

Critères d'existence et engagement ontologique en physique

Actes du colloque de Barbizon, septembre 1999
« Science et engagement ontologique »

Michel Bitbol
I.H.P.S.T., 13, rue du Four, 75006, Paris
Michel.BITBOL@wanadoo.fr

Résumé. Une notion wittgensteinienne de “critère d’existence” pour les entités théoriques de la physique est introduite. Un critère d’existence n’est ici rien d’autre que l’ensemble des conditions conduisant à engager une pratique de recherche sous la présupposition qu’un certain type d’entité est disponible pour des manipulations. On se demande ensuite si le sens même du mot “existence” ne dépend pas de la nature de ces conditions d’engagement ontologique.

Abstract. A Wittgensteinian notion of “criterion of existence” for the theoretical entities of physics is analysed. Here, a criterion of existence is nothing else than the set of those conditions which would determine anybody to commit himself in a research activity under the presupposition that a certain type of entity is available for manipulations. It is wondered whether the very meaning of the word “existence” depends on the nature of the former conditions of ontological commitment.

Je souhaite appliquer ici aux questions d'existence en physique moderne deux instruments d'analyse dus à Wittgenstein. Le premier, tiré de sa philosophie de la psychologie, est la différence entre critères et symptômes; le deuxième, emprunté à sa philosophie des mathématiques, a trait à la pluralité des sens du mot "existence" selon le type de preuve utilisé. L'introduction du concept wittgensteinien de critère permettra de dépasser l'habituel débat qui oppose le réalisme et l'anti-réalisme au sujet des entités de la physique. L'interrogation sur le lien qu'il peut y avoir entre le sens du mot "existence" et le genre de la preuve d'existence, nous conduira quant à elle à clarifier la pratique des physiciens contemporains des hautes énergies, qui cherchent à prouver l'existence de particules prévues par les théories les plus crédibles, tout en soupçonnant que le sens qu'il faut attribuer au mot "existence" dans ce cas n'est peut-être pas le même que dans le cas des objets d'échelle macroscopique. Des discussions récentes sur le statut des particules en théorie quantique des champs seront prises pour témoins des difficultés qui subsistent dans ce domaine.

I

Un présupposé commun sous-jacent au débat entre réalisme et anti-réalisme est que tous les éléments empiriques et opératoires qui conduisent à asserter une proposition légale ou à formuler un jugement d'existence sont à mettre sur le même plan (même si la *nature* de ce plan unique change profondément selon qu'on est réaliste ou anti-réaliste). Comme nous allons le voir, c'est cet accord tacite qui explique une bonne part du caractère aporétique de la controverse sur le réalisme.

Ainsi, pour un réaliste, tout phénomène est à lire comme le signe d'autre chose; tout phénomène appartient au plan des symptômes. Mais, comme n'importe quel signe ou symptôme indirect, il peut être trompeur. Le travail du chercheur consiste donc à procéder à une critique du matériau empirique, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à identifier, par-delà l'univers fluent et peu fiable des signes, ce qui est signifié. Face à cela, un anti-réaliste a beau jeu de retourner en argument sceptique l'idée que les phénomènes ne sont que des signes dont la fiabilité est sujette à caution. Il lui est également facile de piéger son adversaire réaliste en le confrontant au dilemme de l'immanence et de la transcendance. De deux choses l'une, en effet. Soit le réaliste admet qu'en disant d'un phénomène qu'il est le signe d'autre chose, on se borne à signaler que ce phénomène se trouve lié par des lois de succession régulière avec d'autres phénomènes apparaissant dans des conditions spécifiées. Mais dans ce premier cas, rien ne semble distinguer concrètement le réalisme d'un anti-réalisme dans sa variété empiriste. Soit le réaliste endosse l'acception la plus forte, transcendante, d'un quelque chose vers lequel les phénomènes feraient signe. Mais dans ce deuxième cas, il se voit sommé d'indiquer, conformément à la figure classique du diallèle¹, comment il compte assurer la validité de l'inférence qu'il effectue des phénomènes signes à la chose signifiée si, par hypothèse, rien n'apparaît de la chose signifiée que ces phénomènes signes.

A côté de ces critiques connues du réalisme en général, bien d'autres objections ont été spécifiquement adressées au réalisme scientifique. Celle de la sous-détermination des théories par un corpus expérimental fini est l'une des plus classiques; et nous verrons que certaines versions contemporaines de réalisme des entités se définissent justement par leur capacité alléguée d'éviter cette sous-détermination auquel le réalisme véridatif des théories semble devoir succomber.

La réaction des anti-réalistes à ces défauts qu'il perçoivent dans la position réaliste, a été exprimée de façon claire et concise par le Wittgenstein vérificationniste du tout début des années 1930. Elle consiste à poser que «le phénomène n'est pas le symptôme d'autre chose, il est la réalité»². A

¹ E. Kant, *Logique*, Vrin, 1970, p. 54

² L. Wittgenstein, *Remarques philosophiques*, Gallimard, 1975, p. 270

l'écrasement du matériau empirique sur le plan des signes chez les réalistes répond son écrasement sur le plan de la seule réalité reconnue chez les anti-réalistes. Les arguments des réalistes ne manquent pourtant pas contre cette sorte de nivellement sur la surface de l'apparaître. Aux empiristes classiques, ils peuvent par exemple objecter que la réduction de toute réalité, et corrélativement de tout acte de référence, aux phénomènes, ne rend justice ni à la pratique du langage courant ni à celle des sciences. Lorsque quelqu'un procède à une dénomination, il ne cherche pas à désigner par là une tranche d'apparaître, ou quelque ensemble fini et répertorié d'apparitions; il pointe vers quelque chose dont les modalités de manifestation sans fin assignable sont pour partie anticipées et pour partie ouvertes. De même, quand un chercheur scientifique parle de l'objet de ses investigations, il ne limite pas son discours à un ensemble fini de résultats d'expérience obtenus sous des conditions instrumentales actuellement disponibles; il renvoie à une entité dont la variété des manifestations futures est prévue aussi complètement que possible (et avec un succès croissant) par des cadres conceptuels et théoriques révisables. Contre les empiristes logiques, les philosophes des sciences réalistes ont également eu recours à un jeu d'arguments bien affutés, parmi lesquels les plus connus sont la dénonciation du caractère secondaire de la référence aux phénomènes par rapport à la référence aux corps matériels de l'environnement, ou la critique du concept d'énoncés protocolaires atomiques isolément confrontables à l'expérience.

Ce débat, trop connu pour que je m'y attarde, a eu pour conséquence d'entraîner une sorte de convergence progressive des philosophies réaliste et anti-réaliste des sciences. Aux formes dogmatiques du réalisme ont tendu à se substituer des versions méthodologiques qui valorisent la capacité heuristique de l'attitude réaliste, et des versions faillibilistes qui se contentent de tenir le réalisme pour une sorte de méta-théorie scientifique (et donc réfutable) de la science. De même, les variétés atomistes et réductionnistes d'anti-réalisme ont été remplacées par des conceptions holistes comme celle de Quine, et par des doctrines prenant le contre-pied systématique du réductionnisme, comme l'empirisme constructif de Van Fraassen. Cette convergence a ouvert de nouvelles opportunités de discussion sur un terrain devenu en partie commun. Mais elle est loin d'avoir aplani toutes les divergences et d'avoir fait disparaître les motifs d'incompréhensions mutuelles, comme le montre de façon privilégiée le débat actuel sur les raisons de croire à l'existence des entités théoriques.

Comme bien d'autres développements récents en philosophie des sciences, la controverse actuelle autour du réalisme ou de l'anti-réalisme des entités théoriques se développe sur fond d'une volonté quasi-unanime d'écarter la problématique d'un face-à-face entre faits et représentations, héritée de la théorie de la connaissance, au profit d'un intérêt de plus en plus marqué pour l'articulation entre pratiques et croyances.

Du côté des réalistes, le Ian Hacking de *Concevoir et expérimenter*³ dénonce une préoccupation exclusive pour la représentation, au détriment de la question de l'intervention de l'expérimentateur dans les processus naturels. Or, explique-t-il, ce n'est qu'en raison de cette restriction que les arguments sceptiques des anti-réalistes, comme celui de la sous-détermination de la référence par la valeur de vérité des propositions, ou celui de la charge théorique des faits, peuvent acquérir une grande force. Dès que l'activité expérimentale entre en ligne de compte, le doute change de camp. Ainsi, tant que nous ne faisons que parler, il n'est pas impossible, comme l'affirme Putnam, qu'à chaque fois que je parle de chats, je parle de ce que vous appelez cerises, et réciproquement; mais dès que nous nous mettons à agir, nous nous rendons compte que "les cerises sont faites pour être mangées et les chats (peut-être) pour être caressés"⁴. L'intervention de la *praxis* suffit à fixer un système partagé de références.

³ I. Hacking, *Concevoir et expérimenter*, Christian Bourgois, 1989

⁴ *ibid.* p. 179

Il en va de même pour l'argument de la charge théorique des faits. Aussi longtemps qu'on se contente d'utiliser un microscope pour observer passivement, la question de savoir jusqu'à quel point les jugements d'observation dépendent de la théorie ne peut éviter d'être posée. Mais à partir du moment où les observations se trouvent systématiquement modifiées par des micro-manipulations, la question du contenu sémantique de chaque observation isolée s'estompe au profit de celle de la coordination, médiée par l'activité de l'expérimentateur, entre plusieurs observations. L'observation microscopique se voit alors investie du même statut et de la même crédibilité que la perception directe, qui vaut par le lien productif qu'elle assure entre les actions, et non par une problématique fidélité aux choses telles qu'elles sont.

Dans *Concevoir et expérimenter*, Hacking ne s'en tient cependant pas à ces remarques qui pourraient être acceptées sans trop de difficulté par un anti-réaliste moderne de tendance pragmatiste. Il élabore à partir d'elles un argument original en faveur de l'existence d'entités comme les particules élémentaires. Selon lui, "l'électron cesse d'être le produit des seules inférences et hypothèses quand nous commençons à pouvoir l'utiliser"⁵. Alors que le réalisme au sujet des théories scientifiques repose sur une sorte d'acte de foi dans la convergence future de la recherche vers l'unité et la stabilité de vue que postulait Peirce, le réalisme au sujet des entités découle immédiatement de leur utilisation présente à des tâches fructueuses. Alors que les arguments classiques pour la réalité des entités reposaient sur une inférence vers la meilleure explication, toujours soumise à un risque de sous-détermination analogue à celui qui pèse sur les théories, le nouvel argument est que les entités sont réelles parce que nous pouvons manipuler leur capacité causale. Aux yeux de Ian Hacking, le réalisme des entités est donc beaucoup mieux assuré que le réalisme des théories; exactement comme aux yeux de Nancy Cartwright le réalisme au sujet des modèles est beaucoup plus plausible que le réalisme au sujet des théories et des lois générales.

Le problème est qu'un anti-réaliste n'aurait pas beaucoup de mal à faire constater à Hacking que la portée de sa démonstration est d'ordre épistémologique plutôt qu'ontologique. Ce que Hacking nous a prouvé est qu'il est rationnel de croire que nos actions ont pour instrument des électrons, et non pas que les électrons existent. Il nous a montré comment les physiciens en arrivent à travailler non-problématiquement sous le *présupposé* que des électrons existent, et non pas que ce travail garantit l'existence des électrons. Tout est à reprendre, et Hacking en a d'ailleurs lui-même tiré des conséquences pour son compte, en amendant sa position dans le sens d'une plus grande sympathie pour les tendances modérées du constructivisme social.

Une autre réponse envisageable à ces difficultés réside dans un recours encore plus systématique à la logique propre des activités expérimentales. Ainsi, dans son *Policy realism*, c'est-à-dire dans son "réalisme comme politique de recherche", Rom Harré⁶ n'insiste plus sur les circonstances qui rendraient rationnel de croire à l'existence de telle ou telle entité. Il souligne simplement le fait que la plausibilité de nos théories scientifiques rend rationnel de se lancer dans la recherche des entités qu'elles postulent. A la rationalité d'une croyance, statique et dotée d'un contenu épistémique, est substituée la rationalité d'une pratique, dynamique et *a priori* dénuée de prétention épistémique. Même l'échec d'une recherche d'entité est comptée au crédit du réalisme comme politique de recherche, car le simple fait de chercher est susceptible d'avoir des retombées fructueuses sur l'avancée des sciences. L'acte de la recherche acquiert ici une sorte d'autonomie par rapport à un jeu de perspectives régulatrices d'allure ontologique, qui n'apparaît plus, justement, que comme un mobile pour agir. Le problème est à ce stade de savoir ce qui fait encore compter ce réalisme comme politique de recherche pour un authentique réalisme. Qu'est-ce qui le distingue d'un simple pragmatisme pour lequel seul compterait le succès planifié ou marginal

⁵ *ibid.* p. 420

⁶ R. Harré, *Varieties of Realism*, Basil Blackwell, 1986

d'une activité? Qu'est-ce qui le sépare de l'empirisme constructif de Van Fraassen selon lequel le seul engagement du chercheur est de travailler dans la direction indiquée par un modèle, et non pas de prendre ses implications ontologiques au pied de la lettre? Une première différence est que, contrairement au pragmatiste, Harré attache de l'importance à l'enseignement des succès passés dans les recherches d'entités. Il ne se contente certes pas, comme un réaliste ordinaire, d'affirmer que chaque recherche réussie d'une entité témoigne individuellement de l'existence de cette entité; car il n'oublie pas que l'assimilation de la réussite à la découverte d'une entité postulée est elle-même conditionnée par l'acceptation de l'arrière-plan théorique dans lequel s'inscrit ce postulat. Mais il souligne que des succès constants et assez systématiques obtenus au cours de l'activité de recherche d'un *ensemble* d'entités constituent un bon argument inductif pour penser que les théories qui ont guidé l'activité en question ne sont pas fausses, et que par conséquent leur ontologie associée ne doit pas être traitée exclusivement comme une ontologie du *comme si*⁷. La seconde différence qu'il entretient avec les anti-réalistes est que, contrairement à ces derniers, il ne s'en tient pas à un constat de sous-détermination de principe des théories par l'expérience; il désigne ce qui, en pratique, permet de lever la sous-détermination et aboutit à une détermination effective. Ce facteur de levée de la sous-détermination est selon lui le maintien à travers l'histoire des sciences d'une hiérarchie de types ontologiques. Le principal archétype ontologique étant la "chose" (ou corps matériel) de la vie courante, une prescription de continuité des types ontologiques favorisera successivement la catégorie de point matériel (en physique classique), et de particule à la trajectoire approximative (en physique quantique). Enfin, la troisième différence est que, pour étayer la pertinence de sa variété performative de réalisme, Harré la fait sous-tendre par une ontologie de dispositions. Des dispositions qui, étant actualisées par le fait même de mettre en place des conditions expérimentales d'une recherche, justifient que l'on fasse une différence entre raisons de croire en l'existence d'entités et raisons d'entreprendre leur recherche. Car dire qu'il est rationnel de croire en l'existence d'entités, c'est sous-entendre que l'existence de ces entités est pré-donnée; alors que dire qu'il est rationnel de se mettre à chercher des entités, c'est simplement admettre qu'en les cherchant on est susceptible d'actualiser des phénomènes interprétables, dans le cadre théorique actuellement accepté, comme signes de leur existence.

Malheureusement, aucune de ces orientations ne permet de s'écarter efficacement d'un anti-réalisme au sujet des entités. L'argument inductif en faveur des théories se réduit ainsi à un argument de probabilité: il est peu probable que l'ontologie d'une théorie ayant favorisé des succès réitérés dans la recherche d'entités soit seulement une ontologie du *comme si*. Mais que signifie précisément l'assignation d'une forte probabilité à un événement si ce n'est qu'il est rationnel de se comporter comme si cet événement allait se produire? Et en quoi a-t-on alors quitté le champ du *comme si*; qu'a-t-on fait d'autre que redoubler l'affirmation de ce champ, par une remarque du genre: "il est rationnel de se comporter comme si cette ontologie n'était pas une ontologie du *comme si*"? Tout ce que parvient à faire l'argument inductif de Harré, c'est donc à faire ressortir quelque chose qu'un empiriste constructif peut aussi reconnaître sans difficulté, à savoir l'engagement du chercheur à travailler dans le cadre du projet d'investigations impliqué par un modèle. L'invocation des dispositions ne fait qu'aggraver une telle situation. Car dans ce cas, le statut de *comme si* des ontologies faisant partie de la même hiérarchie de types que le corps matériel se trouve en quelque sorte officialisé par leur contraste avec l'ontologie de dispositions qui est la seule à être prise complètement au sérieux. Des dispositions globales du monde à manifester sous certaines conditions des traces simulant approximativement des trajectoires de particules ne sont-elles pas parfaitement aptes à rendre compte des nombreux succès obtenus dans les activités de recherche des particules postulées par telle théorie de jauge, sans qu'il soit nécessaire de

⁷ Voir H. de Regt, "The sad but true story of entity realism", in: A.A. Derksen (ed.), *The scientific realism of Rom Harré*, Tilburg University Press, 1994

conférer une problématique existence autonome à ces particules? Enfin, ni la continuité historique de la hiérarchie des types ontologiques, ni son aptitude à lever la sous-détermination des théories, ne valent comme preuve qu'il y a bien des entités appartenant à cette hiérarchie. Elles manifestent seulement l'intervention d'une norme ontologique effective, à l'oeuvre dans l'élaboration des théories scientifiques. Une norme dont la prégnance explique que les affirmations d'existence d'entités soient tenues pour d'autant plus plausibles qu'elles appartiennent à la hiérarchie dont le membre archétypal est le corps matériel. Mais une norme qui, pas plus qu'aucune autre norme, ne doit être confondue avec un quelconque élément *factuel* à valeur déterminante.

De son côté, à force d'appliquer le principe d'indifférence, à force de pousser le concept de sous-détermination des théories jusqu'à ses ultimes conséquences, à force de restreindre son attention au seul fond d'immanence des phénomènes et des pratiques, Van Fraassen se trouve confronté à des difficultés symétriques de celles du réalisme comme politique de recherche. Van Fraassen assigne par exemple au mot "rationnel" un sens de permission plutôt que d'obligation. Selon lui, "Ce qu'il est rationnel de croire inclut tout ce que quelqu'un n'est pas rationnellement obligé de ne pas croire"⁸. Le nombre de propositions, de modèles, de théories qu'on n'est pas rationnellement obligé de ne pas croire étant supposé considérable, leur sous-détermination est extrême. Seule alors une *tradition* à la fois théorique et ontologique, qu'il n'est pas rationnel de repousser une fois qu'elle a été adoptée, rend compte de la détermination effective dans les sciences. Le recours à l'histoire des assignations d'existence est commun à l'empirisme constructif et au réalisme comme politique de recherche. Mais alors que cette unité historique est prise par le réaliste comme le signe ou le symptôme inductif de la crédibilité des ontologies qui en sont dérivées, elle est seulement un fait contingent parmi d'autres pour l'anti-réaliste; un fait contingent humain qui fixe une grille de lecture elle-même contingente pour les faits expérimentaux de la physique. L'empiriste constructif se trouve alors dans la position assez schizophrénique d'avoir à proclamer l'importance de l'engagement du chercheur à l'égard d'un modèle de l'univers physique, et de manifester pour sa part le plus complet désengagement à l'égard des modèles en vigueur puisque, affirme-t-il, ceux-ci ne doivent leur prégnance qu'à des circonstances socio-historiques dénuées de signification. Cet écartèlement se traduit encore plus clairement dans l'analyse détaillée que fournit Van Fraassen des raisons qu'un chercheur a de croire aux entités postulées par sa théorie. Selon lui, ce chercheur ne doit en aucune manière considérer ses succès passés comme une bonne raison inductive et épistémique de croire que ces entités existent; il doit seulement les tenir pour de bonnes raisons pragmatiques d'entretenir sa croyance en leur existence s'il l'avait déjà auparavant. Malheureusement, comme un certain nombre de philosophes des sciences réalistes⁹ l'ont fait remarquer à juste titre, ce concept de "raison pragmatique de croire" contient une erreur de catégorie. Une croyance relève d'une catégorie épistémique alors qu'une raison pragmatique est, par hypothèse, de nature non épistémique. Il ne devrait donc pas y avoir de raisons pragmatiques de croire, mais seulement des raisons pragmatiques de *faire*; non pas par exemple des raisons pragmatiques de croire à l'existence des électrons, mais des raisons pragmatiques d'accomplir tels ou tels actes expérimentaux sous le présupposé performatif que des électrons sont disponibles. Ici encore, nous voyons l'aporie qu'engendre pour l'empiriste constructif l'intention de s'en tenir à l'immanence des pratiques et des faits, tout en voulant justifier par ailleurs que l'engagement des physiciens dans leurs programmes de recherche s'accompagne de visées transcendantales et de croyance en l'existence des entités visées.

Il n'est pourtant pas impossible de répondre simultanément à la quête anxieuse d'assurance du réaliste (si elle reste dans des limites humainement accessibles), et à la réticence de l'anti-réaliste à faire appel

⁸ B. Van Fraassen, "Empiricism and the philosophy of science", in: P.M. Churchland and C.A. Hooker (eds.) *Images of science*, University of Chicago Press, 1985

⁹ H. de Regt, *Representing the world by scientific theories*, Tilburg University Press, 1994, p. 143

à ce qu'il nommerait un résidu de métaphysique, en instaurant une hiérarchie interne à l'immanence. Une hiérarchie caractéristique de la méthode transcendantale, parce qu'elle revient à séparer le domaine des jugements d'expérience en un ensemble de jugements valant *a priori*, et un ensemble de jugements ne valant qu'*a posteriori*. Une hiérarchie cependant assouplie par rapport au reste d'exigence fondationnaliste de la philosophie kantienne, parce qu'elle remplace un *a priori* valant en tout temps et pour tout être rationnel, par des *a priori* fonctionnels aptes à connaître des dérives tectoniques. L'un des représentants les plus typiques de cette stratégie à la fois pragmatique et transcendantale est Wittgenstein. Wittgenstein qui s'élève contre l'indifférentisme à tonalités sceptiques de l'empiriste, en signalant des pôles de certitude effective dans la vie et le langage quotidiens. Wittgenstein qui s'insurge également contre la tendance qu'ont les réalistes à voir dans tout phénomène un possible symptôme d'autre chose, en signalant l'intervention de critères à côté des symptômes. Mais qu'est-ce exactement qu'un critère, et en quoi se distingue-t-il d'un symptôme? Dans son acception la plus forte, et la plus différente de celle du symptôme, le critère sert de définition¹⁰. La présence d'un certain streptocoque est par exemple un critère définissant l'angine, et non pas un symptôme de l'angine. Une montée de la pression est un critère définissant l'anticyclone en train de s'installer, et non pas un signe indirect de l'anticyclone. Dans le même esprit, lorsque je vois quelqu'un se tordre en grimaçant, je ne dis pas que j'infère à partir de ces phénomènes qu'il a mal, je me contente de dire que je vois qu'il a mal. Ce statut très central du critère n'implique aucune infaillibilité; il n'est pas impossible qu'il y ait des porteurs sains du streptocoque, que la pression atmosphérique ait connu une fluctuation locale attribuable à autre chose qu'à un anticyclone, ou que quelqu'un simule la douleur. Tout ce qu'il implique est que le doute systématique au sujet de ce pour quoi il y a un critère doit rester exclu; que l'on doit généralement fermer les yeux au doute dans ce cas afin de fournir un point d'appui à d'autres questions et à d'autres doutes. Car "le jeu du doute lui-même présuppose la certitude"¹¹, et c'est ici le critère qui joue le rôle de la certitude présupposée.

Il est utile à ce stade de commenter un texte explicitant la nécessité d'un dédoublement du champ de l'immanence en critères et symptômes. Ce texte se trouve au paragraphe 354 des *Investigations philosophiques*¹²: "La fluctuation grammaticale entre critères et symptômes suscite l'impression qu'il n'y a rien d'autre que des symptômes. Nous disons par exemple 'l'expérience nous apprend qu'il pleut lorsque le baromètre baisse, mais elle nous apprend aussi qu'il pleut lorsque nous avons certaines sensations d'humidité et de froid ou telle impression visuelle'. A titre d'argument on indique alors que ces impressions sensibles peuvent nous tromper. Mais ici on oublie que le fait que la fausse apparence est une apparence de pluie est fondée sur une définition.". Ce que cherche à indiquer Wittgenstein dans cette remarque est que, dans la mesure où aucun élément phénoménal n'est infaillible, il est tentant d'admettre que chacun d'entre eux n'a que la valeur d'un symptôme indirect, et peut-être trompeur, d'autre chose. Mais dire qu'une apparence est trompeuse n'est concevable que sur fond de référence définitionnelle de ce qu'on appelle le vrai processus non trompeur. Ne serait-ce que dans le but minimal de servir de référence définitionnelle, un certain ensemble de phénomènes doit donc être mis fonctionnellement à l'abri du doute, en le faisant opérer comme critère plutôt que comme symptôme. Mieux, il ne peut pas se faire que rien ne soit mis à l'abri du doute en tant qu'appuyé sur un critère, car cela est une condition de possibilité du doute sur autre chose, et du traitement d'une autre part de l'immanence comme simple symptôme.

¹⁰ P.M.S. Hacker, *Insight and illusion*, Oxford University Press, 1989, chapitre XI

¹¹ L. Wittgenstein, *De la Certitude*, Gallimard, 1976, §115

¹² L. Wittgenstein, *Investigations philosophiques*, in: *Tractatus logico-philosophicus suivi de Investigations philosophiques*, Gallimard, 1961 (traduction retouchée).

La totalité du *De la certitude* est consacré à un traitement, sur ce mode, du scepticisme au sujet de l'existence des objets extérieurs. Wittgenstein souligne d'abord¹³ que la proposition "il semble y avoir des objets physiques", construite sur le modèle de l'inférence symptomatique, n'est pas la proposition empirique qu'elle semble être. Car la proposition "il y a des objets physiques" fait partie de celles qui ne sont pas formulées (sauf dans un jeu de langage idéaliste fonctionnant en circuit fermé), tant elles conditionnent toutes les autres propositions, et en particulier les propositions empiriques. Le premier corrélat de ce constat grammatical est que toutes les questions d'existence s'appuient sur des présupposés d'existence; que toutes les recherches de symptômes d'existence s'adossent sur des existences tenues pour assurées en vertu de critères. "(...) Il n'est pas vrai, écrit Wittgenstein, qu'une erreur devient simplement de plus en plus improbable lorsque nous passons de la planète à ma propre main. Non: à un certain point elle a cessé d'être *concevable*"¹⁴. Mieux, certaines erreurs *doivent* rester inconcevable dans un état donné du fonctionnement des formes de vie, afin que d'autres erreurs y soient identifiables par contraste. L'application de cette remarque à la physique, et aux questions d'existence de ses entités, est que "On ne peut pas faire d'expériences s'il n'y a pas des choses dont on ne doute pas (...) si je fais une expérience, je ne doute pas de l'existence de l'appareil devant mes yeux. J'ai beaucoup de doutes mais pas *celui-là*"¹⁵. L'ensemble des choses de l'environnement immédiat de l'expérimentateur, et en particulier de ses appareillages, est à la fois le fond sur lequel se découpe toute interrogation à propos des entités théoriques, et l'étalon d'existence première par confrontation avec lesquelles sont évalués ces candidats à l'existence seconde.

L'analogie entre "certitudes" d'arrière-plan et étalons de mesure est d'ailleurs attestée par Wittgenstein lui-même, au paragraphe 50 des *Investigations philosophiques*¹⁶. Elle permet d'analyser de plus près le contenu que je dirai a-symptomatique de ces certitudes. Le mètre-étalon, qu'il soit matérialisé par une barre métallique ou défini par tel multiple de la longueur d'onde d'une raie d'émission atomique, ne peut pas être dit valoir un mètre en vertu d'une quelconque mesure; en d'autres termes, il n'y a pas de symptôme métrique de sa longueur; ou plus exactement, s'il y en avait un, cela voudrait dire que sa qualité d'étalon a été transférée à quelque chose d'autre. Mais alors d'où lui vient son statut exceptionnel, d'où provient la certitude sans faille que chacun d'entre nous entretient quant à sa longueur? Pas directement d'une convention écrite ou d'un texte de loi internationale le désignant comme unité, car si la convention n'était pas appliquée et si le texte de loi n'était pas respecté, rien ne le distinguerait d'autres échantillons de longueur. Son statut est assuré par le respect *effectif* de la convention et du texte de loi, par l'*usage* comparatif qui en est fait quotidiennement, par la circonstance qu'il est *traité comme* étalon, par l'organisation du réseau entier des *pratiques* métriques autour de la pratique d'étalonnage dans laquelle on le fait *opérer* comme référence, et par l'efficacité globale de ce réseau de pratiques. De manière analogue, les certitudes d'arrière-plan au sujet des choses de l'environnement quotidien ne viennent ni d'un faisceau de symptômes factuels, ni d'une convention, fût-elle immémoriale ou tacite, mais simplement d'un usage dans lequel elles jouent un rôle de pivot. Elles ne sont ni constatées ni affirmées; elles sont agies. Elles structurent et sous-tendent la totalité de notre activité, aussi bien gestuelle que verbale, sans être elles-mêmes saisies et verbalisées. Au lieu du mot existence, qui suppose la thématization, il faudrait ici employer le mot de disponibilité, qui ne suppose rien d'autre que la possibilité d'un geste. Comme l'écrit Wittgenstein, "Les enfants n'apprennent pas que les livres existent, que les fauteuils existent, etc. - ils apprennent à aller chercher des livres, à s'asseoir

¹³ L. Wittgenstein, *De la Certitude*, op. cit. , §35, 36

¹⁴ *ibid.* §54

¹⁵ *ibid.* §337

¹⁶ L. Wittgenstein, *Investigations philosophiques*, op. cit. § 50; J. Bouveresse, *La force de la règle*, Minuit, 1987, p.

dans des fauteuils, etc.”¹⁷. Ils apprennent en somme à agir en fonction d'un présupposé de disponibilité, plutôt qu'à émettre des jugements d'existence; et lorsqu'on en vient ensuite à leur enseigner l'usage des jugements d'existence, c'est dans le seul but de leur permettre de travailler à la marge de recherche de ce massif de certitude vécue et partagée, là où peut être déplacée la limite entre les évidences et les objets d'interrogation. Wittgenstein ne cesse d'ailleurs d'approfondir le fossé entre certitude inscrite dans la pratique et jugement d'existence. Il vient bien, remarque-t-il, un moment où s'arrêtent les questions et les justifications à propos de quelque chose; mais cette fin effective des interrogations ne consiste pas en une ultime preuve visible: “(...) Ce n'est pas, de notre part, une sorte de *voir*; le terme, c'est notre *action* qui se trouve à la base du jeu de langage”¹⁸. Quand ont été épuisées les affirmations, les preuves, et les protestations d'évidence, il reste seulement à se demander ce qui s'ensuit; et ce qui s'ensuit c'est que nous *agissons* conformément à ce que nous affirmons, le plus souvent d'ailleurs avant d'avoir eu à affirmer quoi que ce soit. Les certitudes de la vie courante, conclut Wittgenstein, doivent être conçues “(...) comme quelque chose qui se situe au-delà de l'opposition entre justifié et non justifié; pour ainsi dire comme quelque chose d'animal”¹⁹. Elles sont inscrites dans le système de nos pratiques et se maintiennent aussi longtemps que ce système de pratiques est tenu pour viable.

On se rend compte à partir de là que les philosophes qui soutiennent des positions réalistes et anti-réalistes au sujet de l'existence des entités théoriques de la science, ont parcouru ces dernières années un chemin considérable vers la conception wittgensteinienne qui vient d'être exposée, mais qu'ils sont restés en deçà du seuil qui les aurait conduits à dissoudre l'alternative qui régit leur débat. Ian Hacking, pour commencer, a bien fait basculer les priorités de la philosophie des sciences, en les transférant des jugements théoriques vers la pratique expérimentale; mais il a voulu conférer aux pratiques de manipulation d'entités un statut de preuve de leur existence. Il a en somme, de façon incorrecte, cherché à donner au *faire* la valeur d'un *voir*. Rom Harré a pour sa part évité dans un premier temps cette impropriété, en préconisant de substituer aux questions sur la rationalité des croyances, des questions sur la rationalité des activités de recherche. Mais il est sorti dans un deuxième temps de simples considérations sur les enchaînements de pratiques, en cherchant à attribuer à la continuité historique des types ontologiques qui ont fait l'objet de recherches souvent fructueuses, la valeur d'une preuve inductive de l'existence des entités appartenant à ces types. Ce faisant, il a perdu de vue l'aspect normatif de l'exigence de continuité historique; et il a également omis de noter que, si cette norme de continuité avec l'archétype du corps matériel est prégnante, c'est vraisemblablement parce qu'elle seule autorise à étendre le statut de certitude pré-comprise dont bénéficient les choses de la vie courante à certaines des entités postulées par les théories scientifiques. En laissant entendre qu'une hiérarchie de types ontologiques fonde inductivement l'existence des entités qui en font partie, il n'a fait en somme que réifier la prescription de transmettre de proche en proche, à travers une hiérarchie continue de types ontologiques, le genre de *comportement sous présupposition indiscutée d'existence* que nous avons spontanément à l'égard des corps matériels de notre environnement.

Du côté anti-réaliste, Van Fraassen commet une erreur symétrique à celle de ses interlocuteurs réalistes, lorsqu'il invoque des raisons pragmatiques de croire à l'existence d'une entité. Là où les réalistes finissaient par surestimer, en les hypostasiant, les foyers régulateurs d'une pratique sous-tendue par des certitudes systémiques, le philosophe des sciences anti-réaliste sous-estime le caractère intégré et pré-compris de ces certitudes. Il ne voit pas qu'elles ne deviennent opérantes que quand elles ont acquis un statut à la fois moins thématique et plus inévitable que celui d'une croyance. Il ne se rend pas assez compte que la participation d'un scientifique à un programme de recherche a pour corrélat, par-

¹⁷ L. Wittgenstein, *De la Certitude*, op. cit. , §476

¹⁸ *ibid.* §204

¹⁹ *ibid.* §359

delà son assentiment intellectuel à un corpus de propositions, son plein engagement à aborder le champ d'investigation au travers d'une certaine gamme de grilles de lecture. Moins qu'une découverte justifiée inductivement par des séries de symptômes, mais plus qu'une croyance se prévalant de raisons pragmatiques, une attribution d'existence témoigne de l'implication de celui qui la fait dans un mode déterminé d'anticipation active de ce qui arrive.

C'est en partant de cette analyse que nous allons à présent réexaminer ce qu'il est convenu d'appeler des *preuves d'existence*. Par delà la simple critique des dérives métaphysiques auxquelles est souvent associée ce genre d'expression, il nous faut en effet reconnaître sa fonction et analyser son usage dans la pratique des programmes de recherche en physique.

Si attribuer une existence revient à s'engager à l'égard d'un certain cadre d'attente des phénomènes, voire d'un certain mode expérimentalement actif d'anticipation de ces phénomènes, alors ce que l'on entend par preuve d'existence ne peut consister qu'en un remplissement de ce cadre d'attente, et en une satisfaction de ces anticipations actives. On est par conséquent porté à admettre qu'il y a autant de types de preuves d'existence en physique que de types de cadres d'attente ou d'activités anticipatrices.

Un parallèle avec l'analyse que fait Wittgenstein des preuves d'existence en mathématique conduit à tirer de cette remarque des enseignements assez radicaux. Dans ses cours de Cambridge, Wittgenstein soulignait que le modèle de la preuve d'existence en mathématique consiste à *construire* l'entité concernée. "Si une preuve ne s'acquitte pas de cela, poursuivait-il, c'est que 'preuve d'existence' et 'théorème d'existence' sont employés dans un autre sens. Toute nouvelle preuve en mathématiques élargit la signification du mot 'preuve'"²⁰. Il y a en somme autant de types de preuves et de sens du mot 'preuve' que de types de résultats attendus à l'issue de la preuve. Mais cela n'est pas tout. Selon Wittgenstein, l'affirmation selon laquelle une entité mathématique existe équivaut, dans son acception première, à dire qu'une méthode de construction, ou encore une preuve constructive, est disponible pour elle. Le sens standard du mot "existence" en mathématiques est donc fixé par son association à la preuve constructive; et tout changement de type de preuve, ainsi que de sens du mot "preuve", implique corrélativement un changement de sens du mot "existence". "Ce que 'existence' veut dire, écrit Wittgenstein, est déterminé par la preuve. Le résultat final d'une preuve n'est pas isolé de la preuve (...) Il entretient un rapport organique avec la preuve, qui en est le corps"²¹.

On ne peut certes pas transposer telles quelles à la physique les phrases précédentes que Wittgenstein consacre à l'existence d'entités mathématiques. A moins de soutenir une forme extrême de constructivisme social ou cognitif, il n'est pas question de prétendre que prouver l'existence d'une entité physique revient à en exhiber le mode de construction. On doit cependant noter qu'en physique comme en mathématique, il y a une sorte de standard de la preuve d'existence. Tandis que le standard mathématique de la preuve d'existence est une opération de construction, le standard physique de la preuve d'existence est le remplissement du cadre d'attentes correspondant au concept de corps matériel. Imaginons alors qu'une partie seulement de ce cadre d'attente soit rempli, ou que ce qu'on parvient à remplir soit un cadre d'attente modifié. Dans ce cas, on ne pourrait pas se contenter de dire que l'existence des entités correspondant à ce nouveau cadre d'attente a été prouvée; il faudrait aussi se demander dans quelle mesure le sens des mots "preuve" et "existence" n'a pas été altéré jusqu'à devenir méconnaissable. Or, ce cas, nous allons le voir, c'est celui des preuves d'existence des particules élémentaires en physique des hautes énergies.

Commençons par préciser le contenu de la preuve archétypale d'existence, celle d'un corps matériel. Le cadre d'attentes correspondant comprend essentiellement cinq entrées. La première est la possibilité d'agrèger les phénomènes en unités discrètes. La seconde est la localisation spatiale des phénomènes. La

²⁰ L. Wittgenstein, *Cours de Cambridge 1932-35*, TER, 1992, p. 22

²¹ *ibid.*

troisième est la possibilité de mettre en place des conditions de reproductibilité suffisamment systématique des phénomènes pour pouvoir les traiter comme manifestations d'un prédicat des corps matériels. La quatrième est la possibilité de traiter les régions spatiales où sont localisés les phénomènes comme strictement individuelles. La cinquième, enfin, est la disponibilité d'une procédure de réidentification, ou plus précisément de "génidentification" comme le dit H. Reichenbach; c'est-à-dire une procédure qui permet de rattacher par la continuité spatio-temporelle d'une trajectoire un phénomène qui se manifeste en un point à un instant donné, à un autre phénomène manifesté en un autre point à un instant antérieur.

Examinons alors ce qui, dans ce cadre d'attente, est effectivement rempli en physique des hautes énergies et justifie qu'on invoque des preuves d'existence des particules élémentaires. Il est tout d'abord parfaitement possible d'agréger les phénomènes en unités discrètes. Ce fait se traduit en théorie quantique des champs par une assimilation des particules élémentaires à des *quanta d'excitation* d'un oscillateur harmonique. Mais pour autant, la théorie quantique des champs ne traite pas les systèmes physiques qu'elle régit comme des ensembles comprenant des nombres bien définis d'unités discrètes. En général, la théorie quantique des champs attribue à ses systèmes des *superpositions* d'états propres de l'observable Nombre, ce qui signifie que le nombre d'unités discrètes pouvant être détectées à chaque instant est indéterminé. Passons ensuite à la question de la localisation. La localisation spatiale des phénomènes discrets est parfaitement assurée. C'est d'ailleurs cette circonstance qui conduit à maintenir le concept de particule, à côté du concept concurrent de champ qui connote un étalement continu des phénomènes dans l'espace. Mais pas plus que dans le cas des unités discrètes, il ne faut tirer des conclusions trop hâtives de la structure spatiale discontinue des phénomènes. Car une caractéristique commune des théories quantiques (et même des théories à variables cachées qui sont aptes à en reproduire les prédictions) est de ne pas pouvoir représenter comme processus strictement localisés ce qui arrive entre deux phénomènes. La troisième entrée du cadre d'attente ménagé par le concept de corps matériel est encore plus discutée en physique quantique, et cela depuis sa création. Qu'en est-il en effet de la reproductibilité des phénomènes et de la possibilité corrélatrice de *prédiquer* quelque chose des particules? Certains phénomènes sont suffisamment reproductibles quel que soit l'ordre et la fréquence des mesures, pour que rien n'interdise de leur faire correspondre une propriété des particules. C'est le cas des phénomènes résultant de la mesure de ce qu'il est convenu d'appeler les observables supersélectives; par exemple la charge, la masse, et le module du spin. Mais d'autres phénomènes ont des caractéristiques très différentes. Pour prendre un exemple typique, la valeur de la variable position n'est pas reproductible si, entre deux occurrences de sa mesure, on intercale une mesure de la quantité de mouvement. Plus exactement, comme le précisent les inégalités de Heisenberg, une valeur de la variable position n'est reproductible qu'à une marge de dispersion incompressible près, dont l'importance quantitative dépend de la précision de la mesure intermédiaire de la variable quantité de mouvement. Chaque phénomène de cette classe apparaît ainsi comme une occurrence singulière, indissociable d'une histoire expérimentale. Cela prive le physicien des conditions opératoires qui lui permettraient de tenir un tel phénomène pour la traduction directe et univoque d'une propriété intrinsèque d'objet. Il s'agit là d'un écart considérable entre les paradigmes quantique et classique. Avec la quatrième entrée du cadre d'attentes du concept de corps matériel, nous abordons cependant un écart encore plus grand. L'individualisabilité des particules élémentaires n'est généralement pas assurée sur le plan expérimental, en ce sens que les inégalités de Heisenberg portant sur les coordonnées de position et de quantité de mouvement rendent impossible dans la plupart des cas de distinguer les phénomènes pouvant être rapportés à une particule de ceux qui peuvent être rapportés à une autre. Il est vrai que dans le formalisme de la mécanique quantique standard, une individualité est tout de même attribuée formellement, sous forme de labels, à chacune des particules à laquelle on attribue initialement un vecteur d'état. Mais les conséquences prédictibles de cette individualité sont annulées immédiatement après, par ce qu'on appelle des postulats de symétrisation et d'antisymétrisation. Et par ailleurs, dans la

théorie quantique des champs, les labels disparaissent, et les ensembles de particules sont traités comme des agrégats de quanta complètement dénués d'individualité. La question de savoir s'il faut préférer la première théorie qui manipule un équivalent formel mais non opérant d'individualité, ou la seconde théorie qui s'en passe complètement, est tranchée par Paul Teller en invoquant à la fois le rasoir d'Ockham et une hiérarchie d'aptitudes prédictives. Selon lui, le formalisme de la mécanique quantique standard véhicule, sous l'aspect des labels individuels, des éléments descriptifs apparemment en excès, puisque ces éléments doivent être mis à l'écart en bout de parcours pour aboutir aux prédictions correctes. Cela pourrait déjà porter à préférer une théorie comme la théorie quantique des champs qui n'inclut pas ces éléments apparemment en excès. Mais si de surcroît la théorie quantique des champs conduit à faire un plus grand nombre de prédictions corroborées que la mécanique quantique standard, le motif de préférence est remplacé par une raison de choisir. Et ce choix aboutit à ne plus réserver aucune place au concept d'individualité en physique microscopique. Comme l'écrit Teller, "Lorsque nous avons un second formalisme qui est libre d'éléments apparemment en excès, et quand le second formalisme a non seulement toutes les conséquences empiriques correctes du premier, mais couvre aussi des phénomènes que ne couvre pas le premier, nous avons sûrement des raisons très fortes de juger que la structure apparemment en excès du premier formalisme est réellement en excès"²². Il en va à peu près de même de la cinquième et dernière entrée du cadre d'attentes du concept de corps matériel: la réidentifiabilité à travers le temps. La possibilité d'obtenir un suivi expérimental en continu de la trajectoire d'une particule manque en général, toujours en raison des inégalités de Heisenberg. Et cette possibilité était justement à la base du concept de génidentité des particules qui prévalait en mécanique classique. Cela se traduit en mécanique quantique standard par une probabilité d'échange non-nulle, et en théorie quantique des champs par une disparition de l'argument même d'un possible échange. Quant aux diagrammes de Feynman, qui semblent représenter des trajectoires de particules, il ne faut pas oublier qu'ils figurent en fait l'*un* des termes d'une intégrale sur tous les chemins disponibles entre deux points d'espace temps, c'est-à-dire un élément spatio-temporel conventionnellement isolé à partir d'une structure qui n'en privilégie justement aucun.

Que conclure de cette analyse? L'option conservatrice consisterait à dire que les entités de la physique des hautes énergies, qualifiées de particules, sont certes très différentes des corpuscules classiques, mais qu'on parvient tout de même à en montrer l'existence à travers l'analyse de traces dans des chambres à bulles ou des chambres à fils. Après tout, au nom de quoi ne pourrait-on pas prouver l'existence d'entités qui sont seulement des unités discrètes localisées, dotées de certaines propriétés comme la masse, la charge et le module du spin, sans exiger en plus qu'elles soient individualisées et réidentifiables dans toutes les circonstances, et que tous les phénomènes qui s'y associent soient traitables comme l'expression de propriétés? Pourquoi n'aurait-on pas le droit de modifier le cadre d'attente lié au concept de corps matériel, et de redéfinir l'existence d'entités d'un nouveau type par le remplissage de ce nouveau cadre d'attentes? La suggestion mérite l'attention, ne serait-ce que c'est elle qui guide *de facto* la pratique et le discours de bon nombre de physiciens, et que dans ce rôle de guide elle s'est avérée dans une large mesure opérante. Mais lorsqu'on l'examine attentivement, on s'aperçoit qu'elle manque singulièrement de consistance. Pour commencer, il y a une distance considérable entre mettre en évidence des phénomènes discrets et localisés et avoir prouvé l'existence d'entités elles-mêmes discrètes et localisées. Si l'on voulait passer de l'un à l'autre, il faudrait montrer la pertinence empirique d'une description des processus *interphénoménaux* comme discrets et localisés en permanence. Or, rien dans les théories contemporaines ne correspond à un tel passage. La théorie quantique des champs ne parvient à des prédictions correctes qu'en manipulant des vecteurs d'état qui fournissent une distribution probabiliste variable d'un moment à l'autre des diverses valeurs discrètes

²² P. Teller, *An interpretive introduction to quantum field theory*, Princeton University Press, 1995, p. 26

accessibles du nombre de quanta détectés, et des diverses coordonnées spatiales de la détection. Elle ne rend compte de certains phénomènes, comme les quanta de Rindler qui sont détectés par des compteurs accélérés dans le *vide*, qu'en rendant caduque la conception selon laquelle "(...) les particules sont la sorte de choses qui *sont* ou *ne sont pas là*"²³ de façon intrinsèque. Même la théorie à variables cachées de Bohm, qui avait été conçue à l'origine pour fournir une représentation du monde en termes de points matériels localisés et dotés de trajectoire, a fini par aboutir à la conception selon laquelle la référence à une famille entière de ce que les physiciens nomment des particules (à savoir les bosons) n'est qu'une manière approximative et imagée de faire signe vers des localisations instantanées d'énergie d'un champ. Pour le Bohm des années 1980-90, il ne peut plus être question dans ce cas de "particules", mais seulement de champs dont les processus de concentration momentanés "(...) suggèrent des traits mimant les particules (...)"²⁴.

Passons à présent à l'affirmation que, même si un certain nombre d'observables ne peuvent pas être traitées comme propriétés des particules élémentaires, quelques-unes d'entre elles, qualifiées d'observables supersélectives, le peuvent, et que la prédication constante d'une masse, d'une charge, d'un module de spin, etc. à des entités localisées est un solide argument en faveur de leur existence. Le problème est que cette stricte association de valeurs d'observables supersélectives à des entités localisées, dans la région où elles sont localisées, ne vaut que dans un contexte de détection conjointe de ces observables et de la position. Dans toutes les autres circonstances, l'association doit être défaite. Il en va ainsi par exemple lorsque des expériences d'interférométrie, excluant toute détection intermédiaire de la position, sont pratiquées sur des particules massives ou chargées. Dans ce cas, en effet, on montre que le résultat de l'expérience ne peut être prédit qu'à condition d'admettre que la charge ou la masse des entités prétendument localisées est répandue dans tout l'espace de l'interféromètre. Alors que sont exactement ces particules élémentaires? Des entités localisées et aux propriétés délocalisées? Mais quel sens cela a-t-il de dire qu'elles sont de quelque manière localisées si aucune des propriétés qu'on reconnaît pouvoir en être prédiquées n'est pas elle-même localisée la plupart du temps? On peut se demander dans ces conditions, avec Paul Teller et dans un esprit heisenberguien, si "particule" n'est pas le nom que nous donnons à une potentialité continue et délocalisée de survenue de phénomènes qui eux, et eux seuls, sont discontinus et localisés. L'idée que l'on peut montrer l'existence d'entités discrètes et localisées mais non individuelles laisse encore plus perplexe. Passons sur le fait que le mot *existence* connote, par le préfixe *ex*, la séparation, la distinction, le détachement sur un fond. Après tout, cette condition de séparation, de distinction, appelée par le concept d'existence, pourrait être appliquée à une différence spécifique plutôt qu'individuelle. Pour prouver l'existence de l'électron, il a suffi dans l'histoire de démontrer l'existence d'une espèce distincte de toutes les autres, définie par la masse m , la charge $-e$, et le module du spin égal à un demi. Mais en quoi a-t-on prouvé l'existence d'électrons (au pluriel) lorsqu'on a ainsi montré l'existence de l'électron générique? Pour prouver l'existence d'entités (au pluriel) il semble bien nécessaire d'aller au-delà de la simple manifestation de caractéristiques constantes définissant une classe, en montrant que cette classe est *instanciée* par des éléments pouvant être tenus pour individualisés en permanence et pas seulement dans des conditions particulières de détection. Beaucoup d'ingéniosité, en particulier mathématique, a été déployée pour contourner cette nécessité. Une théorie des quasi-ensembles caractérisée par un axiome d'extensionnalité modifié, et par la possibilité de définir un cardinal sans disposer d'ordinal, a été élaborée pour rendre raison de ces classes d'entités non individuelles, nombreuses mais généralement non dénombrables, que sont supposées former les particules élémentaires. Mais ces efforts ont abouti pour l'essentiel à se représenter l'univers microscopique comme un domaine d'intension plutôt que d'extension, un domaine

²³ *ibid.* p. 111; également: E. Gunzig & S. Diner (eds.), *Le vide, univers du tout et du rien*, Editions Complexes, 1998

²⁴ D. Bohm & B. Hiley, *The undivided universe*, Routledge & Kegan Paul, 1993, p. 231

où les prédicats sortaux précèdent logiquement ce dont ils sont supposés être des prédicats, un domaine ou en définitive seules les prégnances grammaticales de la langue poussent à esquisser la figure de quasi-individus (les particules) aptes à servir de sujets pluriels à ces prédicats singuliers.

Aussi peut-on au minimum admettre que non seulement le type d'entité mais aussi le sens du mot "existence" a considérablement changé entre le cas standard des corps matériels et celui des particules élémentaires. Et que ce changement de sens est lié au changement de cadre d'attentes dont le remplissement est considéré comme preuve d'existence. Certains physiciens sont parfaitement conscients d'une telle dérive dans le concept d'existence, et ont tenté de lui donner un support métaphorique ou analogique. Jean-Marc Lévy-Leblond a par exemple suggéré d'attribuer aux particules élémentaires le "mode d'existence de l'arc-en-ciel". C'est-à-dire un mode d'existence secondaire, *relatif* à la conjonction de plusieurs conditions. Dans le cas de l'arc-en-ciel, il s'agit de relativité vis-à-vis de la conjonction d'un éclairage solaire, d'un aérosol de gouttelettes d'eau, et d'un observateur placé sous une gamme d'angles appropriés par rapport aux deux premiers éléments. Dans un esprit assez voisin, Gilles Cohen-Tannoudji a proposé d'attribuer aux particules le mode d'existence des quasi-particules. On sait que les quasi-particules, dont le type est constitué par les phonons, sont considérés comme des modes quantifiés de vibration d'oscillateurs harmoniques constitués par des systèmes de nombreuses particules couplées; et qu'en dépit de cela, en dépit du fait qu'ils ne sont manifestement rien d'intrinsèquement existant, individuel, et localisé, ils ont le même genre de manifestations discrètes et localisées que les particules elles-mêmes. Ces deux comparaisons sont à des degrés divers illustratives et pertinentes; la première est plus illustrative que pertinente, la seconde plus pertinente qu'illustrative. Mais l'une comme l'autre manquent une partie de la radicalité des questions liées à l'existence des particules élémentaires. Car la prétention même des particules à l'élémentarité rend difficile que l'on fasse appel à autre chose qu'elles-mêmes pour en rendre compte. Prenons par exemple l'affirmation que les particules ont le mode d'existence des quasi-particules; la question reste ouverte de savoir ce qui joue pour les particules le rôle que jouent pour les quasi-particules le support constitué par un système de particules couplées. Si les quasi-particules sont les modes quantifiés d'excitation d'un système de particules, de quoi les particules elles-mêmes sont-elles les modes quantifiés d'excitation? Les réponses que l'on donne aujourd'hui à cette interrogation sont nombreuses: les champs, le vide, l'univers, etc. Il reste à se demander si l'affirmation que ces candidats substrats *existent* ne relève pas d'un autre sens, encore plus indirect, encore plus exotique, du mot "existence", que celui qu'on associait aux particules.