

Introduction

Pour une large part, c'est l'expérience quotidienne qui façonne le langage courant et lui donne sa signification. Ainsi l'expression *le réel* désigne-t-elle habituellement *l'ensemble de ce qui a une existence effective* ou, plus généralement, *tout ce qui est*. Mais puisque toute interprétation linguistique émane du psychisme, elle dépend aussi bien de la culture et de l'éducation que de l'état des connaissances. Elle est donc relative. C'est pourquoi, si le concept de *réel au quotidien* n'implique pas de difficulté de compréhension, ce n'est plus vrai dès que le discours sort du champ naturel de perception humaine. Il peut d'ailleurs tout aussi bien s'agir de la connaissance scientifique que du domaine des idées et du débat philosophique, au sens le plus large.

Cela étant dit, comment caractériser le réel ? Le dictionnaire *Le Robert* en donne la définition suivante : « Qui existe effectivement. » « Qui constitue une "chose", un être autonome défini. Qui produit des effets, qui agit ; qui existe actuellement, concrètement. » Mais il va plus loin en précisant que ce terme « ne constitue ou ne concerne pas seulement une idée, un mot ; qui est présent ou présenté à l'esprit et constitue la matière de la connaissance ». C'est ainsi que, jusqu'à une époque récente et pour ce qui concerne notre perception de la nature, cette identification du réel à la connaissance ne s'étendait guère au-delà

des observations de la vie courante. Or, les progrès réalisés au cours de ce siècle ont clairement montré les limites trop étroites de cette conception qui s'avère totalement inadaptée pour l'interprétation des théories cherchant à décrire des champs physiques situés hors de notre perception sensorielle. Les difficultés ainsi soulevées conduisent à poser la question du réel en termes nouveaux, qu'il s'agisse aussi bien de ses caractéristiques scientifiques que de ses aspects philosophiques et ontologiques. Car ce problème n'est pas neutre puisque, dans son acception usuelle, l'idée de réel est également synonyme d'authenticité, d'exactitude et de vérité, et c'est pourquoi, dans des cas ambigus, une telle interprétation ne manque pas de conduire à des dérives sémantiques comme le montrent certaines tendances philosophiques actuelles. Ce n'est pas un phénomène nouveau puisque certains savoirs anciens ont aussi connu de telles difficultés avec, pour conséquences, quelques élucubrations aussi surprenantes que, par exemple, la génération spontanée et la force vitale, ou le phlogistique et l'éther. Pourtant jusqu'à l'aube de notre siècle, et dans les sciences comme ailleurs, le concept de réel identifié aussi bien à la connaissance qu'à la certitude de la vérité n'a pas explicitement conduit à quelque situation rédhibitoire qui aurait impliqué une rupture. Avec toutefois cette restriction essentielle : ce fut le cas, et uniquement le cas, tant que le discours est resté confiné dans le champ naturel, celui du monde quotidien.

Depuis quelques décennies, cette condition n'étant plus remplie, la question de l'interprétation du réel se pose en termes fondamentalement différents. Car l'exploration de l'infiniment petit comme celle des profondeurs du cosmos ne s'accommodent plus des représentations de notre monde quotidien, tant par leur nature et leurs étranges propriétés que par les moyens nécessaires pour les découvrir. Par exemple l'exploration directe du monde des particules élémentaires n'étant pas possible, il faut utiliser des moyens techniques de plus en plus complexes pour rechercher leurs propriétés et tenter de résoudre la masse

d'énigmes qu'elles nous posent. En conséquence, l'information recueillie transite par une longue chaîne dans laquelle l'informatique tient une place prépondérante de sorte que les données collectées sont généralement dépourvues de toute *signification physique directe*. C'est aujourd'hui une servitude irréductible à cause, d'une part, du caractère indirect des mécanismes de détection et, d'autre part, de l'incertitude entachant certains processus interactionnels qui restent conjecturaux. Aussi, pour interpréter les données, faut-il recourir à de subtiles théories dans lesquelles la part des hypothèses et des approximations n'a fait que progresser pour finalement devenir prépondérante. C'est pourquoi les limites entre les présupposés théoriques et les objectivations concrètes (pour autant que celles-ci aient encore un sens) finissent par s'estomper et l'on ne sait plus avec certitude où sont les références physiques puisque rien n'est *directement* accessible.

C'est ainsi que, par nécessité inhérente à leur nature, ces procédures n'ont plus grand-chose à voir avec les principes et les méthodes sur lesquels a été fondée toute la physique classique, c'est-à-dire sur l'observation, l'expérimentation et la vérification effective et incontestable. Comme ce n'est manifestement plus possible ici, un réexamen, tant conceptuel que méthodologique, est devenu nécessaire en dépit de la complexité de ce problème. Observons que les simulations numériques n'échappent pas plus à ces critiques car, impliquant l'utilisation de modèles, elles sont tout autant tributaires d'hypothèses, donc d'incertitudes et de réserves de nature équivalente quant aux vérifications et aux interprétations. L'ambiguïté d'une telle situation est évidemment une puissante source de controverses qui finissent par rendre de plus en plus obscur et insaisissable cet étrange réel. Et pourtant, ce concept paraissait si simple pour le bon sens commun...

Plus précisément, le cas de la physique quantique illustre encore mieux ce problème puisque plus de trois quarts de siècle après sa découverte, et en dépit de ses remarquables succès, son

interprétation, ou plus exactement, sa signification demeure un profond mystère. Que représente-t-elle et à quelles sortes d'objets est-elle censée s'appliquer ? À quelle perception d'un hypothétique réel peut-elle correspondre, pour autant d'ailleurs que cette question ait encore quelque sens ? En dépit de multiples tentatives, et bien que la position de l'École de Copenhague ait fini par prévaloir – probablement plus par accoutumance que par raison –, aucune proposition n'est véritablement parvenue à convaincre. Pourquoi ? L'exemple du « vide quantique » permet déjà d'apprécier quelques-unes des difficultés rencontrées : pour tenter de justifier certains mécanismes microscopiques, cette théorie doit introduire une sorte de milieu si étrange et si complexe que, paradoxalement, il est tout... sauf vide. Et ses hypothétiques propriétés seraient si extraordinaires qu'elles auraient été capables de « faire sortir le Tout du Rien », autrement dit d'engendrer l'univers. Est-ce plausible ? La question reste posée, et de façon de plus en plus critique, pour l'interprétation de l'information extraite du micromonde.

On rencontre tout autant, bien que sous d'autres aspects, des difficultés analogues avec les théories cosmologiques dont les principaux modèles reposent sur la relativité générale, ou sur quelques structures géométriques plus abstraites. Si elles constituent un cadre de référence, l'un des problèmes, qu'Einstein n'a pas pu résoudre de manière satisfaisante, concerne la représentation du contenu et l'interprétation des propriétés de l'énergie-matière (le tenseur énergie-impulsion de ses équations de champ). Des travaux plus récents ont exploré des voies différentes, avec des modélisations géométriques plus complexes qui ne sont pas exemptes d'artifices, alors que la gravité quantique reste rebelle à toute formalisation qui ne soit pas ad hoc. Toutes les tentatives de représentation de l'univers et de ses propriétés observables rencontrent bien d'autres obstacles, les modèles actuels révélant certaines failles et obscurités dont quelques-unes sont également surprenantes. C'est, par exemple, le cas du big bang et de sa phase initiale d'inflation, ou de la curieuse

constante cosmologique. Dès que l'on sort de notre galaxie, l'incertitude sur les observations et les mesures croît avec la distance et certains paramètres de l'univers restent inconnus, qu'il s'agisse, par exemple, de son âge (déterminé par la constante de Hubble) ou de son contenu (la matière sombre, ou les champs fondamentaux) dont dépendent aussi bien sa structure géométrique que son devenir. Ce qui fait que le concept de réel appliqué au cosmos, à ce qu'il contient, à ses lois et à ses structures, est lui aussi caractérisé par de profondes incertitudes qui, bien que distinctes de celles du micromonde, peuvent cependant les rejoindre.

Plus généralement, l'examen des données théoriques et des résultats de la physique actuelle fait apparaître un nombre non négligeable de difficultés suscitant quelques interrogations quant à certaines hypothèses et aux interprétations qui s'en déduisent. Ce qui ne va pas sans certains risques de dérapages : par exemple, pour tenter de sortir des impasses rencontrées dans les modélisations ou les simulations, et même dans certaines interprétations, on observe maintenant une tendance aussi lourde que fâcheuse à l'abstraction pouvant finir par dépasser le raisonnable. Les outils mathématiques utilisés (par exemple les supergroupes intervenant dans la supersymétrie et les algèbres associées), les espaces aux topologies torturées, et les arguments invoqués, finissent par constituer des sortes de puzzles mathématiques aussi abscons que complexes qui confinent à l'ésotérisme. Une chose est d'imaginer des êtres archimédiens¹ biscor-

1. Êtres théoriques idéaux, c'est-à-dire simplifiés au maximum et aux propriétés supposées parfaites. Ils peuplent un univers archimédien qui ne peut être qu'une schématisation abstraite très pauvre et restrictive du monde effectif. Pratiquement toutes les modélisations sont de type archimédien, ce qui induit peu de conséquences à certains niveaux d'observation, mais pas nécessairement à tous.

nus, puis de les manipuler selon des règles parfois si abstruses qu'elles en deviennent amphigouriques. Mais une autre, tout à fait différente, est de prétendre les identifier à quelque représentation physique non utopique. Position qui exigerait d'être démontrée autrement que par quelques coïncidences circonstancielles. Ce qui est loin, et même très loin, d'être le cas !

Deux effets pervers peuvent déjà être identifiés. En premier lieu, et comme on l'observe aujourd'hui dans certains domaines de recherches théoriques, de telles pratiques poussées au-delà de la complexité raisonnablement acceptable multiplient les difficultés d'interprétation et de signification des modèles physiques concernés. Car toutes les étapes sont en cause, qu'il s'agisse aussi bien des axiomatiques, et des formalismes associés, que des méthodes de résolution, ce qui pose la question de leur représentativité phénoménologique : à quel réel de telles spéculations peuvent-elles correspondre ? Personne ne le sachant précisément, c'est l'analyse épistémologique qui devrait étudier les problèmes de la validité et de la recevabilité des représentations physiques. Question primordiale s'il en est, mais qui pourtant ne préoccupe guère les physiciens, ceux-ci se bornant le plus souvent aux seules validations numériques de leurs modèles.

En second lieu, l'extraordinaire développement et la richesse des champs exploratoires situés hors de notre perception directe, donc qui échappent complètement à notre entendement, ne manquent pas de susciter parfois quelques spéculations hasardeuses. Ne mentionnons brièvement, et pour mémoire, que quelques exemples tels que l'introduction inattendue d'un prétendu « principe anthropique » susceptible d'« expliquer l'homme-univers » (retour imprévu de quelque déité masquée ?), ou de bizarres coquetteries consistant à « voiler le réel », le cas échéant en l'associant à quelques « univers aussi multiples que parallèles ». Digressions distrayantes, peut-être, mais qui, ne se fondant sur aucune donnée opératoire objective, ne font qu'obscurcir le problème tout en évitant de poser les véritables questions. Ce qui peut être nuisible pour les disciplines voisines,

mais également pour l'information des décideurs et du public ; en un mot, pour le développement scientifique.

Quelles que soient les difficultés rencontrées, et les objections soulevées, il n'en reste pas moins que, jusqu'aux débuts de notre siècle, tous les progrès de la connaissance *rationnelle* ont été fondés sur le paradigme postulant que le réel, c'est-à-dire la Nature selon Leibniz, est modélisable, représentable et interprétable en langage mathématique. Explicitement cela signifie que l'univers, dans son ensemble comme dans ses détails, est supposé « connaissable et compréhensible » au sens du réalisme scientifique. Celui-ci a fini par s'imposer, après la révolution intellectuelle du XVII^e siècle, parce qu'il semble correspondre à nos perceptions et à nos schémas intellectuels. Mais est-ce si sûr ? Car, en dépit de ses succès, dans les années trente il fut violemment contesté à propos de l'interprétation de la mécanique quantique, qui était alors naissante, ce qui donna lieu à une véhémente querelle opposant Bohr à Einstein. Toute sa vie durant, ce dernier a toujours refusé d'abandonner le réalisme, se fondant sur un argumentaire qui lui paraissait solide, mais qui n'était cependant pas dépourvu de failles puisqu'il n'est pas parvenu à convaincre la partie adverse. C'est d'ailleurs le point de vue de Bohr qui a fini par s'imposer. Mais assurément pas de façon définitive car, en dépit de trois quarts de siècle d'efforts, les meilleurs théoriciens n'ont pas réussi à unifier de manière *cohérente et indiscutable* la relativité et la théorie quantique. Ce qui conduit à supposer que celles-ci ne sont que transitoires, auquel cas une certaine prudence s'impose concernant les interprétations. Comment pourrait-on en faire une authentique synthèse ? Aujourd'hui personne ne peut encore le prévoir, les tentatives actuelles étant bien trop problématiques pour être crédibles. Pourtant, et quelles que puissent être les divergences au sein de la communauté scientifique, sur le plan opératoire tout se passe comme s'il était admis quelque légitimité implicite

à cette fusion. Position insolite dont, jusqu'ici, les éventuelles justifications n'ont guère été discutées.

Une autre question, peut-être plus énigmatique encore, concerne le sens et la puissance descriptive des mathématiques, c'est-à-dire leur pouvoir de représentation des phénomènes naturels. À ce propos, on observe que la position platonicienne (l'existence du monde des Idées et Formes fondamentales) offre une résistance inattendue, bien que la querelle ayant pour objet la « réalité des mathématiques » ait plus recours à un argumentaire métaphysique que rationnel. Et de toute façon, là encore et peut-être plus qu'ailleurs, de quelle réalité peut-il s'agir ? Question intéressante puisqu'elle ne peut manquer de rejoindre, et d'enrichir en la complétant, celle de la réalité physique.

Bien que cette introduction ne représente qu'un aperçu très limité des problèmes rencontrés par les développements de la physique actuelle, comme il en existe d'ailleurs dans d'autres disciplines, dont les mathématiques, ce qui précède montre déjà que c'est la question de l'interprétation physique, c'est-à-dire celle de nos possibilités de modélisation et de représentation, qui est posée. Les acquis scientifiques les plus récents, et les développements théoriques associés, mettent de plus en plus l'accent sur l'étrangeté du concept de réel, impliquant maintenant la nécessité d'une réflexion nouvelle susceptible de remettre en cause certaines idées reçues. Dans quelle mesure la physique actuelle peut-elle nous permettre de connaître l'univers, ses origines, son histoire, ses lois d'évolution et son devenir ? Quelles sont ses limites ? Comment nos moyens d'investigation peuvent-ils évoluer avec le progrès technologique dont quelques particularités – par exemple les développements de certaines applications de l'ordinateur prétendant rejoindre les neurosciences – ne manquent pas de laisser perplexe ? Que peut objectivement représenter et signifier une simulation (quand je simule un orage, je ne suis ni mouillé ni foudroyé) ? Vastes questions puisque, à travers les interrogations sur la modélisation et la théorie des représentations fondant la méthode scientifique, le

INTRODUCTION

véritable problème rencontré n'est rien moins que celui, beaucoup plus général, de la *signification*, de l'*interprétation* et de leurs *limites*, dont celles des mathématiques, qui seraient aussi celles de la *connaissance rationnelle*. Finalement, à travers le réel la question posée dans sa généralité est celle de la validité de la science rationnelle telle que nous l'avons construite jusqu'à présent, question qui constitue peut-être l'énigme la plus étonnante de notre époque.

Note. Les termes techniques utilisés dans le texte sont expliqués dans le glossaire, pages 295-315.