

La physique et la nature

HERVÉ BARREAU

CNRS-Strasbourg, 23 rue Goethe,
F-67000 Strasbourg

"Les lois de symétrie ne peuvent régner que sur des systèmes physiques dans lesquels les lois de conservation sont déjà instaurées. Elles ne règnent que sur un monde immobile, sans passé et sans avenir, où l'évolution n'a pas droit de cité et où le temps ne s'écoule pas". (Georges Lochak, *la géométrisation de la physique*, p.196)

L'histoire de la physique est celle de sa géométrisation, soit sous la forme de l'espace euclidien inventé par les Grecs et mis en œuvre par eux-mêmes, soit sous la forme d'espaces abstraits, que les progrès des mathématiques ont mis à la disposition des physiciens théoriciens à partir de la deuxième moitié du XIX^e siècle. Entre ces deux formes de géométrisation, l'utilisation de l'algèbre et de l'analyse, où s'illustrèrent les grands pionniers des XVII^e et XVIII^e siècles, marque plutôt une transition que l'emprunt d'une autre méthode.

Tel est le thème admirablement développé par Georges Lochak et qui fournit la trame de son livre remarquable *La géométrisation de la physique*¹. Ce qui fait la force d'un tel livre, ce n'est pas seulement qu'il indique le secret des réussites de la physique moderne, c'est aussi qu'il ne cache pas le prix qu'il a fallu payer pour obtenir ces réussites, à savoir la négligence un peu

¹ Georges Lochak, *La géométrisation de la physique*, Paris, Flammarion, 1994

près totale d'un autre aspect de l'objet de la physique, un aspect qui nous est familier tout en demeurant mystérieux: le changement continu de la nature sous l'effet d'une causalité qui est irréductible à des lois de conservation. Outre le texte cité plus haut, en exergue de cet article, on peut citer un autre passage, non moins éloquent et sévère: "Les théories relativistes et quantiques ne peuvent décrire qu'une certaine stationnarité, mais non la manière dont elle s'instaure. C'est pourquoi la symétrie y joue un grand rôle: elles ne décrivent qu'un monde figé dans une sorte d'éternité, où tout est déjà arrivé"².

Pas davantage que l'auteur de cet implacable constat, on ne voudrait ici offrir "l'idée manquante" qui restituerait l'image intégrale de la nature. Mais, puisque, selon l'auteur de ce constat, l'autre physique serait celle de *l'irréversibilité et de l'écoulement du temps*, une physique qui, malgré la thermodynamique, reste à l'état d'"avancées" et de programme, on voudrait plaider pour une philosophie de la nature qui, sans aucunement faire fi de l'une et de l'autre physique, en les retrouvant même autant que c'est possible, prendrait l'Evolution cosmique comme son thème fondamental, un thème dont la raison philosophique devrait retrouver les principes.

Le fait de l'évolution cosmique

Le premier principe consiste à admettre le fait de l'Evolution cosmique. Car ce n'est pas un fait qu'on trouve au bout de son microscope ou de son télescope. Si c'était le cas, ce fait serait admis par tous les physiciens, et, à plus forte raison, par tous les cosmologues. Récemment encore un livre a été publié par d'éminents astronomes, qui prend le contre-pied de la théorie cosmologique standard, celle du Big Bang³. Einstein lui-même, qui fut l'initiateur de la cosmologie moderne, laquelle dérive de sa théorie relativiste de la gravitation, fut d'abord plein de réticences pour le modèle d'"explosion initiale", proposé par Georges Lemaître⁴, un modèle que, selon cet inventeur, il jugeait même 'abominable'⁵. Ce modèle, confirmé en 1929 par Hubble qui

² *ibid.* p.255

³ Fred Hoyle, Geofroy Burbidge, Jayant Narlikar, *A different Approach to Cosmology*, Cambridge University Press, 2000

⁴ Georges Lemaître, "Un univers de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques", *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, 47 A, 1927, p.49-59

⁵ Georges Lemaître, "Rencontres avec Einstein", *Revue des questions scientifiques*, 70^e année, t.CXXIX, n°1, p.129-132. Cette référence, comme la précédente, est

mit en évidence l'éloignement de plus en plus rapide des galaxies en fonction de leur distance mutuelle, conduisit Einstein à renoncer à sa "constante cosmologique", qu'il avait introduite pour garantir un Univers statique, malgré l'inexistence de solutions statiques pour les dix équations de la relativité générale (une contrainte relativiste que Friedmann avait mise, de son côté, en évidence en 1922). Aujourd'hui on invoque la constante λ d'Einstein soit pour rendre compte des difficultés rencontrées par la théorie standard dans la fixation de l'âge de l'Univers, soit pour rendre compte de l'énigme que représente, au sein des amas de galaxies, "la matière manquante" qui expliquerait les mouvements individuels des galaxies. Il est frappant que le recours à cette constante n'est plus jamais invoqué pour échapper à la nécessité de poser un début de l'expansion, c'est-à-dire un Big Bang, selon le terme familier qu'a proposé Hoyle pour s'en moquer. Mais si le mécanisme de cette explosion initiale n'est guère élucidé, malgré les hypothèses qu'on a pu faire en tâchant de marier la Relativité et les Quanta⁶, le fait qu'elle a dû se produire semble s'imposer par deux sortes de considérations qu'il convient de rappeler ici.

La première sorte est certainement la plus forte, car elle rend compte d'un fait inaccessible par un autre fait, qui est lui-même tout à fait accessible: c'est le rayonnement isotrope de $2,7$ K, découvert par Panzias et Wilson en 1965. On sait que ce rayonnement avait été prévu, avec une approximation remarquable, par Gamov dès 1946. C'est au moment où les théoriciens de Princeton cherchaient à s'assurer de l'existence de ce rayonnement fossile que la découverte de Panzias et Wilson leur apporta la réponse attendue. Depuis cette découverte, les objections qui tendent à dissocier le fait de ce rayonnement de l'hypothèse de l'expansion sont généralement réfutées. En 1992, par exemple, la sonde Cobe apporta une moisson de résultats précieux, car elle montra que les traces d'anisotropie décelées dans le rayonnement fossile pouvaient rendre compte de la naissance des galaxies, difficilement explicable dans un Univers parfaitement homogène que postule par commodité la théorie standard. Tout récemment, trois astrophysiciens ont réussi à mesurer la température du fonds diffus cosmologique, qui était celle de l'Univers il y a douze milliards d'années, quand la lumière d'un quasar a traversé un nuage de gaz dont ils ont étudié le spectre : cette température

empruntée à l'ouvrage de Dominique Lambert, *Un atome d'univers, la vie et l'œuvre de Georges Lemaître*, Editions lessius et Racine, Bruxelles, 2000

⁶ cf. Robert Brout et François Englert, "Cosmologie quantique", *Aux Confins de l'Univers*, Paris, Fayard, 1987, p.267-307

devait être de $9^{\circ},5 \text{ K}^7$. Ce résultat confirme que l'Univers, auquel on attribue l'âge de quinze milliards d'années, se refroidit, en plein accord avec la théorie de l'expansion et avec la thermodynamique.

La deuxième sorte de considérations est plus subtile, car elle s'appuie sur des recherches théoriques dont Georges Lochak a montré, dans le livre précité, combien elles ont envahi le domaine quantique. Lochak a montré, en particulier, que la théorie de Yangs et Mills (1954) permet d'associer aux différents types d'interaction différents types de champs de jauge (locale). C'est dans cette perspective théorique que St. Weinberg et A. Salam ont réuni, en 1967-1968, l'électromagnétisme et l'interaction faible dans la théorie électrofaible, dont les tests expérimentaux se sont révélés positifs. On a même essayé de réunir la théorie électrofaible à la théorie de l'interaction forte dans une théorie de la grande unification (GUT), à laquelle on a même tenté de réunir l'interaction gravitationnelle. Voilà certes des "rêves de grandeur", comme les appelle Georges Lochak, auxquels ne correspond aucun test expérimental, du moins pour le moment. Mais l'idée que ces champs, d'abord réunis, se sont séparés au cours du refroidissement qui a suivi l'explosion primitive de l'Univers, a été soutenue par St. Weinberg lui-même dans un livre célèbre⁸. Certes Weinberg s'attache surtout à décrire le scénario cosmique dans ses phases successives: équilibre thermique initial, nucléosynthèse, formation des premiers atomes (hydrogène, hélium) qui entraîne le découplage de la matière et du rayonnement, lequel permet aux galaxies et aux étoiles de commencer à se former. Ce scénario cosmique généralement admis n'est fondé lui-même, chez Weinberg, que sur des principes plus classiques tels que la conservation de la charge électrique, du nombre baryonique et du nombre leptonique. Mais le lien avec les théories de jauge est déjà expressément indiqué pour la première seconde, où se passent les séparations entre champs⁹. Aujourd'hui la plupart des cosmologues combinent les deux modes de description, comme si les transformations du champ primordial étaient logiquement et épistémologiquement premières¹⁰. L'important n'est-il pas, en effet, que ces deux modes coïncident, de telle sorte que la géométrisation de la physique, qui s'est développée à partir de progrès théoriques, reçoive finalement une justification quasi-ontologique de

⁷ Nicolas Bourguoin, "l'univers se refroidit, le big-bang se vérifie", *Libération*, 22 décembre 2000, p.24

⁸ Steven Weinberg, *Les trois premières minutes de l'univers*, trad. française aux Éditions du Seuil, 1978 et 1988

⁹ *ibid.* chapitre 7 "le premier centième de seconde", p.157-173.

¹⁰ cf. Jean Audouze, *L'Univers, que sais-je?* n°687, chap.IV, p.105-117

la chronologie qui a gouverné l'Evolution de l'Univers dans ses premiers instants?

La cosmologie moderne, à défaut d'une rigueur parfaite, livre donc au moins une clé de la flèche du temps: c'est le refroidissement de l'Univers au fur et à mesure de son expansion. Avec elle une explication causale, telle qu'elle est visée en toute histoire, est donnée de la désunification des forces et des quatre ères de l'Univers, dont la dernière (ère matérielle ou stellaire) est évidemment la plus longue, puisqu'elle commence avec la fin de l'ère radiative, dont la datation approximative correspond à un million d'années de l'âge de l'Univers. Entre l'ère de la première seconde dite "particulaire" et l'ère radiative s'intercale l'ère "nucléaire" des trois premières secondes. C'est dans l'ère matérielle que la vie et la pensée ont pu apparaître. Or rien, dans la physique elle-même, n'autorise à trouver vraisemblable cette double apparition. Comme l'écrit Weinberg dans l'épilogue de son livre: "Plus l'univers nous semble compréhensible, et plus il semble absurde"¹¹. L'absurdité dont il est fait mention ici réside dans le contraste entre la majesté inhumaine du déroulement cosmique et l'ilot humain qui apparaît comme "une partie minuscule d'un univers écrasant et hostile"¹². Et pourtant, quelques lignes plus haut, le même auteur n'a pu se retenir d'écrire: "Il est quasiment impossible aux êtres humains de ne pas croire qu'il existe une relation particulière entre eux et l'univers, que la vie n'est pas seulement l'aboutissement grotesque d'une suite d'accidents remontant dans le passé jusqu'aux trois premières minutes, mais que, d'une certaine façon, nous fûmes conçus dès le commencement"¹³.

Le principe anthropique: un principe de finalité

Le deuxième principe, proprement philosophique, de la philosophie de la nature qui s'inspire de la cosmologie moderne, consiste à dire que cette "relation particulière" entre l'Univers et l'espèce Homo est une relation de finalité. C'est ce qu'on désigne habituellement par "le principe anthropique fort". La version faible du principe anthropique, à laquelle la plupart des physiciens trouvent prudent de se tenir, consiste à dire qu'en faisant l'histoire de l'Univers on ne peut omettre le fait que, puisque l'homme est apparu, cette apparition était possible, et donc qu'on peut en chercher les causes

¹¹ *op.cit.* p.179

¹² *ibid.*

¹³ *ibid.*

accidentelles. Selon le principe fort, ces causes accidentelles étaient, selon l'expression éloquent de Weinberg, "conçues dès le commencement". C'est donc un renversement de perspective qu'il faut opérer par rapport à la causalité physique habituelle, non que ces causes accidentelles soient niées, mais on s'autorise à nier qu'elles soient purement accidentelles. Si cette philosophie s'inspire de la cosmologie moderne, sur quels arguments peut-elle elle-même se fonder, qui ne soient pas seulement métaphysiques, étant bien entendu qu'il faut sans doute une certaine curiosité métaphysique (au nom de quoi celle-ci serait-elle défendue puisque notre présence dans l'Univers constitue pour la raison une énigme?) pour se prévaloir de tels arguments ?

On ne gagne rien, nous semble-t-il, à confondre, comme s'il s'agissait des mêmes conditions, considérées ici comme des moyens en vue d'une fin, l'apparition de la vie et l'apparition de la pensée. Certes la seconde suppose la première, quand on considère ce vivant particulier qu'est l'homme. Mais il est possible qu'existent des êtres pensants, dans cet Univers ou ailleurs, qui ne soient pas assujettis à l'existence biologique telle qu'elle se manifeste chez nous. Par conséquent, en prenant le "principe anthropique" dans sa polarisation sur l'être humain, on a tout intérêt à distinguer les conditions qui ont permis la vie, et celles qui ont permis la pensée. Bornons-nous d'abord aux premières. Il est maintenant classique de distinguer, à cet égard, les conditions dites cosmologiques et les conditions dites physiques. Brandon Carter avait même proposé de lier le principe anthropique faible aux premières, et le principe anthropique fort aux secondes¹⁴. Outre qu'il est assez arbitraire de distinguer ces conditions les unes des autres si l'histoire du Cosmos peut donner raison de ses caractéristiques physiques elles-mêmes, comme on a donné plus haut des raisons de le penser, il vaut mieux, d'un point de vue philosophique, réserver l'acception forte du principe à celle qui fait usage de la finalité, et l'acception faible à celle qui s'en défend. On ne retiendra donc ici la classification entre conditions cosmologiques et conditions physiques que pour sa commodité. Il faut ajouter que, d'un point de vue historique, les premières ont été formulées avant les secondes. C'est Dicke, en effet, qui, le premier, a résolu "l'absurdité" dont nous parlions entre la petitesse de l'humanité et l'immensité de l'Univers, en faisant remarquer que, si l'on considère que les noyaux lourds des atomes qui entrent dans les

¹⁴ Brandon Carter, "Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology", *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, Symposium IAU n°63, édité par M.S.Longair, Reidel, Dordrecht, 1974,p.291

molécules organiques n'ont pu être synthétisés au cœur des étoiles qu'au cours des phases avancées de leur évolution, il fallait que l'Univers soit assez vieux, et donc déjà fort avancé dans son expansion, pour que nous ayions eu des chances d'apparaître¹⁵. D'autres arguments de cette sorte ont été donnés concernant la courbure et la masse de l'Univers, qui doivent évidemment permettre la formation des étoiles. Les conditions strictement physiques, de leur côté, ont trait aux constantes de couplage des quatre interactions fondamentales. S'il s'agit de l'interaction forte, une diminution de la constante de couplage entraînerait qu'aucun noyau autre que celui de l'hydrogène ne pourrait exister; par contre une augmentation de la constante de couplage entraînerait la formation de noyaux très lourds, très stables, et par conséquent l'inexistence de l'atome de carbone. S'il s'agit de l'interaction électromagnétique, une diminution de la constante rendrait toute liaison chimique impossible; son augmentation rendrait très difficiles les réactions chimiques, et, par conséquent, l'émergence de la vie. S'il s'agit de l'interaction faible, une diminution de la constante empêcherait la combustion de l'hydrogène dans les étoiles qui conduit à la fabrication d'éléments plus lourds; son augmentation conduirait, par contre, à la transformation totale de l'hydrogène en hélium (sans autre élément). S'il s'agit de l'interaction gravitationnelle, une diminution de la constante entraînerait l'inexistence des supernovae, c'est-à-dire l'inexistence de l'éjection d'éléments lourds; une augmentation de la constante entraînerait des réactions nucléaires si rapides que la durée de vie des étoiles devrait être très courte et qu'il n'y aurait pas de planètes porteuses de vie éventuelle¹⁶. On constate donc qu'une très légère différence dans le réglage des relations entre les éléments physiques qui concourent à l'apparition de la vie sur une planète comme la Terre, rendrait cette apparition impossible. Cet ajustement extraordinaire des paramètres tant physiques que cosmologiques de l'Univers a fait écrire au physicien F.J.Dyson: "Lorsque nous regardons l'Univers et identifions les multiples accidents de la physique et de l'astronomie qui ont travaillé à notre profit, tout semble s'être passé comme si l'Univers devait, en quelque sorte, savoir que nous avions à apparaître"¹⁷. On peut relever dans l'exposé de cette réflexion que Dyson se trouve dans un certain embarras quant à l'identité du porteur du "dessein" qui a réglé la concordance des moyens en vue de l'apparition de la vie. Cet embarras est inévitable dans les questions métaphysiques, qui ne sont pas du ressort de la science; mais il montre, mieux sans doute qu'une

¹⁵ R.H.Dicke, *Nature*, 192, 1961,p.440

¹⁶ cf.Jacques Demaret "Le Principe Anthropique", *Aux Confins de l'Univers*, op.cit. Tableaux p.332-333

¹⁷ F.J.Dyson, *Scientific American*, 225, septembre 1971,p.51

affirmation tranchée, qu'on doit conclure à une finalité, quand les coïncidences sont si extraordinaires qu'on ne peut les imputer raisonnablement au hasard. La nature serait donc biocentrique puisqu'elle est réglée de telle sorte que la vie peut/doit y apparaître.

La vie est déjà très belle, sans doute, mais la pensée est plus belle encore, puisqu'elle est capable de diriger la vie dans les voies qui la maintiennent, l'enrichissent, lui procurent les satisfactions les plus hautes. Il convient donc de s'interroger sur la façon dont l'Evolution cosmique, dont on vient de voir qu'elle a été orientée vers l'apparition de la vie, a été relayée par l'Evolution biologique, dont le principe anthropique nous porte à croire qu'elle a été orientée vers l'apparition de l'*Homo sapiens*. Curieusement la question est plus difficile à débattre dans cette deuxième étape, non que les arguments manquent, car il ne sera pas difficile d'en produire, mais parce que le problème est plus ancien et que la plupart des biologistes pensent qu'il a déjà été résolu par la théorie darwinienne ou plutôt néo-darwinienne qui confie tout au hasard et à la sélection naturelle. En fait ce sont les difficultés à accorder cette théorie avec les faits du développement animal et hominidien, qui constituent les termes du problème d'aujourd'hui. Le problème se pose d'abord pour le développement des hominidés. Sur ce point, A.R. Wallace, co-découvreur avec Darwin de la théorie de la sélection naturelle, ne pouvait admettre que cette dernière explique le passage des singes supérieurs à l'homme. Plus récemment John C. Eccles a repris le problème qu'il présentait ainsi: "Ne peut-on pas se demander s'il n'existe pas une certaine propension des mutations à atteindre un but global au delà des mutations ponctuelles qu'envisage le gradualisme phylétique? On peut nommer cette question "problème de Wallace". L'existence d'un tel processus, d'une dynamique génétique entraînant le cerveau de l'homme à se développer bien au-delà de ce qu'exige la sélection naturelle dans le cadre strictement utilitaire de la survie peut être soutenue dans la mesure où le phénomène s'est produit dans plusieurs régions du globe apparemment indépendantes"¹⁸. La forme interrogative qu'Eccles a donné à sa thèse, à laquelle il croit ferme pourtant, montre bien qu'en ce domaine nous ne disposons pas de preuves scientifiques à proprement parler, mais seulement d'arguments de convenance, qui nous dissuadent surtout d'accorder crédit à la position néo-darwinienne. Cependant il faut bien se rendre compte qu'on se rend la partie d'autant plus difficile qu'on a accordé crédit aux thèses darwiniennes pour l'évolution pré-

¹⁸ John C. Eccles, *Evolution du cerveau et création de la conscience*, Paris, Fayard, 1992, p.321

hominidienne, comme a semblé le faire Eccles à la suite de Karl Popper. Si l'on adhère au principe anthropique, alors il faut considérer toute l'Evolution biologique comme la poursuite d'êtres vivants qui soient non seulement adaptés à leur milieu (ce dont les bactéries sont d'excellents exemples) mais de plus en plus puissants pour conquérir d'autres milieux (des poissons aux mammifères, en passant par les reptiles et les oiseaux) et enfin de plus en plus dotés de capacités de conscience et de réflexion (des singes supérieurs à *Homo sapiens*). Malgré les catastrophes qui ponctuent son cours, la vie ne va pas, semble-t-il, à l'aveuglette. Les progrès accomplis par la génétique, qui ont décomposé enfin les gènes jusque dans leurs composants moléculaires, auraient dû convaincre les généticiens que l'Evolution ne pouvait pas reposer sur des mutations accomplies par hasard. C'est ce que le mathématicien Marco Schützenberger s'est efforcé de démontrer¹⁹. Néanmoins le biologiste François Jacob, qui ne croit guère, de son côté, à la sélection naturelle et encore moins au gradualisme phylétique, pense que les gènes s'assortissent entre eux dans une espèce de bricolage: "Les résultats de l'analyse moléculaire semblent indiquer que la formation d'espèces nouvelles ne correspond pas à la simple addition de nouveaux gènes et de nouvelles fonctions en bout de développement d'organismes plus anciens. Le monde vivant ressemble à une sorte de Meccano. Il est le produit d'une vaste combinatoire où des éléments à peu près fixes, segments de gènes ou blocs de gènes déterminant des modules d'opérations complexes, sont agencés selon des arrangements variés"²⁰. Le problème est qu'on peut introduire n'importe quoi dans ce concept de "bricolage" dont on peut penser soit qu'il obéit au pur hasard, auquel cas on tombe dans la critique qu'a faite avec raison Schützenberger, soit qu'il obéit à une idée directrice, auquel cas on retrouve les voies de la téléologie. Ce sont ces voies qu'a voulu explorer le généticien Michael Denton, à la fois dans l'étude des matériaux de la vie et dans celle de son évolution: "Si la vie doit son existence au dessein, alors son devenir évolutif devrait lui aussi résulter du dessein. Certes, les preuves en ce sens, exposées dans la seconde partie de ce livre (sur l'arbre de la vie) sont moins convaincantes que celles avancées dans les premiers chapitres (sur les constituants de l'ADN); mais elles n'en restent pas moins compatibles avec l'hypothèse que le cours de l'évolution a été dirigé et que l'arbre de la vie présente une forme unique en son genre, façonnée dans tous ses détails essentiels par les lois de la nature. On a ainsi constaté qu'il n'était pas facile de concilier avec des explications

¹⁹ Marco Schützenberger, "Le hasard peut-il produire la complexité du vivant", *L'homme face à la Science*, Paris, Critérian, 1992, p.169-184

²⁰ François Jacob, *La Souris, la Mouche et l'Homme*, Paris, Editions Odile Jacob, 1997, p.133-134

darwinienne la curieuse égalité de rythme des mutations et des substitutions évolutives ainsi que la non moins curieuse régularité de l'évolution des protéines, ce qui a suscité d'intenses discussions au cours des vingt dernières années. Et, bien que ni l'un ni l'autre de ces phénomènes ne prouve l'existence du dessein, ils laissent à penser que derrière le processus évolutif se cache quelque chose de plus que les simples mutations au hasard. De même l'image qu'on se fait actuellement de l'apparition de la vie est également compatible avec l'idée d'une voie menant de façon programmée du monde inanimé de la chimie à celui de la cellule vivante. Les indices en faveur d'une évolution de type "saltatoire" et prouvant que les grandes transformations évolutives se sont produites rapidement n'ont cessé récemment de s'accumuler... Plus le cours de l'évolution se réalise par "sauts", plus il est crédible qu'il résulte d'un programme interne. Plus les "sauts" sont grands, moins il est crédible qu'ils aient été engendrés par un processus non dirigé²¹. Ce sont de telles réflexions, menées à tous les niveaux de l'Evolution cosmique et biologique, qui manifestent la véritable portée du principe anthropique. En effet, ce n'est pas un *principe déterminant*, comme l'est un principe scientifique qui impose une forme aux lois et aux phénomènes, et qui vit de son succès ou meurt de son infortune, c'est un *principe réfléchissant*, qui part de la diversité ordonnée pour retrouver l'unité qui l'ordonne et qui, comme Kant l'avait bien vu au tout début des théories de l'Evolution, ne peut être qu'une fin, qu'elle soit réalisée dans un être ou dans l'échelle des êtres²².

Conclusion

Dans leur formulation mathématique, les principes et les lois les plus générales de la physique ignorent la flèche du temps. C'est ce que *la géométrisation de la physique* permet de constater. Une autre physique pourrait sans doute compléter la première sur ce point. Mais l'auteur de cet article doute que cette seconde physique puisse avoir, au stade atteint par l'Evolution cosmique, une portée aussi vaste que la première. Cette dernière déploie sa puissance sous l'égide de principes et de lois, c'est-à-dire de la causalité formelle. L'attention aux causes efficientes restituerait sans doute le sens du temps, orienté du passé vers l'avenir, que la première physique néglige en survolant. Mais comme ces causes efficientes embrassent, de

²¹ Michael Denton, *L'évolution a-t-elle un sens?*, Paris, Fayard, 1997, p.515-516

²² Hervé Barreau, "Théorie générale de l'Evolution, le jugement réfléchissant et le principe anthropique", *1st International Conference on Philosophy of Science*, Universidade de Vigo, 1996, p.341-366

proche en proche, quoique de façon graduée dans notre Cosmos actuel, la totalité de l'Univers, il est peu vraisemblable qu'elles se prêtent à une théorie unifiée : c'est la spécificité de telle ou telle cause qui est importante dans un devenir suffisamment déterminé, et l'histoire humaine montre qu'on peut effectivement attribuer la responsabilité de certains processus à certains acteurs, qu'on distingue parmi la multitude des autres, qui ont une attitude plus passive. Pour retrouver l'unité de toutes les causes efficientes, on sait qu'il peut y avoir pour le devenir humain une philosophie de l'histoire; de la même façon peut se profiler une philosophie de la nature, telle que celle qui a été esquissée plus haut, pour le monde physique. Or la finalité qui caractérise l'une et l'autre de ces philosophies, quand elles n'abdiquent pas les exigences de la raison, n'abolit pas la flèche du temps, au contraire : elle montre que les efficacités peuvent se conjoindre quand elles sont animées par des objectifs suffisamment lointains, et pourtant dotés d'influence, et qu'ainsi leurs résultats s'accumulent sans se contrarier et s'enchaînent au cours d'une continuité faite de reprises et de relais. Il serait d'ailleurs important pour la philosophie tout court de montrer que la philosophie de l'histoire prend le relais de la philosophie de la nature, quand elle s'occupe d'éthique, et notamment d'éthique écologique. Dans la prise en compte de ce relais, la philosophie, si incertaine de son destin aujourd'hui, retrouverait un idéal de sagesse. Car la sagesse est pour le temps autant que pour l'éternité.

(Manuscrit reçu le 8 janvier 2001)