

Notre implication dans la nature: Quelques enseignements de la mécanique quantique

Michel Bitbol
CNRS, Paris

In: *L'école des philosophes*, 9, 63-82, 2005 (Volume spécial sur l'épistémologie et l'histoire des sciences, coordonné par B. Joly)

Résumé : Les sciences se construisent dans un équilibre entre deux contraintes opposées. La première dérive de l'inévitable *imbrication* du chercheur et de ses instruments dans le milieu qu'il explore. La seconde est édictée par le projet de *détacher* ou *d'autonomiser* certaines fractions de ce milieu par rapport aux procédés d'investigation. Ce sur quoi ont insisté les fondateurs de la physique quantique, c'est le retour en force du constat d'imbrication face à l'idéal d'objectivation. Selon eux, le projet de détachement d'objets doit modérer ses prétentions en physique microscopique, à cause d'un état d'inséparabilité du connaissant et du connu plus complet et plus insurmontable qu'en physique macroscopique. Un grand nombre de chercheurs a ressenti cette modération comme une restriction de leur rêve de connaître, voire comme un véritable renoncement. Pourtant, admettre que *tout* ne puisse être objectivé, que la science puisse avoir pour mission d'articuler entre eux des éléments objectivés et des moments participatifs, plutôt que de résorber coûte que coûte les premiers dans les seconds, représente un élargissement majeur du concept même de science. Cet article s'engage dans le nouveau paradigme, et montre que la physique gagne beaucoup en intelligibilité si elle est comprise comme une dialectique de l'objectivation et de l'intersubjectivité, plutôt que comme une simple discipline de l'objectivité.

1-L'objectivité comme tâche récurrente

En même temps qu'une révolution scientifique, la mécanique quantique a représenté une révolution épistémologique. Elle a conduit ses créateurs à s'interroger à nouveaux frais sur le statut de la théorie physique, à remettre en question des concepts antérieurs de la nature, et à réactiver une problématique un peu perdue de vue après Kant: celle du rapport *constitutif* qu'entretiennent nos moyens intellectuels et matériels de connaissance avec les contenus de cette connaissance.

La réflexion originale des principaux auteurs de la mécanique quantique que sont Niels Bohr, Werner Heisenberg et Erwin Schrödinger, les a ainsi conduits à réexaminer de fond en comble la tension sans cesse résurgente entre deux pôles apparemment antinomiques de la tâche d'élaboration des savoirs.

Le premier pôle est le constat d'une inévitable *imbrication* du chercheur et de ses instruments dans le milieu qu'il explore.

Le second pôle est l'idéal du *détachement* ou de *l'autonomisation* de certaines fractions de ce milieu par rapport aux procédés d'investigation. Le détachement et l'autonomisation sont associés à des descriptions et des anticipations de phénomènes qui valent pour chacun, en tous temps et en tous lieux, par-delà la particularité des rapports d'imbrication. Ils conditionnent et présupposent à la fois la validité intersubjective et intersituationnelle des énoncés théoriques. Mais, comme nous allons le voir, l'intersubjectivité et l'intersituationnalité peuvent parfois en faire l'économie.

Ce sur quoi ont insisté Bohr et Heisenberg, c'est le retour en force du constat d'imbrication face à l'idéal d'objectivation. Selon eux, le projet de détachement a dû modérer ses prétentions en physique microscopique à cause d'un état d'inséparabilité du connaissant et du connu plus complet et plus insurmontable qu'en physique macroscopique. La mécanique quantique représente dans leur perspective une tentative hybride de prendre en charge l'indissociabilité entre le milieu microscopique et l'instrument d'investigation expérimentale, tout en préservant une forme de validité intersubjective des énoncés théoriques. D'un côté, répètent Heisenberg et Bohr, la physique quantique n'a à nous offrir aucune image de la nature mais seulement "(...) l'image de nos *rappports* avec la nature"¹. Faute de pouvoir prendre une nature autonome comme objet à décrire, la physique microscopique travaille sur/dans une "*nature-livrée-à-l'interrogation-humaine*"². Mais d'un autre côté, signale Heisenberg, "(M)ême si un état de choses ne se laisse pas objectiver (...), il reste que ce fait lui-même peut justement être objectivé à son tour et exploré dans sa connexion avec d'autres faits"³. L'objectivation au second degré, l'objectivation des frontières de l'objectivité, devient alors le programme affiché de l'"école de Copenhague" rassemblée

¹ W. Heisenberg, *La nature dans la physique contemporaine*, Folio-Gallimard, 2000, p. 142.

² W. Heisenberg, *La nature dans la physique contemporaine*, op. cit. p. 137. Les traits d'union ont été intentionnellement rajoutés pour insister sur la dimension d'inséparabilité de l'explorateur et de l'exploré.

³ W. Heisenberg, *Philosophie, le manuscrit de 1942*, Traduction et présentation par C. Chevalley, Seuil, 1998, p. 268.

autour de Bohr. Ce programme prend deux directions principales.

Il y a en premier lieu l'insistance de Bohr sur l'utilisation du langage courant, étendu aux concepts de la physique classique, pour décrire les appareillages de la physique microscopique. Cet usage persistant du cadre de concepts traditionnels garantit au moins l'extension de la forme d'objectivité précomprise de la vie quotidienne aux *méthodes* et aux *instruments* d'une physique pour laquelle l'objectivation est par ailleurs en question.

Il y a en second lieu l'élaboration de procédés objectivés de "connexion"⁴, ou de prédiction, de phénomènes qui, pour leur part, ne sont en général pas détachables des conditions instrumentales de leur production. Ces procédés, une fois formalisés, forment l'armature de ce que Bohr appelle le "symbolisme" de la mécanique quantique.

L'universalité intersubjective et interpositionnelle des contenus théoriques de la physique est ainsi assurée *en dépit* d'une limitation reconnue du projet traditionnel visant à autonomiser des objets et leurs propriétés.

Chez Schrödinger, quoi qu'on en aie dit, la perception de la situation est assez voisine. Il est vrai que Schrödinger n'apprécie guère les exposés vulgarisés des nouvelles figures épistémologiques de la physique auxquels se sont parfois laissés aller ses collègues de l'"école de Copenhague". Mais s'il est réticent, c'est plus pour radicaliser leurs conclusions que pour les nier. On essaie de nous faire comprendre, écrit-t-il, que sous l'effet des progrès de la physique, la "(...) mystérieuse limite entre le sujet et l'objet a été brisée"⁵. Face à cette appréciation hâtive, ce que Schrödinger récuse n'est pas tant la conclusion (non-dualiste) que la prémisse (dualiste): "Le sujet et l'objet ne font qu'un. On ne peut pas dire que la barrière entre eux a été brisée par suite d'une pratique récente dans les sciences physiques, puisque cette barrière n'existe pas"⁶. Le projet de la physique a toujours été, martèle-t-il, de dégager des "représentations" objectivées à partir d'un point de départ non-duel, et la seule vraie nouveauté de la physique microscopique est qu'elle nous force à reprendre cette oeuvre d'objectivation

⁴ *ibid.* p. 254.

⁵ E. Schrödinger, *L'esprit et la matière*, précédé de *l'Elision* par M. Bitbol, Seuil, 1990, p. 194

⁶ *ibid.* p. 195.

de fond en comble et sur des bases inédites. Schrödinger a longtemps pensé que cela était faisable en changeant seulement le *type* d'objet constitué au premier degré: en lieu et place d'un ensemble de corps matériels composés d'atomes en interaction, une grande entité holistique (de forme ondulatoire) dont les modes propres de vibration expliquent les discontinuités atomiques observées. Mais à un certain moment de sa carrière, Schrödinger s'est aperçu que ce à quoi il aboutissait était plutôt, à la manière de Heisenberg, une objectivité au *second degré*: l'objectivité de l'instrument de calcul probabiliste portant sur des phénomènes non-objectivables au premier degré. Selon le Schrödinger de 1950, la mécanique ondulatoire (sa propre version de la mécanique quantique, dont il avait pourtant commencé en 1926 par prendre les concepts au pied de la lettre) n'est en vérité qu'un "expédient". La mécanique ondulatoire fournit bien la représentation d'un processus continu; elle semble donc bien décrire *quelque chose*. "Mais nous ne prétendons pas que ce 'quelque chose' s'identifie aux faits observés ou observables; et nous prétendons encore moins que nous décrivons ce que la nature (...) *est* réellement. En fait, nous utilisons cette description (...) en sachant parfaitement qu'elle ne correspond à *aucun* de ces termes"⁷. La physique quantique *représente* (points de suspension) sans représenter la nature ni même les phénomènes. Elle accomplit une objectivation; mais l'objectivation indirecte de son propre outil formel d'anticipation probabiliste plutôt que l'objectivation directe d'un invariant des phénomènes.

Il est vrai que bon nombre de ces leçons d'épistémologie données par les créateurs de la mécanique quantique ont été oubliées ou déniées par les physiciens contemporains.

Oubli tout d'abord. L'emploi judicieux de fragments épars d'images et de locutions héritées des théories classiques par les physiciens du tournant du XXI^e siècle les aide à perdre de vue que ce ne sont là justement que des *fragments* disjoints et incompatibles entre eux, et qu'on ne peut donc parler comme s'ils représentaient des objets qui leur seraient de quelque manière isomorphes. Les modèles de l'atome en poupées-gigognes, les pseudo-représentations de trajectoires dans les

⁷ E. Schrödinger, *Science et humanisme*, in: E. Schrödinger, *Physique quantique et représentation du monde*, Seuil, 1992, p. 60. Voir M. Bitbol, *Schrödinger's philosophy of quantum mechanics*, Kluwer, 1996

diagrammes de Feynman, la discussion pour savoir si les particules “ sont ” des points ou “ sont ” des anneaux voire des tores (dans la théorie des super-cordes) finissent, à force de proliférer, par recouvrir la patiente discussion de leur sens amorcée dans les années 1920. Or, ce sens, très restreint, est déterminé par leur *usage* comme *intermédiaires heuristiques* dans le développement des structures formelles prédictives qui caractérisent les théories quantiques. Elles ont une *fonction* plutôt qu’un *réfèrent*. Par ailleurs, des images expérimentales très (trop) suggestives, comme celles des réseaux cristallins en microscopie à effet tunnel, laissent croire à tort qu’on peut faire l’économie de toute analyse de leur interprétation courante en termes quasi-corpusculaires. Or, là encore, une analyse soigneuse de ces images⁸ montre qu’elles s’apparentent plus à des signes qu’à des icônes, à des guides pour des actions efficaces plutôt qu’à de statiques “ ressemblances ”.

Dénégation, également. La recherche de théories à variables cachées (non-locales) aptes à rétablir le mode classique d’objectivation, reste un programme attractifs pour beaucoup de chercheurs, surtout aux Etats-Unis. Et beaucoup de ceux qui ne participent pas à ce programme se rabattent sur le rêve d’une restauration des normes épistémologiques de la physique classique à l’horizon indéterminé d’un avenir radieux.

Mais les philosophes, de leur côté, n’ont pas la facilité d’utiliser une stratégie de dénégation (qui suppose une capacité à élaborer de nouvelles théories physiques); et ils n’ont pas davantage le désir d’oublier les leçons épistémologiques quand elles sont pertinentes. Leur vocation est, tout au contraire, celle du ressouvenir dans un esprit platonicien. En l’occurrence il s’agit pour nous de favoriser par un travail réflexif le rappel des conditions de l’objectivation, et même des états logiquement antérieurs à l’objectivation. Des conditions d’abord enfouies sous les strates passées de l’élaboration des connaissances scientifiques, puis remises bon gré mal gré au premier plan par les révolutions scientifiques du siècle écoulé.

⁸ J-E. Wegrowe, “ Des ‘Photographies’ d’atomes? ”, *Etudes photographiques*, n°10, 77-87, 2001

2- “Prendre position à l’intérieur du monde de l’expérience”⁹

Reprenons à la base, en approfondissant ce que nous avons nommé le *constat d'imbrication*. La principale relation cognitive impliquée par la physique quantique, c’est-à-dire le rapport entre le milieu microscopique exploré et les phénomènes manifestés à l’échelle macroscopique de l’appareillage, met en jeu des termes essentiellement liés, symétriques, et sans le moindre degré d’indépendance mutuelle.

Pour s’en convaincre, il n’est pas indispensable de suivre le détail technique des démonstrations fournies en 1967 par S. Kochen et Specker¹⁰ de la *contextualité* de toute théorie qui tendrait reproduire les prédictions de la mécanique quantique. On peut s’appuyer sur un argument élémentaire mais assez proche dans son principe dû à A. Peres¹¹. L’argument a la structure d’un raisonnement par l’absurde. Il repose sur une expérience de pensée consistant à mesurer les composantes du moment magnétique d’un ensemble d’atomes d’argent dans trois directions orientées à 120° les unes relativement aux autres.

Supposons qu’on puisse détacher la propriété “moment magnétique de l’atome d’argent” (notée **M**, avec des caractères gras pour signaler sa nature vectorielle), par rapport à ses conditions expérimentales de mise en évidence. Dans ce cas, quelle que soit la direction initiale de **M**, la somme de ses composantes scalaires selon les trois directions représentées par trois vecteurs unité **a**, **b**, **c**, séparés d’un angle de 120°, devrait valoir exactement *zéro*:

$$\mathbf{M}.\mathbf{a}+\mathbf{M}.\mathbf{b}+\mathbf{M}.\mathbf{c}=\mathbf{M}.\mathbf{(a+b+c)}=\mathbf{M}.\mathbf{0}=0.$$

Or, la mécanique quantique prévoit (et l’expérience corrobore) que, dans le cas de l’atome d’argent, les seules valeurs qu’on puisse obtenir lors de la mesure de l’une quelconque des trois composantes choisies sont les deux valeurs *quantifiées (ou discrètes)* +m ou -m. Quelle que soit la

⁹ E. Cassirer, *La philosophie des lumières*, Agora-Fayard 1986, p. 118. Cassirer oppose cette prise de position *dans* le monde de l’expérience, à la figure traditionnelle de la prise de position *devant* le spectacle du monde.

¹⁰ Voir une discussion et une démonstration simplifiée dans: M. Bitbol, *Mécanique quantique, une introduction philosophique*, Champs-Flammarion, 1997, p. 448

¹¹ A. Peres, *Quantum theory, concepts and methods*, Kluwer, 1995, p. 16

combinaison de valeurs +m ou -m obtenues pour la mesure de chacune des trois composantes de **M**, il est alors *impossible* d'arriver à une somme nulle:

$$\pm m \pm m \pm m \neq 0.$$

Il apparaît là une contradiction par rapport aux conséquences tirées de l'hypothèse de départ, selon laquelle la propriété "moment magnétique" peut être détachée de ses conditions de manifestation expérimentale. Les valeurs +m ou -m obtenues ne sauraient donc être désolidarisées de l'acte expérimental qui les fait apparaître. Elles sont strictement *contextuelles*. La *quantification* signale indirectement la *contextualité* des déterminations.

Dans ces conditions, il est illicite d'affirmer que le phénomène d'échelle macroscopique manifeste des déterminations *propres* à un objet microscopique. Si on tient encore à s'exprimer ainsi, c'est seulement à condition de reconnaître que, réciproquement, l'objet microscopique et ses propriétés ne sauraient se voir attribuer le moindre degré de liberté par rapport aux phénomènes macroscopiques censées le manifester. Pour pouvoir accorder de l'autonomie à l'objet d'expérimentation et à ses propriétés, il aurait en effet fallu pouvoir assurer dans tous les cas la stricte *reproductibilité* de chaque phénomène à travers des séquences de mesures simultanées ou successives. De telle sorte que tout se passe *comme si* un objet toujours-déjà là tenait en réserve la multiplicité des valeurs trouvées lors de l'évaluation de plusieurs grandeurs; *comme si* cette multiplicité ne faisait que déployer les multiples *aspects* préexistants de l'objet; *comme si* ces aspects étaient simplement *révélés* par les mesures; *comme si*, réciproquement, l'objet pouvait être reconstitué par "triangulation", c'est-à-dire par convergence d'aspects distincts vers un même foyer. Cette clause étant rarement satisfaite (il suffit de penser aux "relations d'indétermination" de Heisenberg), on ne saurait assigner des déterminations propres à un objet microscopique. L'objet microscopique n'est rien d'autre qu'un objet-d'expérimentation, dans la même mesure que l'expérimentation n'est rien d'autre qu'expérimentation-sur-un-objet.

On s'aperçoit alors que la part d'indépendance consentie à l'objet de connaissance est de l'ordre de la prescription méthodologique plutôt que du constat. La science (classique) *prescrit* de procéder à des opérations de triangulation et de détachement d'invariants, de façon à pouvoir traiter les invariants *comme* des objets indépendants; elle *demande* de dégager pour un temps des objets de la gangue constitutive des relations cognitives. Mais à partir du moment où cette prescription a rencontré ses limites, une stratégie alternative doit être mise en oeuvre. Une stratégie qui consiste d'un côté à définir des invariants prédictifs abstraits (les vecteurs d'état, en mécanique quantique), et d'un autre côté à assurer la connexion entre: (a) ces symboles objectivés et (b) des phénomènes non-détachés, non-clivables en un versant sujet et un versant objet, non-indépendants de la relation cognitive.

Admettre que *tout* ne puisse être objectivé, que la science puisse avoir pour mission d'articuler entre eux des éléments objectivés et des moments participatifs, plutôt que de résorber coûte que coûte les premiers dans les seconds, représente un élargissement majeur du concept même de science. Ce nouveau concept de science a pourtant de grands précurseurs: notre langage et nos comportements quotidiens vis-à-vis d'autrui¹².

Prenons le cas du langage. Il associe étroitement des termes qui renvoient à quelque chose d'indépendant de la situation des locuteurs, et d'autres termes qui rapportent au contraire ce qui est dit à la situation particulière de chaque locuteur (ou de chaque communauté de locuteurs). Les uns, essentiellement les noms, ont pour fonction de faire référence à un même objet indépendamment de qui les emploie. Les autres, qu'on appelle des termes *indexicaux* (Je, ici, maintenant), ont pour fonction de restreindre la portée de l'affirmation au point de vue de celui qui les utilise, ou de faire dépendre ce à quoi il est fait référence du point de vue de celui qui parle. Les uns entérinent une procédure de détachement vis-à-vis des relations cognitives. Les autres prennent en charge les moments d'adhésion à ce qui arrive, de simple inscription dans une relation première. Pour autant, aucune impression de contradiction n'est ressentie lors de l'emploi conjoint des deux types de termes. Leurs rôles sont clairement distingués, et leur articulation mutuelle est constante.

¹² M. Bitbol, *Physique et philosophie de l'esprit*, Flammarion, 2000

Associer dans une même phrase des indexicaux et des noms permet de traduire l'aspect que prend, ou est disposée à prendre, une entité objectivée dans une situation (temporelle, spatiale, subjective, performative etc.) donnée. Par ailleurs, il est universellement (bien qu'implicitement) admis que les termes indexicaux sont inéliminables, que l'articulation des éléments situés et non situés du discours ne peut pas disparaître au profit d'une exclusivité des seconds. En effet, aussi élaborée que soit la représentation "vue de nulle part" du rapport entre sujets et objets, il reste que cette représentation elle-même ne vaut que si elle est entretenue par quelques uns quelque part. Elle manque structurellement d'exhaustivité, parce qu'elle ne peut inclure le fait même d'*être* (et pas seulement de voir de l'extérieur) quelqu'un quelque part. À côté des descriptions désindexées (détachées) qui traduisent la représentation, doivent donc subsister des termes indexicaux exprimant l'engagement qu'elle-même présuppose sans pouvoir se l'annexer.

De façon analogue, si on la considère littéralement, la mécanique quantique standard associe deux classes distinctes de symboles. Les uns renvoient à des invariants par changement de situation expérimentale; c'est particulièrement le cas des *vecteurs d'état*. Les autres expriment les caractéristiques d'une famille de situations expérimentales, ou ce qui arrive dans une situation expérimentale particulière. Les *observables* (ces opérateurs spécifiques dans un espace de Hilbert) traduisent l'ensemble des résultats de mesure rendus possibles par l'utilisation d'une certaine famille d'appareillages. Et le postulat de réduction (du vecteur d'état initial à l'un des vecteurs propres de l'observable) traduit l'obtention d'un résultat à la suite de la mise en oeuvre d'un appareillage particulier. L'articulation des deux classes de symboles, invariants et situés, s'effectue par l'intermédiaire de ce qu'on appelle la "règle de Born" (ou de toute autre règle équivalente). Celle-ci permet en effet de calculer, à partir du vecteur d'état initial, la probabilité d'obtenir l'un des résultats rendus possibles par une observable.

Le problème est qu'on se trouve ici dans le champ de validité d'une science, la physique, censée fournir, selon la norme habituellement admise, une description complètement désengagée des états de choses naturels. Le consensus s'établit donc à rebours du cas du langage courant: on admet communément que les termes situés *sont* éliminables et *doivent*

être éliminés d'un compte-rendu physique. Pour obtenir ce résultat, on cherche à obtenir ici encore une représentation "vue de nulle part" du rapport entre les sujets physiques et leurs objets, en suivant des exemples passés. L'un des exemples les plus frappants, parce bien compris et pleinement explicité, est celui du développement de la théorie de la relativité restreinte. Sous la forme originale que lui avait donné Einstein en 1905, la théorie de la relativité restreinte consistait en un corpus de règles de transformation entre coordonnées valant pour divers repères inertiels. En revanche, sous la forme que favorise l'utilisation de l'espace-temps de Poincaré-Minkowski, elle devient une représentation en quelque sorte extérieure, à partir de laquelle les transformations métriques peuvent être décrits de façon distanciée comme autant d'effets de perspective. Il est vrai que le genre de représentation "vue de nulle part" qu'instancie l'espace-temps de Poincaré-Minkowski, suppose tacitement une vue de quelque part (celle du sujet pensant qui l'entretient). Mais cette vue-là est rejetée presque sans y penser en dehors du domaine de la physique (par exemple dans le domaine des sciences de l'esprit!). La physique elle-même reste "pure" de son *envers* cognitif alternativement mobilisé et escamoté; mobilisé dans le seul but d'être finalement escamoté.

Le problème, nous l'avons vu, est que la physique quantique oppose des obstacles considérables à la procédure standard de désindexation. Après la mobilisation de son *envers* procédural et situé (les appareils de mesure et l'*Umwelt* humain d'échelle macroscopique), la physique microscopique n'a pas pu être "purifiée" de façon unanimement acceptable. Le seul moyen de sortir de l'impasse est donc bien de consentir à la révolution épistémologique évoquée dans l'introduction. Une révolution qui consiste à ne même plus chercher à rejeter les vues de quelque part hors de la physique. Une révolution qui aboutit à faire de la physique, sur le modèle désormais assumé du langage courant, une dialectique de l'objectivation et de l'intersubjectivité, et non pas une simple discipline de l'objectivité. Une révolution qui n'est même pas difficile à mener à bien parce qu'elle a *déjà* été accomplie spontanément par les créateurs de la mécanique quantique. Il reste seulement à la reconnaître pleinement plutôt qu'à s'en défendre. Il reste à la laisser transfigurer notre façon de voir plutôt qu'à la refuser au nom de l'intangibilité de notre héritage culturel.

3-Autour du “Chat de Schrödinger”

Si la révolution épistémologique qu’appelle la physique quantique a depuis longtemps été accomplie, nous nous sommes aperçus que la tentative de s’en prémunir est presque aussi ancienne. Initialement, cette tentative a pris la forme d’un projet de faire de la mesure elle-même un objet de description pour la physique quantique. Il s’agit de la théorie quantique de la mesure élaborée par Von Neumann en 1932. L’espoir était ici d’accomplir à nouveau frais le geste de distanciation par lequel s’étaient conclues toutes les refontes théoriques antérieures de la physique. Se servir de la théorie pour rendre compte en retour du processus expérimental de son attestation, n’est-ce pas s’extraire en pensée de ce processus pour le contempler en surplomb? Malheureusement pour ceux qui rêvaient de retrouver cette position avantageuse, on s’est vite rendu compte que l’essai de concrétiser le rêve n’aboutissait qu’à une impasse connue sous le nom de “problème de la mesure”.

Résumons cette impasse, car elle est au coeur de la résistance qu’exerce la physique quantique contre toute tentative de l’assimiler à l’épistémologie courante de la description désengagée.

Sa racine est le *principe de superposition* auquel obéissent, en mécanique quantique, ce qu’on appelle couramment les “états d’un système physique”. Dire ce qu’est ce principe de superposition en n’employant que le langage ordinaire est *a priori* un défi. Mais Paul Dirac, qui a énoncé ce principe pour la première fois, a relevé le défi de façon assez satisfaisante. C’est donc sa formulation que nous allons d’abord citer, puis élaborer, et enfin discuter. Selon Dirac, “Quand un état est formé par la superposition de deux autres états [par exemple deux états propres d’une observable¹³], il a des propriétés qui sont de quelque façon vague *intermédiaires* entre celles des deux états originaux”¹⁴. Examinant avec méfiance la position de Dirac, Schrödinger a également esquissé l’image célèbre et paradoxale d’une telle situation intermédiaire: “(Dans la fonction ψ) le chat

¹³ Cette précision a été rajoutée.

¹⁴ P.A.M. Dirac, *The principles of quantum mechanics*, Oxford University Press, 1958, p. 13

vivant et le chat mort sont (si j'ose dire) mélangés ou brouillés en proportions égales"¹⁵.

La valeur pédagogique et la charge provocatrice de ces propositions est manifeste. En toute rigueur, cependant, on devrait se contenter d'en admettre une version purement *négative*. Au lieu de dire que, dans une superposition, les propriétés sont "intermédiaires", "mélangées" ou "brouillées", on devrait se contenter de signaler que l'hypothèse suivant laquelle l'une *ou* l'autre des propriétés se trouve réalisée, *ne s'accorde pas* avec le fonctionnement d'un formalisme impliquant des superpositions. D'une part, en effet, ce formalisme prévoit des effets d'*interférence* (analogues à ceux d'un processus ondulatoire), qui sont incompatibles avec l'idée que l'une *ou* l'autre des propriétés est réalisée sans qu'on sache laquelle. D'autre part, les propriétés "vaguement intermédiaires" évoquées par Dirac ne sont jamais celles qui sont mesurées. Les seules qui peuvent apparaître comme résultats d'une mesure sont celles qui se trouvent associées aux états propres de l'observable, avec des *probabilités* dépendant de leur pondération dans la superposition.

Si l'on voulait à toute force prendre au sérieux l'idée positive de propriétés "vaguement intermédiaires", il faudrait admettre que la mesure *force* l'état du système à coïncider avec l'un des deux états propres, alors qu'au départ il en était une sorte de combinaison. Ce forçage présumé par la mesure est exprimé, depuis Von Neumann, par le postulat de *réduction de l'état* (plus connu sous le nom de "réduction du paquet d'ondes") Les difficultés attachées à cette conception ne sont pas minces. Pourtant, comme elle est demeurée l'opinion commune des physiciens pendant environ 70 ans, et qu'en elle se trouve déposée une bonne part de la teneur paradoxale du "problème de la mesure", c'est elle qui va à présent être discutée.

Admettons donc, provisoirement, qu'une mesure provoque la "réduction de l'état". Un compte-rendu suffisamment détaillé de la mesure devrait alors permettre de dériver cette réduction comme simple conséquence de l'interaction physique en quoi elle consiste, au lieu d'avoir à l'imposer de l'extérieur sous forme de *postulat*. Or, les théories physiques les plus avancées à ce jour ne sont autres que des théories quantiques. Dans ces

¹⁵ E. Schrödinger, "La situation actuelle en mécanique quantique" (1935), in: E. Schrödinger, *Physique quantique et représentation du monde*, op. cit., p. 106

conditions, le meilleur compte-rendu physique possible du processus de mesure s'identifie à un compte-rendu quantique. Malheureusement, au lieu de résoudre le problème posé, au lieu de montrer comment la mesure réduit l'état, la théorie quantique de la mesure élaborée par Von Neumann dans cette ligne de pensée n'a fait que propager de proche en proche les effets du principe de superposition. Tandis que seul l'état du système microscopique avait des propriétés "vaguement intermédiaires" entre deux états propres d'observables, c'est à présent l'état des appareils de mesure macroscopiques qui a acquis ce genre de propriétés "vaguement intermédiaires" pour ne rien dire de l'état d'un *Chat de Schrödinger* "mi-mort mi-vif".

Bien des discussions ont suivi l'énoncé de ce paradoxe. Bien des tentatives ont été conduites pour le désamorcer sans abandonner la conception classique, descriptive, et désengagée, des théories physiques. Pourtant, aucun de ces essais n'a donné toute satisfaction. Même les théories de la décohérence sont loin de répondre à toutes les attentes dans ce domaine. Incontestablement ces théories ont permis de redéfinir le problème de façon à le rendre traitable. Le problème pour elles n'est plus de rendre intégralement raison de la transformation brutale d'une superposition en l'un des vecteurs propres de l'observable mesurée, mais simplement de décrire la transition d'un calcul quantique vers un calcul classique des probabilités. Incontestablement aussi, les théories de la décohérence ont fourni une solution plausible au problème redéfini de cette manière. Elles ont permis de montrer qu'à l'échelle macroscopique se produit une quasi-disparition des termes d'*interférence* typiques du calcul quantique des probabilités et isomorphes à ceux d'un processus ondulatoire, au profit d'une quasi-validité de la règle classique d'additivité des probabilités d'une disjonction.

L'ennui est que, de l'aveu même de leurs créateurs, les théories de la décohérence ne peuvent pas éviter d'introduire dans leurs postulats des éléments normatifs, intentionnels, pour ne pas dire anthropomorphiques. Un exemple évident d'élément de ce genre est la tri-partition en système, appareil, et environnement. La théorie originale de Zurek ne peut s'en passer, mais elle ne s'introduit qu'au nom d'une norme de conformité du compte-rendu théorique à des divisions opérant

dans *notre* environnement macroscopique, et répondant à *nos* intérêts cognitifs.

Jusqu'à nouvel ordre, par conséquent, les composantes situées de la physique reviennent par la fenêtre de l'implicite dès qu'on les a chassées par la grande porte de l'explicite. Mieux vaut les admettre, préciser leur rôle, et élucider la raison de leur apparente inévitabilité, que s'obstiner à les faire disparaître dans une "vue de nulle part".

4-L'inassimilabilité de la méta-théorie par la théorie

Le rôle de ces composantes situées du discours du physicien est assez simple à comprendre. Ensemble, elles définissent un niveau *méta-théorique* pour la théorie quantique. La mesure (dont le concept reflète manifestement nos intérêts cognitifs) est ce qui sert à tester la théorie, et donc à établir une sémantique de valeurs de vérité pour elle. Les résultats de mesure, quant à eux, sont ce à propos de quoi la mécanique quantique nous permet de calculer des probabilités. La mesure et ses résultats sont statutairement maintenus hors du champ théorique, parce qu'ils sont une *condition préalable* pour la formulation de la théorie. Le compte-rendu théorique *présuppose* obligatoirement les catégories élémentaires pré-théoriques régissant l'action de l'expérimentateur dans son laboratoire. On ne peut pas exiger de lui qu'il les *justifie* en retour. Tout au plus doit-on s'assurer de *l'auto-consistance* d'un ensemble incluant la théorie et ses pré-supposés constitutifs.

A vrai dire, une telle couche à la fois méta- et pré-théorique est requise par toute théorie. Mais pourquoi cela pose-t-il un problème en physique quantique, alors que cela n'en a jamais posé en physique classique ? Parce qu'en physique classique, rien n'empêchait d'exprimer les contenus méta-théoriques dans un cadre conceptuel *isomorphe* à celui de la théorie. D'un côté, les invariants de la théorie étaient des propriétés d'objets. De l'autre côté, en parfaite conformité avec cette typologie d'invariants de la théorie, les appareils de mesure étaient des objets dotés de propriétés, et les résultats de mesure se présentaient comme autant de propriétés acquises par les appareils à la suite de l'opération de mesure. En mécanique quantique, par contre, les seuls invariants généraux de la théorie (les seuls éléments objectivés) sont des symboles, les vecteurs

d'état, qui fournissent des prédictions probabilistes pour des résultats de mesure constatables au niveau macroscopique. Ce ne sont pas des propriétés, et surtout pas des propriétés microscopiques. Si l'on veut malgré cela inscrire le plan méta-théorique des appareils et de la mesure dans le cadre conceptuel de la théorie, on ne peut le faire qu'en termes de symboles prédictifs, et non pas en termes de propriétés. Mais ces nouveaux symboles prédictifs n'ont de sens que si l'on admet qu'ils fournissent des probabilités pour des résultats d'autres mesures, c'est-à-dire pour les propriétés des appareils de deuxième ordre permettant de faire des mesures sur les appareils précédents de premier ordre. Et ainsi de suite. En essayant de plonger la méta-théorie dans le cadre théorique, on ne fait en vérité qu'amorcer une régression à l'infini dont le terme provisoire est toujours, bon gré mal gré, un élément descriptif extra-théorique. Impossible par conséquent de résorber complètement les catégories méta-théoriques de mesure, de résultat, d'appareil, dans celles, intra-théoriques, de vecteurs d'état, d'observables, etc.

La propagation de proche en proche des effets du principe de superposition, qui est le noyau résistant du problème de la mesure, s'explique aisément de cette manière. Pour le voir, il suffit de réaliser que le mot et le concept d'*état* sont utilisés selon deux acceptions profondément différentes dans le discours véhiculaire des physiciens quantiques. La première des acceptions est méta-théorique, et la seconde intra-théorique. Selon l'acception méta-théorique, l'appareil aussi bien que le chat de Schrödinger se trouvent à chaque instant dans un état bien déterminé, correspondant terme à terme avec le résultat qu'a fourni leur observation: l'écran de l'appareil affiche univoquement l'un *ou* l'autre des résultats possibles, et le chat est *soit* vivant *soit* mort. Mais selon l'acception intra-théorique, qui doit prévaloir à partir du moment où l'on a décidé de rendre compte des processus impliquant les appareils et les chats dans le cadre de la mécanique quantique, il n'en va pas de même. Il est inévitable que l'appareil et le chat se voient attribuer transitivement un "état" superposé. La seule fonction de l'"état" intra-théorique, est en effet de quantifier des potentialités qui seront éventuellement actualisées par un dispositif d'observation approprié (au sens méta-théorique). Elle est celle d'un moyen de calculer la *probabilité* de détecter un état méta-théorique *si* une

mesure est effectuée. La probabilité de trouver l'appareil (ou le chat) dans tel état se trouvant être identique¹⁶ à la probabilité de trouver le système dans l'état correspondant (au sens méta-théorique), l'"état" (intra-théorique) de l'appareil (ou du chat) s'avère isomorphe à l'"état" superposé du système. La structure de potentialité fournie par la mécanique quantique s'étend ainsi du système à l'appareil, de l'appareil au chat, et ainsi de suite.

L'impression qu'il y a là une étrangeté ou un paradoxe vient avant tout de la confusion habituelle entre les deux acceptions du mot *état*. Comment accepter que l'appareil et le chat soient manifestement dotés, lorsqu'on les observe, d'un état bien déterminé, alors que la mécanique quantique les "décrit" comme se trouvant dans un "état" superposé ? Mais lorsqu'on se souvient de la dualité de statut (ou d'usage) du concept d'état, toute impression de paradoxe se dissipe. Dans le premier cas, l'état dont on parle est pris au sens méta-théorique de détermination effective, alors que dans le second cas, il est pris au sens intra-théorique de potentialité de manifestation, sous condition de mise en place d'un dispositif d'observation.

Une autre raison, apparentée, d'entretenir le sentiment d'étrangeté, tient à un préjugé commun sur la signification des probabilités. Remplacer la description d'une détermination par une prédiction probabiliste, est couramment perçu comme simple procédé de compensation d'une *ignorance* partielle au sujet de cette détermination. On sait, bien sûr, que cette interprétation des probabilités comme ignorance est au premier degré incompatible avec le fonctionnement du formalisme quantique¹⁷. On accepte à partir de là que l'"état" quantique du système microscopique, bien que servant à calculer des

¹⁶ Cette identité des probabilités est la condition pour que l'interaction soit assimilable à une "bonne mesure".

¹⁷ Ce genre d'incompatibilité apparaît il est vrai surmontée par les théories à variables cachées (non-locales) du type de celle de Bohm 1952. Mais c'est là un faux-semblant. Car ces théories, constitutivement holistiques, supposent que les variables sont influencées de façon instantanée et non-contrôlable par les appareillages expérimentaux. Des déterminations "intrinsèques" se trouvent certes postulées dans un premier temps, mais c'est seulement pour admettre dans un second temps que l'acte même de leur mise en évidence leur impose une modification extrinsèque. La mesure est tenue pour une simple "mise en évidence" de propriétés. Mais les propriétés mises en évidence ne sont pas celles de l'objet indépendamment de toute procédure expérimentale; elles sont des propriétés-influencées-par-l'appareil. Dans cette théorie comme en mécanique quantique standard, par conséquent, les probabilités ne font pas qu'exprimer l'ignorance de ce que *sont* les déterminations. Elles expriment conjointement et de façon non discriminable l'indétermination de leur *relation* avec un contexte expérimental.

probabilités, ne se limite pas à exprimer l'ignorance dans laquelle on se trouve concernant d'hypothétiques déterminations intrinsèques. Mais on ne peut pas accepter d'étendre cette conclusion aux appareils et aux chats. Car les appareils et les chats, comme tout autre objet d'échelle de taille et de complexité macroscopique, relèvent d'un domaine familier où rien n'empêche de considérer que les choses *ont* des déterminations sans qu'on sache précisément lesquelles, et où les probabilités servent à traduire cette incomplétude dans la connaissance. Ici encore, il est facile de voir que l'apparence de paradoxe vient d'une confusion entre catégories méta-théoriques et intra-théoriques. Au regard de la théorie quantique, l'affirmation que les choses du domaine familier (parmi lesquelles les appareils et les chats) ont des déterminations propres éventuellement ignorées relève d'un discours méta-théorique. Elle fait partie du genre d'énoncé à justification seulement normative ou pratique que la théorie quantique présuppose pour son attestation expérimentale, mais *n'inclut pas*. La théorie quantique n'a en elle-même aucune autre ressource que d'attribuer un "état" (au sens intra-théorique de potentialité conditionnelle) à l'appareil et au chat *comme* au système microscopique. Et cette attribution est en toute rigueur incompatible, là comme ailleurs, avec l'idée que les appareils et les chats *ont* l'une ou l'autre des déterminations possibles sans qu'on sache laquelle. Dans l'univers théorique de la mécanique quantique, *rien*, pas même les appareils et les chats, n'a en droit de déterminations intrinsèques; seulement des potentialités de manifestation mutuellement corrélées.

La seule stratégie que l'on puisse suivre, comme on l'a déjà signalé, est dès lors d'assurer la consistance *approximative* entre les présupposés méta-théoriques dont a besoin la mécanique quantique et la structure de son calcul des probabilités à l'échelle macroscopique. Il faut montrer qu'à grande échelle son calcul des probabilités *peut* (sous certaines conditions définissant la sphère des intérêts humains de connaissance) s'approcher d'une forme interprétable en termes d'ignorance partielle de déterminations propres. C'est là le véritable objectif, très restreint comme on le voit, que devraient se fixer les théories de la décohérence.

Récapitulons: (1) Rêver de faire de la physique une "vue de nulle part" empêche de reconnaître l'autonomie du niveau méta-

théorique requis par les théories physiques. (2) L'inassimilabilité à la mécanique quantique du niveau méta-théorique qu'elle suppose, signifie à l'inverse, une fois encore, que le rêve a rencontré ses limites. Notre implication *dans* la nature doit bien être irréductible, si le paradigme de distanciation objectivante que voulait être la science physique ne peut lui-même l'escamoter.

5-Conscience et engagement dans le monde

En physique, le choc frontal entre la pérennité du rêve de désengagement absolu, et ce constat des limites, n'a pas manqué de produire de curieuses figures de la pensée.

Rappelons-nous d'abord que le projet de désengagement s'accomplit à partir du moment où l'on a pu obtenir une sorte de vue en surplomb du monde *et* des sujets intra-mondains qui en prennent connaissance. Cette vue est elle-même celle d'un sujet, mais d'un sujet par construction banni du monde, désincarné, voire confiné à la plus extrême abstraction transcendantale. À partir de là, si une description concrète de ce bannissement est requise, le plus facile est d'avoir recours à la métaphore dualiste. Face au monde, et comme hors du monde, se tient la "chose pensante". Rien d'étonnant que la naissance de la science moderne de la nature au dix-septième siècle ait coïncidé avec la formulation d'une théorie dualiste du rapport esprit-corps¹⁸.

Que se passe-t-il à présent quand, dans une nouvelle situation paradigmatique, on s'aperçoit que l'opération de distanciation, une fois accomplie, a engendré d'inextricables paradoxes? Si l'on met à part les attitudes de dénégation ou de renvoi au futur, nous avons vu qu'il ne reste qu'une issue possible: admettre l'impossibilité de parachever l'objectivation, et chercher le moyen de poursuivre l'oeuvre scientifique en dépit de cette

¹⁸ L'un des compte-rendus les plus saisissants du lien entre le paroxysme de l'objectivation et la genèse de la croyance dualiste, a été donnée par E. Schrödinger dans une discussion sur le statut des qualités sensibles: "Comment le rouge et le jaune, le doux et le chaud entrent-ils en jeu? Une fois que nous avons retiré (ces qualités sensibles) de la 'réalité objective', nous essayons désespérément de les restaurer. Nous ne pouvons pas les retirer entièrement, parce qu'elles sont *là*; nous ne pouvons pas les repousser par l'argumentation. Aussi devons-nous leur procurer un lieu de vie, et nous inventons un nouveau royaume pour elles, *l'esprit*, en disant que c'est là où elles se trouvent". E. Schrödinger, *William James Lectures (1954)*, in: E. Schrödinger, *The interpretation of quantum mechanics*, (ed. M. Bitbol), Ox Bow Press, 1995, p. 145.

impossibilité. L'ennui est que cette réorientation vient trop tard pour ne pas conduire à des équivoques. Elle vient après qu'on ait mené à bien le travail de désengagement exigé par une objectivation intégrale; après qu'on ait accepté de ne mettre à part de la représentation objective qu'une sorte de sujet transcendantal implicite dont la seule propriété est de pouvoir entretenir une telle représentation.

L'unique façon envisageable de reconnaître les limites de la tâche d'objectivation semble alors de re-projeter d'une manière ou d'une autre l'ultime sujet exclu dans sa représentation. Que ce soit (chez J. Von Neumann, F. London & E. Bauer, E. Wigner, etc.) pour lui reconnaître une aptitude à *réduire* l'"état"; c'est-à-dire pour avancer l'idée baroque d'un pouvoir mental de transformer un "état" physique. Ou que ce soit (chez D. Albert et B. Loewer) pour expliquer comment, en tant qu'expérimentateur, le sujet peut avoir *l'impression privée* de n'obtenir qu'un résultat bien défini, alors qu'en tant que théoricien, il contemple le déploiement public d'un "état vaguement intermédiaire" qui inclut son propre corps¹⁹. Au lieu de remettre en question à la base la procédure d'exclusion qui a conduit au dualisme, on commence par accepter l'héritage intellectuel de ses deux entités (mentale et physique), et on essaie ensuite de brouiller leurs limites. On surcompense une première erreur issue d'un choix méthodologique, par une seconde erreur qui ne fait qu'approfondir la première en y ajoutant la confusion des genres.

Une autre stratégie, qui semble diamétralement opposée à celle qui vient d'être évoquée, découle en fait de la même erreur initiale, et contribue aussi à la pérenniser. C'est celle qui consiste à vouloir rendre raison de l'émergence de l'expérience subjective, de la conscience primaire, par la réduction de l'"état" quantique conçue comme un processus physique objectif.

L'exemple le plus connu de cette approche²⁰ a été donné par Roger Penrose²¹. Le but qu'il s'assigne est d'établir un lien entre la physique des échelles cosmologiques (dominées par la gravitation), la physique des échelles microscopiques (régies par

¹⁹ Sur ces possibilités de la pensée, et sur les auteurs cités, voir : M. Bitbol, *Physique et philosophie de l'esprit*, Flammarion, 2000, Chapitre 1.

²⁰ Il y en a d'autres. En particulier H. Stapp, *Mind, matter and quantum mechanics*, Springer-Verlag, 1993. Voir M. Bitbol, *Physique et philosophie de l'esprit*, op. cit. §1-3

²¹ R. Penrose, *Shadows of the mind*, Oxford University Press, 1994

la mécanique quantique), et le fonctionnement de l'esprit. Ce triple lien est cherché par Penrose dans un processus qu'il appelle la "réduction objective de l'état". De quoi s'agit-il exactement? Toute la charge de défi se trouve bien entendu concentrée dans le qualificatif "objective". Par son emploi, Penrose montre non seulement qu'il rejette les pseudo-explications subjectives de la réduction de l'"état", mais aussi qu'il cherche à éviter le déclassement de la réduction de l'"état" au rang de simple forçage conventionnel de l'évolution d'une entité théorique.

Cette prise de position est explicitée par une formule-choc, que Penrose emprunte à l'un de ses collègues physiciens: "si vous *croyez* réellement à la mécanique quantique, alors vous ne pouvez pas la prendre au *sérieux*"²² De deux choses l'une, en effet. Soit on *croit* à la mécanique quantique standard, et on doit alors reconnaître que la réduction de l'"état" n'y représente guère plus qu'un procédé pratique de calcul permettant aux expérimentateurs d'ajuster volontairement leur évaluation des probabilités en fonction du résultat d'une mesure antérieure. Soit on veut prendre au *sérieux* la mécanique quantique, en supposant (conformément au vocabulaire des physiciens) que le vecteur d'état représente l'*état* intrinsèque d'objets microscopiques; et dans ce cas il faut expliquer, quitte à chercher l'explication ailleurs que dans la mécanique quantique, pourquoi une réduction brutale de cet "état" se produit d'elle-même dans le monde. Penrose opte clairement pour la seconde branche de l'alternative. Il propose une explication "objective", selon laquelle des perturbations gravitationnelles d'origine cosmique, décrites par la théorie de la relativité générale, occasionneraient des *réductions spontanées* cumulatives. Ainsi voit-on comment Penrose met en relation l'infiniment grand de la cosmologie et l'infiniment petit de la physique quantique.

Il reste à montrer quelle connexion il établit entre ces deux infinis et l'esprit humain²³ *via* la "réduction objective". Le trait propre du fonctionnement de notre esprit, celui qui le distingue de l'ordinateur, affirme Penrose, est qu'il ne se réduit généralement pas à un calcul. Le principal argument avancé en faveur de ce caractère "non-calculable" de l'esprit humain est

²² R. Penrose, *Les deux infinis et l'esprit humain*, Flammarion, 1999, p. 87

²³ Cette expression reproduit la traduction française, fort pertinente, du titre de son livre *The large, the small, and the human mind*, Cambridge University Press, 1997

inspiré du théorème de Gödel. Il consiste à montrer qu’il existe au moins une proposition dont la vérité peut être constatée par n’importe quel être humain, alors qu’elle ne saurait être dérivée d’aucun algorithme effectuable par un ordinateur. Or, remarque par ailleurs Penrose, le processus de “réduction objective” a toutes les chances d’être également non-calculable, en raison de certaines particularités des théories de la gravitation quantique. Dans un mouvement de pensée particulièrement risqué, Penrose propose alors d’identifier les deux non-calculabilités. Selon lui, l’entendement humain pourrait être sous-tendu par de vastes régions de cohérence entre fonctions d’onde représentant l’état du cytosquelette des neurones cérébraux; et ce sont les processus séquencés non calculables de “réduction objective” de ces fonctions d’onde qui tout à la fois rendraient compte de sa non-calculabilité et de son actualité consciente.

Beaucoup d’auteurs ont cependant reproché à Penrose de faire intervenir, à toutes les étapes de sa démarche, des postulats contestables, des amalgames hâtifs, et d’extrêmes audaces spéculatives. J. Searle l’a par exemple accusé de ne faire que redoubler les mystères de la conscience par les mystères de la mécanique quantique²⁴. De nombreux logiciens ont contesté son utilisation du théorème de Gödel (R. Penrose consacre d’ailleurs un chapitre entier de *Shadows of the mind* à essayer de répondre à leurs objections). Dans le petit livre de débat qui a été tiré des *Tanner Lectures* de 1995²⁵, N. Cartwright s’interroge sur la tendance que manifeste Penrose à faire reposer tout le fardeau de l’explication de l’entendement conscient sur les sciences physiques, en court-circuitant le niveau d’organisation biologique. Quant à R. Omnès, il s’inquiète à juste titre de savoir s’il est nécessaire d’invoquer un très hypothétique processus de “réduction objective”, alors que les théories de la décohérence répondent à bon nombre des questions qui portent sur le processus de mesure en mécanique quantique, et renvoient les autres questions à un écheveau courant de confusions conceptuelles.

Le côté vertigineux de l’entreprise de Penrose vient de ce que chacune de ses composantes est isolément si dépourvue de crédibilité, que seul l’appui mutuel qu’elles se prêtent semble pouvoir faire tenir le tout. La réduction spontanée de l’“état”

²⁴ J. Searle, *The mystery of consciousness*, Granta Books, 1997

²⁵ R. Penrose, *Les deux infinis et l’esprit humain*, op. cit.

quantique est peu plausible au vu des difficultés qu'il y a à l'accorder aux phénomènes de superposition macroscopique²⁶. Mais elle apparaît confortée par la possibilité de lui attribuer une origine gravitationnelle entrevue aux confins mal maîtrisés de la mécanique quantique et de la relativité générale. La réduction gravitationnelle est un thème hautement spéculatif. Mais elle est rendu plausible par le besoin d'un processus physique non-calculable apte à calquer les processus de l'entendement conscient. La non-calculabilité de l'entendement humain est loin de faire l'unanimité chez les logiciens ou les spécialistes de sciences cognitives. Mais si elle mime celle d'un processus comme la réduction gravitationnelle et que ce rapprochement s'avère être l'une des seules pistes pour fournir un compte-rendu physique de la conscience, alors cela semble être un argument pour l'accepter. Et ainsi de suite.

Le plus gênant, d'un point de vue philosophique, réside cependant dans la part non-explicitée des hypothèses de Penrose. Il lui paraît naturel d'attribuer des propriétés objectives à la conscience (comme la non-calculabilité), et de se servir de cela pour en rendre compte par la science physique. Cette attribution préalable semble il est vrai indispensable dans le cadre de la théorie classique de la connaissance. Si la science physique a pour seule mission et pour seule capacité de décrire le monde objectif, lui demander de rendre raison d'une part de l'expérience consciente suppose obligatoirement qu'on commence par tenir cette part pour *objective*. Mais ce préalable est typique d'un dualisme substantiel. C'est le dualisme qui a pour principe d'objectiver la subjectivité, d'en faire un objet de discours et de description, tout en affirmant son irréductible spécificité ontologique par rapport aux objets *physiques*. C'est le dualisme qui a d'autant plus besoin d'affirmer la distinction entre le domaine des objets physiques et le champ de l'expérience subjective qu'il tient cette dernière pour une quasi-entité objective (la *res cogitans*), ou qu'il la traite à la manière d'un faisceau de propriétés objectives (les "propriétés phénoménales" de D. Chalmers). Non sans ironie, par conséquent, Penrose n'a pu éviter de partir de l'une des principales prémisses d'un dualisme passéiste pour atteindre son but, qui était de promouvoir un monisme physicaliste par des

²⁶ P. Mittelstaedt, *The interpretation of quantum mechanics and the measurement process*, Cambridge University Press, 1998, p. 113

moyens futuristes. Mais s'il l'a fait, comme nous le comprenons désormais, c'est parce que le dualisme prépare remarquablement bien le terrain au monisme physicaliste en subsumant l'expérience consciente sous un ensemble de concepts formels d'objets, en la rangeant dans la même méta-catégorie que les objets physiques (la célèbre *category mistake* de G. Ryle²⁷). L'aventure spéculative de Penrose a au moins servi de révélateur à cette ambivalence du dualisme. Elle peut encore servir, nous allons le voir à présent, à révéler des traits plus généraux de la situation épistémologique dont a hérité la physique quantique.

Placé de toute éternité face à une nature pré-objectivée, le chercheur de Penrose n'a qu'une tâche à accomplir: en inventorier les éléments constitutants, en pénétrer les rouages, en décrire le fonctionnement, et en découvrir l'unité architectonique. Une résistance à ce programme ne saurait dans cette perspective qu'être provisoire. Et quand plusieurs résistances se font jour simultanément, le soupçon grandit que leur cause est commune, et que leur résolution doit aller de pair. La réduction de l'"état" quantique résiste à son inclusion dans le domaine de propriétés d'objets de la théorie physique qui le postule. L'intégralité de l'expérience vécue du chercheur résiste à son assimilation à l'un des objets d'expérience que sa science physique a pour but de décrire. La solution unique de ces problèmes résidera alors dans un nouvel objet, ou dans un processus objectif jusque là inconnu (par exemple les processus quantiques-gravitationnels non-calculables de Penrose), dont les deux régions résistantes ne représentent, espère-t-on, qu'autant d'aspects fragmentaires.

6-Épouser les limites de l'objectivité

Voyons alors pour finir ce que changerait, dans la perception de ces problèmes, un geste renouvelé de "révolution copernicienne" au sens de Kant. Selon cette perspective volontairement inversée, il n'est plus question de nature pré-objectivée, mais de processus d'objectivation constitutifs de régions d'invariance. Il n'est plus question d'une unité

²⁷ G. Ryle, *The concept of mind*, Hutchinson, 1949

physicaliste de la nature donnée de toute éternité mais de visée idéale d'unification.

Dans une perspective "copernicienne", les deux problèmes, celui de la réduction de l'"état" et celui de l'expérience subjective, apparaissent également avoir quelque chose en commun. Mais cette communauté n'est plus d'ordre ontologique, elle est d'ordre positionnel et méthodologique. L'inassimilabilité de la réduction de l'"état" au compte-rendu légal de la mécanique quantique traduit une limite de l'oeuvre d'objectivation. Elle révèle, comme je l'ai déjà signalé, l'impossibilité de parachever l'escamotage de l'envers procédural de la théorie physique dans son produit achevé. Elle manifeste l'inéliminabilité du terme indexical "nous" (le "nous" de nos intérêts cognitifs, de notre position mésoscopique dans l'échelle des grandeurs spatiales, du réseau d'intersubjectivité dans lequel vaut un constat factuel), au profit d'une description complètement désindexée. La réduction de l'"état" est quelque chose qui vaut *pour nous*, du point de vue de *notre* orientation cognitive, relativement à ce qui apparaît pertinent à l'échelle où *nous* vivons.

Il en va de même pour l'inassimilabilité de l'expérience subjective à quelque genre que ce soit de compte-rendu physique. Elle aussi traduit une limite (*l'ultime* limite) de l'oeuvre d'objectivation. Elle révèle l'impossibilité de parachever l'escamotage de "ce pour qui" il y a une représentation du monde. Elle manifeste l'inéliminabilité du terme indexical "je" au profit d'une description de type "vue de nulle part", car même celle-ci le présuppose.

En physique comme dans les sciences de l'esprit, les bornes de l'objectivité s'avèrent en fin de compte déplaçables mais pas dépassables. Leur ignorance, nous l'avons constaté, est génératrice de paradoxes. Leur prise en charge réflexive suffit, à l'inverse, à dissoudre automatiquement ces paradoxes. Elle conduit par la même occasion à une conception apaisée, non impériale, non réductrice, des rapports des sciences avec les pratiques et la vie qui les sous-tendent.