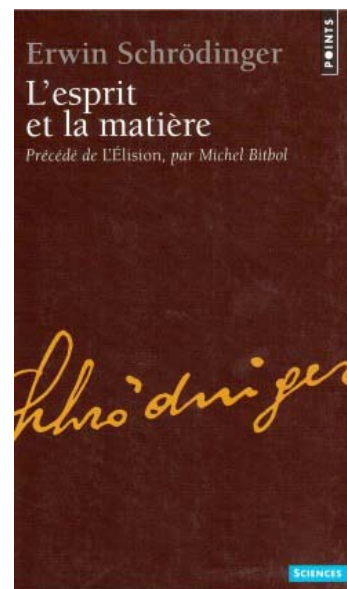
Ce livre est précédé par un long essai philosophique (presque 200 pages) de Michel Bitbol qui constitue une solide préparation pour aborder l'œuvre de Schrödinger proprement dite.

La mécanique quantique fut développée dans les années trente.

À cette époque les physiciens cherchaient à établir les lois physiques valables à l'échelle de l'infiniment petit. L'étrange comportement de la matière qu'ils observaient à ce niveau impliquait une profonde et nouvelle réflexion philosophique sur le concept de réalité qui s'écartait profondément des conceptions habituelles de la mécanique classique : plus de particules localisées et encore moins de trajectoires mais une quantification des grandeurs observables inexplicable.

Progressivement deux tendances antagonistes apparurent.

La première était incarnée par le « *Cercle de Vienne* » dont Schrödinger, né à Vienne en 1887, faisait partie. Elle était héritière du positivisme d'Ernst Mach et reposait sur ce qui fut appelé néopositivisme ou **empirisme logique**. Selon ses adeptes, l'expérience est à la base de toute



connaissance dans tous les domaines. Tous les phénomènes peuvent se décrire d'une manière logique avec les seules lois de la physique. Ces lois ne prétendent pas expliquer « *la réalité objective* », la réalité en soi, mais faire des prédictions observables. La « *Bible* » logique des membres du cercle de Vienne est, pour l'essentiel, contenue dans le « *Tractatus logico-philosophicus* » de Ludwig Wittgenstein.

Dans l'élaboration de la physique quantique, Erwin Schrödinger ne peut accepter le concept de saut quantique ; pour lui, comme pour Einstein, la physique quantique est incomplète ; il doit exister des variables cachées. L'un comme l'autre ne peuvent accepter la perte d'une description continue dans l'espace-temps des phénomènes particuliers, car on perd par là-même le sens du réel.

L'autre tendance est « *l'École de Copenhague* » dont le leader est Niels Bohr mais qui comprend également Heisenberg, Pauli, Born etc. Pour cette école la recherche du réel n'a pas de sens, tout système se définit seulement par l'ensemble de ses propriétés et il n'y a pas de « *variables cachées* » à chercher.

Dans ce livre le concept de réalité est largement commenté. Jusqu'aux années trente, « *les sciences se sont constituées par un retrait systématique du sujet connaissant* » (Bitbol p. 118). Avec la mécanique quantique, c'est en vain que le scientifique ne puisse pas décrire la nature en se plaçant en dehors de celle-ci. L'un des précurseurs de cette position, A. Comte, indiquait déjà qu'il est impossible de « *se mettre à la fenêtre pour se regarder passer dans la rue* ». Pour Wittgenstein, le scientifique est comme l'œil dans le champ visuel : « *rien dans le champ visuel ne permet de conclure qu'il est vu par un œil* » (Tractatus 5.633) Schrödinger note que « *Le scientifique simplifie inconsciemment, presque par inadvertance, son problème qui consiste à comprendre la nature, en négligeant ou en évacuant du tableau à élaborer : lui-même, sa propre personnalité, le sujet de la connaissance* ». Plus loin (p. 233), il écrit : « *Nous excluons le Sujet de Connaissance du champ naturel que nous tentons de comprendre. Nous reculons avec notre propre personne dans le rôle d'un spectateur qui n'appartient pas au monde (...).* »

Deux formalismes apparemment contradictoires émergent donc, l'un porté par Heisenberg, l'autre par Schrödinger.

En 1925, à l'âge de 24 ans, Heisenberg regroupe dans des tableaux les propriétés observables de l'atome d'hydrogène puis cherche à les relier à l'aide d'un formalisme mathématique. En pratique il redécouvre le calcul matriciel. Celui-ci s'adapte particulièrement bien à l'aspect corpusculaire donc à l'essence discontinue de la matière. Par contre il ne rend pas compte des trajectoires des particules que l'on peut pourtant observer dans les « *chambres à brouillard* ». Finalement Heisenberg trouvera un compromis à l'aide ce qu'on appellera par la suite le « *principe d'incertitude* », mais qu'il est préférable aujourd'hui de nommer « *inégalités de Heisenberg* » car l'incertitude ne résulte pas des appareils de mesure mais de la nature intrinsèque des

phénomènes observés. Les relations (ou inégalités d'Heisenberg) définissent les limites d'utilisation des concepts classiques de position et de vitesse.

L'année suivante, en 1927, Schrödinger s'attache au formalisme ondulatoire. Depuis la toute nouvelle thèse de Louis de Broglie, on admet que l'on peut associer une onde à chaque particule. L'aspect ondulatoire présente l'immense avantage de conserver un aspect continu, les ondes occupent tout l'espace sans discontinuité. Mais que deviennent alors les particules ? Pour Schrödinger elles sont constituées d'un ensemble d'ondes différentes nommé « *paquets d'ondes* ». Dans certaines régions, ces paquets d'ondes donnent des pics, représentatifs des particules. Pour Schrödinger : « *Il vaut mieux ne pas regarder une particule comme une entité permanente, mais comme un événement instantané* ».

Ces deux formalismes qui semblent contradictoires sont en réalité équivalents, comme Schrödinger réussira à l'établir ultérieurement.

Notons l'émergence d'une conception nouvelle dans le rapport du sujet observant à l'objet observé. Ce rapport « *est une véritable interaction physique* », « *l'objet est affecté par notre observation* ». Cette conception est toujours d'actualité avec le concept moderne de décohérence.

Terminons par une belle image sur l'esprit et la matière :

« *Nous marchons sur la ligne de front des générations [...] un jour de la vie de quelqu'un [...] n'est qu'un infime coup de burin sur la statue à jamais inachevée* ». « *Nous sommes nous-mêmes le burin et la statue, conquérant et conquis à la fois* » (p. 202 et 203).

Ce livre aborde des questions essentielles d'ordre philosophique, indispensables pour aborder les bases de la mécanique quantique.

Christian Larcher ■