

Schrödinger: Une idée du réel*

M. BITBOL

CNRS, Institut d'histoire et philosophie des sciences
13 rue du Four, 75006 Paris

Parler de la conception qu'avait Schrödinger de la réalité, c'est, en première analyse, se heurter à une contradiction. Une contradiction tellement aiguë qu'elle a conduit, comme l'a écrit Melgar dans un article récent sur la philosophie de Schrödinger¹, à une confusion générale des commentateurs. Voici en effet un physicien à l'épistémologie réputée "classique", au moins par contraste avec celle de l'école de Copenhague, un physicien aux positions réalistes clairement affichées et souvent rapprochées de celles d'Einstein, qui se double, dans ses écrits philosophiques, d'un penseur aux accents franchement idéalistes. Aucun intervalle chronologique ne pouvant être invoqué pour expliquer la discordance, aucun signe de schizophrénie aiguë ne pouvant être relevé chez l'auteur des deux séries de textes, il nous faudra trouver le point d'équilibre. C'est-à-dire le cadre conceptuel dans lequel ses énoncés apparemment antinomiques acquièrent cohérence et unité. Mais avant tout, il convient de pousser le paradoxe apparent jusqu'à son paroxysme, ne serait-ce que pour se mettre en situation de percevoir plus intensément la portée de la solution qu'en donne Schrödinger.

* Travail présenté au séminaire de la Fondation Louis de Broglie le 29 janvier 1990.

¹ Melgar M. F., "The philosophy of E. Schrödinger", *Found. Phys.* 18, 357-371, 1988

I-Réalisme et physique quantique.

Les travaux de Schrödinger dans le domaine de la physique sont portés par deux idéaux classiques. Le premier, explicitement inspiré par Boltzmann, revient à vouloir donner des phénomènes une représentation imagée et spatio-temporellement continue. Le second consiste à s'assurer qu'il existe, au sein de la représentation théorique, un symbole ou un ensemble de symboles se référant directement à une entité "réelle". "Réelle" sans atténuation, sans périphrase venant relativiser la portée du mot, ou en affaiblir les connotations dans le champ sémantique de l'objectivité. L'une des tâches majeures que s'assigne Schrödinger dans la suite de ses célèbres articles de 1926, fondant la "mécanique ondulatoire", c'est justement d'identifier, dans le formalisme qu'il met en place, celle des quantités qui joue ce rôle. L'entité "réelle" recherchée a d'abord été l'onde, décrite par la fonction ψ , puis la densité spatiale de charge électrique $e\psi\psi^*$. Lorsque Schrödinger doit expliquer l'évolution de sa pensée à ce sujet, il écrit: "Ce changement d'interprétation peut choquer au premier abord, étant donné que nous avons si souvent parlé jusqu'à présent et en des termes si concrets des 'oscillations ψ ' comme quelque chose de tout à fait réel. Cependant, celles-ci ont quand même quelque chose de bien réel à leur base, même d'après la conception actuelle, à savoir les fluctuations essentiellement réelles de la densité spatiale électrique."². Dans cette phrase, on ne peut être que frappé par l'emploi intensif, redondant, presque obsédant du mot "réel". Mais il ne s'agit pas d'une simple incantation. Le concept de réel, tel que Schrödinger l'emploie en physique, s'accompagne de toute une série de critères qui en fixent l'application de façon contraignante. Le principal d'entre ces critères est la nécessité que la désignation d'une entité comme "réelle" n'entre pas en conflit ouvert avec l'idéal Boltzmannien d'une représentation continue dans l'espace et dans le temps "ordinaires". On comprend dans ces conditions que Schrödinger ait été frappé de plein fouet par l'objection que fit Lorentz, dans une lettre du 27 mai 1926, à son interprétation de la théorie à peine née. Le caractère spatio-temporel concret que prêtait la mécanique ondulatoire à l'électron, représenté par une onde dans l'espace à trois dimensions, s'évanouissait dès que l'on traitait d'un système de n électrons. Il fallait dans ce dernier cas étudier non pas n ondes dans l'espace ordinaire à trois dimensions, mais une entité ondulatoire unique dans un espace à $3n$ dimensions. Dans les termes

² E. Schrödinger, "Quantification et valeurs propres, IV" In: "Mémoires sur la mécanique ondulatoire", J. Gabay, 1988. p. 191

de Schrödinger “ ψ est une fonction dans l’espace de configuration et non pas dans l’espace réel”³.

Il faudra des dizaines d’années à Schrödinger pour surmonter cette objection, qui s’ajoutait à d’autres, et pour sortir d’une attitude de scepticisme prudent et réservé vis-à-vis de l’interprétation de Copenhague de la mécanique quantique. Lorsqu’il en sortira, vers la fin des années 1940 et le début des années 1950, ce sera pour adopter une attitude plus ouvertement critique, parallèle à celles de L. de Broglie⁴ et d’Einstein, avec pour motif un retour à son interprétation ondulatoire du début de 1926, et un élargissement corrélatif des critères d’application du qualificatif “réelles” aux “oscillations ψ ”. Ce qualificatif ne se voit plus imposer une délimitation strictement spatio-temporelle. Tout en gardant un rapport avec l’espace-temps, il acquiert la généralité d’une définition logique: Le qualificatif “réelle” appliqué à une onde ψ “signifie que l’onde agit simultanément dans toute la région qu’elle couvre, et non pas soit ici soit là. Cela ne permettrait pas de rendre compte des phénomènes d’interférence. Ce qualificatif signale en définitive la différence essentielle entre ‘à la fois-et’ (et-et) et ‘soit-soit’ (aut-aut)”⁵. Cette attitude lui vaut l’approbation d’Einstein, au nom de leurs positions “réalistes” communes. Dans une lettre du 22 décembre 1950, Einstein remarque: “Tu es le seul physicien contemporain, avec Laue, qui aperçoive qu’on ne peut pas contourner l’hypothèse de la réalité”. Comme Einstein, Schrödinger travaille dans les années 1950 au projet d’une théorie unitaire des champs fondée sur une géométrie plus complexe que celle de l’espace Riemannien quadridimensionnel de la relativité générale. Cette géométrie, comprenant des connexions affines, “doit, dit Schrödinger dans son ouvrage ‘Space-time structure’⁶, servir de modèle au monde physique réel”. Le fait qu’il ajoute des guillemets à l’expression “monde réel autour de nous dans l’espace et dans le temps”, utilisée dans sa préface au même ouvrage, doit cependant être considéré comme un avertissement discret, un imperceptible clin d’œil au lecteur averti, comme s’il voulait dire: “Non, je ne suis pas dupe de cette expression toute faite véhiculée par le sens commun”.

³ *ibid.* p. 192

⁴ Voir à ce sujet: G. Lochak, “Convergence and divergence between the ideas of de Broglie and Schrödinger in waves mechanics”, *Found. Phys.* 17, 1189-1203, 1987

⁵ E. Schrödinger “Are there quantum jumps?” *Brit. J. Philos. Sci.* 3, 231-241, 1952

⁶ Cambridge University Press, 1950

II- La critique de la “réalité extérieure”.

Et en effet, Schrödinger n'est pas dupe. Il s'engage même dans l'une des critiques les plus radicales de la croyance en une “réalité extérieure” qu'ait connu l'histoire de la pensée occidentale⁷. Tout d'abord, il approuve la part destructrice de la démarche de Berkeley comme s'il s'agissait d'un passage obligé, d'une vérité triviale⁸. Mais l'argumentation qu'oppose Schrödinger à la notion populaire d'un “monde réel extérieur étendu dans l'espace et dans le temps” est en fait organisée selon une problématique post-Kantienne. Il s'agit ici de justifier le rejet ou la transfiguration du concept Kantien de chose en soi, ou, selon les termes mordants de Schrödinger, de “(...)l'idée sublime mais vide de chose en soi sur laquelle nous ne connaissons jamais rien.”⁹.

Cette chose en soi inconnaissable n'a de pertinence que si l'on admet à tout le moins que c'est elle qui cause l'apparaître. Mais la pure transposition de la causalité, schème régulateur de l'expérience, dans le domaine d'un en dehors de l'expérience est illégitime: “(...)une relation de cause à effet entre ce quelque chose d' 'existant' et le monde de représentations, bâti sur de simples données, serait une relation complètement nouvelle, nécessitant une explication et n'ayant de prime abord aucun rapport avec le système de cause à effet à l'intérieur du monde représenté”¹⁰. La tentative de préserver un “monde réel extérieur” en se fondant sur sa capacité à rendre compte d'un vécu qui nous serait commun échoue à son tour. La constatation de la communauté de nos expériences est, pour commencer, nécessairement indirecte, puisqu'elle est suspendue à un accord véhiculé par le langage de tous les jours¹¹. De plus, le rattachement de cet accord à une source “extérieure” repose sur l'argument de causalité, qui est simplement multiplié par le nombre d'individus à mettre en accord. En vérité, pour Schrödinger, l'hypothèse du monde réel extérieur n'est autre qu'une “formulation en d'autres termes”¹² de

⁷ Voir M. Bitbol, “L'élision”, in: E. Schrödinger, “L'esprit et la matière”, précédé de “L'élision” par M. Bitbol, Seuil 1990, pour une version développée de cette critique.

⁸ E. Schrödinger, “Ma conception du monde”, *Mercure de France*, 1982, p. 59

⁹ E. Schrödinger, “L'esprit et la matière”, précédé de “L'élision” par M. Bitbol, Seuil 1990, p. 196

¹⁰ E. Schrödinger, “Ma conception du monde”, *Mercure de France*, 1982, p. 103

¹¹ *ibid.* p. 121

¹² *ibid.*

l'énigme de la communauté des expériences vécues. Une formulation qui prétend tout résoudre par un redoublement inesthétique et inutile de ce monde qui "n'est donné qu'une seule fois"¹³.

Il reste à conclure: l'hypothèse d'un monde réel extérieur "est mystique et métaphysique"¹⁴: "La première raison fait que l'hypothèse du monde matériel est métaphysique, parce qu'il n'y a rien d'observable qui puisse lui correspondre. Et la deuxième raison la rend mystique, parce qu'elle nécessite qu'une relation réciproque et empiriquement bien fondée entre deux objets (à savoir cause et effet) soit appliquée à des couples d'objets, dont l'un seulement (la perception sensorielle ou éventuellement l'acte volontaire) soit appliquée à des couples d'objets, dont l'un seulement (la perception ou éventuellement l'acte volontaire) est vraiment perçu ou observé, tandis que l'autre (la cause matérielle, éventuellement la réalisation matérielle) est simplement une construction de l'imagination." Les qualificatifs "mystique" et "métaphysique" tendent ici seulement à indiquer que la vision naïve d'un monde réel, qui se veut seule "naturelle", est chargée du même poids d'arbitraire que beaucoup d'autres conceptions. La décision entre ces conceptions ne peut dès lors s'effectuer sur le critère de la présence ou de l'absence de l'ingrédient métaphysique dans leur élaboration, puisque cet ingrédient n'est jamais absent. D'autres critères sont requis, et celui que favorise Schrödinger est, sans que je puisse ici apporter de précisions, d'ordre éthique.

La contradiction entre les deux Schrödinger(s) étant arrivée à son point culminant, on est en droit d'attendre la solution promise dans l'introduction. Mais avant d'en venir là, je propose une sorte d'intermède linguistique. Il s'agit de nous assurer du contenu sémantique de deux mots allemands dont Schrödinger fait usage, et dont la traduction consacrée est "réalité" en français ou "reality" en anglais.

III-La langue allemande et les deux "réalités".

Ces deux mots sont "Realität" et "Wirklichkeit". Leur étymologie est radicalement distincte. Le premier est une simple adaptation du mot latin correspondant: "realitas". Celui-ci, qui semble avoir été forgé

¹³ E. Schrödinger, "L'esprit et la matière", précédé de "L'élosion" par M. Bitbol, Seuil 1990, p. 206

¹⁴ E. Schrödinger, "Ma conception du monde", Mercure de France, 1982, p. 141

par Duns Scot au XIV^e siècle, est construit autour du mot latin “res”, c’est à dire “chose”. Son équivalent allemand exact serait “Dinglichkeit” : “chosalité” dans un français torturé pour la circonstance. Le second mot dérive du verbe “wirken” signifiant “agir”, “opérer”, “avoir de l’effet”. Ce verbe est doté de la même racine que le substantif “Werk” signifiant “travail”. “Wirklichkeit” devrait donc se traduire en toute rigueur par “actualité”, “effectivité”. Le premier emploi connu de “Wirklichkeit”, celui qu’en fait Maître Eckhart, est conforme à cette étymologie, puisqu’il réfère à l’expérience dans son actualité¹⁵.

On serait tenté de déduire qu’il doit exister, entre les deux mots, une différence considérable d’extension sémantique. Mais, s’il est vrai que certains philosophes allemands des XIX^e et XX^e siècles ont pu utiliser pleinement cette ressource de leur langue qu’est la distinction étymologique entre “Realität” et “Wirklichkeit”¹⁶, les deux mots sont, dans leur usage courant contemporain, des synonymes presque exacts. Et on aurait pu, au demeurant, prédire cette confluence sémantique. La “res” de “realitas” peut en effet aussi bien signifier la “chose” dans son apparaître empirique que la “chose” comme représentation d’une transcendance, d’une extériorité inaccessible, comme “chose en soi”. Dans le premier sens de “res”, “Realität” se rapproche considérablement de “Wirklichkeit”.

Voyons donc si l’emploi que fait Schrödinger des deux mots allemands usuellement traduits par “réalité” les distingue ou les confond. Il est tout d’abord clair que le physicien viennois n’emploie pas plus systématiquement Realität pour désigner (ou critiquer) la réalité transcendante qu’il n’utilise Wirklichkeit pour désigner l’actualité de l’apparaître. L’usage qu’il fait de ces mots peut parfois même être opposé à celui qu’on attendrait sur le critère de l’étymologie. Dans une lettre à Einstein du 18 Novembre 1950, par exemple, Schrödinger s’en prend aux aspects positivistes d’une interprétation répandue de la mécanique quantique. On y lit : “La conception d’un monde qui existe réellement (wirklich) se fonde sur l’expérience commune de beaucoup d’individus (...) Ce fondement adéquat de la réalité (Wirklichkeit) est repoussé comme

¹⁵ W. Brügger, *Philosophisches Wörterbuch*, Verlag Herder, Freiburg, 1961

¹⁶ Heidegger signale par exemple que Hegel, lorsqu’il doit traduire le “mot fondamental” d’Aristote, à savoir *Ἐνεργεῖα*, se sert de “Wirklichkeit”. Pour en revenir à une référence latine, “Wirklichkeit” est donc employé par Hegel pour traduire “actus”, et non “realitas”. M. Heidegger, “Questions II”, Gallimard, 1968, p. 58.

trivial par les positivistes lorsqu'ils veulent toujours parler de la façon suivante: si 'je' fais une mesure, 'je' trouve ceci ou cela, (et (ils ajoutent) que cela doit être la seule réalité (Realität))¹⁷. Ici, Schrödinger expose la différence entre la conception populaire d'un monde réel extérieur, et la conception limitée de la réalité qu'acceptent les positivistes: des sensations, et le résultat d'opérations de mesure si "je" les effectue. Or il utilise "Wirklichkeit" pour la réalité extérieure et "Realität" pour l'agglomérat de données que "j' "ai obtenues.

Par ailleurs, j'ai relevé dans les 60 pages de l'essai "Was ist wirklich?" du recueil "Meine Weltansicht"¹⁸, 19 occurrences des mots "wirklich; Wirklichkeit" et "real; Realität". Aucune règle de préférence de champ sémantique ne s'en dégage. Il y a même des exemples d'usage indifférent des qualificatifs "wirklich" et "real", dans des contextes par ailleurs exactement identiques. A la page 108, par exemple, Schrödinger expose sa critique de l'argument de causalité, et parle du monde réel (real) R auxquels les mondes observés B et B' sont censés être semblables. Il conclut son argument, à la phrase suivante par: "Personne ne perçoit deux mondes, un monde observé et un monde 'réel' (wirklich)". Mais le monde "réel" (wirklich) dont il s'agit ici est le monde réel R de la phrase précédente, qui se voyait qualifier de "real". On peut affirmer dans ce cas que "Wirklichkeit" et "Realität" fonctionnent comme des synonymes exacts qui sont utilisés alternativement, par simple souci d'éviter les répétitions. Ajoutons à ceci que Schrödinger a écrit en anglais durant la seconde moitié de sa vie, et qu'il emploie sans précautions le mot "reality", dans la plupart des contextes où il se sert en allemand des vocables "realität" ou "wirklichkeit".

La distinction étymologique ne recouvre donc aucune différence sémantique dans le vocabulaire Schrödingerien de la réalité. Est-ce à dire que notre brève incursion dans la sémiologie s'avère inutile? Je ne le pense pas. D'une part, elle peut attirer l'attention sur le danger qu'il y aurait à étendre aux textes de physiciens allemands des distinctions qui n'ont pas prouvé leur pertinence, en dehors de l'oeuvre de philosophes dont le souci était d'enraciner dans la langue la netteté de leurs dichotomies conceptuelles. D'autre part, notre sensibilité est

¹⁷ K. Przibram (ed.), "Letters in wave mechanics", Philosophical library, 1967

¹⁸ E. Schrödinger, "Mein Leben, meine Weltansicht" Diogenes Taschenbuch, 1989, trad. française: "Ma conception du monde", Mercure de France, 1982

désormais éveillée aux deux sens possibles du mot réalité, ceux que distingue Bernard d'Espagnat, l'empirique et le transcendant, le manifeste et le voilé. La différence entre ces deux sens est présente dans la pensée de Schrödinger, même si elle ne se cristallise pas dans le vocabulaire allemand. Elle est présente et en même temps, comme on va le voir, elle est transfigurée, marquée par Schopenhauer et non par Kant.

IV- Le sol réel de l'évidence

La réalité, pour Schrödinger, c'est d'abord le pur domaine du vécu, de l'éprouvé. L'énigme à laquelle nous nous heurtons est, selon Schrödinger, celle de la relation entre l'esprit et la matière. L'insolubilité de principe de cette énigme nous impose d'abandonner le dualisme qui la fait naître. Mais alors, "Si nous décidons de n'avoir qu'un seul domaine, (...)il faut, puisqu'en tout cas le psychique est là (cogitat est) que ce soit le domaine psychique."¹⁹ On ne doit cependant pas prendre cet idéalisme à la lettre. En tout cas, il ne s'agit certainement pas d'une variété subjectiviste d'idéalisme. Le moi tombe en effet, au même titre que la réalité extérieure, sous le coup de la critique: "Qu'est-ce que le moi? Si vous l'analysez de près, vous trouverez, je pense, qu'il est à peine plus qu'une collection de données singulières (expériences et souvenirs) ou encore le canevas sur lequel ces données sont rassemblées."²⁰ Le véritable sol de l'évidence n'est, pour Schrödinger, pas plus intérieur qu'extérieur, ne serait-ce que parce qu'une intériorité suppose comme son envers ou son corrélat cet "extérieur" sur lequel avait porté la critique de l'argument de causalité. L'évidence reste le vécu, mais un vécu délivré de sa particularisation, de sa subjectivité. Le vécu comme monde unique et exclusif, s'il est vrai qu'il n'y a pas deux arbres, l'arbre perçu et l'arbre dont il est la perception, mais un seul, nommé de deux façons différentes²¹. En fait, "le monde n'est donné qu'une seule fois. Rien n'est réfléchi. L'original et l'image en miroir sont identiques."²² La

¹⁹ E. Schrödinger, "Ma conception du monde", Mercure de France, 1982, p. 102

²⁰ E. Schrödinger, "What is life?" Cambridge University Press, 1983, épilogue, p. 96

²¹ E. Schrödinger, "Ma conception du monde", Mercure de France, 1982, p. 33. Cette image de l'arbre semble être reprise de Berkeley, "Dialogues entre Hylas et Philonous", I, 200.

²² E. Schrödinger, "L'esprit et la matière", précédé de "L'élosion" par M. Bitbol, Seuil 1990, p. 206

conscience Une et non des consciences dispersées dans le monde, cette conscience qui ne se distingue pas du monde, c'est la marque de la doctrine de l'identité, dont Schrödinger salue l'archétype millénaire en Inde: "(...)la vie que vous vivez n'est pas seulement un fragment de l'existence entière, elle est, en un certain sens le tout. (...)c'est ce que les Brahmanes expriment dans cette formule sacrée et mystique, qui est au fond si simple et si claire: tat tvam asi (cela c'est toi)"²³.

Une fois reconnu comme sol ferme et seule réalité ce vécu adhérent au monde dans une pure relation d'identité, il reste à réinventer une épistémologie. Comment une connaissance essentiellement intentionnelle, une connaissance qui se donne comme connaissance de quelque chose, peut-elle émerger de l'Un? Schrödinger est tenté par une image, qu'il expose dans un texte inédit, écrit en marge de son exemplaire de l'ouvrage d'Eddington "Philosophy of physical sciences". Cette image, il l'emprunte à Michel-ange, qui décrit ainsi la tâche du sculpteur: "mettre au jour la statue projetée en enlevant les fragments de marbre qui la dissimulent". "Celui qui accepte, poursuit Schrödinger, de transposer cette définition aux produits mentaux de la science, affirme à la fois leur réalité substantielle et le haut degré d'arbitraire en vertu duquel leurs créateurs modèlent une forme ou une autre à partir de la réalité donnée.". La réalité est donc là, vécue, incontournable, mais informe. Le créateur de théories, de produits mentaux de la science, se borne à en extraire une partie, des éclats superflus, pour lui conférer la structure sans laquelle elle reste inaccessible à la description.

Quel est donc ce superflu qu'il a fallu mettre à part? Chaque théorie, chaque création conceptuelle, comporte sans doute son superflu propre. Mais toutes les entreprises de connaissance objective ont aussi leur superflu commun, celui qu'il a fallu arracher à la réalité inarticulée pour qu'elle leur concède un terrain de déploiement. Ce superflu commun, c'est la subjectivité, l'émotion, les qualités sensibles, l'éthique et l'esthétique. Pour que la création puisse s'épanouir, dit Schrödinger, il a fallu que son créateur s'en retire. Ce retrait permet la "simplification"²⁴ indispensable à la progression des sciences, il ouvre la voie à l'édification d'un monde "commun à tous", mais en contrepartie, il nous laisse face au vide, face à un univers déserté par les valeurs.

²³ E. Schrödinger, "Ma conception du monde", *Mercure de France*, 1982, p. 44

²⁴ E. Schrödinger, "Nature and the Greeks", Cambridge University Press, *ibid.* p. 70; 90 et suiv. 1954, p. 90

V-La construction de “l’objet réel extérieur”.

C’est dans ce sol réel appauvri, dans ce qui, tout en étant privé de ses caractères subjectifs, reste un vécu, que “l’objet réel extérieur” du sens commun puise son matériau de construction. Ce matériau, ces “briques”, dit Schrödinger²⁵ dans un souci de vulgarisation, ce sont des fragments de l’éprouvé, les “éléments”. Des éléments qui ne se limitent pas, comme chez Mach, aux sensations, mais qui s’étendent, comme chez Russell, aux pensées, aux souvenirs, aux évocations imaginaires d’un univers conditionnel: ce qui aurait pu apparaître. “(Un objet matériel) explique Schrödinger, est composé non seulement des sensations que j’en ai, mais aussi des sensations imaginaires que j’en aurais si je le faisais tourner, si je le regardais sous différents angles; en plus, il est composé des sensations que, comme je l’imagine, vous avez de lui, et aussi, si on le conçoit de façon purement scientifique, de tous ce que vous pourriez vérifier, et de tout ce que vous trouveriez effectivement si vous le preniez et le disséquiez pour vous assurer de sa nature intrinsèque et de sa composition. Et ainsi de suite. Il n’y a pas de limite dans l’énumération de tous les percepts et sensations potentiels (...) qui sont inclus dans mon discours sur cet (objet) en tant que constituant objectif du ‘monde réel autour de nous’.”²⁶. L’ “objet réel extérieur” est en somme le lieu de convergence d’une série de perspectives actuelles et potentielles. Il est aussi la loi qui transforme chaque perspective en chaque autre, celle que j’ai en celle que je pourrais avoir, celle que je pourrais avoir en celle que vous pourriez avoir. L’idée même de communauté, d’interchangeabilité des vues et des perspectives, peut se réduire à l’énoncé de cette loi de transformation. “Peut-être, remarque Schrödinger, devrions nous dire, au lieu d’ ‘expérience commune’, ‘expériences qui peuvent être transformées l’une en l’autre d’une manière simple.’ ”²⁷. Cette conception n’est pas unique dans la pensée du XXe siècle. Poincaré en donne une version limitée à la construction de l’espace à partir de sensations actuelles²⁸. Russell l’expose dans une version qui pourrait avoir été l’une des sources de celle de Schrödinger: “La ‘chose’ du sens commun peut en fait être identifiée avec la classe entière de ses apparences, dans laquelle, cependant, nous devons inclure parmi les apparences non seulement les données effectives

²⁵ *ibid.* p. 90 et suiv.

²⁶ *ibid.* p. 92

²⁷ Lettre à Einstein du 18 novembre 1950

²⁸ R. Poincaré, “Dernières pensées”, Flammarion 1930, chapitre 3.

des sens, mais aussi les (autres) *sensibilia*.”²⁹. Par “*sensibilia*”, Russell entend les données des sens conditionnelles, ou potentielles.

Mais ici, comme dans la définition de Schrödinger, se lit une inconsistance logique. La chose est la classe de “ses” apparences, comme chez Schrödinger l’objet réel extérieur est l’ensemble des sensations que j’en ai ou que je pourrais en avoir. La définition de la classe d’apparences qui constitue la chose doit-elle donc nécessairement faire appel à cette chose? Si c’est le cas, elle n’est rien de plus qu’une pétition de principe, revenant à définir la chose par la chose. Russell ne considère en fait sa définition que comme une simplification provisoire. Pour lever la circularité, il utilise, comme Schrödinger, l’idée d’une transformation: “c’est cette continuité et cette indépendance différentielle dans la loi de changement faisant passer d’une perspective à l’autre, qui définit la classe de caractéristiques qui doit être appelée ‘une chose’”³⁰. La classe de perspectives constituant la chose a donc désormais une authentique définition intensive, indépendante de la chose constituée, ou du moins elle a un schéma général de définitions intensives qui devra être précisé pour chaque “chose” particulière.

L’ “objet réel extérieur” de Schrödinger peut en définitive se prévaloir de la marque d’une véritable singularité métaphysique. Il proclame d’emblée son caractère construit. De ce fait, l’objet réel extérieur n’a pas plus de contenu ontologique que la combinaison économique de sensations qui caractérisait la conception positiviste de l’objet Machien. Ce que l’objet a d’authentiquement “réel”, ce n’est rien de plus que ce qu’il emprunte au sol de l’évidence, au vécu, d’où les perspectives qui le constituent sont issues. De plus, sa constitution même interdit de faire usage de l’argument de causalité. L’objet n’étant qu’une classe de tableaux perceptifs ou, comme nous les avons appelées, de “perspectives”, il est en effet absurde de prétendre qu’une perception est “causée” par un objet. Quel sens cela aurait-il d’affirmer qu’une perception a pour “cause” une classe de percepts dont elle est un élément?

Mais d’un autre côté, cet objet, doté de sa définition par construction, n’est pas dépourvu d’une forme épistémologique de transcendance. C’est qu’une classe de “*sensibilia*” va clairement au delà de tout ensemble de percepts actuels. Parce qu’elle inclut des percepts potentiels, et

²⁹ B. Russell, “The relation of sense data to physics”, 1914, In “mysticism and logic”, G. Allen & Unwin, 1986.

³⁰ *ibid.* p. 136

aussi parce que sa définition repose sur une transformation qui engendre tous les percepts possibles qui en font partie. Cette transcendance épistémologique explique, selon Russell, l'illusion commune d'une transcendance ontologique:

“Puisque la chose ne peut, sans une insoutenable impartialité, être identifiée à l'une quelconque de ses apparences, on en est venu à la considérer comme quelque chose de distinct des apparences, et qui les sous-tend.”³¹

En somme, une sub-stance.

VI- Un monde sans substance

Désormais, nous n'ignorons plus l'arrière plan philosophique sur fond duquel doit se comprendre l'emploi par Schrödinger du mot “réalité”. Son interprétation de la mécanique quantique, et ses exigences épistémologiques en physique, apparaissent sous un jour totalement renouvelé.

Ses invocations litaniques de la réalité dans ses articles de physique, sa volonté de ne pas se passer de représentations dans l'espace et dans le temps, ne sont pas le propre d'une pensée naïve, épaissie par le “bon sens” de la communauté des physiciens classiques à laquelle Schrödinger appartient. Ce à quoi Schrödinger tient lorsqu'il refuse de renoncer au concept de réalité, ce n'est pas à la croyance métaphysique en une chose en soi inaccessible. Le physicien viennois veut simplement trouver le moyen de continuer à faire bénéficier la pensée scientifique d'un type de construction, usuellement désigné par “l'objet réel extérieur”, qui soit propre à assurer la compréhension du monde, sa véritable connaissance. Que cet objet s'engendre à partir de percepts potentiels aussi bien qu'actuels, en vertu d'une loi de transformation des perspectives, c'est même seulement cela qui rend intelligible la fécondité des mathématiques en physique. Rappelons que les mathématiques sont “(...)la façon la plus générale de considérer les relations possibles entre nombres sans contradiction”³². Et c'est justement en établissant des relations quantitatives entre possibles, ceux qui interviennent dans la définition que donne Schrödinger de l'objet réel extérieur, que les mathématiques permettent d'établir de véritables prévisions, a priori inattendues. La faiblesse

³¹ *ibid.*

³² *ibid.*

des deux épistémologies dont Schrödinger se démarque explicitement, celle qui est issue du positivisme comme celle qui se fonde sur la croyance en une réalité transcendante, est que ni l'une ni l'autre ne peut prétendre apporter la moindre explication au pouvoir de prédiction et d'engendrement théorique véhiculé par les mathématiques. S'en tenir à de simples relations entre faits déjà observés, comme le veulent les penseurs positivistes, c'est rendre incompréhensible que les structures mathématiques d'une théorie suggèrent, comme c'est si souvent le cas, des résultats dans des configurations expérimentales qui n'avaient pas été envisagées au départ. Croire que les théories concernent des relations entre "objets réels extérieurs", c'est se condamner à s'extasier devant l'accord proprement miraculeux entre des productions mentales (les mathématiques) et la réalité en soi.

Que Schrödinger n'ait rien prescrit de plus que de continuer à utiliser systématiquement une méthode de construction de "l'objet réel extérieur", qu'à aucun moment il n'ait été tenté par l'illusoire prolongement transcendant de cette construction, c'est ce que démontre sa critique virulente du concept de substance. Il en dénonce en particulier l'application aux atomes et aux particules dont traite la mécanique quantique. Parler de l'individualité d'une particule est en effet la plupart du temps dénué de sens; affirmer que deux observations portent sur la même particule, qui aurait subsisté dans l'intervalle de temps, "n'a aucune signification vraie"³³. Schrödinger en déduit que la forme doit remplacer "(...) la substance comme concept fondamental"³⁴. "(...) quand on en vient à considérer les particules élémentaires qui constituent la matière, ajoute-t-il, il semble qu'il n'y ait aucune raison de les concevoir à leur tour comme constituées d'un certain matériau. Elles sont pour ainsi dire de pures configurations(...)"³⁵. En cela, il ne s'éloigne guère apparemment de la critique de la notion de substance engagée par l'école de Copenhague. Mais cela n'est que faux semblant. En fait, il dépasse cette critique, la radicalise et la transfigure. Il y détecte même la marque d'un respect résiduel et inavoué pour la croyance substantialiste. Car enfin, dire que le concept de substance s'est trouvé mis en cause à la naissance de la science des phénomènes d'échelle atomique et subatomique, c'est sous-entendre qu'il était acceptable dans le domaine régi

³³ E. Schrödinger, "Science et Humanisme", Desclée de Brouwer, 1954, p. 38

³⁴ *ibid.* p. 39

³⁵ *ibid.* p. 44

par la physique classique. Or, pour Schrödinger, le concept de substance était vide d'emblée, et il était possible de montrer cela indépendamment du type de théorie physique en vigueur, en suivant une ligne d'attaque empiriste, machienne, ou, mieux, post-kantienne.

La mécanique quantique n'en a pas moins changé quelque chose selon Schrödinger. S'il est vrai qu'elle n'a pu mettre en cause un concept de substance d'emblée inconsistant, elle a tout de même rendu inapplicable la méthode de construction de "l'objet réel extérieur" aux perspectives groupées selon la loi de transformation caractéristique de ce qu'on appelle des "particules": "Ce qui nous trouble (en physique) du point de vue épistémologique, est la préoccupation de savoir si des observations virtuelles sur lesquelles 'l'existence réelle' de ces objets puisse être fondée, sont même concevables."³⁶ Il n'est pas difficile de percevoir la raison de l'inquiétude de Schrödinger. Parler d'observation virtuelle en mécanique quantique n'a, en général, pas de sens. L'observation qui "aurait pu" être effectuée sur une particule à la place ou en plus de celle qui a effectivement été réalisée, ne suppose pas seulement l'adjonction d'un autre dispositif expérimental à côté de celui qui est en place. Elle requiert le plus souvent le remplacement complet de ce dispositif. L'une des caractéristiques de la physique atomique est précisément, dans le cas général, l'incompatibilité des appareils expérimentaux deux à deux.

Mais Schrödinger, qui a écarté jusqu'à la dernière trace d'illusion substantialiste, ne saurait être arrêté par cette difficulté. La particule n'a aucun privilège ontologique. Si la construction de "l'objet réel extérieur" ne s'applique pas aux particules, il reste seulement à trouver d'autres groupements de perspectives qui peuvent, eux, se la voir appliquer. Schrödinger a engagé cette recherche dès avant la création de la mécanique ondulatoire. Dans un article de 1925 sur la statistique quantique de Bose-Einstein, par exemple, il critique la tentative de Planck d'en retrouver les résultats par une procédure qu'il estime logiquement inconsistante. Planck suppose en effet (1) que les niveaux d'énergie à considérer sont ceux de particules individuelles, (2) que dans un premier temps on doit effectuer le dénombrement des configurations microscopiques en admettant que les particules sont indiscernables et (3) que l'on doit diviser le dénombrement précédent par un $N!$ dû à l'indiscernabilité des particules et à l'indifférence de leur simple permutation. Mais pour Schrödinger, c'est d'emblée qu'il faut tenir

³⁶ E. Schrödinger, "Science, theory and man", Dover 1957, p. 151

compte de l'indiscernabilité des particules et considérer le gaz qu'elles forment comme un tout, qui seul peut se voir attribuer des niveaux d'énergie³⁷. Cette conception holiste, mise de côté au début de 1926, lorsque Schrödinger tente de trouver un sens aux ondes tridimensionnelles associées à chaque électron, sera progressivement reprise à travers l'interprétation électrodynamique du milieu de 1926, à travers les remarques sur l'entremêlement des états quantiques, qui furent la réaction de Schrödinger à l'article d'Einstein Podolsky et Rosen de 1935, puis à travers la désignation, en 1952, d'une onde composite $3n$ dimensionnelle comme seule "réalité".

En fin de compte, on peut dire du programme de Schrödinger dans son ensemble, ce que Fine³⁸ dit de celui d'Einstein à la fin des années 1920. Loin d'être conservateur, ce programme est à certains égards hyper-révolutionnaire. Il s'agit d'aller jusqu'à refondre l'objet sur lequel porte la théorie. Il s'agit d'abandonner les concepts de particule, de trajectoire et de quantité de mouvement plutôt que de d'estomper la netteté de leur définition. Le fait que Schrödinger n'ait jamais pu faire aboutir son entreprise n'est pas obligatoirement le signe de son échec définitif.

VII-L'héritage Schrödingerien d'Everett

Il me semble personnellement que, bien analysée, l'interprétation d'Everett de la mécanique quantique peut se lire comme une réalisation très convenable du programme de Schrödinger. Je fonde cette conviction sur deux types de raisons. Des raisons historiques et des raisons de fond. L'aspect historique tout d'abord. Lorsque Schrödinger insiste, dans les années 1950, sur l'intérêt d'un retour à une interprétation ondulatoire de la mécanique quantique, sur l'opportunité de substituer le concept de fréquence à celui d'énergie, ce n'est pas, comme le suggère peu charitablement Pauli³⁹, par goût névrotique d'un retour à l'enfance de sa pensée. Schrödinger suggère en fait ici une réponse originale à la question fondatrice de la théorie de la mesure en mécanique quantique, posée par Max Born en 1926: comment se fait-il que les solutions de l'équation de Schrödinger sont des superpositions de fonctions dont chacune représente un état possédant une énergie distincte, et non une seule

³⁷ L. Wessels, Schrödinger route to wave mechanics, Stud. Hist. Phil. Sci, 10, 311-340, 1977

³⁸ A. Fine "The shaky game", The university of chicago press, 1986

³⁹ in: K.V. Laurikainen, "Beyond the atom", Springer-Verlag, 1988

de ces fonctions? Car enfin, dans les conditions usuelles de la mesure de l'énergie d'un électron dans un atome, on obtient comme résultat une valeur, ou une plage étroite de valeurs de l'énergie, et non pas tout le spectre.

C'est pour passer du spectre entier à une valeur, ou à une plage de valeurs, que l'artifice du postulat de projection a été introduit, puis laborieusement justifié. Or cela, Schrödinger ne l'admet pas. L'interruption artificielle de la loi d'évolution de la mécanique quantique, l'invocation d'un niveau classique de description pour en étayer la nécessité, choquent sa conception de la théorie physique. Pour éviter tout cela, le seul moyen à ses yeux est de réévaluer la possibilité de laisser intouchée la somme d'états vibratoires, plutôt que de l'amputer arbitrairement en vertu du postulat de projection. Dans un cours inédit de 1952, donné à Dublin, il s'en explique: "La plupart des résultats que le physicien quantique énonce porte sur la probabilité de tel ou tel ou tel événement, avec habituellement un grand nombre de possibilités. L'idée que ce ne sont pas de simples possibilités, mais qu'elles surviennent toutes simultanément, semble loufoque à ce physicien; cela lui semble tout simplement impossible. La volonté de remplacer les occurrences simultanées, qu'indique directement la théorie, par des possibilités, dont la théorie est censée indiquer les probabilités respectives, vient de la conviction que ce que nous observons effectivement, ce sont les particules. Que les véritables événements concernent toujours les particules et non les ondes. Une fois que nous avons décidé cela, nous n'avons pas le choix. Mais c'est une étrange décision."

Everett a compris mieux que quiconque comment mettre en oeuvre cette idée suivant laquelle "tout survient simultanément". Il lui a suffi de la compléter par le concept-clé d'état relatif, pour en faire une théorie de la mesure cohérente. Sa contribution se donne du reste explicitement comme l'aboutissement naturel de la démarche de Schrödinger: "La critique qu'oppose Heisenberg à l'opinion de Schrödinger, à savoir l'affirmation selon laquelle la mécanique ondulatoire continue ne peut expliquer les discontinuités que l'on observe partout, est effectivement surmontée. Les sauts quantiques existent dans notre théorie comme phénomènes relatifs, tandis que les états absolus changent continument."⁴⁰

⁴⁰ in: B.S. de Witt & N. Graham (eds.) "The many-worlds interpretation of quantum mechanics", Princeton University Press, 1973

VIII-Contexte et logique quantique:

Venons-en à présent aux raisons de fond de penser que l'interprétation d'Everett réalise le programme de Schrödinger. Nous avons vu précédemment que l'obstacle majeur pour appliquer la construction schrödingerienne de "l'objet réel extérieur" à un système d'échelle atomique a trait à l'impossibilité de donner sens à la notion d'observation virtuelle portant sur ce système. En termes de logique quantique, cette impossibilité, liée à l'incompatibilité des dispositifs expérimentaux deux à deux, se laisse reformuler de la façon suivante: l'ensemble des propositions expérimentales de la physique quantique ne peut constituer un seul treillis Booléen. Comme l'a en effet démontré Watanabe⁴¹, un ensemble de propositions expérimentales énonçant à la fois un contexte (c'est à dire ici une procédure expérimentale), et le résultat associé, a la structure d'un treillis Booléen si et seulement si le contexte en question est unique ou s'il est possible de définir la conjonction des contextes impliqués. Or l'incompatibilité des contextes, dans le cas de mesures portant sur des systèmes d'échelle atomique, rend illégitime la construction d'une conjonction de ces contextes. Je n'ai certes fait que redire la difficulté en d'autres termes, mais je pense que cela va nous aider à y voir clair.

Pour que cela ait un sens de parler d'observation virtuelles à côté des observations actuelles, il suffirait en somme que toutes ces observations se réfèrent à une conjonction de contextes, à un contexte unique, voire à aucun contexte. Tant que la distinction traditionnelle entre objet microscopique et dispositifs expérimentaux est maintenue, cela est impossible, car chacun de ces dispositifs représente un contexte bien défini, en général incompatible avec les autres. Mais, comme personne n'est censé l'ignorer, la limite entre objet mesuré et appareil mesurant, utile à fixer lors de la description d'un processus de mesure quantique, n'a aucune raison impérative de ne pas être fixée à n'importe quel (autre) niveau de la chaîne de mesure. La mobilisation de cette limite peut parfaitement conduire à inclure une partie ou même la totalité de ce que l'on appelait traditionnellement le "contexte expérimental" de la mesure dans l'objet sur lequel porte la mesure.

Un cas extrême, et particulièrement intéressant, est celui où l'ensemble de la chaîne de mesure, corps de l'observateur compris, constitue ce sur quoi porte l'observation. En effet, on en arrive à une

⁴¹ Watanabe S. "Algebra of observation", Suppl. prog. Theor. Phys. 37-38: 350-367, 1966

situation idéale pour l'application de la construction de l'objet réel par observations virtuelles et actuelles: Les propositions expérimentales n'impliquent même plus, ici, de contexte. Or cette situation est exactement réalisée dans l'interprétation d'Everett de la mécanique quantique, où, ce qui est décrit comme objet, c'est justement le composé que constitue l'ensemble de la chaîne de mesure, voire l'univers entier.

Pour être formellement séduisante, l'idée de rassembler dans l'objet tout ce qui pourrait constituer un contexte s'accorde apparemment toujours aussi mal avec la construction schrödingerienne de l'objet. Comment par exemple peut-on transposer à cette situation une conception selon laquelle un objet est constitué de tous les profils que j'en obtiens et que j'en obtiendrais en le "regardant sous différents angles"? L'analogie avec le cas où l'observateur (ici, moi-même), peut changer à volonté de position et de point de vue, est à première vue tout à fait injustifiée. Car l'objet global que considère Everett inclut le corps de l'observateur, au même titre que tous les éléments de la chaîne de mesure. Un tel objet se définit également par les relations, spatiales et fonctionnelles, qu'entretiennent ses constituants. Ce que l'on appellerait classiquement "le point de vue à partir duquel un observateur voit son objet (c'est à dire ici l'objet au sens restreint)" est en définitive englobé dans la spécification de l'objet au sens large d'Everett, et ne peut entrer dans son procédé de construction.

Comment par ailleurs peut-on comprendre, dans le cadre de l'interprétation d'Everett, que la construction schrödingerienne de l'objet puisse faire intervenir, outre le dispositif expérimental actuel, tous les dispositifs expérimentaux potentiels? Comment le comprendre si le dispositif expérimental actuel fait justement partie de l'objet global qui est visé par le procédé de construction? Changer le dispositif expérimental reviendrait à changer l'objet lui-même.

Ces difficultés considérables proviennent de toute évidence du fait que, dans la construction des "objets réels", nous avons le plus grand mal à éviter une conception corporelle de l'observateur, et une définition spatiale ou configurationnelle des points de vue. La transposition de cette construction à la situation envisagée par Everett exige une mutation radicale de notre conception de l'observateur en physique. La mutation en question revient à réduire "l'observateur" à cet "esprit" au contenu squelettique, dont Schrödinger dit: "L'esprit est sujet par excellence, et il se soustrait par conséquent à l'étude objective"⁴². Un

⁴² E. Schrödinger "Der Geist der Wissenschaft" Eranos Jahrbuch, 14, 491-508, 1946.

esprit qui n'est donc qu'un nom, fâcheusement chargé de connotations "spiritualistes", pour l'incomplétude de la connaissance. L'avantage non négligeable de ladite mutation est de s'accorder profondément avec la vision schrödingerienne rigoureuse du principe d'objectivation, qui substitue le retrait du sujet connaissant du tableau du monde, au retrait de la "personne"⁴³ (dotée de composantes corporelles) du processus expérimental.

Mais passer de l'observateur comme "personne" strawsonienne, à l'observateur comme "esprit" ou sujet connaissant, ne résout pas toutes les difficultés. D'autres translations conceptuelles sont requises. Pour le voir, tentons de plaquer sans précaution la construction perspective de l'objet réel au cas où cet objet comprend l'ensemble de la chaîne de mesure, y compris le corps de l'expérimentateur, et où ce qui tient le rôle de l'observateur c'est "l'esprit", au sens restreint que je viens de préciser. On voudrait alors pouvoir dire, pour paraphraser la définition de Schrödinger, que l'objet est l'ensemble des aspects que l'esprit en percevrait "en le faisant tourner, en le déplaçant, en le regardant à partir d'angles différents". Cela semble toutefois absurde ou purement analogique. Si l'esprit est sans localisation, comment pourrait-il changer concrètement son point de vue? S'il n'a pas d'oeil, comment pourrait-il voir, s'il n'a pas d'organes des sens, comment pourrait-il percevoir?

Or, il se trouve que l'interprétation d'Everett offre une généralisation immédiate de la notion de "point de vue", qui ne fait plus appel à quelque notion spatiale que ce soit. Le vecteur d'état du "système réel" global comprend en effet l'ensemble des états de mémoire de l'observateur, qui résultent de l'interaction entre l'objet au sens restreint et le reste de la chaîne de mesure. Plutôt que de dire, comme de Witt, que cette interaction a pour conséquence une multiplication de "mondes", je considérerai qu'elle confronte "l'esprit" avec ses propres états accessibles dans une situation donnée. Prenons alors le concept de "point de vue" dans son sens le plus figuratif, celui auquel vous vous référez lorsque vous affirmez que votre point de vue sur la vie est déterminé par vos expériences passées. Ce type de point de vue ne représente au fond rien d'autre que votre identité personnelle. L'ensemble de contenus de mémoire déployé dans le vecteur d'état Everettien du système réel global représente alors l'ensemble des "points de vue" (au sens figuré), que l'esprit peut avoir sur ce système. Réciproquement, le "système réel" en question peut être

⁴³ voir P.F. Strawson "Individuals", Methuen, 1959

défini comme l'ensemble des points de vue figuratifs que l'esprit peut avoir sur lui, en bon accord avec la construction schrödingerienne de l'objet réel. Allons plus loin: dans la mesure où la mécanique quantique sans postulat de projection décrit l'évolution de ces "points de vue", elle est une authentique description de la "réalité" au sens de Schrödinger⁴⁴. Là est peut-être le point de contact discret entre la mécanique ondulatoire de Schrödinger et sa métaphysique.

(Manuscrit reçu le 6 mars 1990)

⁴⁴ Voir M. Bitbol, "Perspectival realism and quantum mechanics" Symposium on the foundations of modern physics, Joensuu (Finlande) 1990, Actes à paraître courant 1991, World scientific.