

L'OBJET DE LA THÉORIE PHYSIQUE ET LA RÉALITÉ

Les nouveaux enjeux philosophiques

Jean Ferrari
Dijon, France

L'honneur est extrême et la responsabilité redoutable de donner la première conférence plénière du XXV^e Congrès de l'Association des Sociétés de philosophie de langue française. Le thème en habite en effet toute l'histoire de la philosophie, évoque quelques-unes des questions essentielles qui concernent le connaître et l'agir de l'homme depuis son origine et revêt aujourd'hui une actualité particulière avec les progrès, soudainement accélérés depuis le début de ce siècle, des sciences et des techniques. Il eût été plus aisé, pour le dix-huitiémiste que je suis, de me situer à l'intérieur d'un siècle où le concept de nature a joué un rôle si décisif dans l'histoire des idées, mais j'ai pensé, peut-être à tort, que les organisateurs de ce congrès n'attendaient pas de moi, si brillante soit-elle, une page de l'histoire de la philosophie occidentale, mais plutôt que j'ouvre des travaux dont la richesse et la variété se lisent dans le riche programme de cette rencontre.

Or ce qui apparaît d'emblée à celui qui ne veut pas se limiter à une période, à un auteur ou à un problème particulier, c'est bien l'immensité du thème. Il évoque de si nombreuses connexions dans les définitions souvent opposées du concept de nature que celui-ci finit par constituer le champ propre et les limites mêmes de la réflexion philosophique: nature et culture, nature et histoire, civilisation, art, technique, liberté, surnature, pour se confondre enfin avec la réalité des choses et de l'homme. La richesse en significations du terme comme ses multiples usages sont tels que l'on peut justement s'interroger, comme le feront plusieurs d'entre vous, sur la cohérence et l'unité du concept de nature. Tel ne sera pas mon propos, même s'il me paraît opportun d'évoquer, en une sorte d'éclairage initial, deux sens liés à d'anciennes étymologies.

Selon la première, le terme nature aurait pour origine indo-européenne *Na* qui signifie «don, ce qui est donné». La seconde, plus commune, indique, par les termes latins *natura* et *nascor* et le grec γίγνομαι, une racine sanscrite *gan* qui aurait pour sens: engendrer, produire. La nature désignerait ainsi soit ce qui est engendré, soit ce qui engendre; soit l'ensemble des choses ou chaque chose séparément, soit la puissance active, souvent personnifiée, qui établit et conserve par ses lois l'ordre de l'univers, annonçant ainsi les deux sens scolastiques de *natura naturans* et de *natura naturata*.

Si quelque relief demeure aujourd'hui encore, dans le langage commun et chez les philosophes, de ces anciennes significations, elles paraissent bien éloignées du sens du mot «nature» et des problèmes qui s'y attachent dans la

pensée contemporaine, déterminés en grande partie par la nouvelle vision du monde que propose la science.

Certes, comme le remarquait Etienne Gilson, les métaphysiques vieillissent par leur physique et Husserl faisait à Kant le reproche d'avoir manqué l'exigence transcendante, en prenant la physique de Newton comme modèle d'une science achevée. Mais depuis longtemps déjà – l'expérience en est cruelle pour la philosophie – on ne connaît plus de grands philosophes physiciens et, pour sauver une improbable philosophie éternelle, le philosophe doit-il tout ignorer des sciences de son temps? En cherchant à leur donner un fondement ultime dans la définition de la philosophie comme science rigoureuse, Husserl a donné un exemple tout contraire.

Il est remarquable toutefois que dans les années qui ont suivi la Deuxième Guerre mondiale dont on peut avoir une assez bonne idée dans le volume 19 de l'*Encyclopédie française* consacré à la philosophie et à la religion, la science semble avoir disparu de l'horizon de la philosophie en langue française. Dans ce volume publié en 1957 et qui a fait appel à quelques-uns des philosophes les plus connus de l'époque, un chapitre est consacré aux sources d'inspiration et aux relations de voisinage de la philosophie. Y figurent, avec la psychanalyse, la psychologie et la sociologie, amplement développés, les rapports de la philosophie avec la religion, la musique (c'est le plus long article, dû à Vladimir Jankélévitch), le théâtre et la poésie, mais nulle science pure ou naturelle ne paraît pouvoir donner à réfléchir au philosophe. Seul Raymond Ruyer, en introduction au volume, récuse la possibilité pour la vérité philosophique, au nom de l'unité du vrai, de se constituer indépendamment de la vérité scientifique. Mais il est immédiatement contredit dans le chapitre suivant par Ferdinand Alquié:

Le savoir philosophique [...] ne se confond avec aucun résultat. Il est ce qui dans la pensée des hommes est vérité sans être science et expérience sans être histoire. Toute nature est objet et se réalise dans une histoire. Mais le savoir des philosophes est métaphysique¹.

Il m'a paru, toutefois, qu'en cette fin du XX^e siècle, en une conférence d'ouverture sur le thème de la nature, il n'était pas concevable de mettre entre parenthèses les concepts et les images que la science contemporaine nous donne de la nature, qu'elle pouvait donner à penser au philosophe qui, exclu, il est vrai, de la recherche scientifique proprement dite, conserve son pouvoir d'interrogation critique. Je me propose donc, à la lumière de certains débats scientifiques contemporains, d'évoquer quelques voies et conditions qui permettraient au philosophe de penser la nature et de dire quelles exigences, à l'égard de la science, il est en droit de formuler, non certes au

¹ *Encyclopédie française*, t. 19, *Philosophie-Religion*, Paris, Société Nouvelle de l'Encyclopédie française, 1957, p. 14.

nom d'un savoir qu'il n'a plus, mais à celui d'une réflexion qui demeure sa tâche fondamentale. Celle-ci devrait s'exercer avec la même rigueur vis-à-vis de l'extraordinaire développement des pouvoirs nouveaux que la technique issue de la science développe sur l'ensemble de la nature des vivants et de l'homme. Bref, pour que la philosophie joue pleinement son rôle, il faudrait penser à la fois – ce qui excède les limites d'une conférence et même d'un congrès – la théorie et la pratique scientifiques au moment même où celles-ci semblent près d'atteindre l'inatteignable: le fond des choses, le secret de la vie, la raison de l'univers. C'est donc à une aventure intellectuelle inédite, à l'intérieur de nos disciplines étroitement cloisonnées, que m'ont conduit, sans deviner le caractère vertigineux qu'elle revêtirait pour moi, les organisateurs de ce colloque².

Il est difficile à un historien d'ignorer l'histoire. C'est pourquoi j'ai d'abord pensé à évoquer devant vous, en une sorte de fresque, qui s'est rapidement révélée démesurée ou banale, les métamorphoses successives de l'idée de la nature: la science aristotélicienne et son étonnante permanence pendant près de deux millénaires, la révolution copernicienne et la naissance de la science classique avec la quantification d'une nature désormais privée de ses qualités sensibles, la mécanique newtonienne qui ne forge pas d'hypothèses métaphysiques, mais se fonde uniquement sur la raison et l'expérience, toutes étapes si connues de l'histoire des sciences qu'elles ne prennent de l'intérêt que si, comme se proposent de le faire plusieurs communications, on s'attache à l'une d'entre elles. En définitive, il m'a paru préférable de m'en tenir à des vues moins diachroniques et à des problèmes qui, s'ils conservent une formulation traditionnelle d'essence philosophique, occupent dans les débats scientifiques actuels une place considérable comme l'ordre et la réalité d'une nature dont la science contemporaine a si profondément modifié l'image. Et il m'a semblé dans l'ordre des choses de commencer, en cette première conférence, par les problèmes de la physique; puisque celle de Werner Arber portera sur l'évolution biologique vue par la génétique moléculaire.

L'un des problèmes majeurs qui retient aujourd'hui encore la pensée scientifique est celui de l'ordre ou du désordre de la nature. A l'origine de la pensée grecque, philosophie et science mêlées ont cherché, par-delà les explications mythologiques et religieuses des sociétés traditionnelles, une intelligibilité du réel qui se confondait avec l'ordre de la nature, dont la contemplation du mouvement des astres donnait une idée parfaite. La stabilité des choses comme la permanence des rythmes vitaux suggéraient l'idée d'une régularité qui ne pouvait être le fait du hasard, mais celui d'une organisation cosmique où, selon l'heureuse formule d'Alexandre Koyré, «il y a une place pour chaque chose et chaque chose est à sa place». La science des

² J'exprime ici mes plus vifs remerciements à Hervé Barreau, Pierre Chavance, Jean Gayon et François Joly, dont les indications m'ont été fort utiles et les remarques très précieuses.

XVII^e et XVIII^e siècles, si elle exclut la finalité de la nature, ne renonce pas à l'ordre qui devient celui, plus contraignant encore, des mathématiques appliquées à l'étendue et au mouvement chez Descartes, à la force chez Leibniz, à la gravitation chez Newton.

La grande machine de l'univers, telle que la conçoit la science classique, trouve son expression la plus parfaite dans le texte célèbre de Laplace sur le déterminisme qui figure dans son *Essai philosophique sur les probabilités*. Il nous servira de point de départ.

Une intelligence qui pour un instant donné connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux. L'esprit humain offre, dans la perfection qu'il a donnée à l'astronomie, une faible esquisse de cette intelligence... Tous ses efforts, dans la recherche de la vérité, tendent à le rapprocher sans cesse de l'intelligence que nous venons de concevoir, mais dont il restera toujours infiniment éloigné³.

Ainsi l'avenir est-il intégralement contenu dans le présent, lui-même tout entier explicable par le passé. Si le démon de Laplace, comme on l'appelle parfois, n'existe pas et n'existera probablement jamais, reste que la nature qu'il pourrait connaître est *en soi* soumise au déterminisme le plus strict et à l'ordre le plus rigoureux qui permettrait la prédiction la plus exacte. Ce déterminisme concerne certes d'abord le monde matériel, mais aussi les vivants et l'homme qui les pense. Il est intéressant de trouver sous la plume de Kant un paragraphe qui préfigure, en ce qui concerne l'homme, le texte de Laplace:

On peut donc accorder que, s'il nous était possible d'avoir de la manière de penser d'un homme, telle qu'elle se montre par des actions internes aussi bien qu'externes, une connaissance assez profonde pour que chacun de ses mobiles, même le moindre, fût connu en même temps que toutes les occasions extérieures qui agissent sur

³ P. S. de Laplace, *Introduction à la théorie analytique des probabilités*, in *Œuvres complètes*, vol. 7, Paris, 1886, p. VI. Voir aussi: *Leçons de mathématiques; l'École normale de l'an III*, X^e leçon de Laplace: «La régularité que l'astronomie nous montre dans le mouvement des comètes a lieu, sans aucun doute, dans tous les phénomènes: la courbe décrite par le plus léger atome est réglée d'une manière aussi certaine que les orbites planétaires; il n'y a de différence entre elles que celle qu'y met notre ignorance.» Textes rassemblés sous la direction de Jean Dhombres, Paris, Dunod, 1992, p. 126.

ces derniers, on pourrait calculer la conduite future d'un homme avec autant de certitude qu'une éclipse de lune ou de soleil⁴.

Ce qui ne nie pas la liberté nouménale, mais l'homme phénoménal, même en ses pensées les plus secrètes, ne constitue pas une exception au déterminisme de la nature. Nul plus que Kant n'a cru à l'universalité et à la nécessité des lois de la nature et au déterminisme qu'elles traduisent. La catégorie de la cause et le principe de causalité établissent un lien nécessaire entre la cause et son effet. Comprendre un effet, c'est nécessairement le rapporter à sa cause. Il s'agit là d'une exigence fondamentale de tout esprit qui pense.

Or, ce que montre bien le texte de Laplace, c'est la nécessité pour la science de prévoir, c'est-à-dire de déterminer à un moment donné l'ensemble des causes qui entraîneront tel effet, dès lors parfaitement déterminé, objet d'une prévision sans erreur possible. La raison et le calcul fondés sur l'expérience le peuvent, ainsi que l'atteste la mécanique de Newton.

Newton; écrit Kant, le premier de tous, vit l'ordre et la régularité unis à une grande simplicité là où, avant lui, il n'y avait à trouver que désordre et multiplicité mal agencée, et depuis ce temps, les comètes vont leur cours en décrivant des orbites géométriques⁵.

L'ordre et la stabilité de l'univers sont les conditions de cette prévision dont les tables astronomiques, qui figurent dans tous les almanachs, sont le plus parfait exemple. Seuls pourraient y faire obstacle le miracle (Josué arrêtant le soleil) – mais sa non-reproductibilité l'exclut du champ de la science et ni Kant, ni Laplace ne croyaient aux miracles – et les faits de hasard qui semblent venir jeter le trouble dans un univers soumis au déterminisme laplacien.

Mais un fait de hasard peut être défini, non comme quelque chose qui se produit sans cause, mais dont la multiplicité des causes en rend la prévision,

⁴ I. Kant, *Critique de la raison pure*, trad. F. Picavet, Paris, PUF, 1949, p. 105. Dans *Système de la Nature ou des lois du monde physique et du monde moral* par M. Mirabaud, Londres, 1771, le baron d'Holbach, après avoir posé comme principe que «la nécessité est la liaison infaillible et constante des causes avec leurs effets» (p. 55), écrit: «Dans les convulsions terribles qui agitent quelquefois les sociétés politiques, et qui produisent souvent le renversement d'un empire, il n'y a pas une seule action, une seule parole, une seule pensée, une seule volonté, une seule passion dans les agents qui concourent à la révolution comme destructeurs ou comme victimes, qui ne soit nécessaire, qui n'agisse comme elle doit agir, qui n'opère infailliblement les effets qu'elle doit opérer, suivant la place qu'occupent ces agents dans ce tourbillon moral. Cela paraîtrait évident pour une intelligence qui serait en état de saisir et d'apprécier toutes les actions et réactions des esprits et des corps de ceux qui contribuent à cette révolution.» (p. 56-57).

⁵ I. Kant, *Remarques touchant les observations concernant le sentiment du beau et du sublime*, *Gesammelte Schriften*, t. 20, Berlin, Preussische Akademie der Wissenschaften, p. 58.

sinon impossible, du moins très difficile, à la limite improbable. Ce hasard-là, me semble-t-il, ne contredit pas le déterminisme de Laplace. Il est même possible d'en évaluer la probabilité, en analysant les circonstances dans lesquelles il se produit, et d'y appliquer le calcul statistique. Dans l'exemple bien connu de la tuile qui, sous l'effet du vent, se détache d'un toit et vient heurter la tête d'un patient qui se rend chez le médecin, l'incident est expliqué par la rencontre fortuite de deux lignes de causalité indépendantes: l'intention de l'homme et la chute des corps. L'une et l'autre relèvent d'une causalité naturelle. Tout le problème est de savoir s'il est légitime d'admettre des causalités séparées dans la nature, ce qui donnerait au hasard comme fait imprévisible une certaine réalité, ou s'il peut s'expliquer par une insuffisance de notre connaissance. Il est clair que ceux qui reconnaissent la validité du principe laplacien ne retiendraient que la deuxième hypothèse, alors qu'une certaine conception indéterministe de la nature sera plus favorable à la première.

Ces problèmes ont reçu récemment un éclairage nouveau avec les théories dites du chaos et la notion de «dépendance sensitive aux conditions initiales» ou de «sensibilité aux conditions initiales». L'effet papillon⁶ qu'annonçait Henri Poincaré dans sa réflexion sur le hasard: «petites causes, grands effets», en est l'une des illustrations les plus connues⁷. Pour en comprendre une première originalité, il faut se rappeler, je pense, ce principe qui nous apparaissait en classe de physique d'une merveilleuse simplicité et nous assurait de l'ordre de la nature: «Les mêmes causes, dans les mêmes circonstances, produisent les mêmes effets.» La science classique reposait sur cette idée d'un temps homogène, idéalement réversible, et sur la possibilité de refaire, autant de fois qu'il était nécessaire, la même expérience: c'était la preuve expérimentale. Et il ne venait à l'esprit de personne, si l'expérience échouait, que cet échec avait d'autres causes que la maladresse de l'expérimentateur ou le non-respect du protocole de l'expérience. Le sens commun, qui nous fait douter de nous-mêmes plutôt que des choses, rejoignait ici la croyance au déterminisme. De toute manière, nous savions que les résultats n'étaient jamais qu'approchés, mais qu'il fallait raisonner en prenant en considération, non pas les conditions réelles, mais les conditions idéales de l'expérience et négliger tout ce qui pourrait venir en troubler la belle régularité.

⁶ Ainsi dénommé par le météorologiste américain E. Lorentz (1963).

⁷ Déjà curieusement d'Holbach, *op. cit.*, p. 57, empruntait aux phénomènes atmosphériques une illustration de ce principe: «[...] nous devons être assurés qu'il n'est point de cause si petite ou si éloignée qui ne produise quelquefois les effets les plus grands et les plus immédiats sur nous-mêmes. C'est peut-être dans les plaines arides de la Libye que s'amassent les premiers éléments d'un orage, qui, porté par les vents, viendra vers nous, appesantira notre atmosphère, influera sur le tempérament et sur les passions d'un homme, que ses circonstances mettent à portée d'influer sur beaucoup d'autres, et qui décidera d'après ses volontés du sort de plusieurs nations.»

Ce qui est pris en compte par les théoriciens du chaos, c'est précisément tout ce que la science classique avait pour ainsi dire mis entre parenthèses, ce qui dans la nature apparaît accidentel, désordonné, rebelle à nos mesures comme les turbulences de l'atmosphère, le tourbillon du vortex dans un liquide en écoulement, la complexité des mouvements d'un fluide brûlant à l'intérieur d'un récipient cylindrique, les irrégularités d'une côte maritime, phénomènes complexes dont l'étude, par méthode, ignorait la complexité. Il en résulte, sur le plan de l'expérience, une irruption massive du non-prévisible qui fait dire à un physicien, cité par James Gleick: «la relativité a éliminé l'illusion newtonienne d'un espace et d'un temps absolus; la théorie quantique a supprimé le rêve einsteinien d'un processus de mesure contrôlable; le chaos, lui-même, élimine l'utopie laplacienne d'une prédictibilité déterministe»⁸. L'enseignement le plus frappant de la théorie du chaos, qui s'attache souvent à des phénomènes à l'échelle humaine, c'est l'impossibilité de prévoir dans certaines circonstances parce que les conditions initiales ne sont jamais les mêmes et que des «bruits»⁹ imprévus, des parasites peuvent s'introduire à tout moment dans le phénomène observé. Le meilleur exemple, qui est à l'origine des travaux d'E. Lorentz, est celui de la météorologie. On connaît aujourd'hui l'imprécision de ses prévisions et l'on sait qu'il est quasiment impossible de prédire le temps au-delà de cinq jours. Le petit nombre et l'éloignement des stations sont souvent donnés pour expliquer ce manque de fiabilité. Or imaginons que la terre entière soit couverte de points d'observation, disposés à trente centimètres les uns des autres, qui donnent les renseignements nécessaires sur la pression atmosphérique, l'humidité de l'air, la vitesse du vent, etc., à un énorme ordinateur qui synthétise et interprète toutes ces données, par exemple à l'instant t , disons midi; déjà à l'instant t' , disons midi une minute, un minuscule événement aura pu avoir lieu dans l'intervalle, non détecté par les capteurs, par exemple à Tokyo le battement de l'aile d'un papillon dont l'effet non prévu ne cessera de s'amplifier jusqu'à donner un vent violent à New York, quelques mois plus tard.

Il s'agit là seulement d'une parabole¹⁰ mais elle indique bien l'esprit des théoriciens du chaos qui est de considérer que le non-prévisible est inévitable, à un certain degré de complexité¹¹, dans la cause comme dans l'effet.

⁸ James Gleick, *La théorie du chaos, vers une nouvelle science*, Paris, Flammarion, «Champs», 1991, p. 21.

⁹ C'est une situation où l'on peut parler de chaos stochastique, c'est-à-dire où une multitude de processus sous-jacents, sans lien direct entre eux, superposent «anarchiquement» leurs effets.

¹⁰ J. Gleick, *op. cit.*, p. 39.

¹¹ Qu'il s'agisse d'une complexité définie par le grand nombre des paramètres qui interagissent ou de la non-linéarité. Cette notion mathématique, tirée du calcul différentiel, suppose que les relations de couplage (exprimées par les équations) sont elles-mêmes complexes, c'est-à-dire font intervenir les puissances (carrés, produits, etc.) des grandeurs et de leurs dérivées. Il en résulte que les «effets» ne sont pas toujours proportionnels aux «causes». L'exemple en est

Mais le non-prévisible s'identifie-t-il avec l'aléatoire qui indiquerait une absence totale de déterminisme? On pourrait concevoir que le démon de Laplace ne verrait pas, lui, d'états chaotiques, mais l'ordre que précisent les théories du chaos¹² font sortir de ce qui peut apparaître comme un désordre initial, par l'invention de méthodes nouvelles comme les systèmes dynamiques et la géométrie fractale. Par là, la théorie du chaos donne naissance à de nouvelles modélisations mathématiques qui peuvent s'appliquer à différentes parties de la nature – d'où son caractère transversal et pluridisciplinaire particulièrement séduisant – mais, me semble-t-il, elle ne prend pas parti sur le fond des choses pour nous dire si le réel est ordonné ou désordonné. Elle indique seulement que, de notre point de vue, la nature nous apparaît comme un mélange d'ordre et de désordre, l'un pouvant engendrer l'autre et inversement, même si, pour certains phénomènes naturels, la reproduction exacte des mêmes conditions initiales paraît hautement improbable.

L'objection la plus forte à la théorie du déterminisme de la nature est venue de la mécanique quantique. Être déterministe, au sens de Laplace, c'est affirmer que non seulement l'univers dans son essence est soumis à des lois dont la seule connaissance permet de prévoir l'avenir avec une absolue certitude, mais aussi chaque élément de cet univers, de la plus fine particule à la plus lointaine galaxie. On sait que le passage de l'univers newtonien où le temps était considéré comme un absolu à celui de la relativité restreinte et générale d'Einstein, avec le concept fondamental d'espace-temps, n'a pas conduit à l'abandon du déterminisme et qu'Einstein répugnait à admettre certaines conclusions de la mécanique quantique qu'il avait contribué à créer. «Dieu ne joue pas aux dés», disait-il, rappelant par là son adhésion à l'idée d'un univers strictement déterminé dont il appartient à la science d'établir le savoir. Mais en microphysique, l'usage des probabilités ne paraît pas seulement relatif à notre connaissance, il s'impose par la réalité même à laquelle il s'applique. C'est la nature qui est aléatoire. Ainsi sont comprises les relations d'incertitude d'Heisenberg qui établissent l'impossibilité de déterminer simultanément la vitesse et la position d'une particule subatomique. Alors que le déterminisme de la mécanique classique assure que si l'on connaît la position et la vitesse d'un ensemble de particules à un instant t , il

donné par le concept d'«attracteur étrange» dû à Ruelle et à Takens, dont font partie les exemples d'E. Lorenz. Le résultat final obtenu ne permet pas de remonter aux conditions particulières d'origine même si la cause est parfaitement déterminée et sa conséquence nécessaire. Le comportement est décrit et analysé à l'aide d'un nombre fini, mais il y a «sensibilité vis-à-vis des conditions initiales», dont la connaissance serait nécessaire à la détermination précise du système conséquent. D'où l'expression de «chaos déterministe».

¹² «La notion de chaos n'a pas encore reçu de définition scientifique précise, universellement admise. Elle reste, pour une large part, relativement floue même si, de façon intuitive, on considère tacitement que le chaos est un paradigme réunissant les idées de désordre, d'enchevêtrement, de confusion [...]» C. Vidal et H. Lemarchand, *La réaction créatrice*, Paris, Hermann, 1988, p. 126.

est possible de prévoir sa vitesse et sa position à un instant t' , ce que permet la mécanique quantique, c'est seulement de calculer la probabilité des différents résultats possibles en raison du caractère aléatoire des phénomènes observés qui tantôt s'analysent préférentiellement comme des particules, tantôt comme des ondes et la détermination exacte de l'une exclut la détermination de l'autre parce que la prévision des mesures, pour être parfaite – on s'arrête toujours à une décimale, si éloignée qu'elle soit de l'unité –, devrait aller à l'infini, ce qui exigerait un temps infini même pour le plus puissant des ordinateurs. Il ne s'agit donc pas ici d'une ignorance de la totalité des conditions initiales qui pourrait expliquer l'apparition du non-prévu, mais d'une impossibilité théorique qui tiendrait à la nature de la réalité microphysique, qui échapperait ainsi à l'exigence laplacienne du déterminisme et ne saurait se lire autrement que par probabilités¹³. C'est donc bien à la nature de la nature qu'en définitive la question est posée – et s'esquisse alors le redoutable problème de la réalité de ce que les différentes sciences nous donnent à voir.

Toutefois, on ne saurait considérer comme close la question du déterminisme et un livre récent: *La querelle du déterminisme*¹⁴ qui réunit, parmi d'autres spécialistes, deux de nos conférenciers au XXII^e Congrès de l'ASPLF à Dijon en 1988, Ilya Prigogine et René Thom, montre l'actualité du sujet. A la question: «Peut-on être encore partisan d'un déterminisme total?» René Thom, le premier, dans un article provocant au titre significatif: «Halte au hasard, silence au bruit» (la troisième injonction «mort aux parasites» a disparu de la version imprimée, selon Ruelle), répond par l'affirmative et engage une polémique sur un ton particulièrement vif. La question générale est clairement posée: «La nature est-elle astreinte à un mécanisme rigoureux ou y a-t-il un hasard irréductible à toute description?»¹⁵ Selon René Thom, la science n'a qu'une réponse possible, sauf à se nier elle-même: «Rien n'est inconnaissable *a priori*.» Or, selon Thom, il existe actuellement une épistémologie populaire française dont les philosophies sous-jacentes «glorifient outrageusement le hasard, le bruit, "la fluctuation"; toutes rendent l'aléatoire responsable soit de l'organisation du monde, soit de l'émergence de la vie et de la pensée sur terre»¹⁶. Les coupables, curieusement rassemblés, sont nommément désignés: Jacques Monod, Edgar Morin, Henri Atlan, Ilya Prigogine, Isabelle Stengers, Michel Serres.

¹³ Toutefois, la mécanique quantique permet de calculer en principe de façon certaine ces probabilités et donne une description de la réalité telle que la définition du système est exacte, mais que son état actuel ne peut être mesuré, car la mesure perturbe de façon incontrôlable cet état.

¹⁴ *La querelle du déterminisme, philosophie de la science d'aujourd'hui*, Paris, Gallimard, 1990.

¹⁵ *Ibid.*, p. 62.

¹⁶ *Ibid.*, p. 61.

Cette fascination de l'aléatoire témoigne d'une attitude antiscientifique par excellence. De plus, dans une large mesure, elle procède d'un certain confusionnisme mental, excusable chez des auteurs à formation littéraire mais difficilement pardonnable chez des savants en principe rompus aux rigueurs de la rationalité scientifique¹⁷.

Edgar Morin répondra sur le même ton en accusant René Thom de s'installer en usurpateur sur le trône épistémologique, «devenant le représentant typique de cette épistémologie à la française, puérule et arrogante» dont il dénonce «la débilité». «Ici, comme ailleurs, poursuit Morin, la prétention naïve et exclusive à la scientificité est le masque de l'irrationalité» et il commence sa propre défense par un paragraphe au titre suggestif: «la case vide de l'oncle Thom»¹⁸. Ilya Prigogine, lui, s'attristera avec plus de mesure des affirmations péremptoires qui ne peuvent s'expliquer que par «l'attitude émotionnelle de l'auteur» et «un attachement aux préjugés de l'ancienne science»¹⁹, et aux «fausses certitudes qui ont hanté nos cultures» dont il montre l'aveuglement dans *La nouvelle alliance*.

Là n'est évidemment pas l'essentiel et, pour l'honneur du dialogue entre savants, la deuxième partie du livre, rédigé six ans après la première controverse, fait preuve d'une plus grande sérénité et permet de mieux comprendre les enjeux philosophiques de l'opposition entre déterminisme et indéterminisme de la nature. Comme l'indique, en une remarquable contribution, Stefan Amsterdamski, ce qui est primordial, c'est la recherche d'un ordre à trouver ou à établir:

Il me paraît que ce n'est pas l'alternative ordre-désordre qui est en jeu entre les déterministes et les indéterministes. Il s'agit plutôt du problème: quelle sorte d'ordre existe dans le monde (ou: quel ordre peut être imposé par la connaissance)? Au demeurant, la science n'est pas obligée de supposer qu'il existe un seul ordre, ou qu'elle peut imposer le même ordre à tous les systèmes qu'elle identifie afin de formuler les lois²⁰.

Et sans doute convient-il d'abord de distinguer entre un déterminisme local qui concernera telle ou telle classe de phénomènes, par exemple les objets de la mécanique céleste, et un déterminisme global obtenu par extrapolation du premier, dont l'intérêt scientifique est mis en doute par beau-coup. Amsterdamski est le seul à tenter de comprendre la position de René Thom, à la lumière de sa théorie des catastrophes et des exigences du

¹⁷ *Ibid.*, p. 62.

¹⁸ *Ibid.*, p. 80-81.

¹⁹ *Ibid.*, p. 102 s.

²⁰ *Ibid.*, p. 232.

mathématicien, mais sa conclusion est sceptique comme le laissait supposer le titre de son article, «Halte aux espoirs...»:

Il n'y a aucun moyen de prouver la validité du déterminisme local, sans admettre la validité du déterminisme global. Et comme ce dernier ne se laisse pas justifier, ni falsifier, la controverse entre déterministes et indéterministes reste là où elle était depuis des siècles²¹.

René Thom, dans une ultime postface, tout en réaffirmant son attachement au déterminisme et sa conviction de l'existence, dans la nature, d'un ordre sans lequel la science ne serait pas possible, reconnaît qu'il se peut que «l'option métaphysique du déterminisme global soit de peu d'intérêt pour la science en marche»²². Retrouve-t-on ici la querelle des anciens et des modernes? Y a-t-il des oncles conservateurs et des neveux progressistes? Cette querelle sur le déterminisme nous montre en tout cas l'importance des choix métaphysiques des uns et des autres, si l'on entend par là l'attachement à un ordre ou l'acceptation d'un désordre des choses qui ne sont pas encore révélés dans l'expérimentation.

De l'ordre ou du désordre, nous sommes donc invinciblement conduits à nous interroger sur l'être de la nature. Est-ce la nature qui est ordonnée ou nous qui lui imprimons l'ordre de notre esprit, ce que connaît la science, est-ce la nature en soi ou l'image voilée d'un réel qui nous échappera toujours? Même si certains, comme David Ruelle, considèrent qu'il est souvent préférable de ne pas trop se préoccuper de la réalité ultime²³, cette question demeure au cœur de toute la pensée scientifique contemporaine et sans doute la découverte de la mécanique quantique lui a-t-elle donné une acuité particulière. On pourrait ici, si nous en avons le temps, rappeler les fluctuations de sens qui marquent la notion de fait ou d'expérience scientifique entre une mise en présence de l'esprit et des choses où les choses ont en définitive le dernier mot et une expérimentation, tout entière liée à la théorie qui la détermine, construction conventionnelle qui s'exprime dans un langage bien fait. D'Aristote aux grands empiristes des XVIII^e et XIX^e siècles, une même exigence de s'en tenir aux faits se manifeste qui donne à la science une solidité qui est celle du réel lui-même: la connexion des idées ne fait que

²¹ *Ibid.*

²² *Ibid.*, p. 277. L'originalité de René Thom, c'est d'avoir tenté, en se fondant sur la notion de stabilité structurelle et ce qui constitue le domaine très vaste de la topologie différentielle, la réhabilitation du qualitatif en dynamique des systèmes, par une utilisation fine des notions mathématiques non spécifiquement numériques. C'est pourquoi il s'intéresse, dans une perspective pluridisciplinaire, à des problèmes de morphogenèse et d'évolution que l'on ne sait pas encore mettre en équations différentielles. Abandonner le déterminisme ruinerait à ses yeux une telle démarche méthodologique. Cf. par exemple René Thom, *Prédire n'est pas expliquer*, Paris, Flammarion, «Champs», 1993.

²³ David Ruelle, *Hasard et chaos*, Paris, Odile Jacob, 1991, p. 147.

reproduire la connexion des choses. L'esprit est conçu en quelque manière comme un miroir des choses et, de la vérité d'une hypothèse, l'expérience sera le seul juge.

La science contemporaine semble mettre au contraire l'accent sur le caractère opératoire de l'expérience scientifique. Comme le disait Georges Canguilhem: «Le fait scientifique, ce n'est pas ce dont la science est faite, mais c'est ce que fait la science en se faisant.» Cette conception opératoire de l'expérience scientifique éclaire deux faits essentiels de l'évolution de la science moderne, la mathématisation de la physique et le formalisme mathématique. Les mathématiciens classiques distinguaient entre axiomes et postulats parce qu'ils accordaient quelque importance à l'évidence qui caractérisait l'axiome. Au contraire, dans la mesure où l'on se place d'un point de vue fonctionnel qui envisage les principes par rapport à leur usage et non plus par rapport à ce qu'ils énoncent, on ne distingue plus axiomes et postulats. Les uns et les autres sont les points de départ de la déduction que l'on admet sans aucune référence à une quelconque intuition, le problème étant alors celui de l'organisation des mathématiques, c'est-à-dire celui de la détermination des conditions que doit présenter un tableau d'axiomes. Parallèlement, avec l'édification d'une physique mathématique, les mathématiques ne sont plus seulement un langage adéquat ou un outil commode, mais elles deviennent génératrices de résultats. Il ne s'agit plus d'induire, c'est-à-dire de tracer une courbe continue par interpolation ou extrapolation à partir de points expérimentaux. Le travail de la physique mathématique commence lorsqu'on prend la loi pour objet de pensée, quand la valeur inductive de la loi mathématique lui vient moins de l'expérience de départ que du traitement déductif qu'on lui fait subir. Ce sont la théorie et la loi qui conduisent au concret de l'expérience. Dans une communication au colloque de philosophie de la physique en 1961, Jean-Louis Destouches définissait ainsi la théorie physique: «c'est un certain discours, elle comprend donc des termes et des énoncés [...]. Le but d'une théorie physique est d'établir des enchaînements entre des énoncés, d'en obtenir le plus possible. Cela conduit à mettre une théorie physique sous forme d'une théorie déductive [...]»²⁴ et donc axiomatique.

Tel était déjà le point de vue de Cassirer que vient de reprendre, il y a quelques mois à peine, devant la Société Française de Philosophie à Paris, Hans-Jörg Sandkühler dans une communication intitulée: «Le livre de la nature, dans l'écrit de la culture. Cassirer et le nouvel esprit scientifique»²⁵. Il donne à sa pensée un tour particulièrement déterminé en résumant en quelques propositions, selon l'usage, la thèse cassirérienne qu'il veut défendre et qui donne à ses yeux l'essentiel du «nouvel esprit scientifique» défini par Bachelard: «Il n'existe pas de données d'observations empiriques qui ne

²⁴ Jean-Louis Destouches, «Théories prévisionnelles et réalistes en microphysique», *Revue de métaphysique et de morale*, 67 (1962), p. 201.

²⁵ *Bulletin de la Société Française de Philosophie*, 88 (1994).

soient chargées de théorie.» La science traduit le réel en signes et en symboles. «Les faits sont les résultats de processus d'interprétation.» Il s'agit donc de passer d'une science de la nature qui serait représentation de celle-ci à des «images dont le savant sait qu'elles sont des constructions épistémiques de la réalité». Selon le mot de Bachelard qu'il reprend à son compte, «en suivant la physique contemporaine, nous avons quitté la nature pour entrer dans une fabrique de phénomènes»²⁶ et de citer Cassirer: «La pensée des sciences naturelles veut seulement déterminer l'objet de la nature en toute objectivité, mais elle exprime, en cela, nécessairement elle-même, sa propre loi et son propre principe»²⁷.

La physique contemporaine serait-elle par essence kantienne? Au paragraphe 26 de la deuxième édition de la *Critique de la raison pure*, Kant, dans un texte célèbre, distingue la nature comme «*natura materialiter spectata*, c'est-à-dire considérée comme l'ensemble de tous les phénomènes auxquels les catégories prescrivent *a priori* des lois» et la nature comme «*natura formaliter spectata*, c'est-à-dire considérée seulement comme nature en général qui dépend des catégories comme du fondement originaire de sa conformité nécessaire à la loi»²⁸ mais il ajoute, et c'est capital: «Toutes les lois de la nature ne peuvent être dérivées des catégories même si elles doivent leur être soumises. Il faut le concours de l'expérience pour apprendre à connaître ces lois»²⁹. Et dans la discussion qui suivit la conférence de H.-J. Sandkühler, Jean Seidengart fit justement remarquer³⁰ que Cassirer, dans son livre sur Einstein, avait été très sensible au rôle joué, à l'origine de la théorie de la relativité restreinte, par les expériences de Michelson et de Morley sur la vitesse de la lumière qui conclurent, contrairement à ce que la théorie de l'éther pouvait laisser supposer, à la vitesse constante de celle-ci, quelle que soit la position ou la vitesse de déplacement de l'observateur. On pourrait ajouter que les justes prévisions de la théorie de la relativité généralisée sur les mouvements de la planète Mercure, que n'expliquait pas parfaitement la gravitation newtonienne, constituèrent aussi un argument en faveur de la nouvelle théorie.

Mais il semble bien que, sur le rôle de l'expérience et sur le caractère de réalité ou d'idéalité des objets et des lois de la nature, le domaine de la mécanique quantique pose des problèmes spécifiques et constitue un merveilleux champ d'investigation. Cassirer le remarquait déjà dans son livre *Déterminisme et indéterminisme dans la physique moderne*:

La nouvelle mécanique quantique en est venue de plus en plus à ne pas poser d'abord des réalités déterminées pour les mettre ensuite en

²⁶ *Ibid.*, p. 6.

²⁷ *Ibid.*, p. 21.

²⁸ Trad. Tremesaygues et Pacaud, Paris, PUF, 1963, p. 141 s.

²⁹ *Ibid.*

³⁰ *Op. cit.*, p. 27.

relation les unes avec les autres, mais au contraire à suivre la voie opposée. Elle commence par établir certains symboles qui expriment l'état et les variations dynamiques d'une entité physique. De là on tire, en se fondant sur certaines suppositions axiomatiques, d'autres équations qu'on poursuit jusqu'en leurs conséquences physiques³¹.

Et Werner Heisenberg d'affirmer avec une force particulière:

La conception de la réalité objective des particules élémentaires s'est dissoute, non pas dans le brouillard d'une conception de la réalité obscure ou mal comprise, mais dans la clarté transparente d'une mathématique qui ne représente plus le comportement de la particule élémentaire, mais la connaissance que nous en possédons³².

Il faut rappeler ici la controverse entre Einstein et les partisans de l'école de Copenhague à laquelle appartenaient Bohr et Heisenberg. Sans entrer aussi précisément dans le débat que le fait Jules Vuillemin, il est possible de rappeler, ainsi que le fait parfaitement Einstein lui-même cité par J. Vuillemin, l'essentiel des deux positions³³. Einstein, Podolski et Rosen, dans un article de 1935, ont posé une question précise: «la description que la mécanique quantique donne de la réalité est-elle complète?» De leur point de vue elle ne l'était pas et ils s'appuyaient sur le principe de réalité suivant:

Lorsque, sans perturber en quoi que ce soit un système, nous pouvons prédire avec certitude (c'est-à-dire avec une probabilité égale à un) la valeur d'une quantité physique, alors il existe un élément de réalité physique correspondant à cette quantité physique [...]. Il convient donc que chaque élément de réalité ait une contrepartie dans la théorie physique.

On peut ainsi raisonner sur un système de deux particules A et B de telle manière que connaissant la mesure de l'impulsion de A, on peut prédire l'impulsion de B sans perturber B, et la connaissance de la position de A permet de connaître celle de B sans perturber celle-ci en quoi que ce soit. Or, la mécanique quantique ne permet pas, dans un système de deux particules, de déterminer à la fois l'impulsion et la position. Elle est par conséquent

³¹ *Determinismus und Indeterminismus*, Göteborg, 1936, rééd., Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1964, p. 354-355.

³² Werner Heisenberg, *La nature dans la physique contemporaine*, Paris, Gallimard, «Idées», 1962, p. 18.

³³ Jules Vuillemin, «Physique quantique et philosophie», in *Le monde quantique*, dir. Stéphane Deligeorges, Paris, Seuil, «Points, série Sciences», 1985, p. 201 s. Les citations suivantes de l'article d'Einstein, Podolski et Rosen, sont empruntées à l'article de J. Vuillemin.

incomplète. Mais, pour Bohr et les partisans de l'école de Copenhague, la réalité physique est constituée, non par chaque particule prise séparément, mais par l'ensemble des particules et des instruments de mesure que nous leur appliquons, et la réalité obéit au principe de non-localité, au sens de la physique quantique selon lequel on admet que certains systèmes, par exemple un ensemble de deux particules éloignées l'une de l'autre mais ayant une corrélation entre elles, se comportent comme un tout indivisible.

Or, pour Einstein, «les concepts de la physique se rapportent à un monde extérieur réel» et «une caractéristique de ces objets physiques, c'est qu'on les pense comme rangés dans un continuum spatio-temporel». Il doit être possible de les imaginer assez éloignés pour qu'ils aient une réalité indépendante et que, s'ils sont très éloignés, une influence sur A n'ait aucun effet sur B. Penser le contraire, selon Einstein, serait renoncer à penser comme indépendante la réalité physique présente dans différentes parties de l'espace. L'argumentation d'Einstein repose, on le voit, sur une vision réaliste et déterministe de la nature selon laquelle il existe un réel en soi dont les propriétés sont indépendantes de l'observateur, réel qui est régi par des lois strictes permettant d'induire des théories, et enfin – c'est là une troisième hypothèse qu'on appelle souvent la séparabilité einsteinienne –, que des phénomènes physiques peuvent être considérés comme indépendants, qui se produisent au même instant, dans des parties éloignées de l'espace; aucune information ne saurait en effet se propager à une vitesse supérieure à la vitesse de la lumière. Einstein pensait donc qu'il fallait compléter la théorie quantique par une approche encore plus fine de la réalité qui permettrait de trouver les caractères exigés par une conception réaliste de la nature. Mais comme aucune expérience ne correspondait à cette exigence, elle fut appelée l'hypothèse des variables cachées. Pour les tenants de l'école de Copenhague qui formaient l'orthodoxie de la théorie quantique, il fallait au contraire renoncer à spéculer sur un réel inexpérimentable et se réjouir de posséder des méthodes de calcul qui permettaient de prévoir des expériences. On mesure ici les implications philosophiques d'un tel dilemme³⁴. C'est bien de la réalité et des critères de l'objet qu'il s'agit ou du moins de l'idée *a priori* qu'on s'en fait. La constitution dernière de la nature relève, semble-t-il ici, d'un choix philosophique qui peut s'expliquer par des préférences personnelles, mais qu'aucune expérience ne vient encore confirmer ou infirmer. Il faudra attendre 1960 pour que John Bell énonce un théorème connu sous le nom des inégalités de Bell, qui donne à concevoir idéalement une situation expérimentale où, entre les variables cachées d'Einstein et les prévisions de la mécanique quantique, il faudrait choisir absolument. Et, à partir de 1970, un certain nombre d'expériences ont eu lieu aux Etats-Unis et, à partir de 1976, à Orsay, qui, sans atteindre un degré absolu de certitude, furent

³⁴ On pourrait évoquer ici la position de Schrödinger et l'expérience imaginée du chat dit de Schrödinger à propos de la question: «Les variables sont-elles réellement floues?» Cf. Erwin Schrödinger, *Physique quantique et représentation du monde*, Paris, Seuil, 1992, p. 106.

favorables à la théorie quantique; en particulier les expériences d'Orsay, conduites par Alain Aspect, ont pu être regardées comme des expériences cruciales.

La première chose à remarquer, c'est naturellement le rôle de l'expérimentation. Certes celle-ci n'a été possible que par l'énoncé préalable du théorème de Bell. Ensuite le montage complexe qui a permis les mesures probantes a exigé une rare ingéniosité de la part des expérimentateurs; c'est donc bien la théorie qui a suscité l'expérience, mais il y eut expérience et quelque chose a été expérimenté. Écoutons Alain Aspect lui-même:

Comme la majorité des physiciens, je sors de ces expériences complètement convaincu que la mécanique quantique donne de bonnes prédictions. J'en accepte les résultats de calcul avec l'intime conviction qu'ils forment une réponse correcte aux questions numériques que nous posons à la nature³⁵.

C'est, dans une perspective réaliste, la prise en compte du résultat de l'expérience qui, dans le cas présent, en éliminant la possibilité de la théorie contraire, conforte la mécanique quantique. Mais, ajoute-t-il, «d'un strict point de vue logique, on peut soutenir qu'il reste une possibilité ouverte pour que les théories à variables cachées ne soient pas totalement rejetées»³⁶. Il n'y a pas d'expériences vraiment cruciales pour l'expérimentateur: seule une multiplication des expériences est susceptible d'infirmier ou de conforter l'hypothèse. Ainsi, à l'intérieur même d'une théorie qui se veut tout entière algorithmique, l'expérience, fût-elle seulement négative, joue un rôle indispensable.

Le second point n'est pas moins important puisqu'il s'agit de la nature ou du type de réalité sur lequel porte la mécanique quantique. Si l'on définit le réalisme comme la conviction que la nature se compose d'éléments doués de propriétés, que ces propriétés appartiennent fondamentalement au monde physique comme, par exemple, la position dans l'espace-temps, la séparabilité de deux particules suffisamment éloignées l'une de l'autre, la causalité de l'influence de l'une à l'autre ne pouvant se transmettre que de proche en proche, alors, les résultats obtenus paraissent exclure ce type de réalisme, c'est-à-dire qu'un certain nombre de critères de la réalité physique se trouvent modifiés, que les images que l'on se fait habituellement du monde physique se trouvent transformées d'une façon fondamentale³⁷.

³⁵ Alain Aspect, «Au crible de l'expérience», in *Le monde quantique*, *op. cit.*, p. 137.

³⁶ *Ibid.*, p. 139.

³⁷ Si la notion de solide a été détruite par la relativité, celle d'objet corpusculaire, au sens de notre intuition, l'est par la mécanique quantique: une particule quantique dans son individualité est indiscernable, c'est-à-dire qu'on ne peut la distinguer d'une autre de la même espèce. Ce qui compte, c'est le champ, dont les particules ne sont que des singularités typiques.

Même si l'écho en est moindre, tant sont peu nombreux ceux qui se sentent concernés par la mécanique quantique, à la source cependant de tant de transformations de notre vie quotidienne, sa théorie exige, me semble-t-il, une sorte de conversion théorique comme celles qu'ont exigées le passage aux géométries non euclidiennes ou l'introduction de l'espace-temps einsteinien, peut-être plus radicalement encore dans la mesure où elle remet en question certaines exigences premières de la raison définies par le point de vue réaliste d'Einstein. Tout en reconnaissant la validité des résultats obtenus, certains expérimentateurs reconnaissent avoir les plus grandes peines à les interpréter. Comment, par exemple, admettre la notion de signaux se déplaçant à une vitesse supérieure à celle de la lumière alors que la théorie de la relativité a établi le principe d'une propagation à une vitesse finie comme l'ont confirmé les expériences de Michelson-Morley? Quel type de réalité accorder à l'ordre quantique dont les phénomènes observables, les particules, se caractérisent par des propriétés inouïes (dimension de l'ordre du millionième de millionième de centimètre, durée de vie infinie pour certains comme l'électron ou réduite à 10^{-16} seconde pour le méson, absence de masse et de charge pour le photon, etc.) et des comportements qui vont à l'encontre de ce que nous enseignent les autres ordres de réalité? «La renonciation à la séparabilité, par exemple, écrit Aspect en 1983, conduit à considérer l'univers comme un tout inséparable, impossible à décomposer en sous-systèmes»³⁸. Or, rien n'est plus éloigné de notre façon habituelle de voir et même de la pratique scientifique, qui s'attache, selon l'expression d'Amsterdamski, à «des îlots de réalité» dont l'ordre, perçu ou imposé, est de nature différente.

Mais Aspect ajoute une remarque qui donne à penser sur notre univers: les corrélations à distance en effet ne peuvent être vérifiées que dans une expérience où aucune perturbation, aucun parasite ne peut s'introduire, et elles s'atténuent sensiblement dès que ceux-ci interviennent. «Ne peut-on, se demande-t-il, imaginer un univers dont la séparabilité de fait résulterait de processus irréversibles liés aux multiples interactions ressenties par chaque sous-système?»³⁹ Avec les notions de perturbations et de parasites, nous retrouverions la notion de «dépendance sensitive aux conditions initiales» et certains problèmes auxquels s'attache la théorie du chaos, mais en même temps les limites, qui paraissent infranchissables, à la connaissance de la nature en elle-même.

Sans doute la solution la plus simple, comme le rappelle Jules Vuillemin, consisterait-elle «à éviter de parler de propriétés que posséderaient les photons eux-mêmes et préalablement à l'opération de mesure effectuée sur l'un d'entre eux»⁴⁰. Ainsi renoncerait-on à parler du réel en soi et l'être pour

³⁸ *Op. cit.*, p. 223.

³⁹ *Ibid.*, p. 224.

⁴⁰ *Op. cit.*, p. 218.

nous serait ce qui est observé et mesuré, et c'est à partir de nos observations et de nos mesures, entièrement déterminées par les instruments de plus en plus puissants qui les permettent, que se constituerait le savoir scientifique. Aux marges de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, l'image obtenue de la nature s'obscurcit au fur et à mesure que les progrès scientifiques nous la rendent plus proche⁴¹.

A cet égard, la conception d'un réel voilé⁴², telle que l'a développée Bernard d'Espagnat, est séduisante. Si elle indique qu'une conception réaliste comme celle que défendait Einstein ne correspond pas aux résultats de la mécanique quantique, elle écarte aussi tout idéalisme au sens où l'esprit humain serait sans autre vis-à-vis que lui-même et son propre langage. «Il y a deux excès, disait Pascal, exclure la raison, n'admettre que la raison.» L'histoire des sciences montre, même en mathématiques, qu'il y a toujours quelque nature qui correspond à l'objet que nous expérimentons. Que serait une science qui ne serait pas une science de quelque chose? M.-A. Tonnelat écrivait en 1962 déjà: «Entre un réel en soi qui ne peut être l'objet de la physique, mais préexiste à l'expérience, et à propos duquel se fait l'expérience, entre des représentations dont l'apparence est accessoire, mais la rationalité indispensable, chemine une réalité objective que nous construisons»⁴³. Ainsi serait imposée l'idée très kantienne que nous ne connaissons que des phénomènes. Non seulement le réel en soi nous échappe, mais il nous sera toujours voilé comme la limite inatteignable et sans cesse repoussée de notre exploration de la nature. Quelque chose est expérimenté, quelque chose est touché, mais en même temps à ce point transformé par notre investigation que nous ne pouvons espérer avoir dans l'esprit une réplique adéquate de la nature même si elle est de mieux en mieux «modélisée», bien au-delà de ce qu'aurait pu espérer Newton ou Laplace. Comme le répétait si souvent Ferdinand Alquié à ses étudiants: l'objet n'est pas l'être.

Certes il est toujours possible de contester cette notion de réel voilé par l'affirmation d'une intelligibilité postulée de la nature et d'une correspondance naturelle entre le langage humain et la nature des choses. Mais ce n'est pas là l'opinion dominante, qui prend en compte les résultats de la mécanique quantique, même si, comme le rappelait tout à l'heure Aspect, l'option théorique demeure ouverte.

Sans doute la mécanique quantique ne représente-t-elle qu'une étape importante dans les nouvelles images de la nature que nous présente la science contemporaine. Certains voudront n'y voir qu'un moment significa-

⁴¹ En réalité la description de la nature devient de plus en plus précise mais en s'éloignant de l'intuition que nous avons des objets à notre échelle.

⁴² Bernard d'Espagnat, *Un atome de sagesse, propos d'un physicien sur le réel voilé*, Paris, Seuil, 1982. Du même auteur, «La non-séparabilité ou l'insaisissable réalité», in *Le monde quantique*, op. cit., p. 141-145.

⁴³ Marie-Antoinette Tonnelat, «La part d'idéalisme dans la physique contemporaine», in *Revue de métaphysique*, 1962, p. 113.

tif de la recherche en microphysique⁴⁴ qui ne cesse de progresser vers les particules les plus petites qu'on puisse actuellement supposer, ces quarks, briques ultimes de notre univers qu'on dit être douze comme les douze mois de l'année ou les douze tribus d'Israël⁴⁵. Mais, outre que ce passé est tout proche, il a suscité et il suscite encore un débat qui met en cause certaines des certitudes apparemment les mieux fondées du sens commun et de la science classique sur la composition et la genèse de l'Univers⁴⁶. Il faudrait à cet égard se reporter à l'admirable conférence de Karl Popper qui fut lue au congrès mondial de philosophie à Brighton en 1988 et dont une traduction française vient de paraître⁴⁷. Elle est inspirée par le double souci de tenir compte absolument des acquis de la science contemporaine et de proposer une interprétation philosophique de la nature qui n'est pas loin de rappeler l'univers leibnizien, et cela, à partir des résultats de la mécanique quantique et d'une conception objective du calcul des probabilités. Il s'agit de comprendre l'irruption de la nouveauté dans la nature à laquelle, par le génie chimique, mécanique, biologique, l'homme peut participer. Se référant à la définition aristotélicienne de la vérité comme «correspondance d'un énoncé avec les faits», Popper affirme vigoureusement son double attachement au réalisme et à l'indéterminisme objectif qu'impose à ses yeux la théorie des quanta, pour développer ensuite l'idée d'«un univers de propensions»: tel est le titre de sa conférence. Par propensions, il entend un possible lesté d'une capacité de réalisation plus grande que celle que laisserait prévoir le simple jeu des probabilités à conditions initiales égales. Car ce jeu, s'il pouvait être poursuivi à l'infini, donnerait par exemple à une pièce de monnaie une chance égale de tomber sur pile ou sur face, c'est-à-dire présenterait une probabilité égale à un sur deux. Cela vaut aussi pour une suite de numéros du loto et c'est pour cette raison qu'un ami polytechnicien joue chaque semaine au loto, depuis des années, la suite des six premiers nombres entiers, affirmant qu'ils ont autant de chances de sortir que n'importe quelle autre combinaison. Telle n'est pas pour Popper la probabilité qui règne dans la nature. Si la question avait eu un sens pour lui, il aurait sans doute

⁴⁴ Les phénomènes quantiques, d'abord découverts dans le monde microscopique au niveau de l'atome, apparaissent également à l'échelle macroscopique, à condition toutefois que la température soit très basse, ainsi la supraconductivité à basse température.

⁴⁵ En réalité les six quarks et leurs six antiquarks (le sixième n'ayant été vraisemblablement découvert qu'au début de 1994) ne suffisent pas à décrire les «briques ultimes» de l'univers. Il faut y ajouter les leptons et les antileptons, également douze, et les bosons. Le mot «brique» est trompeur puisque ces corpuscules n'ont pas d'étendue.

⁴⁶ Dans un entretien accordé au *Monde* le mardi 5 juillet 1994, p. 2, le philosophe américain Willard Van Orman Quine affirme: «Un bon étudiant en philosophie devrait aujourd'hui réfléchir non seulement sur les mathématiques, mais aussi sur la physique, en particulier sur la mécanique quantique. Cette dernière joue actuellement un rôle à tous points de vue crucial. Elle nous conduira, dans les prochaines années, à revoir complètement certains problèmes philosophiques de première importance.»

⁴⁷ Karl Popper, *Un univers de propensions, deux études sur la causalité et l'évolution*, trad. et prés. par Alain Boyer, Combas, Editions de l'Eclat, «Tiré à part», 1992.

répondit à Einstein qui soutenait que Dieu ne jouait pas aux dés: «Si! Dieu joue aux dés, mais les dés sont pipés.» Parmi les possibles, certains ont une propension plus grande que d'autres à s'actualiser. C'est leur accorder une sorte de réalité virtuelle et leur ouvrir l'avenir dont d'autres seront exclus. L'univers n'est plus alors la grande horloge mécanique ou électrostatique qu'on croyait, aux mouvements uniformément réglés, mais un univers de propensions dont les perspectives de développement nous apparaissent chaque jour, avec la fabrication de nouvelles substances, de nouveaux matériaux, de nouvelles molécules, pâle image de ce que dut être la genèse de l'univers.

Je reconnais volontiers que, dans cette vaste fresque, la mécanique quantique n'a été qu'un point de départ, et qu'aujourd'hui d'autres domaines de la recherche scientifique appellent la réflexion du philosophe, sans doute d'une manière plus urgente. Les progrès de la biochimie moléculaire, de la génétique, avec les pouvoirs nouveaux qu'ils permettent d'intervention humaine dans les mécanismes vitaux, posent au philosophe de redoutables problèmes, rassemblés dans cette nouvelle discipline qu'est la bioéthique. Le décryptage du génome humain et l'étude du fonctionnement du cerveau, à partir duquel l'homme explore le monde, sont susceptibles d'apporter des éléments essentiels à l'image que l'homme se fait de lui-même. «Que de choses attribuons-nous à l'âme, disait à peu près Spinoza, que nous devrions attribuer au corps si nous le connaissions mieux!» Les dizaines de milliards de neurones, et les synapses encore plus nombreuses qui leur permettent d'échanger de l'information sont les conditions grâce auxquelles la pensée humaine, riche d'une mémoire de connaissances dont la société est dépositaire, ne cesse de mieux connaître cette nature dont elle apparaît à certains comme l'improbable accident et à d'autres, comme à Kant, la fin ultime. Ces questions certes sont essentielles, mais cette brève incursion dans le monde quantique nous a montré comment certains des problèmes traditionnels que se posait la philosophie à propos de la nature: ordre et désordre, déterminisme et hasard, réalisme et idéalisme, n'ont pas disparu de l'horizon de la science contemporaine. En second lieu, le monde quantique est à ce point éloigné de notre univers quotidien qu'il peut sans doute mieux que d'autres nous donner à penser la nature dans la diversité des images que la science nous en propose.

Si la mécanique quantique constitue un fantastique progrès vers les limites inimaginables de la nature, elle ne représente que le résultat d'une échelle d'observation, extrême, de l'ordre du millionième de millionième de centimètre, mais l'astrophysique dont les mesures atteignent le million de milliards de milliards de kilomètres représente une autre échelle, non moins réelle, d'observation de la nature. Entre ces échelles de grandeur qui sont, aux yeux du commun, proprement incommensurables, d'autres échelles d'observation se disposent et les images sont multiples, de l'atome au corps simple, des bactéries à l'homme. Nous sommes en présence d'une nature que nous ne connaissons que par strates successives, un univers «séquentiel»

dont l'ordre et l'enchaînement nous échappent souvent. C'est qu'à l'anthropomorphisme de jadis fait place aujourd'hui une autre manière d'établir un centre, une origine, une clé d'explication. Chaque discipline scientifique, et toujours avec quelque raison, a tendance à considérer son objet comme celui à partir duquel on peut comprendre la nature. Cette inévitable tentation conduit parfois au réductionnisme; mais lorsqu'on prend la science dans son ensemble, elle ne nous donne de la nature qu'une image éclatée dont les articulations manquent cruellement au savoir. L'entreprise d'Edgar Morin, *La méthode*, quelles que soient les réserves que sa mise en œuvre a pu susciter, représente un effort remarquable pour effectuer une sorte de remembrement du savoir scientifique à partir de cette unique considération que toute science est faite par l'homme et donc humaine, quel que soit son objet, qu'on ne saurait donc négliger l'aspect anthropo-sociologique de sa constitution. Mais à vrai dire, aujourd'hui, la plupart des chercheurs dans les disciplines scientifiques ont le souci de réintégrer l'homme dans le processus de connaissance. Pour la mécanique quantique le réel est, indissolublement, l'observateur et l'observé. L'homme, par ses instruments, perturbe ce qu'il observe. Avant d'en être le grand prédateur qu'on dénonce aujourd'hui, l'homme est le grand perturbateur de la nature, il faut en tenir compte, mais l'exigence philosophique va au-delà du point de vue ou de l'échelle d'une science particulière.

Il s'agit de savoir si la nature peut et doit se penser sous la catégorie de la totalité. La tentation de la raison, permanente et sans doute inévitable, c'est, dépassant ces images si diverses que l'entendement au travail nous donne de la nature, de ramener toutes choses à l'unité, de faire tenir l'univers en un concept ou une formule qui en expliquerait à la fois la genèse et la nature. Cette ambition est souvent partagée par le savant. Etienne Guyon, à l'ouverture du colloque transfrontalier d'Arc-et-Senans, nous le rappelait: «A partir de la considération des mesures extrêmes de l'espace et du temps, notre vision de l'univers s'étend d'une manière vertigineuse, mais la difficulté pour le savant c'est de gérer ces différentes échelles de la réalité [...]. A l'approche du réductionnisme s'oppose une vision holiste visant à englober dans une description unifiée ces hiérarchies [...] mais en général, nous devons négocier avec des niveaux de descriptions qui se superposent sans se confondre»⁴⁸. Cette prudence méthodologique n'est pas toujours suivie: d'autres attitudes plus audacieuses sont possibles, comme celle de Stephen W. Hawking⁴⁹, qui cherche une théorie unitaire qui permettrait de combiner les théories de la relativité générale et de la mécanique quantique. Alors, l'énigme de l'univers, que, depuis tant de siècles, l'homme cherche à comprendre, sera levée. «Ce sera le triomphe ultime de la raison humaine –

⁴⁸ Conférence inaugurale, résumé des communications, *Analyse et gestion des valeurs naturelles*, Besançon, 23 et 24 septembre 1993.

⁴⁹ Stephen W. Hawking, *Une brève histoire du temps, du Big Bang aux trous noirs*, trad. Isabelle Naddeo-Souriau, Paris, Flammarion, 1989.

à ce moment – nous connaissons la pensée de Dieu»⁵⁰. Ainsi désormais, on le voit, ce sont les savants eux-mêmes, au terme ou au cours de leurs recherches, à leur façon et dans leur langage, qui traitent de ces problèmes.

Sans doute, dans les divers domaines du savoir scientifique qui nous donnent à voir la nature, retrouverait-on le même phénomène. Des astrophysiciens comme Hawking, des mathématiciens comme René Thom, des chimistes comme Prigogine, des physiciens comme Gilles Châtelet, des biologistes, les plus nombreux, de Jean Rostand à Jacques Monod, d'Henri Laborit, de François Jacob à Jean-Pierre Changeux et à Bernard Feltz, n'ont pas hésité, même ceux qui paraissent les plus attachés à la preuve expérimentale, à proposer, dans des ouvrages destinés à un large public, une vision du monde et de l'homme, une image de la nature dans son essence et dans son développement, avec l'autorité que, dans une spécialité particulière, leur donne leur réussite.

Il y a là, me semble-t-il, une invite faite au philosophe à entrer dans les discussions puisque celles-ci sont moins scientifiques que proprement philosophiques. Certes, la philosophie peut s'exclure totalement des débats scientifiques contemporains autour de l'idée de nature, soit qu'elle s'enferme dans l'étude d'un passé si riche de problèmes d'interprétations qu'il paraît, à juste titre, inépuisable, soit qu'elle s'attache à une discipline particulière avec une problématique qui lui est propre, soit encore que, sans se soucier de son temps, elle poursuive, solitaire, une méditation des catégories traditionnelles de l'ontologie et de la métaphysique, soit, enfin, qu'elle rappelle, avec juste raison – et c'est sans doute là une de ses tâches principales –, que l'approche scientifique de la nature ne définit qu'un point de vue qui n'épuise pas l'expérience qu'on en peut avoir. L'expérience humaine de la nature n'est pas en effet d'abord celle de ces images que nous donnent des échelles d'observation si variées. La nature nous parle autrement, avec d'autres visages, à l'échelle de nos perceptions, à la mesure de notre corps dans un univers à trois dimensions. Cette nature-là nous est familière, elle nous rassure. Elle nous apparaît comme un don dont il convient de conserver l'intégrité, que mettent en péril précisément les progrès de la science. L'attachement de nos contemporains à tout ce qui se donne pour «naturel» comme les débats actuels autour de l'écologie, dans lesquels le philosophe a le devoir d'intervenir, indiquent une autre approche de la nature, qui n'est pas moins réelle que celle de la science, dont les puissances obscures apparaissent à beaucoup menaçantes. Il existe aujourd'hui bien des formes de l'effroi pascalien qui peuvent conduire, à l'égard de la science, à des attitudes irrationnelles de rejet que le philosophe ne saurait partager. Quant aux images mouvantes et en constantes rectifications que la science nous donne de la nature, on pourrait rappeler ce propos attribué à Raoul Dufy que ne récuserait pas Karl Popper: «Après tout, Monsieur, la nature, ce n'est qu'une hypothèse!»

⁵⁰ *Ibid.*, p. 220.

Il est temps de conclure. Aristophane, dans sa comédie *Les nuées*, représente Socrate d'une manière burlesque, perché sur une nacelle, contemplant le ciel et discourant sur la nature. La tradition philosophique nous le montre au contraire seulement préoccupé par cette unique question: «Qu'est-ce que l'homme?» et c'est sans dommage, semble-t-il, pour la philosophie, qu'il abandonne ses recherches sur le cosmos, qui est l'affaire des dieux, pour enseigner le «connais-toi toi-même», indiquant par là ce qu'allait être la tâche principale de la philosophie pendant deux millénaires. «Toute la philosophie, disait encore Kant, se résume dans cette unique question.» Mais à aucun moment de l'histoire il n'y eut, chez les philosophes, oubli de la nature, à la connaissance de laquelle certains ont apporté des contributions décisives. Inextricablement se sont souvent trouvées mêlées la question de l'homme et la question de la nature. Que l'on pense seulement à Kant, à ses premiers travaux qui témoignent d'une rare curiosité pour des phénomènes naturels pour lesquels il propose des hypothèses: les forces vives, la nature du feu, les volcans de la lune, sa théorie du ciel qui annonce Laplace, son œuvre théorique essentielle qui est de déterminer les conditions de possibilité du savoir scientifique, son ultime ambition, enfin, dans ses dernières années, d'établir un passage des premiers principes métaphysiques de la nature à la physique.

Même si, en cette fin du XX^e siècle, l'extrême technicité des différentes disciplines scientifiques peut représenter un obstacle à la réflexion du philosophe, on ne saurait cependant penser la nature sans se référer aux images que la science nous en donne. Et il faudrait aujourd'hui dire à Socrate de remonter dans sa nacelle: quelque chose de la vérité de l'homme se trouve dans les constellations. Les savants eux-mêmes nous y invitent. A la fin de sa *Brève histoire du temps*, posant quelques questions que beaucoup de philosophes ont cru devoir évacuer du champ de leurs recherches: «D'où venons-nous? Qui sommes-nous? Quelle est la place de l'homme dans l'univers?», Hawking déplore la frilosité des philosophes contemporains: «Ils réduisent tant l'étendue de leurs intérêts que Wittgenstein, le plus grand philosophe de notre siècle, a pu dire que "le seul goût qui reste au philosophe, c'est l'analyse de la langue". [...] Quelle déchéance, s'exclame-t-il, depuis la grande tradition philosophique d'Aristote et de Kant!»⁵¹ Le choix du thème de ce congrès comme la richesse des travaux annoncés montrent à l'évidence que le défi est relevé.

⁵¹ *Op. cit.*, p. 220.