

Cet entretien a lieu suite à la parution du livre à deux voix *Dans quels mondes vivons-nous*, co-écrit par Jean-Luc Nancy et Aurélien Barrau.

Physicien théoricien né en 1973, professeur à l'Université Joseph Fourier de Grenoble, membre de l'Institut Universitaire de France, professeur invité à l'Institut des Hautes Etudes Scientifiques (IHES) et à l'Institute for Advanced Study de Princeton, Aurélien Barrau s'est d'abord fait connaître par ses recherches consacrées aux trous noirs et à la cosmologie primordiale (pour lesquels il a reçu le Prix Bogolyubov en 2005). Ses recherches telles que présentées sur sa page internet, concernent la cosmologie, la phénoménologie de la gravité quantique, la diffusion des particules dans la Galaxie, les trous noirs, la théorie des champs en espace courbe d'une part, l'astronomie grand champ, la matière noire et l'énergie noire, le rayonnement cosmique, l'astronomie gamma en ce qui concerne le volet expérimental ¹.

La cosmologie le passionne autant sur son volet philosophique que son volet physique pour la conception du réel qu'elle met en jeu. Ses collaborations dans ce domaine sont d'ailleurs nombreuses².

Je tiens à remercier Aurélien pour sa disponibilité, pour le temps et la générosité consacrés à ses réponses et pour sa bienveillance.

Au-delà de la théorie standard

Actu-Philosophia : *La recherche en physique théorique actuellement admet une théorie dite standard, qui entend lier l'électromagnétisme, les forces nucléaires faible et forte. Sa problématique centrale est actuellement, si j'ai bien compris, l'union de la force électromagnétique (de portée infinie) et de la force faible (dont l'influence est uniquement sensible à l'échelle microscopique, au niveau du noyau atomique).*

À certaines échelles d'énergie cependant, force faible et électromagnétisme deviennent similaires, alors que cette similarité se brise à d'autres échelles. Un « champ scalaire », appelé boson de Higgs, a ainsi été introduit pour comprendre comment les bosons intermédiaires peuvent acquérir une masse non-nulle qui cantonne l'interaction faibles aux très petites distances. Cette théorie est dite standard, mais il me semble que le boson de Higgs n'a toujours pas été expérimentalement « trouvé », malgré l'entrée en fonction du LHC au CERN.

A côté de ça, un ensemble de modèles théoriques « non standard » attaque de façon plus globale la question de l'unification des forces : la théorie des cordes et des

supercordes, la gravité quantique à boucles, etc... Ces modèles mobilisent des structures mathématiques très complexes, et ne sont la plupart du temps pas considérés comme des théories physiques à part entière, avec tout ce que cela implique.

J'aimerais d'abord te demander si tu peux faire un bref panorama des forces en présence. J'aimerais ensuite, et surtout comprendre ce qui distingue à proprement parler les théories non-standard des théories standards. Peuvent-elles s'appuyer sur des données ou des indices expérimentaux ? Impliquent-elles quelque chose comme un changement de paradigme, une réécriture d'ensemble de la cosmologie et de la physique des particules ? Bref : pourquoi les considère-t-on comme de simples modèles ? Quels sont cependant les motivations de ces modèles ?

Et enfin : qu'est-ce qui te fait toi penser que la physique théorique, et en particulier la cosmologie, est à l'orée d'un nouvel âge d'or ?

Aurélien Barrau : Tout d'abord je souhaiterais revenir sur cette idée de « simple modèle ». Comment une proposition scientifique pourrait-elle être autre chose qu'un « simple modèle » ? Quoi que l'on énonce, il s'agit toujours d'une projection sur le réel à partir d'un cadre (d'une manière d' « affronter le réel » pour le dire comme Deleuze) et certainement pas d'un accès direct à la profondeur ontique de la Nature ! Le modèle standard de la physique des particules est donc, ni plus ni moins que toute autre théorie, une modélisation de certains phénomènes, appréhendés d'un certain point de vue

Cela dit, le modèle standard actuel est effectivement peu satisfaisant. La capacité prédictive est bonne mais les fondements sont fragiles.

Je pense que la découverte du boson de Higgs est imminente. C'est un élément essentiel car il permet de résoudre la tension qui semble exister entre la quête d'unification à l'œuvre en physique fondamentale et la diversité effective du réel. Le champ de Higgs permet de « briser » les symétries et donc de comprendre pourquoi le monde peut être aussi « multiple » quand bien même la théorie sous-jacente présenterait, quant à elle, une grande capacité unificatrice.

Néanmoins, même avec la découverte - très probable - du champ de Higgs le modèle standard n'est évidemment pas une réponse ultime. Il comporte beaucoup de paramètres libres dont la valeur est tout à fait arbitraire. Il repose sur de nombreuses hypothèses artificielles. Il n'unifie que deux des quatre interactions. Et, surtout, il

n’inclut pas la gravitation ! Il est donc évidemment nécessaire d’aller « au-delà » de ce modèle. Cette démarche est complexe dans la mesure où les expériences actuelles ne donnent aucun signe permettant de déterminer quelle serait la meilleure piste à suivre.

La supersymétrie est une idée intéressante qui consiste à chercher de nouveaux liens entre les forces et les particules (c’est-à-dire entre les interactions et les corps). Elle n’est pourtant pas encouragée par les mesures actuelles.

La théorie des cordes est beaucoup plus ambitieuse et tente d’unifier toutes les interactions et toutes les formes de matière. L’idée est séduisante mais la construction est extrêmement scabreuse et il est très difficile de faire la moindre prédiction testable.

La gravitation quantique à boucles est, quant-à-elle, plus modeste. Elle ne vise pas à devenir une théorie du tout, mais à concilier la physique quantique avec la relativité générale. Ce qui constitue déjà un objectif extraordinairement difficile.

Un changement de paradigme est toujours possible. A dire vrai, nous l’espérons intensément. Ces moments de ruptures sont fascinants et merveilleux. Hélas, je ne le vois pas poindre. Je pencherais plutôt pour une évolution – éventuellement assez radicale – des idées en cours. Je m’expliquerai sur cette position par la suite.

Aurélien Barrau
Jean-Luc Nancy

Dans quels mondes
vivons-nous ?



Galilée

Multiplicité

AP : *Comme tu l'écris dans Dans quels mondes vivons-nous ?, un certain nombre de questions posées par la cosmologie actuelle implique une multiplicité de points de vue, des mises en forme. La pulsion d'unification en science traduit la prolifération des objets possibles, en quelque sorte la nécessité de ménager de plus en plus de jeu dans l'unité. Ainsi « une méta-structure de diversité semble s'inscrire dans la structure du multivers » La pulsion de la physique contemporaine vers l'unité est articulée à la mise à jour d'une vaste diversité³.*

Cette multiplicité dans l'unité est particulièrement insistante lorsqu'on aborde la question des premiers instants de l'univers, mais à ce qu'il m'a semblé comprendre, tu as d'abord été rendu sensible à cette question à travers tes travaux sur les trous noirs - si j'ai bien compris, sur une variété de trous noirs de petite taille dont les conditions mobilisent tous les domaines de la physique théorique. J'aimerais aussi te demander ce qui t'a amené de ces trous noirs aux multivers...

AB : Je vois trois diversités à l'œuvre en physique. D'abord la multiplicité des phénomènes, des objets et des lois. Ensuite, la multiplication des champs disciplinaires. Enfin, la multitude des théories concurrentes dans le même champ disciplinaire. Ce troisième niveau est à mon sens le plus intéressant. Dans la vision usuelle, poppérienne, une seule des ces théories est correcte et chaque autre sera éliminée par des expériences de plus en plus précises. Cette vision est bien évidemment sensée et raisonnable. Les choses, quand on les regarde de façon approximative semblent en effet parfois avancer de cette manière. Mais, sans être en mesure de prouver cette intuition, j'ai la conviction de plus en plus claire qu'il serait possible de décrire adéquatement le même monde par plusieurs modèles tout à fait différents (ce qui ne signifie bien évidemment pas que tous les modèles se valent). Je m'interroge donc sur la possibilité de considérer que plusieurs approches - non nécessairement équivalentes - soient simultanément correctes. Le mythe de l'unité a la vie dure. Mais il n'est pas d'avantage démontré que l'hypothèse contraire ! Peut-être est-il temps d'explorer cette piste.

Ce qui est d'ailleurs lié à la fin de ma réponse à ta question précédente. Une révolution nécessite un investissement considérable. Développer une théorie sérieuse et radicalement nouvelle me semble demander plusieurs décennies de travail à plusieurs dizaines de chercheurs à temps plein. Au moins. C'est ce qu'il a fallu à la gravitation quantique à boucles pour qu'elle devienne crédible. Et à la théorie des cordes il y a quelques décennies. Aujourd'hui, nous disposons de beaucoup de pistes prometteuses :

géométrie non-commutative, topoi, causet... Elles pourraient conduire à des résultats de la plus haute importance, peut-être à une révolution. Mais il faudrait pour cela qu'un certain « seuil critique » d'activité soit atteint. Et ce n'est aujourd'hui pas le cas. Le système de recherche (et ce n'est pas nécessairement toujours une mauvaise chose) encourage le regroupement des chercheurs autour d'un paradigme dominant. Je pense donc, pour des raisons essentiellement sociologiques, qu'une révolution est peu probable à court ou moyen terme : il faudrait, pour que ce soit possible, investir d'avantage de moyens dans les pistes « marginales », ce qui n'est guère compatible avec les exigences actuelles.

Du point de vue de mon parcours, je n'ai pas été très original. La structure d'un trou noir est très proche de celle de l'Univers et, de fait, beaucoup de cosmologistes ont d'abord étudié les trous noirs. En effet, les petits trous noirs sont fascinants parce qu'ils convoquent tout autant la relativité générale que la mécanique quantique, nos deux grandes théories physiques...

Cosmologie et institutions

AP : *Y a-t-il donc des raisons institutionnelles à ce que le modèle non-standard reste « sous-investi » ? Je me souviens d'une interview dans laquelle Carlo Rovelli semblait dire, par exemple, que le système français, basé à la fois sur les mathématiques et sur une sélection précoce et disons, assez militaire de ses scientifiques, était peu approprié à promouvoir des physiciens théoriciens, surtout pour travailler sur ce type de question.*

Il me semble avoir compris que tu avais travaillé sur un certain nombre de dispositifs capables de fournir des données (mise en place d'un détecteur de particules sur la station spatiale ISS, l'expérience ballon CREAM, l'installation d'un télescope à grande ouverture dédié à l'étude de l'énergie noire, etc.) Il me semble comprendre qu'il y a matière à de véritables avancées, tout en mobilisant des investissements moins lourds que ceux du LHC. Qu'est-ce qui fait que l'attention des autorités semble davantage tournée vers les dispositifs très lourds comme le LHC ?

AB : Cette dimension sociologique est essentielle. Mais elle est constitutive de toute posture intellectuelle. Ni plus ni moins en science qu'ailleurs. Une proposition ne peut devenir crédible que si un nombre suffisant de spécialistes compétents la considèrent comme telle. Il est évidemment impossible de poursuivre chaque idée nouvelle en y consacrant les efforts nécessaires pour en sonder toutes les conséquences. Les forces requises sont hors de portée. En ce sens, il est légitime qu'un

certain nombre de thèmes privilégiés émergent. Cependant, il me paraît clair que le système actuel ne fait effectivement pas suffisamment cas des positions originales et spéculatives. Mais c’est aussi un problème politique : la mise en place du système catastrophique de financement sur projet (ANR) et des agences d’évaluation (AERES) rend presque impossible l’émergence d’idées radicalement nouvelles. Ce qui est assez grave à mon sens.

En revanche, je ne pense pas que le LHC soit « remplaçable ». Les questions auxquelles il peut répondre ne sauraient être abordées par aucune autre expérience à ce jour. Je pense que cette aventure est justifiée et nous attendons les dernières conclusions avec impatience. Il est effectivement indispensable que de petits projets (parfois marginaux) puissent exister en marge des très grosses expériences. Mais l’apport du LHC n’en demeure pas moins irremplaçable. La nature de ce qui y est étudié (la structure intime de la matière) me semble mériter cet engagement.

AP : *Pour le champ dans lequel tu travailles, quels sont les grands résultats attendus actuellement ? Quelles observations ou expériences sont le plus susceptibles de faire avancer ces recherches ?*

AB : Dans mon activité propre, le satellite européen Planck, qui permet de mesurer le « fond diffus cosmologique », la première lumière de l’Univers, avec une précision sans égal, apportera beaucoup. Les modèles de cosmologie quantique à boucles sur lesquels je travaille prédisent d’éventuelles infimes différences par rapport au scénario usuel et il pourrait devenir ainsi possible d’observer quelques traces de l’ère d’avant le Big Bang (que l’on rebaptise alors Big Bounce – Grand Rebond).

Par ailleurs, pour tenter de comprendre pourquoi l’expansion de l’Univers accélère, ce qui est très curieux dans la mesure où la gravitation est une force attractive qui devrait donc jouer comme un « freinage », je participe au grand projet de télescope LSST. Cet instrument de 8 mètre de diamètre est en début de construction au Chili. Il permettra de cataloguer des milliards de galaxies et de les utiliser pour tenter de comprendre ce qu’est le « moteur » de cette mystérieuse accélération.

Multivers

AP : *On va passer à la cosmologie proprement dite, aux multivers. Tu présentes différents modèles et niveaux de multivers : multivers engendrés par le Big Bang, univers enfantant d’autres univers à travers les trous noirs... multivers de niveau supérieur encore... Te serait-il possible d’en faire un bref panorama ? (on pourra*

renvoyer en lien au texte que tu proposes en ligne à ce sujet)

AB : Il faut d'abord définir ce qu'est l'univers. Par définition, en physique, notre univers est l'ensemble de ce qui est en « contact causal » avec nous. C'est à dire l'ensemble de ce avec quoi on pourrait (ou aurait pu) échanger des informations si l'on disposait d'une technologie infiniment puissante. On appellera « multivers » un ensemble d'univers. Et, en effet, il existe (peut-être) plusieurs niveaux de multivers.

La relativité générale prédit que dans deux des trois géométries compatibles avec la cosmologie, l'espace est strictement infini. Il doit donc nécessairement y exister une infinité d'univers. Les phénomènes y sont éventuellement différents mais les lois qui y règnent y sont les mêmes.

A un niveau plus élevé, par exemple dans le cadre de la théorie des cordes et de l'inflation, on peut imaginer un multivers où les lois elles-mêmes ne sont plus les mêmes d'un monde à l'autre ! Une véritable méta-strate de diversité.

Beaucoup d'autres formes de multivers semblent également envisageables : dans certaines interprétations, la mécanique quantique prédit l'existence d'univers parallèles ; la structure interne des trous noirs ouvre la porte vers de possibles autres univers et la gravitation quantique à boucles pose les jalons d'un multivers temporel (univers se succédant dans le temps.)

Le choc en retour de la cosmologie sur la philosophie

AP : *Selon toi, peut-on penser qu'il y ait une réouverture de questions philosophiques au sein de ces modèles ? Peut-on aller jusqu'à dire ici qu'il y a quelque chose comme un choc en retour qui renouvelle les racines même de la physique comme science ? Non plus seulement dans l'image du monde qu'elle donne, mais un déplacement, un approfondissement, une mise en mouvement de ce que Husserl aurait appelé son telos ? Il semblerait que la physique finisse par exiger, pour qu'on donne sens à ce qu'elle dit, une conception philosophique du monde - ou plutôt de l'être.*

AB : Je pense qu'il faut être très circonspect sur ces questions. En un sens, la physique vit très bien sans philosophie. La grande majorité des physiciens considèrent la philosophie au mieux avec une totale indifférence, au pire avec un évident mépris. Et force est de constater qu'à quelques notables exceptions près les philosophes ne se sont pas beaucoup intéressés à la science de leur temps. Je ne me précipiterai donc pas pour crier à la nécessaire interdépendance de ces champs de pensée.

Mais, effectivement, la problématique du multivers a cette vertu de requérir un peu plus qu’une simple compétence technique. Elle demande de s’interroger non pas sur ce qu’est la physique – une question à mon sens stérile – mais sur ce qu’on attend d’elle. Il est impossible de prendre partie sur cette question sans inviter dans le débat un positionnement ontologique. Ou, ce qui revient finalement au même, un dépassement de cette ontologie dans ce que tu nommes, avec Husserl, un *telos*. A niveau pratique, le multivers a le mérite de montrer aux physiciens dont les repères épistémologiques sont souvent caricaturaux que le principe poppérien conduit à une vision de la discipline un peu... atrophiée !

Pour être tout à fait honnête, je ne crois pas qu’une spéculation philosophique – ou, plus précisément, métaphysique – puisse utilement guider les recherches scientifiques autour du multivers. En revanche, je suis convaincu que les philosophes devraient s’emparer de ce matériau scientifique pour le façonner suivant la dynamique propre d’une investigation plus conceptuelle.

La philosophie des physiciens et la philosophie des philosophes

AP : En croyant reformuler une ontologie, beaucoup d’interprètes de la mécanique quantique n’ont fait que transposer le modèle ontologique ancien sur de nouvelles bases – en basculant la charge de la réalité sur le vecteur d’état, en dissolvant les choses, en postulant par exemple une indétermination génératrice porteuse des propriétés que les entités individuées n’étaient ontologiquement plus capables d’assumer... De la même façon, il est sans doute épistémologiquement assez fascinant de considérer le processus par lequel la charge de réalité migre vers le formalisme mathématique et est à présent pour certains physiciens (comme George Lochak⁴ portée par les symétries (à partir du développement des théories de la jauge), par l’élégance mathématique de la théorie. Mais là encore, il s’agit de rapporter un réel apparent à un plus réel, d’articuler un fondé à un fondement.

En quelque sorte, la grammaire ontologique est en grande partie restée inchangée dans ces glissements – la logique selon laquelle on considère que quelque chose est ou pas, et la structure ontologique d’arrière-plan reste grosso modo celle du principe et du fondement. Pour toi à l’inverse – un peu comme Michel Bitbol⁵ mais avec d’autres outils – il s’agit bien de déconstruire cette logique de précompréhension du réel. Michel Bitbol ne le fait pas de la même façon : il s’appuie sur Kant et Wittgenstein, alors que tu prends plutôt Derrida comme fil conducteur. Il propose (Bitbol) une interprétation de la mécanique quantique qui distingue, dans la façon dont la théorie construit l’objectivité de ses phénomènes, un domaine que le formalisme

décontextualise et un domaine dont la contextualité est intégrée dans le formalisme. De là, il fait, comme tu le fais d’une autre façon, de la relation la catégorie matricielle, à la différence qu’il demeure dans un cadre kantien - assoupli, élargi - que tu dépasses pour ta part.

Je trouve en tout cas ces deux démarches extrêmement fécondes. Les débats philosophiques qui sont en général menés autour de la physique sont certes passionnants, mais dans les structures de pensée mobilisées sont ou bien très classiques (par exemple au sujet du temps - présentisme, éternalisme, etc.⁶ ou bien très spécialisés (la question des propriétés dispositionnelles, etc.)

Or je découvre en te lisant (ou en lisant Bitbol) la possibilité de développer une appréhension d’ensemble des questions rencontrées par la physique théorique qui rejoint finalement les questions posées à la philosophie dans ses protocoles mêmes depuis un siècle.

Je trouve ça tout à fait fascinant.

AB : Puisque tu ne poses pas ici de question, je me permets de ne pas répondre ! Je me réjouis simplement que ce chantier t’intéresse. Il faut reconnaître que presque tout reste à faire.

Je lisais il y a peu l’excellent ouvrage *Deconstructions* de Nicholas Royle qui m’avait été conseillé par Hélène Cixous. Je reproduis ici les titres des chapitres (qui sont aussi des articles) : « *deconstruction and cultural studies, déconstruction and drugs, deconstruction and ethics, deconstruction and feminism, deconstruction and fiction, deconstruction and film, déconstruction and hermeneutics, déconstruction and love, deconstruction and a poem, deconstruction and the postcolonials, deconstruction and psychoanalysis, deconstruction and technology, déconstruction and weaving* ». N’est-il pas étonnant qu’aucun article ne pose la question « Deconstruction and physics » ? Ou même « Deconstruction and science ». Je pense que cette voie est ouverte et doit être explorée.

Le réel et le possible

AP : *Mon développement suivant est inspiré par la lecture de ton texte⁷.*

Si j’ai bien compris en te lisant, la question des constantes et de leur ajustement semble être la principale motivation d’un modèle de multivers. Les constantes

universelles sont celles qu’il fallait pour que nous existions : si elles n’étaient pas celles-là nous ne serions probablement pas là (principe anthropique). D’une certaine façon, il n’y a là rien de plus qu’un état de fait : il est logique qu’il y ait des conditions telles que nous puissions être là puisque que si elles n’étaient pas remplies, personne ne serait là pour poser la question.

C’est sur cette facticité des constantes que la physique théorique semble, disons, buter. Celle-ci remonte en effet de structures mathématiques descriptives à des structures mathématiques d’arrière-plan de plus en plus globales et complexes. C’est l’intelligibilité du modèle qui devient en quelque sorte porteuse de réalité. D’où l’élargissement possible du modèle vers un méta-modèle producteur de constantes, voire un méta-méta modèles producteur de méta-modèles. Il semblerait qu’y ait chez certains physiciens un désir platonicien, voire, hégélien d’auto-production de l’ordre intelligible. Cela me semble patent dans le modèle de méta-méta-modèle de Tegmark que tu discutes⁸.

Or, pour toi, la question de l’intelligibilité ne doit pas être séparée de celle de la réalité de la rencontre. Le réel n’est ni « purement rationnel », ni une structure de fait donnée. Tu écris ainsi « (...) il semble que la mathématique, qui, dans le sillage du leibnizianisme, devient une mathématique qualitative et une science générale des situations, tend à s’emparer du monde qu’elle exprime et résume dans les structures fondamentales. La réalité, cependant, se défend : non seulement l’existence, dans sa fluidité et ses débordements, ne se laisse pas du tout réduire à la logique des classes et à la figure de l’appartenance, mais l’opération même de classer, appliquée aux êtres les plus banals, rencontre en fait d’emblée de multiples difficultés. »⁹

Tu écris par ailleurs qu’il faut renoncer au principe de correspondance avec un réel supposé monovalué. Il s’agit de montrer comment la physique s’ouvre à une réalité dont il ne s’agit plus de se demander comment est le réel – la question n’est plus non plus l’image que la physique donnerait d’une réalité, mais ce que le rapport de la physique à la réalité actuellement implique. Je te cite : « L’irréalisme ne consiste pas à affirmer que rien n’est réel mais que nous ne manipulons que des représentations au sein d’une pluralité irréductible qui se substitue à l’usuelle ontologie univoque. » « Le réel devient relationnel. Il ne s’agit plus tant de découvrir la structure intime et intrinsèque que de comprendre comment l’extériorité-à-soi répond à une manière de faire un monde. »¹⁰ « Le réel n’est plus, il fonctionne. Il répond aux sollicitations et forme des univers sur nos propositions. »¹¹

Le réel en quelque sorte sur-existe comme matrice de relations. C’est pourquoi, pour

toi, le réel ne vient pas « réduire » la prolifération des multivers mais la redoubler en ré-ouvrant l'idée même de mise en relation. Ainsi « Le fondement n'est ni l'Un parménidien ni même la multiplicité deleuzienne, il est une pluralité alternativement un et multiplicité selon les versions. Ces versions ne sont pas que des discours, elles sont les mondes. » ¹²

AB : D'abord, je voudrais revenir sur l'enjeu du multivers. Je ne partage pas exactement ton analyse. Je ne pense pas que le multivers soit un modèle élaboré pour répondre à une quelconque question. Si tel était le cas, il ne serait pas convaincant. Il est presque toujours possible de trouver un modèle qui permette de conduire aux effets escomptés. Ce qui est intéressant est justement que le multivers n'est *pas* un modèle. Il est, au contraire, une *conséquence* de modèles élaborés pour répondre à des questions très claires de physique des particules ou de gravitation relativiste. Les univers multiples apparaissent comme une *conséquence* de ces modèles, ils ne sont pas eux-mêmes le modèle. La théorie des cordes, par exemple, a été inventée pour tenter d'unifier toutes les interactions fondamentales et toutes les particules élémentaires. Il se trouve que les dernières avancées laissent penser qu'elle conduit à un quasi-continuum quasi-infini de lois possibles. Liée à l'inflation qui crée des univers-bulles, elle va donc permettre l'émergence d'un multivers de très haute diversité. Mais elle n'a pas été créée à cette fin : les enjeux ont trait à la physique des particules. De même, la gravitation quantique à boucle a été inventée pour tenter de concilier la théorie d'Einstein, d'une part, avec celle de Schrödinger et Heisenberg d'autre part. Le fait qu'elle conduise à un multivers temporel est une conséquence qui n'était pas *a priori* attendue. C'est d'ailleurs en ce sens que le multivers est une proposition testable (disons réfutable), même s'il est impossible d'aller effectivement visiter ces autres univers. Il suffit de tester localement la théorie qui le prédit : si cette théorie venait à être infirmée, toutes ses conséquences – y compris bien sûr ses univers multiples – s'effondreraient avec elle. A contrario, si la théorie venait à être suffisamment corroborée pour entrer dans le paradigme dominant, il serait inepte (et même tout à fait incohérent) de lui dénier la conséquence « univers multiples ».

Et, en effet, outre la formidable révolution qu'il représenterait s'il était avéré, le multivers apporterait également une réponse à une question fondamentale : pourquoi les lois de la physique semblent-elle si extraordinairement adaptées à l'existence de la complexité ? S'il n'existe qu'un seul univers (avec donc une seule « loi » physique à l'œuvre), il est extrêmement compliqué de comprendre pourquoi nous avons joui de cette incroyable chance conduisant à des structures complexes. A contrario, s'il existe une infinité d'univers peuplés par une multitude de lois différentes, il est tout à fait

compréhensible que certains d’entre eux soient hospitaliers et nous nous trouvons naturellement dans l’un de ceux-ci. Le problème de « naturalité » ou « d’ajustement fin » est ainsi résolu. De la même manière que notre planète, la Terre, n’est pas du tout représentative de notre univers (mais constitue un lieu exceptionnellement hospitalier), notre univers n’a pas vocation à être représentatif du multivers.

Au niveau plus philosophique, et sans que cela soit directement lié au multivers, je plaide en effet pour une vision strictement non-réductionniste de la physique. Pour le dire de manière simple et rapide, je suis sur ce point dans la droite ligne des propositions du philosophe américain Richard Rorty. Ne surtout pas tenter de voir dans la science une représentation du monde. Je pense qu’il serait fructueux – pour reprendre l’expression d’un autre philosophe analytique, Nelson Goodman – de considérer la physique comme une manière, parmi d’autres, de faire un monde. Autrement dit, comme tu le soulignais, de déplacer la question de l’essence vers la pratique, de l’ontologie vers le fonctionnement.

1. <http://lpsc.in2p3.fr/barrau/>
2. <http://lpsc.in2p3.fr/barrau/aurelien/cours.html>
3. Cf. ici http://lpsc.in2p3.fr/barrau/aurelien/gravite_etendue.pdf
4. Cf. par exemple *La géométrisation de la physique*, Paris : Flammarion, 1994)
5. On renverra à l’ensemble des travaux de Michel Bitbol, en particulier à *Mécanique Quantique, une introduction philosophique*, Paris : Flammarion, 1996, à *L’aveuglante proximité du réel*, Paris : Flammarion, 1997, à surtout à *De l’intérieur du monde*, Paris : Flammarion, 2010
6. Pour une synthèse à ce sujet, voir par exemple le second chapitre de Pierre Buser, Claude Debru, *Le temps, instant et durée : de la philosophie aux neurosciences*, Paris : Odile Jacob, 2011
7. http://lpsc.in2p3.fr/barrau/aurelien/multivers_lpsc.pdf
8. cf. http://lpsc.in2p3.fr/barrau/aurelien/multivers_lpsc.pdf, p. 95 - 98
9. p. 98
10. p. 123
11. p. 124
12. p. 123