

in Dilworth, Craig (ed.), *Intelligibility in science*, Rodopi, Amsterdam, 1992, p. 73-110.

# L'endoréférence d'une science formalisée de la nature

par

MICHEL PATY

Abstract.

1. Introduction.
2. Théorie formalisée et science de la nature.
3. Intelligibilité et signification.
4. Analyse et interprétation des propositions théoriques.
5. La visée et le système.
6. Un 'synthétique *a priori*' construit et fonctionnel.

Bibliographie

RESUME : On examine les implications épistémologiques de l'idée selon laquelle, quand une théorie se trouve dans un stade de formalisation abstraite (comme, par exemple, aujourd'hui, la physique quantique), la signification de ses concepts et propositions, qui visent à la représentation et à l'intelligibilité du monde physique externe (la réalité physique, quelle qu'elle puisse être), doit cependant être prise dans la théorie lui-même. Ceci est à comprendre dans le sens de cette déclaration d'Einstein reprise par Heisenberg : « C'est la théorie elle-même qui dicte la signification physique de ses énoncés ». Notre tentative de traiter les problèmes liés à cet état de choses se heurte à la tension qui existe entre une telle nécessité (qui est aussi une question de fait, puisque la physique opère effectivement de cette façon) et la référence, en dernière instance, à la réalité physique extérieure. Mais nous ne disposons d'aucun accès direct à cette dernière, et nous ne pouvons penser l'atteindre que par la médiation de la théorie formalisée ainsi que, bien entendu, par l'expérience (mais celle-ci doit toujours être interprétée par la théorie même). Il nous faut alors trouver un substitut épistémologique de la notion de réalité physique (qui est, en un sens, métaphysique, puisque, à proprement parler, hors de portée), ce substitut étant directement relié à ce qu'est, dans la pratique intellectuelle scientifique effective, l'objet de la théorie physique, cette dernière étant considérée essentiellement sous son aspect structurel.

L'analyse de ce que l'on entend par « théorie formalisée » pour une science à contenu empirique, quand on se place du point de vue de l'intelligibilité et de la signification, en dépassant l'opposition entre le formel et l'empirique, mène à la conclusion qu'une telle théorie (qui fournit réellement intelligibilité) ne peut pas être réduite à un simple « formalisme interprété », et que sa nature systémique doit comprendre l'interprétation comme une partie constitutive de la structure. La théorie, pour une science de la nature comme la physique, est une construction *sui generis* (utilisant comme matériau de départ des éléments formels interprétés), dont la structure intègre de manière imbriquée (rendu par la notion de « concept physique ») le formel et l'interprétation. Cet état de choses a aussi à voir avec la nécessité de considérer l'aspect dynamique des théories, impliqué dès qu'il est question d'interprétation et de contenu. Cet aspect dynamique ne peut pas être séparé des caractéristiques structurelles, concerne le problème de la comparaison, de l'« incommensurabilité » et du progrès. Or c'est lui qui laisse voir pour ainsi dire la trace de l'objet vers lequel la théorie est tendue, l'objet qu'elle vise. Cet objet visé diffère de l'objet « logique » de la structure, bien que ce dernier, donné par la théorie en son état considéré, peut être pris, dans cet état, comme la référence pour les interprétations. On peut dès lors aborder le statut de ce qu'il est possible, dans cette optique, d'appeler « endoréférence ». Il s'agit d'une sorte de « nthétique *a priori* », différent du sens kantien, car temporaire et modifiable, mais qui garderait la fonction de

celui-ci pour la compréhension, tout en portant en même temps la dimension historique de la connaissance scientifique (évolution des théories et des concepts). L'exposé de ce travail est organisé comme suit : 1. Introduction. - 2. Théorie formalisée et science de la nature.- 3. Intelligibilité et signification. - 4. Analyse et interprétation des propositions théoriques. - 5. La visée et le système.- 6. Un « synthétique *a priori* » construit et fonctionnel. ([1992c]).

#### ABSTRACT.

We develop the epistemological implications of the idea that, when a theory is in a state of abstract formalization (as to-day physical theory, quantum physics for instance, is), the meaning of its concepts and propositions, which are aiming at the representation and intelligibility of the external physical world (physical reality, whatever it is), is however to be taken from within the theory itself. This is to be understood in the sense of Heisenberg's and Einstein's statement : "It is the theory itself which dictates the physical significance of its propositions". Our endeavour to deal with the problems related to this state of affairs has to face the tension which exists between such a necessity (which is also a matter of fact, i. e., physics actually works in such a way) and the reference, in final instance, to external physical reality. But to this last one we have no direct access, but only the mediation of physical (formalized) theory, and, of course, experiment (but always to be interpreted through the theory itself). We then need to find an epistemological substitute for the (metaphysical) notion of physical reality, directly connected with what is, in the effectivity of scientific intellectual practice, the object of physical theory, such a theory being considered essentially under its structural aspect.

The analysis of what is meant by 'formalized theory' for a science with empirical content, when emphasis is set to the point of view of intelligibility and signification, overcoming the opposition between the formal and the empirical, leads to the conclusion that such a theory (which actually provides intelligibility) cannot be reduced to a mere 'interpreted formalism', and that its systemic nature must include interpretation as a constitutive part of the structure. Theory, for a natural science such as physics, is a genuine construction (using as starting material interpreted formal elements), the structure of which integrates in an imbricated way the formal and the interpretation. This state of things has also to do with the necessity of considering the dynamical aspect of theories, implied by the emphasis put on interpretation and content, which cannot be separated from the structural features, and this includes the problem of comparison, 'incommensurability' and progress. This dynamical aspect let show the trace of the object the (constructed) theory is aimed at, which differs from the 'logical' object of the structure, although this last one, given the theory in its considered state, can be taken as the reference for interpretations.

Then the status of what can, according to this view, be called 'endoreference' is discussed. It deals with the consideration of some kind of a 'synthetic a priori',

which would have such a function for the understanding, but which carries at the same time the historical dimension of scientific knowledge (evolution of theories and concepts).

The paper is organized as follows : 1. Introduction. - 2. Formalized theory and natural science.- 3. Intelligibility and meaning. - 4. Analysis and interpretation of theoretical statements. - 5. The target and the system.- 6. A constructed and functional 'synthetic *a priori*'.

## 1. INTRODUCTION.

Le problème que je voudrais poser dans ce qui suit est relatif à la signification des propositions d'une science de la nature lorsque cette science a atteint un haut degré de formalisation et d'abstraction. Telle, par exemple, de nos jours, la théorie physique, qu'il s'agisse de la relativité générale ou de la physique quantique. Les principes, les concepts et, d'une manière générale, les énoncés qui constituent une telle théorie, tout en étant de nature très abstraite et formelle, n'ont pas d'autre rôle que de fournir, par cette représentation, une intelligibilité du monde physique extérieur (ce que nous appellerons la réalité physique, quoi que ce soit que l'on doive entendre exactement par ce terme). Toutefois, en raison même de leur nature formelle, ces énoncés ne font sens que par la structure du système théorique dans lequel ils s'insèrent.

Il semble qu'il y aît là deux exigences ou caractères en opposition, sinon contradictoires. D'un côté, ce serait la théorie qui donnerait, dans la transparence quasi axiomatique de ses énoncés, le sens de ces derniers (c'est-à-dire leur 'contenu', en l'occurrence, leur 'contenu physique'). De l'autre, si ce contenu porte sur la nature (dans le cas qui nous occupe, la 'réalité physique'), il a partie liée à des données d'expérience (dans cette mesure il peut être dit 'empirique'), et ne peut être rapporté à une structure formelle seulement. Les énoncés d'une science théorique à contenu empirique impliquent donc une tension entre le caractère formel et le contenu, ce dernier se rapportant à la nécessité du 'réel'. Mais celle-ci n'a pas de manifestation directe, et nous n'avons accès à la réalité physique que par l'expérience, qui elle-même demande à être interprétée selon la médiation de propositions théoriques (formalisées).

Est-il possible de maintenir, à propos des significations qui confèrent l'intelligibilité, le caractère référentiel de la théorie à l'égard de ses propositions, ou doit-on l'abandonner au profit d'autres instances susceptibles de conférer le sens du contenu (comme par exemple, le langage, ou l'expérience) ?

Le problème est voisin de celui de l'opposition entre le formel mathématique et le réel physique, qu'Einstein exprimait en ces termes : "Dans la mesure où les théories mathématiques s'appliquent à la réalité, elles ne sont pas certaines ; dans la mesure où elles sont certaines elle ne s'appliquent pas à la réalité"<sup>1</sup>. Transcrite en termes kantien, comme Carnap l'a proposé, l'opposition se lirait ainsi : "Pour autant que [les mathématiques] sont synthétiques, elles ne sont pas *a priori* ; pour autant qu'elles sont *a priori*, elles ne sont pas synthétiques"<sup>2</sup>. Par rapport à l'intelligibilité kantienne, la liaison de l'*a priori* et du *synthétique*, condition de possibilité, par exemple, de la géométrie comme science, est défaite par la différenciation entre la géométrie pure ou axiomatique et la géométrie pratique, ou géométrie physique.

D'une manière générale, la dissociation des deux termes du 'synthétique *a priori*' entendu au sens strict de Kant laisse entière la question du rapport entre le formel (qui relèverait de l'*a priori*) et le contenu (synthétique, et *a posteriori*). Cette question reçoit de l'empirisme une réponse claire : celle de la *dissolution* pure et simple du synthétique *a priori*, et de l'impossibilité d'une solution rationaliste. La référence de la représentation théorique est alors tout entière dans l'expérience, et la signification des propositions tout uniment attachée à leur possibilité de vérification expérimentale.

Pourtant la théorie formalisée (pour une science à contenu empirique) se satisfait mal de la position empiriste, qui ne fait pas suffisamment droit au caractère véritablement cognitif des propositions théoriques, et qui pose d'une manière réductrice la question des contenus et des significations. Curieusement, pour 'empiriste' qu'elle se prétende, cette conception se fonde sur une vue de la science plus idéalement reconstruite que réelle, et sur une acception 'logiciste' de la notion de théorie. Voyons donc, pour commencer, ce qu'il faut entendre par théorie formalisée dans le cas d'une science comme la physique.

## 2. THEORIE FORMALISEE ET SCIENCE DE LA NATURE.

La Mécanique newtonienne, la Thermodynamique, la Théorie électromagnétique de Maxwell, la théorie de la Relativité restreinte, la Relativité générale, la Mécanique quantique, la Théorie quantique des champs, la Cosmologie, sont toutes, à un degré plus ou moins grand, des théories formalisées appartenant à une science de la nature, la physique. Bien qu'elles correspondent à des 'contenus empiriques', déterminés grâce au recours à l'expérience ou à l'observation, elles consistent en des systèmes hypothético-déductifs de formulation abstraite et très éloignée des expériences des sens. Ces systèmes, de structure logico-mathématique, comprennent des principes fondateurs et directeurs, des concepts associés à des grandeurs physiques représentées symboliquement par des entités mathématiques et régies par les principes, et des règles de correspondance entre ces grandeurs et les phénomènes observables et mesurables (la correspondance pouvant être indirecte et médiatisée par des grandeurs mathématiques auxiliaires).

Un système de cette nature se caractérise par une grande transparence, dans la déduction, et par une opacité, dans les principes et dans les éléments (concepts, relations de concepts, constantes et valeurs à détermination seulement empiriques figurant dans les équations<sup>3</sup>) qui servent d'ingrédients à la construction formelle, et qui portent le 'contenu physique'. C'est, peut-on penser, dans cette opacité que réside le caractère irréductiblement réel (extérieur à la pensée et à sa reconstruction de type axiomatique) de ce que décrit la théorie, c'est-à-dire de son objet. Et l'on peut également estimer que le mouvement vers la formalisation des théories est celui d'une complexité initiale (de la structure et des éléments 'opaques' qu'elle relie) vers une plus grande simplicité, c'est-à-dire vers une transparence gagnée de l'ensemble : simplicité non pas de la théorie mathématique sous-jacente à la structure, mais de l'objet même tel qu'il est ainsi décrit<sup>4</sup>.

Il nous faut nous arrêter ici quelque peu à la notion d'objet d'une science ou d'une théorie, et à ce qui le caractérise, dans une science formalisée (sa définition logique, son rapport aux faits). Par objet d'une théorie, on entend ce qu'elle décrit (et se propose de décrire) par ses propositions : un ensemble de phénomènes ou de propriétés. L'objet est en position de relation logique avec la théorie, et leur définition est réciproque. On parle de théorie si l'on désigne les modalités de la description, ou de son objet, si l'on s'attache aux phénomènes et propriétés à décrire. Il n'y a pas d'identification de l'objet à la théorie, mais adéquation. La différence de

nature entre les deux, que l'on estime intuitivement, est malaisée à formuler, puisque l'objet, comme phénomènes et propriétés, ne peut être pensé que par des concepts et relations de concepts, qui correspondent d'ailleurs à ceux-là mêmes de la théorie (cette équivalence étant d'autant plus étroite que l'état de la formalisation est élevé).

Intuitivement, le scientifique rapporte l'objet visé et décrit à la 'nature', ou 'réalité', extérieure à la pensée elle-même. Mais il est obligé, dès qu'il veut le désigner de façon plus précise, de recourir à des éléments conceptuels : la pensée n'a pas d'accès immédiat à la réalité, et l'expérience ne lui en procure qu'une approche indirecte, puisqu'elle fait appel à cette pensée même pour être éclairée, déchiffrée, voire définie. C'est ainsi que l'objet lui-même (au sens que nous considérons ici, objet d'une science, ou d'une théorie) est, préalablement à son appréhension, soumis à une définition, à une simplification (dans la complexité des données d'expériences, qui remontent à celles des sens), à une restriction, qui le qualifie mentalement et même logiquement. C'est le cas pour tout objet d'une représentation, y compris dans la connaissance commune. A chaque étape, dans chaque domaine, l'objet de nos descriptions est défini par une relation d'équivalence qui le délimite. On connaît les exemples classiques du Soleil de chaque matin, supposé être le même, ou de l'étoile du matin et du soir, qui s'identifie à la planète Vénus. Ou, aussi bien, les phénomènes électriques ou magnétiques distingués des autres et identifiés selon leurs caractères. La relation d'équivalence qui les détermine est liée évidemment aux notions d'identité, de permanence et à d'autres catégories nécessaires pour qualifier les objets plus complexes. Les phénomènes électromagnétiques, l'atome, le rayonnement, les phénomènes quantiques, ne sont tels que parce qu'un 'filtre mental' (et, au début, sensoriel) les identifie et les sépare.

Chacun des éléments qui contribuent à former une représentation se détache sur un fond de possibilités multiples, par l'effet d'une sélection mentale, d'un choix, qui correspond à la définition de l'objet logique en relation à la théorie. Invoquons l'analogie parlante de la nécessité d'utiliser un diaphragme pour obtenir l'image optique d'un objet (sans diaphragme, les rayons renvoyés par l'objet dans tous les sens sont incohérents et ne donneraient pas d'image). Il en va de même dans le cas de l'objet conceptuel : la pensée impose son propre diaphragme en limitant les données (par exemple, les impressions des sens), en les sélectionnant de façon directionnelle : c'est ainsi qu'elle parvient à se former une image comme dans la chambre noire qui 'reproduit' l'objet (en le modifiant). Toute définition d'un objet suppose nécessairement l'imposition d'un élément fourni par la pensée, corrélatif d'un choix relativement à la nature de notre représentation.

Cette opération d'identification et de séparation (qui est encore une relation d'équivalence) prépare pour ainsi dire l'objet pour les déterminations de la théorie par laquelle on se propose de le décrire. Mais on voit bien, en même temps, que l'objet des sciences de la nature (des sciences non purement formelles, à contenu empirique) n'est pas défini uniquement par cette convention par laquelle nous choisissons une relation d'équivalence (car c'est une convention, même si elle participe d'une élaboration qui la combine à l'expérience). Il n'est pas seulement l'objet logique de la théorie : il est posé en relation à un certain nombre d'autres considérations, les unes antérieures à la définition logique ci-dessus, les autres postérieures à elle, et dont on peut dire, pour résumer, qu'elles se rapportent à une élaboration ou construction et à une pratique.

Avant la caractérisation théorique qui s'attache à décrire cet objet-logique, intervient la

connaissance des phénomènes donnée à partir de l'expérience. Mais celle-ci est considérée à ce stade non pas tant sous les espèces d'une expérience spécifique que comme un ensemble d'expériences reliées entre elles, concordantes, révélant un ordre (celui d'un certain type de phénomènes), et déjà intelligibles à un certain degré à travers un schéma conceptuel et théorique antérieur.

Après la définition ensuite précisée de l'objet à décrire, vient l'élaboration théorique et conceptuelle, qui est construction et réorganisation, et qui inclut l'interprétation des grandeurs et des propositions qui les relient, c'est-à-dire l'énoncé de significations ; puis intervient à nouveau l'expérience, qui peut être cette fois spécifique, par son rapport à la prédiction du schéma théorique, et dont les résultats servent de test.

Avant et après la pensée de la théorie et de son objet dans leur rapport (logique) d'adéquation, c'est-à-dire dans les moments que nous venons d'indiquer, se pose le problème de la référence, qui peut s'énoncer ainsi : à quoi rapportons-nous les énoncés ou propositions qui, pris ensemble, constituent la théorie dont nous voulons qu'elle décrive cet objet, *posé*, mais également, en un sens, *donné* (par les processus antérieur et postérieur à la définition logique) ? Le problème de la référence de la théorie est lié à la nature de son objet que ne suffit pas à définir seulement leur relation logique, car il est objet élaboré et construit, et se présente dans son élaboration même. Cette considération suffit à montrer que la théorie ne peut être référée à son objet en tant qu'objet logique, c'est-à-dire qu'elle ne peut être auto-référentielle. Et pourtant, nous l'avons vu, la théorie comme système participe jusqu'à un certain point de la référence de ses propositions.

Pour sortir de l'imbroglio, il nous faut adopter une thèse sur la nature de l'objet. Par réductions successives à chaque étape de la connaissance, nous admettrons qu'il se rapporte, à l'origine, à un état de choses qui pré-existe à sa définition logique (mais auquel nous ne parviendrons peut-être jamais, même ramené au stade rudimentaire des impressions des sens). De même, postérieurement aux évolutions de cet objet, qui sont aussi celles de ses descriptions successives et de ses changements de qualification (l'objet change avec les théories qui lui correspondent), la théorie essaie d'échapper à ce que la dernière définition logique comporte encore de conventionnel, au bout de tant d'abstractions successives ayant dépouillé de plus en plus de qualités opaques à la formalisation mathématique. Qu'elle n'y parvienne jamais ne veut pas dire que l'objet visé par la théorie reste enfermé dans une succession d'opérations seulement logiques.

En quelque sorte l'objet de la théorie, à laquelle le lie une relation logique de définition réciproque pour autant que l'on considère la théorie comme structure, est aussi un objet 'visé', dont la trace est perceptible dans le mouvement de l'évolution théorique. Ce mouvement de transformation, qui fait appel à des éléments indissociablement théoriques ou formels et expérimentaux, résulte d'une détermination qui échappe au seul jeu de la logique, à la seule considération de la structure.

La position la plus naturelle, intuitive et simple, qui semble suggérée par cet état de chose, est de poser, à l'origine comme au terme du processus de connaissance (tous deux extrapolés d'une série finie de moments d'évolution), une extériorité par rapport aux opérations mentales (et en particulier aux opérations logiques et formelles) de la conceptualisation théorique.



C'est cette extériorité que nous poserons comme 'la réalité' (par exemple, la réalité physique, ou biologique, etc.). Que cette extériorité ne soit pas saisissable comme telle, et qu'on ne puisse que la postuler, pour les raisons qui précèdent, n'enlève rien à la nécessité d'en tenir compte. Il nous reste cependant cette difficulté, qui n'est pas mince, d'avoir à en tenir compte sans savoir la décrire, mais sans la rapporter immédiatement pour autant à des considérations ontologiques ou métaphysiques : autrement dit, de lui trouver un substitut épistémologique susceptible de remplir sa fonction par rapport à la théorie (par ex., physique) elle-même.

### 3. INTELLIGIBILITE ET SIGNIFICATION

Examinons maintenant ce que l'on entend par intelligibilité (des phénomènes, ou du monde) et par signification (des propositions), questions qui conditionnent directement l'interprétation de la théorie et le problème de sa 'référence'. Il convient de remarquer tout d'abord que la question de la signification se pose, pour une représentation, à différents niveaux d'intelligibilité.

Au niveau du sujet pensant considéré comme unité, l'intelligibilité correspond à la formation d'une 'image (ou représentation) du monde', où la représentation particulière s'insère dans une vue générale ordonnée à sa propre expérience, et lui apparaît par cela même comme un élément intelligible de ce monde. Ce dernier est considéré comme constituant une totalité (relative) douée de sens (les éléments sont intégrés au tout). La constitution de cette image ou représentation fortifie la possibilité d'en abstraire la subjectivité ou le caractère contingent, et, par là, celle de concevoir la 'réalité' du monde (laquelle est posée à ce niveau d'ensemble). C'est à ce niveau que se manifeste le plus visiblement le lien entre l'intelligibilité elle-même, relative à la forme et au contenu des représentations, et l'exigence d'intelligibilité, c'est-à-dire le mouvement de la pensée qui pousse à la poser.

Toute connaissance particulière suppose une intelligibilité, qui fait intervenir des considérations sur la forme (en particulier par l'imposition de critères rapportés à l'entendement et à la raison, qui peuvent être universels<sup>5</sup>) et sur le contenu. Mais, quelque régionales que soient les intelligibilités particulières, elles sont toutes rattachées à l'intelligibilité au sens général que le sujet rencontre et exige dans sa pensée du monde. Pour le dire en raccourci, nous avons une expérience localisée, partielle, de l'intelligibilité du monde, mais nous ne la saisissons comme intelligibilité que parce que nous la rapportons à une exigence globale, qui comporte des notions comme celles de réalité et de vérité.

Cependant (et notamment parce que de telles notions ne vont pas nécessairement de soi et supposent une variété d'acceptions), la manière de concevoir l'intelligibilité n'est pas unique. Une connaissance qui ne s'attacherait qu'à la considération des données empiriques prises 'comme elles viennent', sans se préoccuper de les rattacher à une rationalisation plus vaste, pourrait certes encore prétendre à l'intelligibilité. Est intelligible ce qui est accordé à la raison et nous est éclairé par l'entendement, et cela peut rester très pragmatique et partiel. Mais notre propos n'est pas d'étudier ici la question de l'intelligibilité dans toute sa généralité. Comme nous nous limitons à la considérer en relation aux théories parvenues à un stade très formalisé, on

admettra que, dans ce domaine au moins, l'intelligibilité s'identifie pour une bonne part à la rationalité, conçue comme mise en ordre des éléments primitifs de connaissance (à commencer par les sensations) qui nous sont donnés. Einstein définissait l'intelligibilité comme la "possibilité de mettre en ordre la totalité de nos expériences des sens" par l'opération de concepts et de relations de concepts<sup>6</sup>. Dans cette direction, l'idéal de simplicité qu'il assignait à la théorie physique, et qui correspond à une telle "mise en ordre" d'un degré élevé, n'est que l'expression la plus haute de l'intelligibilité rationnelle.

L'existence même de l'intelligibilité, avérée par notre expérience de la connaissance, ne laisse pas cependant de poser le problème de sa possibilité, qui peut se formuler en ces termes : comment l'intelligibilité est-elle possible, bien qu'il y ait un hiatus logique entre expérience et représentation ? La relation entre les deux ne va pas, en effet, des perceptions (et des données empiriques) aux concepts qu'elles engendreraient et qui leur seraient homogènes, mais part des concepts, symboliques et construits mentalement, qui nous permettent de mettre de l'ordre dans les perceptions et les données empiriques, d'où nous tirons une connaissance (puis une image du monde). L'origine de la connaissance réside certes dans l'expérience (qui se ramène en dernière analyse à l'expérience sensorielle), mais l'expérience a besoin de concepts et autres 'libres créations' de la pensée pour être éclairée. C'est l'expérience ainsi éclairée qui donne le contenu physique des grandeurs et des propositions de la physique (y compris ses principes directeurs<sup>7</sup>). Dès lors, ce qui justifie la représentation n'est autre que le succès qu'elle rencontre dans sa coordination à l'expérience ; et la comparaison ne concerne d'ailleurs que la représentation prise dans la totalité de sa structure, et non la somme séparée de ses éléments, si nous rejetons le critère vérificationniste des empiristes (en termes de relation directe entre les concepts et propositions, pris séparément, et les possibilités d'expérimentation).

De ce succès, nous ne pouvons que témoigner, non en rendre la raison. Einstein exprimait l'essence de cet état de choses de la manière suivante : "La justification des construits qui représentent la réalité pour nous réside dans leur aptitude plus ou moins parfaite à rendre intelligible ce qui est donné par les sens"<sup>8</sup>. C'est dire que la représentation est ordonnée à l'intelligibilité (c'est en établissant notre représentation que nous comprenons notre expérience). Mais aucune instance ne définit a priori l'intelligibilité, et donc la raison du succès de notre représentation.

Malgré son apparence pragmatique, un tel constat n'aboutit pas à renvoyer en fin de compte la définition de l'intelligibilité à l'expérience. Nous l'avons vu, l'expérience ne peut être comprise qu'en étant éclairée (par des concepts, constructions mentales). En outre, l'expérience proprement dite doit toujours être évaluée et critiquée ; dans cette critique, on s'appuie sur ce guide de l'intuition et du sens physique qu'est la théorie dont on dispose, considérée dans son domaine de validité (cette théorie est jusqu'à nouvel ordre, pour ce domaine, le substitut même de l'expérience antérieure, en ce sens précis que c'est elle qui est dépositaire du contenu physique). Il est utile d'évoquer à cet endroit le rôle des 'expériences de pensée'<sup>9</sup>, conçues comme moyen d'inventorier la cohérence et la signification ou contenu physique des concepts et propositions d'un système théorique, en les pensant au travers d'une expérience réalisable en principe, mais non réellement faite. Il est en particulier possible d'éclairer par là le contenu physique d'un concept ou d'une grandeur en le rattachant à celui d'une autre grandeur, intuitivement mieux

connue. Cet exemple aide à voir comment, transcendant la contingence du résultat, le rôle principal de l'expérience dans le processus de connaissance est de conférer le 'sens physique', c'est-à-dire de donner l' 'intuition physique', qui est, pour cette science, la substance même de l'intelligibilité. On voit comment cette appréhension fait appel à une acception très particulière de l'expérience, l'expérience rationalisée, qui suppose déjà l'intelligibilité.

Quant aux éléments rationnels qui interviennent dans tout le processus, dans la constitution de l'expérience et dans son 'éclaircissement', ils sont eux-mêmes fruit d'une construction et ne se ramènent ni à l'expérience immédiate, ni à des dispositions innées du sujet. Par ailleurs, face à l'empirisme, une conception conventionaliste stricte ne suffit pas à établir l'intelligibilité dans le sens que nous avons choisi, qui suppose une unicité de la représentation pour un domaine donné, du moins jusqu'à un certain point. Dans son acception la plus forte, l'intelligibilité correspond en effet à l'affirmation qu'il existe une voie juste de la théorie, et qu'il est possible de trouver cette voie, selon des critères rationnels.

L'intelligibilité a directement partie liée à l'interprétation des propositions et des grandeurs théoriques, qui établit les significations et énonce le 'contenu' (physique, dans le cas considéré ici). Cette interprétation appartient au travail du physicien, jusqu'à son raccordement à des considérations plus globales sur la connaissance, tâche propre de la philosophie.

La connaissance scientifique, telle qu'elle se fait voir dans différents domaines, oblige à dépasser une conception traditionnelle de l'interprétation qui voit celle-ci comme l'apport (considéré comme nécessaire) d'un surcroît de sens extérieur au travail expérimental et théorique proprement dit. Cassirer, par exemple, évoquait<sup>10</sup> naguère, à propos de la théorie de la relativité, la nécessité d'une "interprétation logico-mathématique" des concepts de la théorie qui transcende le "pragmatisme du physicien", et qui constituerait la tâche propre du philosophe. Bergson estimait, de son côté, encore à propos de la relativité, que la signification philosophique du concept de temps ne se satisfait pas du contenu que lui donne la théorie, et qu'elle suppose un ajout de sens, qui ne peut lui venir ni du formalisme, ni de l'expérience, mais d'un travail de discernement jouant entre les deux et faisant leur part au réel et au conventionnel : le philosophe, à qui ce travail échoit, rétablirait ainsi la vérité de l'intuition<sup>11</sup>.

Pourtant, lui faisait observer Einstein, la signification philosophique du temps passe par sa signification physique, et demande, comme elle, la critique de la simultanéité qui est illusion de la conscience : en sorte que le temps du philosophe à cet égard n'est pas différent de celui du physicien. Autrement dit, l'activité critique sur les concepts que, chacun de son côté, pour des raisons différentes, Cassirer et Bergson réclament, appartient déjà au travail de la pensée physique elle-même, qui ne se laisse pas réduire à un simple placage du formel sur l'empirique, mais qui construit ses concepts munis de leur signification : leur signification (physique), expression de leur contenu, est déjà impliquée dans les éléments originaires de la construction de la théorie, comme on le voit par le rôle des définitions des concepts en termes de physique, et des hypothèses qui leur sont sous-jacentes.

Cette constatation ne saurait évidemment être ramenée à la conception vérificationniste des significations telles que la conçoit le positivisme ou l'empirisme logique<sup>12</sup>, puisque la 'coordination' des concepts et grandeurs physiques à l'expérience n'est opératoire qu'en considération du système théorique pris dans sa totalité. La doctrine 'vérificationniste', bien

qu'elle évite à première vue l'inconvénient d'imposer la signification de l'extérieur, tombe en fin de compte dans un défaut semblable, en caractérisant de manière arbitraire et réductrice ce qu'est un contenu de concepts.

Par-delà l'opposition du formel et de l'empirique qui caractérise ces conceptions, aussi diverses soient-elles, la théorie (physique dans notre cas), constitue l'instance propre qui octroie l'intelligibilité et, en tant que système de ses concepts, elle comporte, de manière pour ainsi dire interne, la nécessité d'énoncer leur signification physique. Si la théorie est le système de ses propositions, c'est d'elle que doit venir, en première instance, le sens des propositions. Cela tient, à vrai dire, à la nature même de l'objet de la théorie selon la relation que nous avons décrite plus haut : cet objet, supposé correspondre au contenu de la représentation, est pensé comme existant par lui-même, et les significations que nous y décelons, si elles correspondent à un tel contenu, sont à rapporter à cet objet, et non à une instance de décision qui lui serait externe. L'objet doit être intelligible en tant qu'il est objet, même si c'est de l'extérieur que nous l'éclairons.

Jusqu'à un certain point, cette considération est de portée générale : elle s'applique à toute représentation d'un 'objet' qui est autre qu'un simple modèle, et concerne aussi bien les sciences très formalisées que celles qui le sont moins, les sciences 'exactes' ou de la nature que les sciences humaines ou sociales.

Un exemple emprunté aux sciences humaines fera d'autant mieux voir ce dont il est question que, dans ces sciences, l'objet est associé à une théorie, interprétative certes, mais non formalisée. Il s'agit du dionysisme, ce phénomène culturel et social de la Grèce ancienne aux environs du sixième et du cinquième siècle avant J.C. Un homme du vingtième siècle l'interprète volontiers (comme d'ailleurs le carnaval, plus contemporain) en termes de "soupape" et de "récupération" de la part de la société qui le tolère ou l'admet pour préserver sa structure. Mais, faisait remarquer l'historien Jean-Pierre Vernant à qui cette explication était proposée, de tels jugements rationalisent par rapport à nos vues (en l'occurrence, par rapport à notre conception rationaliste, précisément) un comportement qui doit être saisi en réalité 'tel qu'il est', sans interprétation externe<sup>13</sup>. La dimension 'dionysienne' fait partie de ce qu'est cette société considérée en elle-même, et cette constatation suffit : tout le reste est traduction, réduction selon des canons qui sont lui étrangers. Autrement dit, la signification de ces comportements dionysiens n'a pas à être ajoutée de l'extérieur à l'objet (ici la société d'alors) dans lequel ils s'insèrent. La signification n'est pas dans la traduction que nous faisons selon nos normes, elle est homogène à l'objet, et c'est à partir de cet objet lui-même qu'elle doit être exprimée.

En termes de théorie, si nous revenons à notre problème d'une science formalisée, cette constatation sur l'objet de la représentation revient à dire que la signification se trouve dans le contenu même de la théorie et doit donc être formulée (dans toute la mesure du possible) dans les termes de cette dernière.

Cela étant, il existe une différence importante, relativement à l'interprétation des propositions théoriques, entre les sciences exactes (de la nature) et les sciences humaines, dans la mesure où l'on ne saurait parler, pour ces dernières, de théorie dans le même sens, et où l'objet est constitué par un discours interprétatif (même si l'on vise à l'objectivité). Le 'discours interprétatif' correspondant des sciences exactes n'est pas de même nature, du moins s'agit-il

d'un 'discours' minimal, codifié selon des symboles signifiants précisément réglés. La constitution de l'objet est celle de concepts agencés et interprétés comme on a vu, et le terme 'discours' est inadéquat pour qualifier un tel système formalisé.

On peut penser toutefois que, malgré cette différence, aussi bien les sciences humaines que les sciences exactes se proposent de décrire un objet 'décentré' par rapport au sujet épistémique. Une véritable 'révolution copernicienne' de l'épistémologie consisterait précisément dans une telle décentration de nos représentations, pensée dans toutes ses implications. On oppose souvent à un projet de cette nature le caractère construit de nos connaissances, l'impossibilité constitutive de s'abstraire de la considération du sujet de la connaissance, du langage, de la pensée commune et de l'action humaine. Mais on peut se demander pourtant, étant donné ce qui a été dit de l'objet, si ce n'est pas d'abord à celui-ci qu'il faudrait rapporter l'intelligibilité, si l'ordre et le sens que nous y décelons ne correspondent pas fondamentalement à un état de choses indépendant de nous, même si c'est par notre éclairage qu'il se révèle à nous, et si sans cet éclairage il nous demeurerait inconnu. La prise en compte nécessaire des conditions de la connaissance dans toute considération de l'objet de cette dernière, souvent conçue comme une dissolution de cet objet même dans les circonstances de son approche, ne pourrait-elle, au contraire, permettre de penser l'objet dégagé de cette contingence ? (Un peu de même qu'en physique, la critique de l'arbitraire des systèmes de coordonnées, par ailleurs nécessaires, permet de penser les propriétés invariantes des systèmes dans la théorie de la relativité.)

#### 4. ANALYSE ET INTERPRETATION DES PROPOSITIONS THEORIQUES.

La question de l'interprétation des théories, de leurs formalismes et de leurs énoncés, a reçu des réponses variées tant de la part des philosophes des sciences pour ce qui est du problème considéré en général, que des scientifiques confrontés à l'interprétation d'une théorie particulière, comme, par exemple, en physique, la mécanique quantique. On remarquera toutefois que le problème de l'interprétation se pose à différents niveaux, et pour différents 'moments' de l'imbrication des éléments de la structure théorique. C'est ce que nous voudrions tout d'abord préciser.

Lorsque Schlick caractérise, dans son livre *Allgemeine Erkenntnislehre*<sup>14</sup>, les éléments de la structure d'une théorie (représentation symbolique d'une science de la nature) comme étant les axiomes, les propositions dérivées, et les définitions, d'ailleurs impossibles à distinguer les uns des autres, il inaugure une conception qui juxtapose le formalisme et le contenu, la syntaxe et la sémantique, aussi bien pour les éléments qui entrent dans la constitution du formalisme que pour les propositions qui en sont inférées. Selon cette conception, la signification ne fait pas partie de la représentation symbolique considérée en elle-même, et doit être ajoutée à la formulation d'un énoncé : "les énoncés non interprétés ne sont que des règles grammaticales". C'est dans ce sens que la théorie est une structure formelle interprétée.

Dans cette direction, le positivisme logique et la philosophie analytique<sup>15</sup> ont adopté la thèse de l' 'interprétation partielle', selon laquelle la théorie consiste en un formalisme abstrait

(F) et un ensemble de règles de correspondance ou 'définitions de coordination' (R), lesquelles relient les termes présents dans le premier aux phénomènes et aux données d'expérience. La question se pose de savoir si cet ensemble constitue à lui seul une théorie physique, ou s'il faut lui adjoindre d'autres éléments d'interprétation d'une nature différente (par exemple pour en faire une théorie explicative, ou prédictive). A l'interprétation selon le métalangage qui établit les règles de coordination (par exemple, associant la variable  $x$  à une coordonnée dans l'espace physique et à la possibilité de la déterminer par l'observation), il faudrait, ou non, ajouter des éléments d'interprétation plus généraux (de type métathéorique ou même ontologiques ou métaphysiques). Comme, dans le cas de la mécanique quantique, la complémentarité, ou, au contraire, le réalisme, ou le déterminisme.

Si l'on s'en tient au projet que nous nous sommes assigné, les éléments supplémentaires d'interprétation devraient être évités, du moins tant qu'on en reste à la considération de la science de la nature seule, c'est-à-dire, ici, à la physique. Faire intervenir à ce niveau l'ontologie ou la métaphysique, c'est en effet se priver de tirer de la physique et de l'épistémologie tout ce qu'elles ont à dire. On peut, sans les nier car elles appartiennent aux dimensions du sujet de la connaissance, estimer nécessaire de rendre leur recours minimal pour ce qui est de l'interprétation de la théorie même, puisque l'objet de la connaissance est conçu (et posé) comme totalement distinct du sujet. Passé le stade de la définition et du choix d'un programme pour la connaissance, où elles interviennent de toute évidence, ces dispositions philosophiques ne devraient pas intervenir dans les interprétations particulières. On désire, en quelque sorte, que l'épistémologie trouve au maximum en elle-même ses propres ressources, et le problème est alors celui, déjà mentionné, de trouver à la revendication ontologique ou métaphysique un substitut épistémologique.

Pour autant, si l'on exclut de l'examen de la théorie physique et de son interprétation les considérations de philosophie générale, le problème de l'interprétation se réduit-il à la seule considération des règles de coordination entre les éléments du formalisme et ceux des données empiriques ? En fait, le point de vue purement structurel qui considère une théorie physique comme un formalisme interprété ne fait état que de l'un des aspects de ce qu'est une théorie physique. Il identifie la théorie aux éléments (formels interprétés) qui entrent dans sa constitution, qu'ils soient originaires ou déduits ; ce faisant, il en omet un aspect essentiel. La théorie n'est pas réduite à de tels éléments, mais consiste en une élaboration *sui generis* (physique, à proprement parler) qui les utilise et les intègre dans un ensemble structurel où le formel et l'interprétation sont étroitement imbriqués, selon une combinaison qui ne se laisse pas dissocier dans les éléments de départ. Dans cette élaboration, la déduction a sa part, mais pas seulement ; elle est, de toute façon, soumise aux exigences requises par les principes physiques et se rapportant aux relations de concepts.

En d'autres termes, la théorie physique est *construite* au moyen d'un formalisme (mathématique, par exemple la géométrie pour la théorie de la relativité générale) et de considérations qui conditionnent l'utilisation de ce formalisme (ce sont des considérations physiques transcrites dans ce formalisme : par exemple, l'imposition d'un principe de symétrie ou d'une relation d'invariance). La théorie physique n'est donc pas un formalisme *interprété* (une géométrie interprétée, dans le même exemple)<sup>16</sup>. Ce sont des propositions proprement physiques

qui résultent de cette construction, pour lesquelles se pose désormais la question de leur interprétation, dans des termes qui ne sont pas les mêmes que ceux de l'interprétation initiale (au sens des règles de coordination).

Considérons le cas de la mécanique quantique, pour laquelle s'est posé, dès qu'elle s'est constituée comme une théorie nouvelle, le problème de son interprétation, c'est-à-dire de l'interprétation de ses propositions. Comme le rappelait Dirac à son sujet, "pour la première fois en physique, on disposait des équations avant de savoir comment les interpréter"<sup>17</sup>. Pour interpréter physiquement les grandeurs telles que les fournit le formalisme (par exemple, celles que lie les relations d'indétermination), on eût souvent tendance à les rapporter à leur ancienne signification, en les décrivant comme soumises à un principe de correspondance, ou en ajoutant aux grandeurs de l'ancienne théorie une condition d'utilisation. L'interprétation, dans ce cas, est rapportée à la théorie précédente, et non à la nouvelle, et cela n'est pas sans inconvénient (en particulier lorsque la théorie nouvelle fait intervenir, par construction, des grandeurs qui n'ont pas d'analogie classique, et que le principe de correspondance à leur égard est muet<sup>18</sup>).

L'exemple du principe de correspondance est d'ailleurs tout indiqué pour faire voir comment une autre conception est possible : au lieu de rapporter les grandeurs à leur signification classique, ce qui n'a qu'une portée limitée puisque cela ne concerne que le domaine de raccordement de la nouvelle théorie à l'ancienne, il est possible de construire certaines grandeurs de la nouvelle théorie à partir des anciennes. Tel est le cas (toujours en mécanique quantique) avec la constructions d'opérateurs infinitésimaux pour représenter les grandeurs physiques. Mais, dès lors, ces grandeurs acquièrent leur nouveau sens, irréductible à l'ancien, d'autant que leur forme mathématique même est différente (il s'agit d'opérateurs, non plus de nombres). La construction du tenseur d'énergie-impulsion, en Relativité générale, à partir de la métrique de l'espace euclidien infinitésimal tangent, est un autre exemple d'une procédure semblable. Ces grandeurs une fois construites, elles ne doivent plus, de toute évidence, leur signification physique aux anciennes sur lesquelles on a basé la construction. Car, précisément, cette construction a fait appel à des considérations (abstraites mais fondées sur une nécessité physique), qui étaient totalement étrangères à l'ancienne définition des grandeurs correspondantes.

Reste que le problème de la signification physique des grandeurs en mécanique quantique est diversement abordé. Einstein caractérisait, en 1953, "la singularité de la situation actuelle", en ces termes : "ce n'est pas le formalisme mathématique qui peut être mis en doute, mais la signification physique de ses énoncés"<sup>19</sup>. Le problème étant, en somme, de savoir ce que disent, physiquement, les équations, et en particulier ce qu'elles impliquent, quant au contenu physique attaché à la fonction (d'onde)  $\psi$ . En l'occurrence, pour Einstein, ce que dit la fonction  $\psi$  sur l'état individuel d'un système<sup>20</sup>. Faut-il ajouter à la nature un supplément, qui serait l'interprétation ? Quelle serait la nature de cette interprétation ? L'ambiguïté prévalente à cet égard indique assez l'arbitraire de tout choix considéré de cette manière : tout au plus peut-on éliminer certaines de ces interprétations, mais les raisons physiques de le faire sont rarement indemnes de l'imposition d'un principe général, physique ou philosophique, extérieur aux exigences strictes de la théorie. (Par exemple la philosophie de la complémentarité chez Bohr. Ou le principe

physique de séparabilité locale chez Einstein, dont il soulignait d'ailleurs lui-même qu'il était étranger à la mécanique quantique, tout en montrant son incompatibilité avec l'interprétation de cette dernière en termes de représentation de systèmes individuels. D'où il concluait à l'interprétation ensembliste de la fonction  $\psi$ <sup>21</sup>.)

L'interprétation probabiliste de la fonction  $\psi$  de la mécanique quantique, indubitable quant à ses conséquences, mais problématique quant à sa nature, permet précisément de voir comment s'imbriquent le formalisme et le contenu physique dans la construction des concepts. L'analyse épistémologique de son élaboration et de sa formulation montrerait comment son énoncé ne nécessite aucunement de recourir à une instance extérieure de référence ou de justification. L'interprétation de  $\psi$  comme amplitude de probabilité résulte en quelque sorte de ses propriétés dans le formalisme mathématique choisi pour exprimer la théorie (celui des vecteurs 'd'état' définis dans un espace de Hilbert) : mais ce formalisme même était choisi en fonction de son intérêt pour les problèmes physiques considérés.

L'interprétation physique de la fonction d'onde (interprétation probabiliste) exprime ce qui appartient déjà au concept (physique) mathématisé, formalisé, et appartient ainsi directement à la structure théorique. Mais si le contenu physique du concept mathématisé se trouvait déjà présent dans la structure théorique, il restait à le dégager de manière explicite, c'est-à-dire à en énoncer l'interprétation. C'est d'ailleurs ce que fit Born, sans recourir à des arguments de nature philosophique, et en s'en tenant au seul travail théorique. Cette 'interprétation' (physique), qui s'impose dans le cadre même du travail théorique, illustre la force de la formalisation mathématique propre à la mécanique quantique.

Ensuite, se pose le problème du deuxième stade de l'interprétation, celui, en fait, de l'interprétation de la probabilité qui se trouve ici en jeu. La considération qui précède nous indique déjà que la probabilité n'intervient pas comme une notion imposée du dehors. Ce qui en elle vient du dehors tient à la 'relation de coordination' avec les données d'expérience qui portent sur des fréquences. Mais, dans la construction théorique, c'est à travers une grandeur physique *sui generis* qu'elle est pensée : une 'amplitude de probabilité', ce qui est tout autre chose que l'importation pure et simple du concept de probabilité. Comme amplitude, sa forme linéaire implique la superposition et entraîne la propriété d'interférence : il s'agit d'un concept proprement physique qui diffère de la notion de probabilité au sens courant et comporte davantage, même s'il s'y raccorde en élevant au carré son module.

Cette conception entraîne une conséquence quant à l'interprétation de la probabilité même. Si c'est effectivement de cette manière que la notion de probabilité intervient en mécanique quantique, il n'existe pas de raison de reprendre à son sujet la diversité des interprétations possibles des probabilités considérées en général (objective, subjective, ou fréquentiste<sup>22</sup>), puisque c'est dans le cadre de la théorie elle-même que l'interprétation physique adéquate sera trouvée. De fait, la probabilité exprimée par la fonction  $\psi$  ne correspond ni à un degré d'ignorance, ni à une fréquence d'événements répétés, mais à une propriété (objective) attribuable à un système individuel. L'interférence avec lui-même d'un seul photon (ou électron, ou neutron), prévue par la théorie (elle résulte de la superposition des amplitudes de probabilité) et dûment observée, l'atteste. C'est seulement au niveau de la connexion avec l'expérience que la



probabilité se détermine par des mesures de fréquences : ce n'est là que le caractère de la relation de coordination qui relie la grandeur théorique au phénomène, mais ne l'y identifie pas.

Cet état de chose est lié au problème de la référence de la théorie. Que représente la théorie quantique, considérée sous les espèces de son formalisme, par rapport à son objet ? Les concepts fondamentaux de la mécanique quantique, nonobstant leur représentation par des symboles abstraits (vecteurs d'état, opérateurs), correspondent à des grandeurs physiques exprimant des propriétés qui se rapportent à l'objet de la théorie. Il n'y a pas, à cet égard, de différence de nature entre les concepts quantiques et les concepts classiques, et rien n'oblige à mettre en avant, comme référence privilégiée des premiers, l'observation et la mesure. Comme pour toute autre théorie physique formalisée, la référence de ses concepts et de ses propositions se trouve dans son objet, c'est-à-dire en elle-même en tant qu'elle désigne ce dernier, sans aucune nécessité de les traduire dans un autre système conceptuel qui lui serait étranger.

Dans l'exemple que nous venons d'évoquer, comme dans de nombreux autres, c'est la théorie et nulle autre instance qui fournit l'interprétation physique du concept. En corollaire, un concept physique ne prend sa signification (par la mise au jour de toutes ses propriétés) que de sa forme mathématique au sein de la théorie considérée. L'interprétation physique des énoncés portant sur les concepts ne peut être surajoutée de l'extérieur, à moins de considérer la théorie comme irrémédiablement incomplète. Réserve faite, il est vrai, de certaines situations, relatives à la phase d'élaboration théorique, où des concepts ne sont pas encore précisés, et où l'on doit 'réinterpréter', comme dans le cas des solutions à énergie négative de l'équation de Dirac<sup>23</sup>. Remarquons cependant que cette réinterprétation se fait encore au sein de la théorie, comme appelée par elle, en élargissant éventuellement le réseau des propositions utilisées, soit en puisant dans des propositions déjà existantes (comme, en l'occurrence, le principe d'exclusion de Pauli), soit en énonçant une propriété physique supplémentaire ; mais celle-ci n'échappe pas à la théorie en tant que telle : elle en signale une insuffisance, qui demandera à être dépassée dans une théorie plus complète (en l'espèce, la théorie quantique des champs).

## 5. LA VISEE ET LE SYSTEME.

Le caractère systémique de la théorie formalisée, pour une science à contenu empirique (ou 'de la nature') comme la physique, est souvent considéré comme impliquant l'incommensurabilité de théories différentes relatives à un même domaine d'application. Si le système est autoconsistant au point de déterminer le sens des concepts et des énoncés en fonction de l'arrangement structurel, ce sens sera nécessairement différent pour les concepts et propositions correspondants considérés au sein d'une structure différente.

D'un autre côté, l'absence d'inférence logique entre les données empiriques relatives aux phénomènes d'un domaine donné et la théorie structurée qui se propose de représenter ces phénomènes entraîne en principe une multiplicité de systèmes théoriques équivalents possibles. Si ceux-ci sont incommensurables, rien ne permet de choisir entre eux, sinon par des critères purement externes<sup>24</sup>. La valeur de vérité des théories serait alors totalement dissociée de la

signification de leurs propositions, et la question de l'intelligibilité serait dans une impasse.

Mais ces raisonnements reposent sur une conception du caractère de la théorie en tant que structure formelle qui ne tient pas compte de certaines particularités propres à une 'science de la nature', comme le caractère de l'interprétation que nous avons évoqué. Lorsqu'on parle de 'théorie formelle interprétée', on entend généralement une structure purement formelle additionnée de règles de correspondances interprétant chaque élément (représenté par des symboles) de la structure, leur octroyant ainsi une charge sémantique. Mais c'est concevoir l'interprétation comme simplement juxtaposée à la structure, quand elle est au contraire partie constituante du système. Le système que constitue la théorie n'est pas décrit de manière satisfaisante par le modèle linguistique de la syntaxe et de la sémantique. Son caractère formel ne la rend pas identifiable en partie à une structure purement formelle (par exemple, une théorie mathématique) qui serait sa partie syntaxique, même si l'axiomatisation des théories peut être une procédure féconde à certains égards (pour révéler les traits de sa structure).

La forme même de la structure, donnée par l'agencement de ses concepts, est tributaire de la signification (c'est-à-dire du contenu) de ces derniers. En retour, parce que la structure porte cette signification (exprime ce contenu), c'est d'elle que tel énoncé déduit par les moyens du formalisme reçoit sa signification et son contenu physique. La richesse de capacité prédictive d'une théorie comme la mécanique quantique considérée sous les espèces de son formalisme 'radical'<sup>25</sup> en fournit une excellente illustration. Si l'on peut retrouver ou prédire, à partir d'elle (par exemple, à partir de la propriété de superposition linéaire de la fonction d'état qui décrit un système physique), des propriétés physiques aussi peu ordinaires ou intuitives que l'interférence d'une particule quantique avec elle-même, l'indiscernabilité, ou la non-séparabilité locale, qui toutes correspondent à des phénomènes reconnus, c'est parce que la propriété formelle considérée réussit à rendre compte d'un même caractère fondamental des systèmes quantiques à l'origine de ces propriétés. Ces propriétés physiques sont des manifestations différentes de la nature quantique des systèmes, de la 'spécificité quantique' si l'on veut. Le quantum d'action, la 'dualité onde-particule', les relations 'd'incertitude' de Heisenberg, sont d'autres manifestations de la même propriété fondamentale<sup>26</sup>. La construction de la théorie formalisée a utilisé, pour un propos délibérément physique, des grandeurs mathématiques susceptibles de rendre compte de certaines de ces propriétés, en les munissant d'une interprétation physique, en les soumettant à des règles dictées par des considérations physiques. Ce faisant, se construisaient des concepts ou des grandeurs physiques, constituées en système, et ce système (physique, formalisé parce que construit à l'aide de grandeurs mathématisées, c'est-à-dire exprimées par des symboles ayant des propriétés mathématiques définies) comportait en lui-même ses capacités interprétatives, par exemple à l'égard des concepts dérivés ou des propositions déduites (comme la non-séparabilité par exemple<sup>27</sup>). On voit mal comment cette capacité interprétative serait possible si la théorie n'était que la juxtaposition de formalisme et d'interprétation dont on a parlé. (Mais il est vrai que ceux qui la conçoivent ainsi ont une vue différente sur l'interprétation.)

Pour résumer, la théorie, dans une science de la nature, est une construction *sui generis* faite à partir de concepts formalisés (engendrés grâce à l'interprétation d'éléments formels). Son architecture, en tant que système, ne se réduit pas à la structure des éléments formels, de même qu'un édifice ne se laisse pas décrire seulement par sa charpente. Le point de

vue structural sur les théories formalisées ne peut omettre la considération du contenu, c'est-à-dire de la signification de leurs propositions. C'est d'ailleurs peut-être de l'avoir ignoré que l'on s'est trop pressé de conclure à l'incommensurabilité et à l'impossibilité de choisir entre des théories différentes, comme on va le voir.

Cela posé, on remarquera que, dans les faits, c'est-à-dire dans la réalité de l'activité scientifique telle qu'on peut l'observer, l'incommensurabilité des théories, l'incommunicabilité des représentations, n'est pas absolue, des choix entre elles sont effectués, et il est possible de parler à leur sujet de progrès. Si la flèche de Zénon vole, plutôt que de continuer à nous interroger sur les implications de son mouvement impossible, c'est notre conception même du mouvement qu'il nous faut réformer (pour nous, notre pensée de ce que sont les théories).

Tout d'abord, en effet, la théorie possède des acquis définitifs. Ces acquis sont, d'une part, les éléments conceptuels ou principiels qui servent directement à la construction d'une nouvelle théorie à partir des anciennes. Tel est le cas, par exemple, avec le principe de relativité qui a son origine dans la mécanique classique, et dont la théorie de la relativité restreinte fait son principe fondamental de validité universelle. Ou encore, la constance de la vitesse de lumière, qui provient de la théorie électromagnétique, et sur laquelle se fonde la même théorie de la relativité restreinte pour donner à son principe (de relativité) l'universalité (de la mécanique à l'électromagnétisme, et aux autres théories physiques). Ou le quantum d'action et ses formulations équivalentes<sup>28</sup>, que l'on retrouve dans la théorie formalisée qu'est la mécanique quantique. Ou le principe d'exclusion de Pauli (de nature initialement phénoménologique), que l'on retrouve comme une conséquence de la statistique de Fermi-Dirac, c'est-à-dire de la théorie des particules quantiques indiscernables, etc.

De simple proposition déduite, ou de fait formulé sur une base observationnelle, ces éléments peuvent passer au rang de principe; ou, de propriété empiriquement constatée, au rang de proposition déduite.

Des exemples comme ceux qui précèdent font voir comment la théorie nouvelle intègre des éléments (concepts, faits, principes) de l'ancienne théorie dans une construction de structure différente, de manière telle que, malgré leur rôle différent dans ces structures théoriques, leur formulation et leur contenu au sens strict dans les deux sont équivalents, et leur validité reste universelle. Certes, si un fait considéré comme tel dans une représentation devient élément théorique ou principe dans une autre, la signification de la proposition correspondante diffère d'une théorie à l'autre, quant à la portée des contenus respectifs : comme, par exemple, la conception du lien de cette propriété à d'autres, le fait que, dans la nouvelle théorie, elle en implique éventuellement d'autres (ce qui d'ailleurs fournit un élément de comparaison des théories sous cet aspect, par la fécondité, le caractère unifiant ou la simplicité). Pour autant, la propriété ramenée à sa description élémentaire reste la même, comme les exemples ci-dessus le montrent de la façon la plus claire.

Le principe de correspondance fournit une autre manière d'apprécier les acquis définitifs quand on passe d'une théorie à une autre. Il concerne, à la différence des propriétés du genre que nous venons d'évoquer, de validité universelle (ou transthéorique), des propriétés ou des relations de grandeurs valides seulement dans l'ancienne théorie et retrouvées dans la nouvelle à la limite d'approximation de leur domaine de validité (comme les équations de la

mécanique newtonienne à la limite classique de la théorie de la relativité, etc). On a fait valoir que ce principe ne se justifie pas formellement si l'on considère les deux structures théoriques, la signification d'une grandeur dans la nouvelle théorie n'ayant pas de commune mesure avec l'ancienne, et que son utilité est uniquement pratique, ramenée par exemple à des considérations numériques. Mais si l'on considère que les structures théoriques ne sont pas réduites à leur charpente formelle et incluent de façon imbriquée les interprétations, l'interdiction concernant la considération du principe de correspondance pour le problème de la commensurabilité n'a plus de raison d'être. Car le système interprétatif qui porte sur des contenus n'a pas la rigidité d'une structure purement formelle, axiomatique, et, dans les faits, des contenus partiels peuvent être mis en correspondance.

C'est dans les faits, encore, que l'on constate le progrès des théories, et que, ce faisant, on les compare et on juge de leurs mérites relatifs. Leur incommensurabilité alléguée par la conception purement structurale et formelle étant contraire à cette évidence, celle-ci est rapportée à des raisons subjectives ou au consensus social. Pourtant, les circonstances qui font ce progrès, les attendus des comparaisons et des jugements, concernent des caractères de ces théories mêmes, en tant qu'elles sont des systèmes interprétatifs portant des contenus<sup>29</sup>.

L'un de ces caractères concerne l'aspect cumulatif des connaissances scientifiques et des théories correspondantes, qui s'appuie sur les acquis définitifs et les correspondances partielles. Au travers même des réorganisations des représentations, c'est la somme accumulée des connaissances précédentes reconnues valides qui se trouve intégrée. La connaissance (scientifique) ne revient pas en arrière (sauf à considérer les catastrophes qui surviennent aux civilisations), et la notion de passage à la limite fait, précisément, partie intégrante de la méthode admise, comme condition imposée pour s'assurer que la représentation nouvelle retrouve à la limite l'ancienne (valide dans son domaine), parce qu'elle la contient et la dépasse.

D'autres caractères des théories se rapportent directement à leur nature dynamique : une théorie à contenu empirique ne peut être un système clos. Elle est soumise aux jugements sur sa vérité (relative) et sa validité reste toujours suspendue aux tests de confirmation: ce qui implique une potentialité permanente de modification. La nécessité de modifier une théorie se rapporte au contenu de ses propositions, et c'est en considération de ces contenus que le mouvement des transformations se dessine. C'est parfois la forme même (indissociable de la signification) d'une proposition fondamentale qui laisse apparaître les limitations de la théorie et appelle son dépassement. Einstein l'exprimait à propos de la relativité de manière parlante : "La théorie de la Relativité restreinte pointait vers son propre dépassement", par sa restriction arbitraire de l'invariance aux seuls systèmes d'inertie<sup>30</sup>. Une telle assertion n'a évidemment de sens que si l'on comprend la théorie comme un système qui porte un contenu et n'est justifié que par lui.

Le contenu physique, insufflé dans la structure formelle, est cause de ce que la théorie est elle-même la source de sa propre dynamique. Cette dimension est oblitérée si l'on ne s'attache qu'à l'*interprétation* de la théorie considérée comme une structure purement formelle ; elle est prise en compte, au contraire, quand on tient le point de vue de la *construction* des théories. Car la construction est faite en vue de l'adaptation de la théorie à l'objet visé, et elle implique un caractère progressif. (Ce caractère, qui fait appel à une idée de la continuité, n'est

pas exclusif de discontinuités puisque les développements peuvent aller jusqu'à des reformulations complètes, cette dialectique du continu et du discontinu reproduisant en quelque sorte celle des contenus physiques et des structures formalisées).

L'adaptation de la théorie à l'objet visé accompagne l'évolution des représentations qui va de la connaissance commune aux théories physiques actuelles, à travers des couches successives dans l'épaisseur des sédimentations et la densité de l'histoire. Dans ce terrain sédimentaire s'est préparée la forme actuelle de la théorie, et l'on peut y retrouver le fil rationnel de l'évolution des concepts et des constructions et remaniements théoriques.

Le fait de l'évolution (historique) des théories constitue en quelque sorte la trace, qu'efface le point de vue exclusif de la structure, de la distance entre l'objet visé et l'objet 'logique' tel que nous l'avons défini plus haut. Porte ouverte sur l'extériorité et sur l'histoire, l'objet visé de la théorie semble à première vue nous éloigner de la considération de la théorie formalisée à laquelle nous nous proposons de nous fixer pour établir les significations. Il semble, avec lui, réintroduire le sujet lui-même, que nous avons exclu par méthode de la théorie comme système, puisque c'est le sujet qui définit la visée, avec le choix de son programme (par exemple, la représentation d'un monde réel, objectif, c'est-à-dire pouvant être posé et saisi comme objet indépendant de la pensée).

Il nous reste donc à voir comment cet objet visé, dont nous nous contenterons, par rigueur épistémologique, de seulement reconnaître la trace, nous permet de maintenir la référence des significations dans la théorie formalisée présente sans perdre pour autant le caractère ouvert sur l'extérieur de notre représentation.

## 6. UN 'SYNTHETIQUE A PRIORI' CONSTRUIT ET FONCTIONNEL.

Revenons un instant sur la nature des éléments rationnels qui constituent la connaissance en 'éclairant l'expérience' et qui conditionnent l'intelligibilité : libres de connexion logique avec les expériences des sens (selon la critique humienne de l'induction) et création mentale, il sont proches, par là, des conventions au sens de Poincaré. Mais ils comportent cependant davantage, si la théorie est fondée, qui les apparente à une nécessité, par la nature de leur fonction même, et parce qu'il sont le fruit d'une élaboration au cours de laquelle il se sont imposés.

Par le premier aspect, constitutif pour l'entendement, ils possèdent quelque chose qui les rapproche de l'*a priori* kantien, qui organise la connaissance de la nature. La physique moderne, indiquait Kant dans la préface à la deuxième édition de la *Critique de la raison pure*, nous a appris que "la raison n'aperçoit que ce qu'elle produit elle-même d'après ses propres plans", qu'elle doit poser ses principes pour forcer la nature à répondre à ses questions, "qu'elle doit chercher [...] dans la nature, conformément aux idées que la raison même y transporte, ce qu'elle doit en apprendre et dont elle ne saurait rien savoir par elle-même"<sup>31</sup>. Mais au lieu que pour Kant ces éléments rationnels, concepts, principes ou catégories, sont des *a priori* absolument indépendants de toute expérience<sup>32</sup>, ils ne sont ici, selon leur second aspect, donnés que parce qu'ils ont été posés et, plus précisément, construits d'après une connaissance

antérieure, et donc relatifs et modifiables.

Ils sont *a priori* en ce qu'ils sont antécédents et conditionnent la pensée du contenu de la théorie et de l'expérience postérieure : par exemple, les principes d'une science théorique (principe de relativité, principes de la Thermodynamique, ...). C'est-à-dire en fait qu'ils ont, pour la connaissance, une *fonction d'a priori*. Quant à leur nature ou à leur origine, ils sont 'synthétiques', dans la mesure où ils se présentent comme des résumés de connaissances et d'expériences antérieures, étant *a posteriori* par rapport à ces dernières. Ils sont donc *synthétiques* par leur nature et *a priori* par leur fonction.

C'est la considération du mouvement de la connaissance et de l'évolution des systèmes théoriques, de la réorganisation, en leur sein, des concepts et des propositions, qui oblige à dépasser et le synthétique *a priori* au sens strict de Kant, et sa simple négation telle que la propose l'empirisme. Il y a opposition entre ces deux caractères, *synthétiques* et *a priori*, si l'on considère une connaissance de nature statique, et la théorie comme un système fermé : alors, la nature et la fonction s'identifient. Mais si l'on tient compte de l'aspect dynamique de la connaissance et de la théorie, une chose est *la nature* et *l'origine*, qui font partie de la connaissance antérieure, autre chose est *la fonction*, qui s'adresse à la connaissance actuelle (ou à celle à établir). Par rapport à cette connaissance, c'est-à-dire au système de la théorie considérée, l'*a priori* fonctionnel peut être dissocié de son origine et de son statut dans la connaissance antérieure. Il n'est *a priori* qu'en ce qui concerne sa fonction limitée à ce domaine ; il ne l'est pas pour ce qui est de son mode d'acquisition.

Retenons donc pour l'instant la présence, dans le schéma de connaissance, d'éléments (concepts, propositions) qui ont la *fonction* d'éléments rationnels *a priori* et qui, bien qu'ils soient par essence provisoires, manifestent un certain caractère de nécessité. Ils ne sont *a priori* que dans la mesure où ils sont posés comme conditions de possibilité de la pensée physique, et en particulier de la théorie considérée, et non pas en tant qu'ils seraient imposés par la nature de l'entendement. Entendons qu'ils ont une *fonction a prioristique*, mais ce n'est pas d'*a priori* absolu qu'il s'agit.

L'emploi, dans un sens relatif, de la notion d'*a priori*, peut présenter, il est vrai, quelques inconvénients, et d'abord le risque de banalisation, si on ne l'entend que comme 'ce qui vient avant', telle l'hypothèse par rapport à l'expérience selon Claude Bernard<sup>33</sup>. Il est intéressant toutefois de la voir invoquée, dans un sens qui met l'accent sur sa fonction d'intelligibilité, tout en soulignant le caractère construit et évolutif de cet élément rationnel, par des penseurs aussi importants que Poincaré ou Enriques et, selon ce dernier, Helmholtz, Brunschvicg et Cassirer. Evoquant les associations d'idées qui résultent de l'accumulation des expériences ancestrales, Poincaré se demandait si ce sont elles qui "constituent cette forme *a priori* dont on nous dit que nous avons l'intuition pure", et déclarait, si tel est le cas, ne pas voir "pourquoi on la déclarerait rebelle à l'analyse et [pourquoi] on [...] dénierait le droit d'en rechercher l'origine"<sup>34</sup>. Quant à Enriques, sa conception de l'*a priori* (condition de possibilité de la science) est celle non pas "d'une hypothèse générale sur le fondement des choses connues, mais [d']un apport de l'activité de l'esprit qui interprète l'expérience et construit la science". La définition de cet *a priori* est "un progrès accompli en fonction de l'expérience", dont il voyait des exemples dans les géométries non euclidiennes et la théorie de la relativité<sup>35</sup>.

Cette interprétation d'un *a priori* relatif et construit s'oppose à la conception kantienne au sens strict. Mais cela n'invalide pas la terminologie pour autant, si elle contribue à souligner une fonction fondamentale d'intelligibilité. Les positivistes et empiristes logiques récusait toute acception de l'*a priori* de ce genre, que Schlick appelait '*a priori* matériel', ou 'factuel', et qu'il renvoyait à l'idéalisme subjectiviste et à la métaphysique. L'*a priori* ne pouvait être à leurs yeux que formel, concernant des propositions analytiques ou linguistiques, et donc tautologiques<sup>36</sup>.

Mais si la "thèse fondamentale de l'empirisme moderne" telle que la rappelle le Manifeste du Cercle de Vienne, est "le refus de la possibilité d'une connaissance synthétique *a priori*"<sup>37</sup>, il est assez naturel pour une philosophie rationaliste de réexaminer les attendus de l'interdit, et de se demander si l'idée rejetée à juste titre dans son acception stricte ne comportait pas malgré tout une dimension dont il serait essentiel de tenir compte. Le 'transcendental' peut être défini de manière moins restrictive que dans son sens kantien, par exemple comme "toute condition formelle de connaissance qui détermine *a priori* un type d'objectivité" ('formelle' évitant le renvoi direct à l'observation, et '*a priori*' soulignant le caractère constitutif), comme le propose Granger. Il n'est plus une structuration invariable de l'expérience (renvoyant à la norme d'une subjectivité), il est modifiable. Et l'*a priori* a alors - à la différence du sens de Kant - partie liée à l'idée de 'travail' de la pensée, qui opère sur les formes et les contenus, et les transforme. Il est "cadre d'un projet", et "règles du jeu"<sup>38</sup>.

C'est donc dans une acception semblable que nous l'entendrons pour notre part, en considérant que la fonction du synthétique *a priori* est de déterminer les critères d'intelligibilité. C'est pourquoi nous l'appellerons 'synthétique *a priori* fonctionnel'.

Les éléments fondamentaux d'une théorie une fois celle-ci constituée, sur lesquels les autres sont basés, constituent des éléments rationnels *a priori* de ce genre : c'est à eux, qui résument en quelque sorte le contenu de la théorie, qu'est rapporté le sens des énoncés dérivés. Ce qui fonde leur légitimité à servir de référence, c'est leur effet d'entraînement sur la résolution des problèmes, soit initialement posés, soit inédits, découvrant théoriquement, c'est-à-dire anticipant, de nouveaux traits des phénomènes. Cet effet d'entraînement, qui se marque par la prédictivité, se marque aussi par la construction suscitée de nouveaux concepts, et par la décantation de difficultés épistémologiques initiales opérée à la faveur de la familiarisation et de la mise en pratique de la théorie.

La mécanique quantique, par exemple, en fournit des illustrations immédiates : voir comment son formalisme est employé à la résolution de problèmes sans plus de référence aux situations classiques, et comment il a supplanté un formalisme jugé un moment comme équivalent (celui de la mécanique ondulatoire), précisément parce qu'il entraîne davantage et fonde les concepts plus complètement (ceci sans préjuger de savoir si cette fondation est encore suffisante). Cet effet d'entraînement de la théorie considérée en elle-même (et l'on serait tenté pour cela de parler, jusqu'à un certain point, d'auto-fondation) se marque encore dans le surcroît de compréhension qu'occasionne la seule considération du formalisme (mais nous savons que ce dernier est indissociable de l'interprétation). Voir la propriété de non séparabilité locale, déjà présente dans le formalisme, mais dont il fallut s'assurer qu'elle correspondait bien à un fait, c'est-à-dire à un trait des phénomènes physiques, qui diffère de manière radicale de ce à quoi notre pensée intuitive était habituée<sup>39</sup>. Des états de choses de cette nature sont bien résumés par

la formule de Langevin : "Le formalisme de nos théories sait plus de physique que nous, et l'on peut s'y fier"<sup>40</sup>. Malgré ses exégèses possibles, c'est aussi de cette manière que l'on peut comprendre la remarque bien connue de Hertz : "La théorie de Maxwell, ce sont les équations de Maxwell"<sup>41</sup>. Autrement dit, les propriétés et les significations sont données par la théorie formalisée et par elle seule (dont les équations fondamentales résument les principes, les concepts et les relations de concepts).

Si la théorie, pour ainsi dire, se permet en toute légitimité autant d'assurance, c'est sans doute qu'elle comporte quelque chose comme l'expression d'une nécessité, quelle qu'elle soit, propre à l'objet qu'elle a pour rôle de décrire. Sa forme théorique même porte cet effet, qui ne peut être ramené à une autre instance (à moins de changer de théorie). Ce qui est une autre manière de dire que la théorie constitue sa propre référence en tant qu'elle désigne un objet pensé dans sa nécessité, dans son extériorité, et qu'elle est donc plus que simplement conventionnelle.

La nécessité que marque (ou trahit) l'entraînement de la théorie implique que cette dernière entretient, par rapport à l'objet qu'elle vise, une relation qui, au-delà de la simple convention, possède une portée structurelle : la théorie et son objet ne sont pas extérieurs l'un à l'autre, ils se tiennent et se constituent mutuellement. Toute modification de la théorie est modification de l'objet. Mais ils ne se confondent pas, est-il besoin de le dire, car la théorie n'est pas théorie d'elle-même, l'objet est objet de quelque chose (d'une description), et leur statut épistémologique est distinct<sup>41</sup>.

La référence d'une représentation théorique n'est pas dans une instance préexistante (ni les caractères de l'intuition ou de l'entendement du sujet transcendantal, ni le langage, ni l'expérience). Cela apparaît de façon particulièrement nette à propos du problème de la nouveauté en science, c'est-à-dire de ce qui assure son caractère de nouveauté (dont seule la théorie nouvelle qui l'intègre peut rendre vraiment compte)<sup>42</sup>. Il faut donc prendre la référence avec la théorie constituée elle-même, qui contient le 'synthétique *a priori*' particulier que nécessite l'intelligibilité. L'objet que la théorie poursuit et désigne, qu'elle représente, se trouve constituer en même temps son instance de référence. De là cette exigence, pour une théorie formalisée, que la théorie doit suffire à traiter par elle-même de son objet, et cette proposition que c'est dans la théorie, qui se voit superposée à son objet, que se trouvent les éléments de signification. Si l'on parle d'interprétation, ce ne peut être qu'au sens de l'explicitation critique de ses problèmes ou de ses concepts, de leur contenu ou sens physique (par exemple, en mécanique quantique, l'inséparabilité, la conception physique des probabilités, la théorie de la mesure<sup>43</sup>), tels qu'ils se présentent selon son système, et non à celui d'un ajout de contenu ou de signification. Nous appellerons cette propriété *endo-référence*.

La théorie trouve donc dans l'objet qu'elle-même désigne sa référence pour la signification de ses propositions ; mais cette référence en elle-même ne peut être prise dans un sens absolu, car la théorie se confondrait alors avec une axiomatique<sup>44</sup>. (C'est pour cela que nous la disons *endo-*, et non *auto-référentielle*). Le système de la théorie (physique) et de son objet (physique) ne peut être fermé : l'objet peut (doit pouvoir) évoluer, se modifier. La situation n'est que métastable : la référence en elle-même n'est effective que dans la mesure où l'objet qui vient d'être caractérisé peut être considéré (provisoirement) comme un donné stable sur lequel la théorie peut se fonder comme s'il lui était extérieur et antérieur, et l'expérience s'interpréter.



Les propositions fondamentales qui désignent cet objet (et se confondent provisoirement avec lui) ont, à cet égard, pour notre entendement, pour notre pensée théorique, la fonction d'un 'synthétique *a priori*', selon ce qu'on a vu plus haut. Le 'synthétique *a priori*' entendu dans ce sens est en quelque sorte un 'centre instantané de référence', puisque la différence entre l'objet visé et l'objet désigné (l' 'objet logique' de la théorie), qui détermine entre eux une distance, est appel vers un mouvement : la théorie est une structure dynamique et non statique.

Mais cette proposition-objet n'a du 'synthétique *a-priori*' que la fonction. Il n'a été que *posé* comme tel (dans les faits, dans la pratique du travail du chercheur et de sa conception de la théorie, généralement sans la terminologie !), par une décision pour laquelle il existe de bonnes raisons, mais qui n'est pas imposée par des obligations contraignantes, du type de la logique ou de la nature de la pensée. C'est un 'synthétique *a priori*' relatif, construit, qui fut précédé par d'autres formes, et qui a une origine. Mais ce qui importe, quelles que soient sa nature et son origine, c'est que cette proposition-objet synthétique aît, au moment où nous le considérons, cette fonction constitutive d'intelligibilité telle que la philosophie critique de Kant a su l'exprimer.

Le 'synthétique *a priori* fonctionnel', comble, dans un état de théorie donnée, la distance entre l'objet 'logique' de la théorie et son objet visé, occupant provisoirement, pour ainsi dire, une place vide, mais qu'il est nécessaire d'occuper si nous voulons que la pensée théorique fonctionne : celle de l'objet visé, que nous ne savons pas désigner autrement. Mais cette place n'est autre que celle-là même du "réel pensé programmatiquement" dont parle Einstein<sup>45</sup>, c'est-à-dire la place inoccupée parce qu'elle est 'inoccupable', dans l'espace de la pensée symbolique, de la réalité physique que nous nous proposons de représenter, extérieure à cet espace. Dans la 'réalité' ainsi posée et, à l'autre bout, dans le sujet qui en pose l'exigence, se tiennent tapies l'ontologie et la métaphysique, qui ne cessent pas de se trouver à l'arrière-plan du projet de connaissance.

La question de la référence reste soumise, en dernier ressort, à cette réalité hors d'atteinte mais dont l'entraînement de l'objet, et celui corrélatif de la théorie (ou l'inverse, puisque c'est souvent la théorie dans sa forme même qui l'implique), portent la marque. Mais elle est passible d'une solution opératoire, sans sortir de la considération de la physique, puisque nous disposons d'un substitut épistémologique du réel (du réel en tant qu'il est posé), qui est le 'synthétique *a priori*'<sup>46</sup> fonctionnel et construit.

## NOTES.

- 1) Einstein 1921.
- 2) Carnap 1966.
- 3) Par exemple, les constantes d'interaction, ou les masses et charges des particules.
- 4) Sur la question de la simplicité et des diverses conceptions à son sujet, de Poincaré à Einstein et à Reichenbach, voir Paty (à paraître).
- 5) P. ex. "Le critère purement logique de la vérité, à savoir l'accord d'une connaissance avec les lois universelles et formelles de l'entendement et de la raison, est donc bien la condition *sine qua non*, et par conséquent la condition négative de toute vérité" (Kant 1781, 2ème éd., 1787, 2è partie, Logique transcendantale, III).
- 6) Cf., par exemple, Einstein 1949.
- 7) Par exemple, les principes de la mécanique, ou de la thermodynamique, ou de la théorie de la relativité, etc.
- 8) Einstein 1949. Cf. Paty (à paraître), chap 11.
- 9) *Expériences mentales, Gedankenexperimenten, Thought experiments...*
- 10) Cassirer 1921. Voir Paty (à paraître), chapitres 1 et 12.
- 11) Bergson 1922, et son intervention ainsi que la réponse d'Einstein dans Einstein et al.1923, Paty (à paraître), chapitre 12.
- 12) Cf., par exemple, Reichenbach 1949, 1951, 1978.
- 13) Jean-Pierre Vernant, "Raison et déraison chez les anciens Grecs", Conférence de l'Union rationaliste, Collège de France, 23.1.1987, et réponse à une question de Yves Galifret. J'ai noté sur le moment, en assistant à cete conférence, la remarque de J.P. Vernant, frappé par sa profondeur et son caractère de généralité concernant l'objectivité en histoire et, au-delà de l'histoire, la signification intrinsèque des événements.
- 14) Schlick 1918.
- 15) Carnap, Hempel, Nagel, Suppes, Sneed, Stegmüller, etc...
- 16) Paty 1989.
- 17) Dirac 1977.
- 18) P. ex., certains nombres quantiques qui ont une fonction fondamentale en théorie quantique des champs (isospin, saveurs, couleur...)
- 19) Einstein 1953 a.
- 20) Paty (à paraître), chapitres 7 à10.
- 21) P. ex., Einstein 1949, 1953 a et b. Voir Paty (à paraître), chapitre 10.
- 22) Cf. Bunge 1981, 1987 ; Paty 1990 a.

23) La réinterprétation proposée par Dirac des états d'énergie négative, solution de son équation de l'électron relativiste, fait intervenir la notion d'antiparticule. Comme il n'existe pas de particule d'énergie négative, Dirac postula que tous les états d'énergie négative sont occupés (ce qui fait intervenir le principe d'exclusion de Pauli, selon lequel deux électrons identiques ne peuvent occuper le même état), et de tels états, pris dans un océan compact, ne peuvent donc se manifester. Un apport d'énergie peut faire sauter de l'un de ces états à un état d'énergie positive (électron physique normal). Le 'trou' dans l'ensemble compact des états d'énergie négative est interprété par Dirac comme une antiparticule d'énergie positive (positon) : la paire électron-trou correspond à la création d'une paire particule-antiparticule. La théorie quantique des champs évite, par ses concepts et son formalisme, tout en se basant sur l'équation d'onde relativiste (de Dirac, pour les électrons), la fiction d'états d'énergie négative.

24) Des conceptions comme celles de Hanson, Quine, Kuhn, Feyerabend, malgré leur diversité, se retrouvent dans leur critique de la rationalité au nom de l'incommensurabilité. L'argument principal des partisans de l'incommensurabilité repose sur la "présomption de ce qu'un choix rationnel entre des théories n'est possible que si ces théories peuvent être traduites dans leurs langages réciproques ou dans un troisième langage, qui serait théoriquement neutre", note Laudan qui leur oppose l'idée de '*problem solving*', c'est-à-dire que ces théories se proposent de résoudre un même problème (Laudan 1977, p. 142) ; par là ces théories ont une commune mesure et il existe un terme de comparaison entre elles. La perspective que nous proposons ici se retrouve, sur cet aspect, avec celle de Laudan par l'attention portée aux contenus. On doit mentionner aussi la conception "sémantique non-formelle" des structures théoriques proposée par Stegmüller (Stegmüller 1973, 1979), dans la lignée de l'axiomatisation (formelle et bourbakiste) de Suppes et (informelle) de Sneed, pour les théories physiques. Elle tient compte, par l'adjonction de "notions pragmatiques" comme celle d'évolution théorique, de l'effectivité du processus de connaissance scientifique, tout en maintenant la rationalité de la science. Voir, en particulier, ses remarques sur la question de l'incommensurabilité (Stegmüller 1979, chapitre 11). La position de Dilworth (Dilworth 1981, 1989), accordant, à partir de sa critique du "modèle déductif" commun à la plupart des philosophes des sciences depuis l'empirisme logique, à la théorie physique un statut spécifique (qui la distingue de l'énoncé de lois, et met en valeur les modèles qu'elle comporte), et récusant l'aspect purement structural de la théorie, concorde mieux avec celle qui est présentée ici. Toutefois, là où il insiste sur les modèles, nous nous contentons de souligner le caractère 'construit', qui se marque dans la question des significations, et nous faisons fond sur l'aspect non statique et historique.

25) En termes de vecteurs d'état d'un espace de Hilbert et d'opérateurs agissant sur ces états, etc.

26) Donnons un exemple de la solidarité de toutes ces propriétés des systèmes quantiques : c'est seulement en établissant l'indiscernabilité des particules identiques, en 1925-1926, que l'on se rendit compte de la raison physique profonde de la nécessité d'introduire le quantum d'action comme le fit Planck en 1900 ; lequel ne s'en doutait aucunement (Cf., p. ex., Paty 1988 a, chapitre 6).

27) Voir Paty 1986.

28) Evoquées un peu plus haut. Les acquis théoriques que nous considérons ici sont liés à des faits ou des lois de nature expérimentale. Mais c'est sous la formulation théorique qui leur correspond que nous devons les considérer, puisque c'est la comparaison des théories qui nous intéresse ici. Dilworth (*op. cit.*) les considère pour sa part en tant qu'il s'agit de lois empiriques, dans la mesure où il insiste sur la distinction entre les lois (empiriques) et les théories (comme abstractions). Cette distinction nous semble problématique, puisque la formulation des lois - voire même l'énoncé de faits - comporte déjà une théorisation.

29) Certes, les circonstances de la réception des théories sont tributaires d'autres enjeux. Mais il est clair que, en fin de compte, le choix de théories, en physique par exemple, n'est pas laissé à l'arbitraire social...

30) Einstein 1919.

31) Kant 1787.

32) In Kant 1781, éd. 1787, Introduction, I.

33) "L'idée *a priori*, ou mieux l'hypothèse, est le stimulus de l'expérience", écrit Claude Bernard dans *l'Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (cité par Paul Foulquié, dans le *Dictionnaire de la langue philosophique*, comme définition de l'*a priori* relatif par opposition à l'*a priori* absolu kantien).

34) Poincaré 1903, p. 96.

35) Enriques 1941. Selon Enriques, cette conception était aussi bien celle de Helmholtz, Brunschvicg et Cassirer.

36) Schlick 1930.

37) Hahn, Neurath, Carnap, 1929.

38) Granger 1968, éd. 1988, p. 11-12.

39) Paty 1986.

40) Langevin 1964.

41) Cet état de choses est relié à la notion de complétude théorique dans les deux sens du terme que sont, d'une part, l'adéquation de la théorie à son objet (sens 'logique'), et d'autre part la capacité de la théorie à formaliser totalement un objet unifié (sens d'achèvement'). Voir Paty 1988 c et 1990 b.

42) Voir Paty 1988 b.

43) Il se peut, malgré tout, que cette interprétation ne soit pas obtenue: par exemple, que le problème de la mesure reste non résolu dans la mécanique quantique. La théorie, aussi formalisée soit-elle, reste alors 'incomplète'.

44) Réserve faite évidemment de ce que, même sous forme axiomatique, elle ne pourrait suffire à se fonder elle-même (théorème de Gödel).

45) Einstein 1949.

46) D'une certaine façon, dans le sens que nous considérons ici, le *synthétique* renvoie à ce caractère du réel d'être donné, l'*a priori* à ce qu'il est posé (ceci moyennant les autres clarifications précédentes).

## REFERENCES.

Bergson, Henri 1922. *Durée et simultanéité : à propos de la théorie d'Einstein*, Alcan, Paris, 1922.

Bunge, Mario 1981. "Four concepts of probability", *Applied Mathematical Modelling* 5, 1981, 306-312.

Bunge, Mario 1985. *Treatise on basic philosophy*, Vol. 7 : *Epistemology and methodology*, III : *Philosophy of science and technology. Part I : Formal and physical sciences*. Reidel, Dordrecht, 1985.

Carnap, Rudolf 1966. *Philosophical foundations of physics*, Basic books, New York, 1966. Trad. angl. par J.-J. Luccioni et A. Soulez, *Les fondements philosophiques de la physique*, Armand Colin, Paris, 1973.

Cassirer, Ernst 1921. *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie*, Bruno Cassirer, Berlin, 1921. Trad. angl., *Einstein's theory of relativity considered from the epistemological standpoint*, in Cassirer 1923 (ed. 1953), p. 347-460.

Cassirer, Ernst 1923. *Substance and function and Einstein's theory of relativity*. Trad. angl. par William Curtis Swabey and M. Collins Swabey, Open Court, Chicago, 1923 ; Dover, New York, 1953.

Dilworth, Craig 1981. *Scientific progress*, Reidel, Dordrecht, 1981 ; red. augm., 1986.

Dilworth, Craig 1989. "On the nature of scientific laws and theories", *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* (Stuttgart) XX, 1989 (n°1), 1-17.

Dirac, Paul Adrian Maurice 1977. "The relativistic electron wave equation", *Proceedings of the 1977 European Conference on particle physics*, Budapest, 1977, vol. I, p. 15-34.

Einstein, Albert 1919. "My theory", *The Times* (London), November 28, 1919, 13 ; repris sous le titre "What is the theory of relativity ?" in Einstein 1954 c, p. 222-227. Original allemand : "Was ist Relativitätstheorie ?", in Einstein 1934, p. 127-131.

Einstein, Albert 1921. "Geometrie und Erfahrung", *Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte*, 1921, part 1, 123-1307. Trad. fr. par M. Solovine, "La géométrie et l'expérience", in Einstein A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, nlle éd., Gauthier-Villars, Paris, 1972, p. 75-91.

Einstein, Albert et al. 1923. "La théorie de la relativité" (Séance du 6 avril 1922), *Bulletin de la*

*Société française de philosophie* XXVII, 1923, 91-113 ; repris dans *La Pensée*, n° 210, février 1980, 12-29. Trad. angl., "Theory of relativity", *Nature* CXII, 1922, 253-.

Einstein , Albert, 1934. *Mein Weltbild* , Querido, Amsterdam, 1934.

Einstein, Albert 1949. "Reply to criticism. Remarks concerning the essays brought together in this cooperative volume", in Schilpp 1949, p. 663-693.

Einstein, Albert 1953 a. "Elementäre Ueberlegungen zur Interpretation der Grundlagen der Quanten-mechanik", in *Scientific papers presented to Max Born on his retirement from the Tait chair of natural philosophy in the University of Edinburgh*, Oliver and Boyd, Edinburgh/Hafner, New York, 1953, p. 33-40. Trad. fr., "Réflexions élémentaires concernant l'interprétation des fondements de la mécanique quantique", in Einstein 1989, p. 251-256.

Einstein, Albert 1953 b. "Einleitende Bemerkungen über Grundbegriffe. Remarques préliminaires sur les principes fondamentaux" (trad. fr. par M.-A. Tonnelat), in *Louis de Broglie, physicien et penseur* , Albin Michel, Paris, p. 4-15.

Einstein, Albert, 1954. *Ideas and Opinions*, transl. from german by S. Bergmann, Crown, New-York, 1954. Ré-éd. Laurel, New-York, 1981.

Einstein, Albert 1989. *Oeuvres choisies, vol. 1 : Mécanique statistique et physique quantique*. Textes choisis et présentés par F. Balibar, O. Darrigol et B. Jech. Trad. de l'all., Seuil, Paris, 1989.

Enriques, Federigo 1941. *Causalité et déterminisme dans la philosophie et l'histoire des sciences*, Hermann, Paris, 1941.

Granger, Gilles Gaston 1968. *Essai d'une philosophie du style*, Armand Colin, Paris, 1968 ; éd. revue, Odile Jacob, Paris, 1988.

Hahn, Hans ; Neurath, Otto ; Carnap, Rudolf 1929. *Wissenschaftliche Weltauffassung der Wiener Kreis*, Wien, 1929. Reproduit in Neurath 1979, p. 81-101.

Hanson, Norwood Russell 1958. *Patterns of discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1958 ; réé-ed., 1972.

Kant, Immanuel 1781. *Kritik der reinen Vernunft*, J.F. Hartknoch, Riga, 1781. 2 ème éd., ibid., 1787.

Kant, Immanuel 1787. Préface de la seconde édition de la *Critique de la raison pure*, trad. fr. in Kant 1980, p. 734-755.

Kant, Immanuel 1980. *Oeuvres philosophiques*, vol.I. Trad. fr., édition publiée sous la direction de Ferdinand Alquié, Bibliothèque de la Pléiade, Gallimard, 1980.

Langevin, Paul 1964. *La Pensée et l'action*, édition préparée par Paul Labérenne, Ed. Sociales, Paris, 1964.

Laudan, Larry 1977. *Progress and its problems : towards a theory of scientific growth*, University of California Press, Berkeley, 1977 .

Neurath, Otto 1979. *Wissenschaftliche Weltauffassung, Sozialismus und logische Empirismus*, édité par Rainer Hegselmann, Suhrkamp, Frankfurt, 1979.

Paty, Michel 1986. "La non-séparabilité locale et l'objet de la théorie physique", *Fundamenta Scientiae*, 7, 1986, 47-87.

Paty, Michel 1988 a. *La matière dérobée. L'appropriation critique de l'objet de la physique contemporaine* , Archives contemporaines, Paris, 1988.

Paty, Michel 1988 b. "Science et philosophie : la nouveauté et sa référence", in A. Robinet (dir.), *Doctrines et concepts, 1937-1987. Rétrospective et prospective : cinquante ans de philosophie de langue française* , Vrin, Paris, 1988, p. 335-346. Egalement in Paty 1990 c, p. 15-27.

Paty, Michel 1988 c. "Sur la notion de complétude d'une théorie physique", in Fleury, N.; Joffily, S. ; Martins Simões, J.A. and Troper, A. (eds), *Leite Lopes Festschrift. A pioneer physicist in the third world*, World scientific publishers, Singapore, 1988, p. 143-164.

Paty, Michel 1989. "Interprétation et construction dans le rapport des mathématiques à la physique, *Fundamenta scientiae* 10, 1989, 35-55.

Paty, Michel 1990 a. "Probability and reality in Mario Bunge's *Treatise*", in Georg Dorn and Paul Weingartner (eds.), *Studies on Bunge's Treatise*, Rodopi, Amsterdam-Atlanta, 1990, p. 301-322.

Paty, Michel 1990 b. "Remarques épistémologiques sur l'objet commun de la physique des particules et de la cosmologie", in Audouze, Jean ; Musset, Paul et Paty, Michel (dir.), *Les particules et l'univers.*, Presses Universitaires de France, Paris, 1990, p. 47-75.

Paty, Michel 1990 c. *L'analyse critique des sciences ou le tétraèdre épistémologique*, L'Harmattan, Paris, 1990.

Paty, Michel (à paraître). *Einstein philosophe. La physique comme pratique philosophique (relativité, quanta, épistémologie)*, Presses Universitaires de France, Paris.

Poincaré, Henri 1903. "L'espace et ses trois dimensions", *Revue de métaphysique et de morale* 11, 1903, 281-301 ; 407-429. Repris in Poincaré 1905 (chap. 3 : "La notion d'espace", et 4 : "L'espace et ses trois dimensions"), ed. 1970, pp. 55-76, 77-100.

Poincaré, Henri 1905 a. *La valeur de la science*, Flammarion, Paris, 1905 ; ré-éd., 1970.

Reichenbach, Hans 1949. "The philosophical significance of the theory of relativity", in Schilpp 1949, p. 289-311.

Reichenbach, Hans 1951. *The rise of scientific philosophy*, University of California Press, Berkeley, 1951; ré-ed. 1973. Trad. fr., *L'avènement de la philosophie scientifique*, Flammarion, Paris, 1955.

Reichenbach, Hans 1978. *Selected writings*, ed. by Robert S. Cohen and Maria Reichenbach, 2 vols, Reidel, Dordrecht, 1978.

Schilpp, Paul-Arthur (ed.) 1949. *Albert Einstein : philosopher scientist*, The library of living philosophers, Open Court, Lassalle (Ill.), 1949. Ré-éd., 1970.

Schlick, Moritz 1918. *Allgemeine Erkenntnislehre*, Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher I, Berlin. 2 ème éd. rev., 1925 ; ré-éd., Frankfurt am main, 1979. Trad. angl. (sur la 2ème éd. allemande) par Albert E. Blumberg, *General theory of knowledge*, Library of exact philosophy, New York, 1974.

Schlick, Moritz 1930. "Gibt es ein materiales Apriori ?" (conférence de 1930), in *Wissenschaftlicher Jahrestbericht der Philosophischen Gesellschaft an der Universität zu Wien-Ortsgruppe Wien der Kant-Gessellschaft für das Vereinjahr 1931-1932*, Wien, 1932, p. 55-65. Trad. angl. par Wilfrid Sellars, "Is there a factual a priori ?", in Schlick 1979-1980, vol. 2, p. 161-170.

Schlick, Moritz 1979-1980. *Philosophical papers*, ed. by Mulder, H. L. and van de Velde-Schlick, B. F. B., tr. de l'allemand, 2 vols., Reidel, Dordrecht, 1979-1980.

Stegmüller, Wolfgang 1973. *Probleme und Resutate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*. Band II : *Theorie und Ehrfahrung*. Zweiter Halbband : *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*. Springer-Verlag, Heidelberg, 1973. Trad. esp. par C. Ulises Moulines, *Estructura y dinamica de teorias*, Ariel, Barcelona, 1983.

Stegmüller, Wolfgang 1979. *The structuralist view of theories. A possible analogue of the*



*Bourbaki programme in physical science*, Springer-Verlag, Berlin, 1979.

**Michel Paty**, Dr. ès-sc., Dr. en phil., directeur de recherches at CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), Paris, and, from march 1989 to february 1991, Professor of philosophy at Sao Paulo University. As a physicist, has done research on elementary particle physics. As a philosopher of science, works mainly on epistemology of contemporary physics, as well as on more general problems of philosophy and history of science. Editor and founder of the international Journal *Fundamenta scientiae*, he has edited *Quantum mechanics a half century later* (with J. Leite Lopes, Reidel, Dordrecht, 1977), *Les particules et l'univers* (with J. Audouze and P. Musset, P.U.F., Paris, 1990) and published *La matière dérobée* (Archives contemporaines, Paris, 1988), *L'analyse critique des sciences* (L'Harmattan, Paris, 1990), *Einstein philosophe* (P. U. F., Paris, in press), *Einstein e Espinoza* (São Paulo, to be published).