

L'univers Anthropique¹

Jacques Demaret

Jusqu'à l'avènement de la cosmologie scientifique dans les années vingt, la réponse aux grandes interrogations métaphysiques classiques concernant l'Univers, son origine, son destin ainsi que le rôle que l'homme peut y jouer, relevait exclusivement de la philosophie et de la théologie.

Aujourd'hui, dans le cadre des récents développements de la cosmologie relativiste issue de la relativité générale d'Einstein, ces questions ont reçu un éclairage neuf, débouchant, il y a une quinzaine d'années, sur un ensemble d'idées synthétisées sous la dénomination de « Principe Anthropique ». Ce principe insiste sur les liens privilégiés, la connexion profonde qui existent entre les propriétés physiques et géométriques de l'Univers et l'existence d'êtres humains.

Depuis plusieurs années, il suscite énormément d'intérêt, mais aussi de controverses, aussi bien dans les milieux scientifiques que dans les cercles philosophiques. Personne, en effet, ne s'accorde véritablement quant à sa signification profonde, ni même d'ailleurs quant à son énoncé. S'il est adulé par certains qui le considèrent comme un principe fondateur, il est violemment rejeté par d'autres qui n'y voient qu'une résurgence d'idées anthropocentriques finalistes qu'ils estiment être totalement antiscientifiques. Cette bipolarisation n'est sans doute pas sans lien avec le vieux conflit entre, d'une part, les philosophies de type finaliste et tout particulièrement les philosophies théistes et, d'autre part, les systèmes de pensées athées.

¹ Texte d'une conférence présentée à l'UIP le 1er juin 1996. Jacques Demaret était maître de conférences à l'institut d'Astrophysique de Liège, où il enseigna la cosmologie et la relativité générale. Il a publié aux éditions Le Mail, dans la collection Science et Conscience, un important ouvrage intitulé : Univers, les théories de la cosmologie contemporaine.

Il ne faut naturellement pas confondre anthropique et entropique. Le mot anthropique vient de grec anthropos, (l'homme) et signifie « qui a rapport à l'homme ». L'entropie, quant à elle est un concept de thermodynamique.

En fait, les idées finalistes ont constitué un des grands thèmes de la réflexion humaine. Que l'on pense notamment à Aristote, pour qui le sens ultime des choses doit se rechercher dans leur « fin » plutôt que dans leur configuration actuelle ; que l'on pense à Leibniz et à Maupertuis, pour qui notre Univers est «le meilleur parmi les Mondes possibles ».

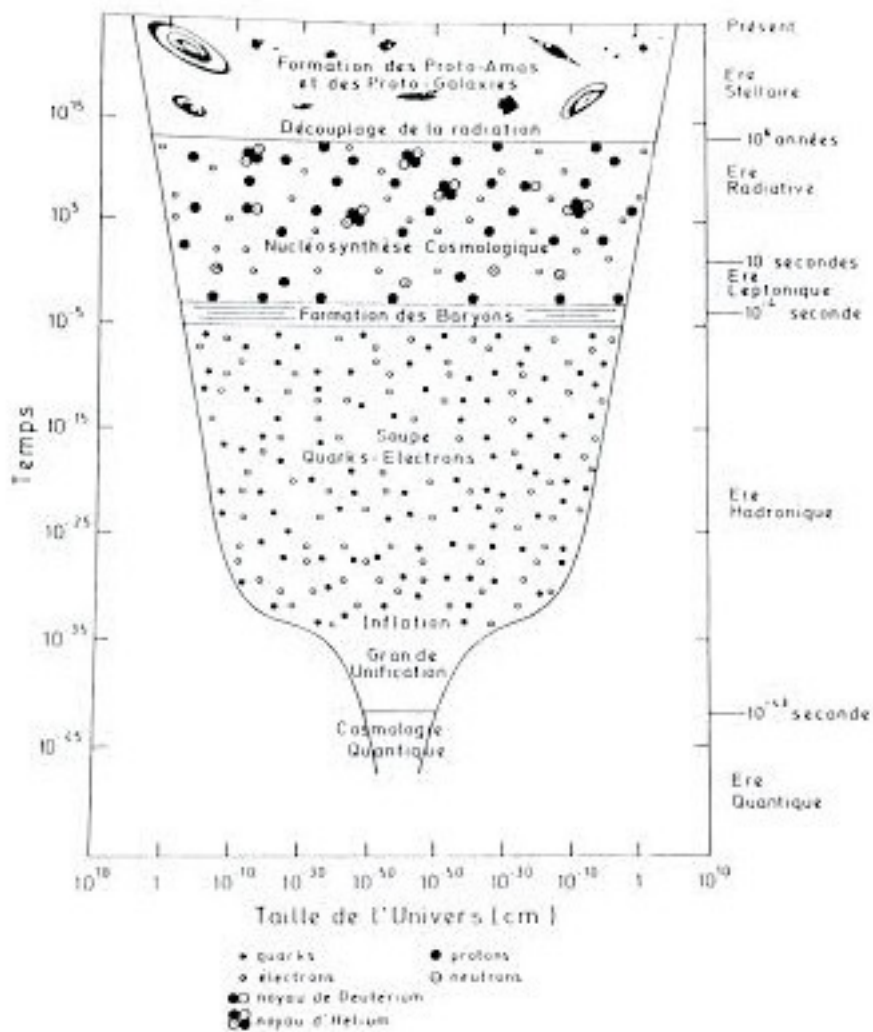
On doit, semble-t-il, les premiers arguments scientifiques de type anthropique au philosophe britannique Willan Paley qui, dans son ouvrage : « Natural Theology », publié en 1802, justifie la nécessité de la forme observée de la loi de la gravitation newtonienne sur la base de la stabilité des orbites planétaires que cette loi implique, condition nécessaire pour l'existence d'êtres humains.

Du côté des biologistes, les arguments de type finaliste n'ont pas manqué, surtout avant Darwin. Progressivement, s'est imposée l'idée que l'apparition d'êtres vivants et intelligents n'avait été possible que grâce à un certain nombre de propriétés physicochimiques tout à fait particulières des quelques éléments fondamentaux à la base de l'architecture des organismes vivants, c'est-à-dire essentiellement l'hydrogène, le carbone et l'oxygène. C'est la thèse centrale de l'ouvrage du biochimiste américain Lawrence Henderson « The Fitness of Environment » publié en 1913 : « On perçoit aujourd'hui que les propriétés de la matière et le déroulement de l'évolution cosmique sont intimement reliés à la structure des êtres vivants et à leurs activités ».

- Le concept révolutionnaire d'inflation cosmique, dû au physicien américain Alan Guth et selon lequel l'Univers se serait, extrêmement tôt, enflé considérablement (d'un facteur aussi important que 10¹⁰⁰) avant de connaître l'évolution beaucoup plus lente actuelle, typique du modèle standard pourrait rendre compte du caractère homogène et isotrope de l'Univers actuel et, peut-être, de la géométrie spatiale de notre Univers qui serait quasi-plane.
- Les théories unifiées les plus prometteuses portent le nom de *supergravité* et de théorie des *supercordes* : elles pourraient peut-être expliquer pourquoi notre Univers possède trois dimensions spatiales en visualisant l'Univers primordial comme un espace-temps multidimensionnel, respectivement à onze et dix dimensions (ces valeurs sont imposées par ces théories) qui, spontanément, se serait scindé en un espace-temps à quatre dimensions (dont trois spatiales), autrement dit notre Univers, alors que toutes les autres dimensions seraient rapidement devenues inobservables.
- La formulation théorique de la *cosmologie quantique*, due à Stephen Hawking et James Hartle, permet, sur la base de certaines hypothèses

simplificatrices, de rendre compte de plusieurs propriétés de l'Univers actuel, à partir de mécanismes physiques ayant opéré durant l'ère quantique, et peut-être aussi de se débarrasser de la singularité initiale, dont la présence apparaît comme une des difficultés majeures de la physique contemporaine.

Quel est le degré de succès de ces diverses tentatives de justification du caractère spécial de notre Univers ?



Sur ce schéma donnant la taille de l'Univers en fonction du temps écoulé depuis le Big bang, sont représentées les grandes époques de l'histoire cosmique. L'évolution de l'Univers est divisée en cinq grandes périodes baptisées selon l'espèce de particules qui y est prédominante. Exception faite de la toute première, l'ère quantique, les événements les plus marquants de l'histoire de l'Univers y sont indiqués. (Extrait d'Univers, de J. Demaret).

Tout d'abord la cosmologie chaotique, dont l'ambition est d'expliquer l'Univers actuel indépendamment des conditions initiales et de nier ainsi son caractère apparemment particulier et improbable, apparaît comme très difficilement viable : ainsi, un Univers anisotrope répugne à devenir isotrope au cours de son évolution ! D'autre part, il n'existe pas encore de réalisation satisfaisante du paradigme inflationnaire, et les faits observationnels en faveur de l'idée d'inflation sont ténus, si bien que le statut de ces modèles reste encore bien fragile.

Il en va d'ailleurs de même pour les scénarios cosmologiques issus des diverses théories unifiées et de la cosmologie quantique, où la part d'arbitraire est encore bien trop importante. En toute objectivité, malgré le prodigieux intérêt qu'elles suscitent et les perspectives tout à fait fascinantes qu'elles ouvrent, ces théories extrêmement ambitieuses (le théorie des supercordes n'est-elle pas souvent appelée : « théorie du Tout » ?) restent extrêmement spéculatives : croire qu'elles détiennent l'explication ultime de l'Univers relève encore d'un pur acte de foi, car aucune confirmation expérimentale n'a encore jamais pu étayer une seule d'entre elles.

Aussi, à notre sens, la question fondamentale : « *Pourquoi l'Univers est-il ce qu'il est?* », née de notre sentiment de surprise devant le caractère infime de la probabilité de réalisation a priori de l'Univers dans lequel nous vivons, n'a pas encore reçu de réponse satisfaisante. C'est Einstein qui confiait à un de ses assistants : « *Ce qui m'intéresse réellement, c'est de savoir si Dieu disposait d'un certain choix en vue de la création de l'Univers.* »

Il existe, cependant, une autre tentative de justification du caractère tout à fait spécial de notre Univers, qui est aujourd'hui à la fois très populaire et très controversée : il s'agit du Principe Anthropique qui met en évidence un certain nombre de contraintes imposées par notre présence dans l'Univers en tant qu'êtres vivants et pensants sur l'architecture géométrique et physique de ce dernier, voire sur son existence.

Une telle démarche a-t-elle a priori un sens et constitue-t-elle une explication potentielle viable de notre Univers? En fait, tout ce que nous pouvons demander à un modèle cosmologique, c'est d'être *compatible avec l'ensemble des données d'observation* et d'être *cohérent*. La physique ne permet d'ailleurs pas d'affirmer qu'un tel modèle soit unique et elle n'offre aucun critère de choix parmi les divers modèles cohérents possibles. Il en va aussi de même pour une éventuelle ultime théorie unifiée qui engloberait dans sa description l'Univers et ses propriétés ainsi que les composants microscopiques fondamentaux et leurs interactions.

Un tel schéma unificateur constituerait une description physique—mais non une explication physique—de la totalité du réel : une authentique explication physique, au sens où nous l'entendons, ne peut véritablement exister qu'entre *éléments* du tout, un de ceux-ci étant utilisé pour en expliquer un autre. Dans ce cadre d'idées, *notre présence dans l'Univers en tant qu'êtres vivants constitue un élément irréfutable de la réalité physique* - capital, affirmeront même certains, puisque c'est le phénomène dont l'existence apparaît pour chacun comme la plus solidement fondée - si bien qu'une explication cohérente des caractéristiques de l'Univers basée sur ce fait est certainement légitime et peut-être même tout à fait fondamentale.

Le seul fait de notre existence peut déjà nous fournir un certain nombre de renseignements intéressants sur la structure géométrique et physique de l'Univers : c'est dans ce cadre de pensée que se situe la démarche du cosmologiste Robert Dicke ; celui-ci, dès 1961, a avancé une explication de type anthropique à propos de la taille immense de l'Univers. Celui-ci doit être suffisamment vieux pour que nous ayons eu le temps d'apparaître. Or, la genèse d'êtres vivants est subordonnée à l'apparition de carbone ou, d'une manière générale, de noyaux suffisamment complexes qui sont nécessaires à la formation de molécules organiques. Ces noyaux, comme nous l'a appris l'astrophysique nucléaire dès les années cinquante, n'ont pu être synthétisés qu'au cœur des étoiles, au cours des phases avancées de leur évolution, postérieure à la phase de combustion de l'hydrogène, dite séquence principale.

Puisque nous sommes là, c'est que l'âge de l'Univers est au moins égal à la durée de vie d'une étoile sur la séquence principale, c'est-à-dire au moins quelques milliards d'années. Or d'après la cosmologie relativiste, un Univers ayant un tel âge, doit avoir une taille de l'ordre de quelques milliards

d'annéeslumière, comme l'Univers observable. Un Univers qui n'aurait par exemple, qu'une masse de l'ordre de celle d'une galaxie, ne pourrait vivre que quelques années, ce qui est manifestement insuffisant pour qu'aient pu apparaître étoiles et planètes susceptibles d'abriter des êtres vivants. Ainsi, pour Dicke, c'est notre présence dans l'Univers qui conditionne les dimensions de celui-ci.

Le raisonnement de Dicke constitue un exemple de ce que Brandon Carter, aujourd'hui à l'Observatoire de Meudon, a appelé plus tard, en 1974, « *Principe Anthropique faible* », qu'il a énoncé sous la forme suivante : « *La présence d'observateurs dans l'Univers impose des contraintes sur la position temporelle de ces observateurs, ainsi que sur des variables cosmologiques telle que la taille et la densité de l'Univers* ».

Cette forme faible du Principe Anthropique suscite très peu de controverses, mais il en va tout autrement de la forme dite forte, plus générale et plus spéculative, à laquelle certains reprochent de véhiculer des idées finalistes : elle stipule, selon l'énoncé de Carter que : « *La présence d'observateurs dans l'Univers impose aussi des contraintes sur l'ensemble des caractéristiques physiques de celui-ci, y compris les valeurs des paramètres fondamentaux des lois physiques qui la caractérisent* » L'énoncé de John Barrow et Frank Tipler est encore manifestement plus téléologique : « *L'Univers doit être adapté à l'apparition d'observateurs : les lois et les constantes de la nature doivent donc être telles que la vie puisse exister à un certain moment* ». Cette proposition est d'un caractère résolument métaphysique.

Il est tout à fait étonnant de voir à quel point la version forte du Principe Anthropique est potentiellement riche d'une série d'implications inattendues : ainsi, par le biais de notre existence, il paraît possible de justifier (sinon d'expliquer, au sens traditionnel du terme, c'est-à-dire en se référant à une chaîne causale de processus physiques) l'isotropie et l'homogénéité spatiale de l'Univers, ainsi que les valeurs des constantes fondamentales des théories physiques, pour lesquelles il n'existe pas encore d'explication satisfaisante. Des scénarios fictifs ont été étudiés, les valeurs de ces constantes physiques étant modifiées, ainsi que les propriétés géométriques et physiques de l'univers global, y compris le nombre de dimensions de l'espace. Les résultats obtenus mettent en évidence le degré extrême d'ajustement de la structure et de la physique de l'Univers nécessaire pour que puissent apparaître et se développer des êtres vivants.

Ainsi, des écarts parfois minimes aux propriétés de notre Univers sont suffisants pour que ne soient plus réunies les conditions nécessaires à la genèse de la vie et, notamment, la possibilité de formation du carbone. Comment mieux résumer ces résultats qu'en ces termes du physicien Freeman Dyson : « Lorsque nous regardons l'Univers et identifions les multiples accidents de la physique et de l'astronomie qui ont travaillé de concert à notre profit, tout semble s'être passé comme si l'Univers devait, en quelque sorte, savoir que nous avions à apparaître » ?

L'interprétation la plus immédiate du Principe Anthropique est *l'interprétation téléologique* traditionnelle de la théologie classique : un seul Univers dont les conditions initiales auraient été choisies parmi un ensemble défini de possibilités par un Créateur distinct de l'Univers matériel en vue de l'accomplissement d'un projet : la création d'êtres pensants.

Autre interprétation possible du Principe Anthropique, aujourd'hui très populaire malgré son caractère hypothétique, c'est celle qui fait appel à la notion *d'ensemble d'univers* : elle constitue, en fait, une tentative de porter au rang d'explication authentique ce qui n'était qu'une justification anthropique ad hoc, mais aussi de trouver un substitut à l'explication théologique du caractère particulier de notre Univers.

Le concept d'univers multiples ou parallèles est un thème cher à la science-fiction, mais aujourd'hui il fait de plus en plus partie du discours scientifique, en cosmologie et en physique des trous noirs, essentiellement. Ainsi, on imagine, suivant la suggestion de Carter, en 1974, qu'il puisse exister non pas un, mais un très grand nombre, voire une infinité d'univers différents, séparés les uns des autres et qui réaliseraient l'ensemble des combinaisons des propriétés géométriques et physiques possibles : les seuls univers où pourrait apparaître la vie seraient alors ceux dont les caractéristiques obéiraient au Principe Anthropique. Appartenant à un de ceux-ci, nous n'aurions plus à nous interroger sur son caractère extrêmement particulier, puisque en fait, nous ne pourrions nous trouver ailleurs...

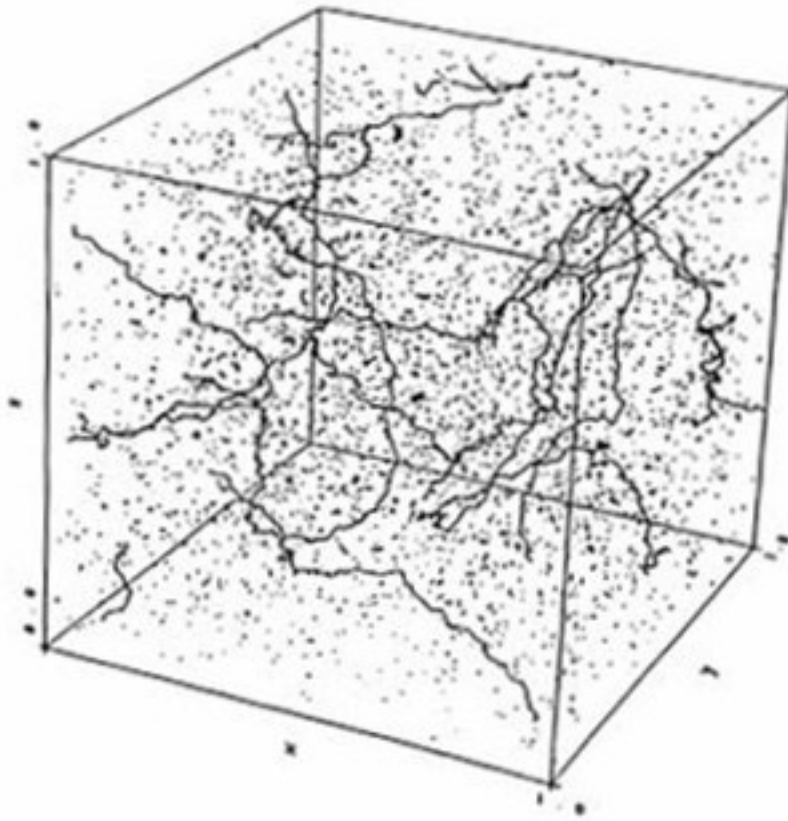
Diverses propositions de réalisation concrète de ce concept d'ensemble d'univers ont été avancées : ainsi, les univers multiples caractéristiques de l'interprétation dite d'Everett, Wheeler et Graham de la mécanique quantique, l'Univers globalement inhomogène et chaotique imaginé par Ellis contenant une

infinité (ou, en tout cas, un très grand nombre) de « miniunivers » de physique et géométrie différentes, l'Univers inflationnaire *autoreproducteur* d'Andrei Linde constitué d'un labyrinthe infini de miniunivers, chacun en inflation et possédant des propriétés géométriques et physiques différentes.

Bien sûr, au stade actuel de nos connaissances, toutes ces hypothèses restent extrêmement spéculatives et elles souffrent d'un grave défaut commun, à savoir l'impossibilité apparente (provisoire ou définitive?) de mettre en évidence des effets observables qui pourraient nous assurer de l'existence réelle d'autres univers que le nôtre.

Une autre réalisation possible de l'ensemble d'univers, proposée par John Wheeler, consiste en une succession infinie d'univers fermés, chaque cycle d'expansion-contraction étant complètement déconnecté des autres et étant caractérisé par des lois et des constantes physiques différentes. Wheeler a cependant renoncé à ce modèle cyclique pour un Univers à un seul cycle (commençant et se terminant par une singularité), représentant un type de cosmologie qu'il qualifie d'auto-référentielle, et dont le moteur est la présence *d'observateurs*.

Ceux-ci acquièrent un rôle actif capital de participant à la définition de la réalité et même, par une sorte de réaction mystérieuse du futur sur le passé, à la genèse de l'Univers auquel ils donnent un sens, par l'intermédiaire de leurs multiples actes de communication. Ainsi donc, pour Wheeler, les lois de la physique et toute la structure de l'Univers seraient conditionnés par l'exigence que ce dernier puisse réellement prendre naissance et par celle de produire des observateurs qui lui confèrent un sens. Ces idées relèvent manifestement de la philosophie sous-jacente au Principe Anthropique, poussée à son extrême : elles se situent apparemment aussi dans le prolongement du courant philosophique idéaliste.



*Simulation sur un ordinateur d'un réseau de cordes cosmiques. Un cube de côté égal à la moitié de la taille de l'Univers observable est représenté. L'évolution d'un tel réseau est complexe : des boucles apparaissent, à côté de longs fragments de cordes enroulées s'étirant à travers l'Univers et produisant, à leur tour, d'autres boucles. Des boucles cosmiques très massives ont pu attirer la matière avoisinante et ainsi former des « grumeaux », ayant servi de germes à la production de galaxies. Cette simulation est due à Bennet et Bouchet, *Physical Review Letters*, 60, 1988 : la figure reproduite ici est extraite d'*Univers*, de J. Demaret).*

Il existe même une formulation du Principe Anthropique encore plus audacieuse, qualifiée par ses auteurs, John Barrow et Frank Tipler, de « finale » : elle postule que l'intelligence, une fois apparue dans l'Univers, devrait y subsister éternellement. Ceci ne semble possible que si l'Univers est fermé et se termine par une singularité qui aurait, topologiquement, la structure d'un point, ce qui permettrait l'existence d'un nombre infini de transferts élémentaires d'information. Dans ce cas, la singularité finale de l'Univers pourrait être associée au *Point Oméga de Teilhard de Chardin*, considéré comme un être omnipotent, omniscient, omniprésent, créateur à la fois de lui-même et de l'Univers entier.

Sans aller jusqu'aux extrêmes que constituent les idées de Wheeler, de Barrow et de Tipler, il est clair que le Principe Anthropique, dans sa version forte, n'est pas à l'abri de critiques et celles-ci n'ont d'ailleurs pas manqué (pour plus de détails, nous renvoyons aux publications spécialisées, reprises parmi la liste de références). Une étude détaillée de la validité des divers arguments à la base de ce principe nécessiterait, en réalité, de la part des physiciens, un travail démesuré : bâtir de nouveaux univers avec des lois et des constantes physiques différentes de celles du nôtre ; on mesure toute la difficulté d'une telle tâche...

Il est cependant manifeste que la raison principale de l'hostilité profonde témoignée par un grand nombre de scientifiques à l'égard du Principe Anthropique fort est le caractère explicitement finaliste de celui-ci. Le succès de l'hypothèse des univers multiples s'explique alors par le fait qu'elle apparaît comme un moyen de justifier, par le jeu des probabilités, l'existence d'un univers extrêmement particulier tel que le nôtre et, en postulant la réalisation effective de toutes les probabilités, d'éviter les conclusions qu'un choix ait dû être opéré par un Être distinct de l'Univers matériel, parmi une infinité de possibilités virtuelles, une conclusion qui constituerait un élément métaphysique extrascientifique.

Mais, même si l'on fait abstraction de son caractère ad hoc et de l'impossibilité actuelle de toute vérification expérimentale, cette hypothèse des univers multiples soulève un certain nombre de problèmes de principe très difficiles. D'abord, est-elle tout compte fait si différente de l'interprétation téléologique faisant appel à un Univers unique? En effet, existe-t-il a priori *obligatoirement* au moins *une* certaine combinaison définie de lois physiques et de valeurs des constantes fondamentales, réalisée dans un univers particulier, qui permette l'existence de la vie?

De plus, on ne peut manquer de trouver quelque peu surprenante une réponse à une interrogation née du sentiment de surprise devant la taille de l'Univers (comme dans le raisonnement de Dicke) qui fasse appel à une infinité d'univers tout aussi vastes et dont l'existence est, pour le moins, sujette à caution. Serait-ce là réellement le prix à payer pour assurer l'émergence de la vie dans l'Univers? Que penser, d'autre part, du principe défendu par certains, selon lequel tous les univers logiquement possibles doivent, *par nécessité*, exister, disjoints les uns des autres, certains stériles, d'autres propices à l'éclosion de la vie ? De toute manière, le recours à un tel Univers composé d'une infinité de « miniunivers » n'évite aucunement le problème fondamental de la création du

Monde matériel, au sens métaphysique du terme ; celui-ci se trouverait même plutôt exacerbé, dans ce contexte d'infinitude spatiale et temporelle.

Quel est finalement le statut actuel du Principe Anthropique? Pour certains, ce principe n'a aucun intérêt, ni scientifique, ni philosophique, et devrait être banni au plus tôt du discours scientifique ; d'autres, par contre, y voient le principe le plus fondamental, le plus proche d'une explication ultime, dont nous disposons. D'autres, encore, sont disposés à le tolérer et y ont recours, mais uniquement comme pisaller, dans l'attente de la théorie unifiée tant convoitée ; ils estiment, en effet, qu'en possession d'une telle théorie ultime, il conviendrait de reléguer le Principe Anthropique au rang de curiosité marginale de la science.

Nous ne partageons pas ce point de vue car, d'une part, comme nous l'avons déjà souligné, l'argumentation anthropique, si elle est différente de l'explication scientifique traditionnelle, n'en est pas moins tout aussi légitime ; elle lui est, en fait, complémentaire. D'autre part, même si toutes les coïncidences d'apparence anthropique pouvaient être expliquées à l'aide d'une théorie physique fondamentale, il n'en resterait pas moins remarquable que les formes des lois physiques et les valeurs des constantes associées soient justement celles qui sont propices au développement de la vie.

Le Principe Anthropique peut certainement être considéré comme un *principe d'intelligibilité* et de cohérence du cosmos, au sens où, pour reprendre le beau texte de Jean Ladrière : « Des données dispersées, apparemment arbitraires, si on les considère séparément, prennent un sens à partir du moment où on découvre non seulement qu'elles sont cohérentes mais que leur cohérence assure l'émergence d'un fait privilégié, considéré comme suffisamment chargé par lui-même de sens pour fonder une compréhension satisfaisante de l'ensemble ».

Mais, la véritable signification du Principe Anthropique nous paraît, en fin de compte, authentiquement téléologique ; citant de nouveau Jean-Ladrière « Ce serait de nous suggérer une lecture qui, au lieu de monter d'échelon en échelon, de conditionnement en conditionnement, descend au contraire du pôle de centration le plus extrême qui s'atteste dans l'expérience, de proche en proche, vers les conditions informatiques, biologiques et cosmiques de son émergence. C'est l'unité la plus achevée, l'individualisation la plus forte qui donne sens et non l'inverse. »

Ainsi donc, notre place dans l'Univers et le rôle de l'Univers dans notre genèse sont aujourd'hui différemment appréciés de ce qu'ils l'étaient dans le passé, avant les récents développements de la cosmologie scientifique : pendant longtemps, l'immensité de l'Univers, la profusion des grandes structures cosmiques ont été considérées uniquement comme un décor dont la majesté reflétait la grandeur de leur Créateur ; de même, les étoiles ne devaient manifestement servir à rien, sinon qu'à témoigner de leur Auteur.

Aujourd'hui, avec l'avènement des idées anthropiques, l'Univers acquiert un rôle de « machine » à fabriquer des êtres vivants et pensants, chargés de sens parce que conférant un sens à cet Univers. On ne peut manquer de penser, à ce propos, que le Principe Anthropique constitue le premier pas vers cette vraie physique à laquelle aspirait Pierre Teilhard de Chardin lorsqu'il écrivait : « La vraie physique est celle qui parviendra, quelque jour, à intégrer l'homme total dans une représentation cohérente du Monde ».

Bibliographie

J.D. BARROW, F.J. TIPLER et M.O. MONCHICOURT, *L'homme et le Cosmos*, Editions Imago, FranceCulture, 1984.

J.D. BARROW et F.J. TULER, *The Cosmological Anthropic Principle*, Oxford University Press, 1986.

B. CARTER, *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*, dans *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, Symposium of the International Astronomical Union n°63, édité par M.Longair, Reidel, Dordrecht, 1974, p.291298.

P.C.W. DAVES, *The Accidental Universe*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

J. DEMARET et C. BARBIER, *Le Principe Anthropique en Cosmologie*, Revue des Questions Scientifiques, 152, 1981, p.181-222 ; 152, 1981, p.461509.

J. DEMARET, *L'Univers, la physique et l'homme*, publication de l'école des sciences philosophiques et religieuses, Facultés universitaires SaintLouis, 1989.

J. DEMARET, *Univers, les théories de la cosmologie contemporaine*, Editions Le Mail, Paris, 1991.

S.W. HAWKING, *Une brève histoire du temps*, Flammarion, Paris, 1989.

J. LADRIERE, *Le Principe Anthropique, l'homme comme être cosmique*, Cahier de l'école des sciences philosophiques et religieuses, Facultés Universitaires SaintLouis, 2, 1987, p. 731.

H. REEVES, *L'heure de s'enivrer*, Éditions du Seuil, Paris, 1986.