



HAL
open science

la flèche du temps et la cosmologie

Hervé Albert-R-E Barreau

► **To cite this version:**

Hervé Albert-R-E Barreau. la flèche du temps et la cosmologie. la flèche du temps et la cosmologie, May 2004, Besançon, France. pp.31-43. halshs-00292265

HAL Id: halshs-00292265

<https://shs.hal.science/halshs-00292265>

Submitted on 30 Jun 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La flèche du temps et la cosmologie

Hervé Barreau
CNRS-Strasbourg-Nancy

Dans notre expérience habituelle du temps, ce que nous appelons la flèche du temps ne fait aucun doute. L'expression signifie que le temps avance et qu'il semble se propager du passé, où tout se trouve réalisé, vers l'avenir, où beaucoup de choses, en particulier celles qui nous importent le plus, baignent encore dans l'incertitude. Nous savons ce qui nous est arrivé, et nous pouvons en faire en principe le récit; par contre, nous ne savons pas encore ce qui va nous arriver. Nous espérons obtenir la meilleure solution pour les problèmes qui nous préoccupent; nous redoutons la pire et faisons tout notre possible pour l'éviter. Voilà ce qui, pendant longtemps, n'a été mis en doute par personne.

Ce n'est qu'au XXème siècle qu'on a vu un philosophe, pourtant nourri de la tradition philosophique antérieure, prétendre que la temporalité primordiale, celle qui commande notre expérience du temps et devrait la caractériser, se déroule au contraire de l'avenir au passé et que cette direction paradoxale donne sa signification au présent qui s'y trouve subordonné, sans qu'on puisse parler d'une succession du passé au présent ni du présent à l'avenir. Tous les paradoxes sont possibles en philosophie, et la réflexion doit les accueillir pour tâcher d'y voir clair. Ce paradoxe-là, nous allons le voir, se résout aisément, du moins en première approximation. Il faut le rapporter à son origine, c'est-à-dire faire dériver cette opinion extravagante de l'orientation de pensée qui l'a fait naître. Si l'on définit, en effet, avec Heidegger, l'existence humaine comme la capacité de réalisation de soi qui se heurte dans l'avenir à la barrière de la mort - et personne, ne doute, c'est vrai, que la mort mettra un terme aux ressources dont dispose notre volonté pour agir - alors il est compréhensible qu'un être humain cherche à se réaliser selon son propre projet et qu'il souhaite, en prévision de ce moment de la mort, pouvoir se reconnaître dans la totalité de son passé. Dans cette perspective, c'est à la consistance de ce passé futur que le présent, qui se manifeste à chaque fois dans la situation qu'il convient d'affronter, se trouve subordonné et sollicité d'y prendre un sens. La temporalité heideggerienne repose ainsi sur la capacité humaine supposée d'anticiper l'avenir, du moins jusqu'à la mort.

Mais il est clair que la temporalité décrite par Heidegger exagère beaucoup cette capacité, car l'avenir est loin de pouvoir être anticipé, en particulier pour la place qu'il pourra ménager à notre initiative; quant au moment de notre mort, à moins que nous nous décidions au suicide, il nous est fondamentalement inconnu et ne dépend pas de notre volonté. Nous pouvons certes choisir nos valeurs et former des projets, mais nous ne pouvons prévoir les circonstances, où nous serons amenés à honorer les premières et à réaliser en partie, du moins si la chance nous est favorable, les seconds. Ce que la temporalité heideggerienne néglige totalement, et cela me semble grave, c'est l'ordre de la causalité, qui se moque de nos rêves et de nos prétentions. Les choses se réalisent au fur et à mesure, et cela se passe dans le présent, qui se trouve défini par cette réalisation elle-même, à partir de conditions qui sont léguées par le passé. Rien n'empêche donc que des facteurs imprévus et imprévisibles surgissent dans ce présent et changent les données de la situation qu'il nous faut chaque fois affronter. Ne pas tenir compte, dans le souci qui nous porte vers l'avenir, de ces facteurs, qu'on réunit sous le terme de hasard, et qu'on ne peut maîtriser à l'avance, c'est se condamner, à plus ou moins long terme, au désespoir. Encore une fois, la causalité va du passé à l'avenir et nous n'y pouvons rien.

1. la causalité en physique

Une fois que la causalité a été remise à l'endroit, on s'attendrait à ce que, dans le monde physique, la confirmation de la direction du temps qu'elle nous indique, soit éclatante. En fait, si nous y prêtons attention, cette confirmation n'est assurée que pour la petite partie du monde physique (et bien sûr social) qui dépend de la part que nous y prenons. Quand nous avons prise sur une chose, alors le geste qui la produit précède le résultat qui est visé. De cela nous sommes sûrs, car nous pouvons en faire l'expérience tous les jours. Pour le sens commun, la direction du temps et celle de la causalité n'en font qu'une. Il est pratiquement impossible de les dissocier. Comme l'écrivait Poincaré : disons-nous que les choses sont successives parce qu'elles dépendent les unes des autres, ou, au contraire, que les choses dépendent les unes des autres parce qu'elles sont successives? Soit, en langage savant : "Nous disons tantôt *post hoc, ergo propter hoc*; tantôt *propter hoc, ergo post hoc*; sortira-t-on de ce cercle vicieux? ¹". En fait dans la

¹ Poincaré(H.), *La valeur de la science*, chap. II, p.50

sphère de notre expérience habituelle, comme Kant l'avait bien vu ², les deux directions sont indissociables. Il est intéressant d'ailleurs de relever que ce postulat du sens commun était l'une des raisons pour lesquelles, vers la fin de sa vie, Poincaré réservait son accord à la Relativité d'Einstein, puisque, dans cette théorie, les intervalles dits du "genre espace" se prêtent, selon les observateurs, soit à une succession soit à son inverse soit à une simultanéité, pour des raisons strictement identiques, et cela ne doit pas nous choquer car les bornes de ces intervalles ne sont pas reliées causalement et n'offrent donc pas par elles-mêmes une direction unique qui s'imposerait à tous les observateurs. Il y a, dans la théorie d'Einstein, dissociation entre l'ordre temporel, qui est relatif à la perspective d'un observateur situé dans un repère déterminé, et l'ordre causal qui est limité par la vitesse maximale de la lumière, la même dans tous les repères. Cette dissociation est évidemment contraire au sens commun et constitue l'aspect contre-intuitif de la Relativité. Mais il ne faut pas croire que cet aspect contre-intuitif lui est particulier. En réalité, chaque fois que le sens pragmatique de la causalité n'a pas lieu d'intervenir, alors l'ordre de la succession temporelle révèle sa relativité. Imaginons, en effet, que l'ordre des événements physiques, comme on l'a longtemps pensé, soit cyclique. Alors la succession de deux événements A et B dépend de la situation où je me trouve à leur égard ; si je me trouve à l'extérieur de l'intervalle AB, alors A est antérieur à B; par contre, si je me trouve à l'intérieur de l'intervalle AB, alors B est antérieur à A. Pour les Anciens, remarquons-le, les mouvements célestes relevaient d'une régularité de ce type, qui fait prévaloir une sorte d'éternité sur la temporalité causale habituelle. Si l'on remarque que la science moderne est descendue du ciel sur la terre, comme le suggère l'exemple de l'astronomie, alors il faut s'attendre à ce qu'elle fournisse, elle aussi, des exemples de quasi-éternité plutôt que de temporalité causalement déterminée. En réalité, la situation est plus complexe, car l'on peut dire tout autant que l'astronomie moderne est née, avec Newton, de l'application de la mécanique terrestre aux mouvements célestes. Seulement la nouvelle mécanique mathématique est différente de l'ancienne, selon laquelle la force était proportionnelle à la vitesse qu'elle produisait. Dans la nouvelle mécanique, la force est proportionnelle à l'accélération, qui est la dérivée seconde de l'espace parcouru par rapport au temps. Or une équation différentielle de deuxième ordre par rapport au temps ne fait aucune différence entre le passé et l'avenir (elle est indifférente au signe de la variable temps). La détermination qu'elle produit vaut donc aussi bien en rétrodiction qu'en prévision. C'est la raison pour laquelle la science astronomique moderne a pu récupérer les prévisions de la science astronomique ancienne quand elles étaient exactes, et les corriger quand elles étaient erronées. La physique newtonienne, on ne cesse de le redire, du moins dans sa forme hamiltonienne qui est

² Kant (E.), *Critique de la raison pure, Analytique des Principes*, pp.182-195

fondée sur des lois de conservation, n'a aucune raison de porter sur l'avenir plutôt que sur le passé. D'où le discrédit inévitable qui est porté, dans la mentalité scientifique moderne, quand elle est seulement modelée par la physique classique, sur la notion de causalité qui procède du sens commun et qui, elle, privilégie l'avenir, sur lequel elle donne prise, plutôt que le passé. Ce dernier a pu provenir de causalités différentes, souvent totalement inconnues. Quand nous connaissons par contre parfaitement les conditions initiales, alors nous pouvons prévoir selon la science moderne; mais en général nous ne connaissons pas suffisamment les conditions régnautes dans le passé, et même jusqu'à aujourd'hui (où certaines influences nous échappent); c'est pourquoi nous ne pouvons rétrodire avec autant de certitude. Toutefois cette limitation de notre science est de fait, nullement de droit, et Laplace avait raison de dire que, si le déterminisme était vrai (ce qui est une hypothèse énorme), alors il s'appliquerait au passé comme à l'avenir et ne ferait aucune différence entre eux.

Il est bien connu que, non obstant l'aspect éternitaire de la mécanique moderne confirmé par les théories de la Relativité, les physiciens ont retrouvé la notion causale de direction du temps avec la thermodynamique et la notion d'entropie. Les machines thermiques ne produisent de l'énergie mécanique qu'à la faveur d'une chute de température. Il faut entretenir une source chaude, car l'énergie dispersée dans le froid n'est plus récupérable (à moins qu'elle soit mise en relation avec une source encore plus froide). L'entropie mesure cette dispersion d'énergie. Dans un système fermé, l'entropie ne peut qu'augmenter. C'est le second principe de la thermodynamique. Avons-nous vraiment récupéré, avec lui, la direction du temps, cette fameuse flèche qui va du passé à l'avenir? On a pu le croire durant un certain temps car tout, dans la Nature, est échange d'énergie et l'ordre se paye toujours, à l'échelle de notre expérience, par un accroissement de désordre. Mais à regarder les choses de plus près, les choses ne sont pas si simples. Car la thermodynamique s'analyse en mécanique statistique, et alors on s'aperçoit que l'augmentation d'entropie n'exprime qu'une plus grande probabilité, la marche contraire vers une entropie plus basse n'étant nullement exclue. C'est le paradoxe du démon de Maxwell. Un oeil fort perspicace, placé à l'orifice double de deux vases qui communiquent entre eux, et doté d'un pouvoir quasi-surnaturel, pourrait ouvrir l'orifice pour laisser passer les molécules rapides d'un vase à l'autre, le fermer quand les molécules sont plus lentes, et ainsi créer une différence de température entre les deux vases, le premier vase étant plus froid, le second plus chaud. Evidemment on peut "exorciser" le démon, et si l'on dote ce dernier de pouvoirs seulement physiques ou seulement humains, alors on pourra montrer qu'il dépense plus d'énergie à faire le tri qu'on lui demande qu'il n'en crée en séparant les molécules rapides des molécules lentes.

Si l'on munit, par exemple, le pauvre démon ainsi exorcisé d'une torche qui l'aide à faire ce tri, alors la loi pragmatique de la causalité lui sera applicable et il lui faudra dépenser beaucoup d'énergie pour créer un peu d'ordre. Certes il en est ainsi dès que l'on entre dans nos préoccupations pragmatiques, mais, pour la Nature, peut-on argumenter, il n'en est pas ainsi, car la Nature n'est pas soumise à nos contraintes. Telle était l'idée de Boltzman qui imaginait volontiers des régions de l'univers où l'entropie croissait, et où des êtres vivants qui ont besoin comme nous d'une direction constante du temps peuvent continuer à vivre, et des régions où l'entropie décroissait, du moins durant un certain temps, si bien que des cycles de croissance/décroissance de l'entropie étaient imaginables. Une telle idée était chère à Nietzsche, qui en avait besoin pour authentifier physiquement le mythe de l'éternel retour qu'il empruntait aux Stoïciens. Il n'était pas le seul à résister au mythe de "la mort thermique" que les protagonistes de la thermodynamique imaginaient pour l'univers, irrémédiablement soumis selon eux au nivellement des températures. Il est significatif que Poincaré lui-même répliquait à ce mythe qu'il était possible d'imaginer des "démons automatiques", c'est-à-dire gouvernés par des lois physiques, qui opéreraient sans dépense d'énergie le tri entre molécules rapides et molécules lentes que Maxwell avait attribué à son fameux "démon"; mais il reconnaissait que cette "idée si séduisante", qu'il empruntait à Arrhénius, ne pouvait faire l'objet d'une démonstration rigoureuse³.

Quand on se meut à l'intérieur de la thermodynamique et de la mécanique statistique, on est donc réduit à faire des hypothèses supplémentaires et optimistes en faveur d'une certaine préservation de l'ordre. Il est frappant qu'au XXème siècle des philosophes des sciences aussi prestigieux que Reichenbach et Grünbaum aient imaginé des systèmes branchés, qui s'alimentent à une source de basse entropie, et évoluent ensuite, pour la plupart, vers ces états d'entropie croissante, qu'appelle la traduction du second principe de la thermodynamique dans la mécanique statistique. La thermodynamique des systèmes irréversibles, développée par Prigogine et son école, repose d'ailleurs sur des hypothèses semblables : l'ordre peut être maintenu à l'intérieur d'un système ouvert, à condition qu'il s'alimente continuellement à une source de basse entropie.

2. la dérive entropique et la cosmologie

Tout prend une allure plus normale cependant, et moins imaginaire, si l'on se tourne vers la cosmologie contemporaine. Car la direction constante du temps que la

³ Poincaré (H.), "Le Démon d'Arrhénius", *Dernières pensées*, pp.342-352

physique moderne nous a finalement enlevée, la cosmologie nous la restitue. La clé de l'affaire, c'est qu'il n'y a pas de solution statique (c'est-à-dire dans un espace à volume constant), aux dix équations de la théorie relativiste de la gravitation, quand on l'applique, comme on y est naturellement conduit, à l'Univers entier. Einstein s'en était aperçu, mais il avait contourné l'obstacle, en inventant une constante cosmologique λ à caractère répulsif, pour équilibrer l'attraction gravitationnelle. Friedmann, au lieu d'imaginer cette constante, a proposé divers modèles d'univers qui augmentent ou diminuent de volume au cours du temps cosmique. Parmi ces modèles, c'est celui proposé par Lemaître, à savoir un univers en expansion à partir d'une explosion initiale, qui s'est finalement imposé. A l'origine ce modèle n'était étayé que par la fuite réciproque des galaxies, une fuite d'autant plus rapide que ces dernières sont plus éloignées les unes des autres : on a affaire à une dilatation de l'espace au cours du temps cosmique. Même les partisans de l'Univers stationnaire, c'est-à-dire d'un Univers qui présente toujours les mêmes caractères au cours du temps, ont dû reconnaître cette fuite réciproque, attestée par le red-shift qui s'explique par un effet Doppler. Ces partisans étaient contraints cependant d'introduire une création continuée de matière pour préserver l'homogénéité et l'isotropie de l'Univers au cours du temps. Cette hypothèse s'est révélée ce qu'elle était, c'est-à-dire une hypothèse *ad hoc*, quand on a découvert, en 1965, le rayonnement fossile de $2,7$ kelvin, qui a toutes les propriétés d'un rayonnement de corps noir, c'est-à-dire d'un rayonnement enfermé dans une enceinte qui est ici celle de l'Univers lui-même (spatialement fini et illimité dans tous les modèles relativistes). Ce rayonnement montre que l'Univers n'a cessé, en augmentant de volume, de se refroidir depuis le Big Bang initial. Or ce refroidissement n'est pas seulement un phénomène cosmologique; nous avons beaucoup de raisons de penser qu'il explique l'apparition des 4 forces d'interaction fondamentale que nous connaissons aujourd'hui. Au commencement de l'Univers, en effet, ces forces étaient unifiées, comme on a toutes raisons de le penser. C'est au cours de ce refroidissement cosmique que ces forces se seraient progressivement désunifiées, donnant naissance d'abord à l'interaction gravitationnelle, puis à l'interaction électro-nucléaire, qui réunissait l'interaction nucléaire à l'électromagnétisme, puis à l'interaction électro-faible, quand s'est séparée l'interaction forte, en suscitant un phénomène très bref d'"inflation", enfin à l'électromagnétisme, quand cette sorte d'interaction s'est séparée de l'interaction nucléaire faible. Quand la théorie de l'unification de ces 4 sortes d'interaction sera définitivement établie, alors ce scénario de la naissance de notre Univers actuel sera par le fait même définitivement assuré. Nous aurons progressé d'un très grand pas dans la connaissance de la Nature. Pour nous servir d'un exemple classique qui est très parlant, nous n'aurons plu à nous demander pourquoi le ciel, parsemé d'étoiles, devient noir, quand le Soleil a disparu depuis un certain temps à l'horizon. Ce phénomène

familier, dit paradoxe d'Olbers (1823), qui étonnait déjà Képler quand il remarquait que la noirceur du ciel était incompatible avec l'idée, pourtant admise à son époque, d'un Univers infini, où la lumière viendrait de toutes les directions, reçoit une explication aisée, bien que complexe, avec la fuite réciproque des galaxies, les limites de l'Univers visible borné par ce qu'on appelle l'horizon cosmique qui est fonction de l'âge de l'Univers, enfin la vie relativement courte des étoiles, qui naissent, meurent et probablement renaissent sous d'autres configurations.

La flèche du temps est donc restaurée par l'évolution générale de l'Univers, dans laquelle est plongée toute évolution partielle. Certes il y a des îlots d'entropie négative ou de néguentropie, et la vie biologique a pu se développer sur Terre, dans cet îlot du Système solaire, mais c'est au sein d'une dérive entropique universelle, qui interdit au cours du temps cosmique de se retourner en de petites ou larges régions, comme l'imaginait Boltzman. L'ordre de la causalité n'est pas seulement pragmatique et à l'échelle de l'homme, il s'origine dans un processus universel. Nous n'avons pas besoin des lois du hasard (qui permettent de considérer une probabilité infime comme égale à zéro) pour nous préserver d'un retournement de la flèche du temps. Reste pourtant une question: comment se fait-il que l'avenir est pour nous plus attirant que le passé et que, pour cette raison, la philosophie de Heidegger ait eu tant de succès? Comment se fait-il que le cours extravagant de la temporalité heideggerienne ait séduit tant de philosophes et même certains physiciens? A ces questions je ne vois qu'une explication qui, loin de nous entraîner dans un gnosticisme qui est par définition étranger à l'ordre de l'Univers et qui est caractéristique, comme l'a bien vu Hans Jonas, de l'ontologie heideggerienne, unit au contraire fortement l'humanité à la Nature, puisque cette dernière peut être considérée comme la matrice prédestinée de la première. C'est ce qu'il reste à examiner sommairement.

Cette explication supplémentaire, nous la devons encore à des astronomes qui n'ont pu éviter de se poser la question suivante : comment se fait-il que l'univers ait donné naissance à des observateurs grâce auxquels l'idée même d'Univers a pu s'imposer à leur conscience philosophique et même à la connaissance scientifique? A cette question ces astronomes n'ont pu donner que le type de réponse que fournissent les archéologues et les historiens quand ils rencontrent des vestiges de civilisations disparues et remontent aux conditions qui les ont rendus possibles : l'Univers était évidemment tel que la présence d'observateurs en lui était possible grâce à la naissance intermédiaire de la vie sur notre petite planète. C'est un raisonnement de détective, qui recueille des signes, et qui utilise la causalité à rebours. Ce raisonnement n'est pas dénué de valeur heuristique.

C'est ainsi que l'astronome Hoyle, frappé par l'importance du carbone dans la composition des êtres vivants et par le fait que, produit à l'intérieur des étoiles, il aurait, semble-t-il, toute chance d'être produit en moindre quantité que l'oxygène plus lourd - ce qui n'est pas le cas -, a mis les physico-chimistes sur la voie d'une "résonance" quantique, propre au carbone, qui rend très facile la formation de ce dernier à partir de noyaux d'hélium et de béryllium⁴. Dès 1961 d'ailleurs, l'astronome Dicke, frappé par les relations fondamentales qu'on détecte entre les constantes physico-chimiques, parmi lesquelles se trouvait incluse la constante de Hubble, qui permet de calculer l'âge approximatif de l'Univers, bien qu'elle varie au cours du temps, a repoussé l'hypothèse, qui tentait Dirac, et qui consistait à attribuer la même variabilité à toutes ces dites constantes. Cette hypothèse, nous le verrons, s'est révélée incompatible avec de nombreux faits. Or à la place de cette hypothèse hasardeuse, et finalement controuvée, Dicke a proposé le raisonnement suivant : la coïncidence en question, qui a été mise en valeur par Eddington, est caractéristique de tout univers abritant des observateurs et susceptible d'être étudié par eux. En effet, pour que des observateurs existent, il faut qu'ils aient pu naître, que la vie existât avant eux, que les atomes lourds dont a pu naître la vie aient été formés au cœur des étoiles, que les étoiles aient explosé après avoir terminé leur séjour sur la séquence dite principale, et que, l'Univers étant en expansion, cet Univers soit assez grand pour avoir vécu si longtemps⁵. Un tel raisonnement est caractéristique de ce qu'on a appelé depuis "le principe anthropique". Il repose sur la conviction que c'est notre existence dans l'Univers qui nous offre la meilleure clé pour comprendre les propriétés de l'Univers lui-même et celles de la matière physico-chimique qui s'est constituée à l'intérieur des étoiles. Ce que nous n'avons pas encore pu comprendre, on l'a vu, par la voie déductive qui s'avère difficile, bien qu'elle sera sans doute acquise un jour d'une façon ou d'une autre, nous pouvons l'appréhender indirectement par la voie rétrospective que pratiquent tous les historiens du passé humain. Alors une sorte de nécessité hypothétique rejaillit à partir des faits que nous constatons sans pouvoir encore les déduire. Cette nécessité se porte sur des constantes que l'activité scientifique nous conduit à reconnaître avec de plus en plus d'exactitude. C'est particulièrement net pour les constantes de couplage qui gouvernent l'activité des quatre interactions fondamentales. S'il s'agit de l'interaction gravitationnelle, une diminution de la constante entraînerait l'inexistence des étoiles 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 éventuelle. S'il s'agit de

⁴ cf. Barrow (J.), *Les origines de l'univers*, Paris, Hachette, 1997, p. 138

⁵ Demaret (J.), *Univers, les théories de la cosmologie contemporaine*, pp. 273-274

l'interaction forte, une diminution de la constante de couplage entraînerait qu'aucun noyau autre que l'hydrogène ne pourrait exister; par contre une augmentation 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 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 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.

Voilà ce que scientifiquement l'on peut dire, et ce dont la science peut tirer profit, comme on l'a vu plus haut sur l'exemple du carbone. Mais de ce dont la science profite, la réflexion philosophique peut également s'emparer. De même que Kant, dans le cours de la *Critique de la faculté de juger*, invitait à regarder l'étonnante adaptation mutuelle des parties d'un organisme comme le signe de l'unité finalisée de cet organisme⁶, de la même façon des scientifiques font appel à des considérations qui débordent leur science stricte, tout en étant suscitées par la connaissance scientifique. C'est ainsi que Freeman Dyson, l'illustre théoricien de la théorie quantique des champs, n'a pas hésité à écrire : "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"⁷.

Cette réflexion, dont on remarquera l'expression prudente et même un peu embarrassée tant un scientifique craint de s'aventurer trop ici dans un registre de la pensée qui ne lui est pas familier, n'appartient pas à la science, mais, à n'en pas douter, à la méta-science. C'est à cette méta-science, qu'on appelait autrefois la métaphysique dans l'une de ses acceptions les plus universelles, que nous sommes portés par un besoin de comprendre, qui s'enracine dans les profondeurs cachées de notre esprit, et qui nous pousse à savoir, tout comme à agir. Il s'agit ici du principe de finalité ou, comme l'on dit de façon équivalente, d'une explication de type téléologique. Sur ce point, Kant, dès l'*Introduction* de la *Critique de la faculté de juger*, avait posé une distinction très éclairante: "La faculté de juger en général est la faculté qui consiste à penser le particulier comme compris sous l'universel. Si l'universel (la règle, le principe, la loi) est donné, alors la faculté de juger qui subsume sous celui-ci le particulier est déterminante

⁶ Kant (E.), *Critique de la faculté de juger*, § 65, pp.294-300

⁷ Dyson (F.), *Scientific American*, 225, sept. 1971, p.51

(il en est de même lorsque, comme faculté de juger transcendantale, elle indique a priori les conditions conformément auxquelles seules il peut y avoir subsumption sous cet universel). Si seul le particulier est donné, et si la faculté de juger doit trouver l'universel qui lui correspond, elle est simplement réfléchissante" ⁸. Kant a donc très bien vu que la faculté de juger est très différente selon qu'elle détermine selon une loi ou même seulement selon la forme d'une loi, comme l'a fait justement la *Critique de la raison pure* dans le passage cité plus haut sur le principe de causalité, et selon qu'elle cherche une unité qu'elle ne possède pas, mais qui semble appelée par une diversité qui n'est pas quelconque mais manifestement ordonnée. Il a également fort bien vu que le principe de l'explication cherchée par cette faculté de juger réfléchissante devait se trouver non dans notre entendement humain mais dans un entendement supérieur, qui rendrait compte, mieux que nous pouvons le faire, du système des lois particulières que nous pouvons déterminer sans parvenir à les dominer de façon axiomatique : "Ce principe ne peut être que le suivant : puisque les lois universelles de la nature ont leur fondement dans notre entendement, qui les prescrit à la nature (il est vrai seulement d'après son concept universel en tant que nature), les lois empiriques particulières, relativement à ce qui demeure en elles d'indéterminé par les lois universelles, doivent être considérées suivant une unité telle qu'un entendement (non le nôtre il est vrai) aurait pu la donner au profit de notre faculté de connaître, afin de rendre possible un système de l'expérience d'après des lois particulières de la nature" ⁹. Seulement Kant ne pouvait tirer de ces deux pertinentes remarques un moyen de relier, de façon réaliste, causalité et finalité dans la Nature. D'un côté il concevait la nature selon qu'elle obéit seulement aux principes de notre entendement; c'est ainsi qu'il écrit dans les *Prolégomènes à toute métaphysique future* : "La nature est l'existence des choses en tant qu'elle est déterminée suivant des lois universelles" ¹⁰ ; nulle trace chez lui, en effet, de l'idée de théories qui embrassent de telles lois et permettent d'en déterminer, du moins pour notre usage, la portée; d'ailleurs, pour bien faire comprendre qu'il ne s'agit pas de poursuivre l'étude de la Nature telle qu'elle est en elle-même, Kant ajoute immédiatement: "Si la nature devait exprimer l'existence des choses en soi, nous ne pourrions jamais la connaître ni a priori, ni a posteriori", ce qui est justement méconnaître l'étagement inévitable de nos connaissances, une architecture qui privilégie toujours, mais sur des strates différentes, l'a posteriori. D'un autre côté, et de façon très cohérente, Kant, en refusant dans *La Critique de la raison pure* l'existence d'une cosmologie rationnelle, refuse du même coup l'existence d'une cosmologie scientifique; et ce refus lui est dicté, nous semble-t-il, non

⁸ Kant (E.), *Critique de la faculté de juger*, pp.39-40

⁹ Kant (E.), *ibid.* pp.40-41

¹⁰ Kant (E.), *Prolégomènes à toute métaphysique future qui pourra se présenter comme science*, Paris, Hachette, 1891, p.83

seulement par son option générale d'idéalisme transcendantal qui n' est pas favorable à cette entreprise, mais aussi par sa doctrine de la pure idéalité de l'espace et du temps. Rien d'étonnant donc à ce que, chez Kant, à une conception restrictive de la faculté de juger déterminante, quand elle s'applique à l'étude de la Nature, répond une conception purement subjective de la faculté de juger réfléchissante, quand elle s'applique à son tour à cette même étude pour la compléter ou seulement l'orienter. C'est la position qu'il adopte, en effet, quand après avoir évoqué, dans le texte précédemment cité de l'*Introduction* à la *Critique de la faculté de juger*, l'entendement, supérieur au nôtre, qui assure l'unité d'une diversité, une unité qui s'impose à notre réflexion sans que nous puissions la produire, il ajoute immédiatement : "Ce n'est pas que l'on doive pour cela admettre réellement un tel entendement (car, c'est, en effet, à la faculté de juger réfléchissante seulement que cette Idée sert de principe pour réfléchir et non pour déterminer), mais au contraire cette faculté, ce faisant, se donne une loi seulement à elle-même et non à la nature" ¹¹. Cette position est reprise d'ailleurs dans la *Dialectique de la faculté de juger téléologique* malgré les positions apparemment contraires qui remplissent l'*Analytique de la faculté de juger téléologique*, quand il s'agit, dans l'étude des organismes vivants, de considérer ceux-ci comme des "fins naturelles". Si "un être organisé et s'organisant lui-même" peut être appelé une "fin naturelle", alors il devrait y avoir plus de réalité dans cette auto-organisation que dans les mécanismes qui sont mis à son service et que nous parvenons à détecter par la méthode expérimentale. Mais de cette conclusion Kant manifestement ne veut pas. Il veut préserver l'unité de la méthode scientifique, même si cette dernière ne s'applique, comme il y insiste, qu'aux phénomènes. C'est pourquoi le principe de finalité n'a, pour Kant, aucune valeur scientifique (bien qu'il lui reconnaisse un rôle "régulateur" et donc heuristique), ni, quand on se place au seul plan de la nature, une valeur ontologique. Ce n'est que grâce à son analogie avec le principe de la moralité en nous, qu'en liaison avec l'impératif moral, ce principe acquiert finalement une certaine valeur ontologique par l'acte de croyance qui s'entoure de certains postulats. Mais cette façon de traiter de la finalité est vraiment paradoxale. Car si notre entendement est rivé aux phénomènes, et si notre raison, par ailleurs, conçoit la fin comme la raison de l'existence pour une forme donnée, comme Kant lui-même le reconnaît explicitement ¹², alors c'est cette fin qui doit être prise pour la raison de l'existence, du moins quand il s'agit d'un organisme ou d'une organisation dans laquelle les parties concourent soit à l'existence du tout, soit à l'existence de ce qui, dans ce tout, apparaît comme le porteur d'une finalité éminente. De cette façon le principe de finalité retrouve la valeur ontologique qu'il avait, soit dans la philosophie

¹¹ E.Kant, *Critique de la faculté de juger*, p.41

¹² *ibid.* p.41

ancienne de Platon et d'Aristote, soit dans la philosophie moderne de Leibniz et des néo-kantiens du XIXème siècle quand ces derniers étaient moins enclins que leur maître à borner la connaissance rationnelle au strict exercice de la science.

Selon ce principe de finalité, l'Univers serait donc l'oeuvre d'un dessein, d'après lequel les matériaux auraient été choisis pour l'émergence de la vie et l'émergence ultérieure de la pensée. Cela ne veut pas dire que l'homme soit la merveille des merveilles, mais son existence témoigne d'un prodigieux ajustement des lois physiques et cosmiques telles qu'elles aient pu permettre l'existence vivante et pensante, qui est précisément la sienne. Cela n'enlève rien au principe de causalité qui, nous l'avons vu, doit faire place non seulement aux lois mais aux conditions initiales qui autorisent leur exercice et qui, à l'origine, se fondent nécessairement dans les premières et n'en sont guère dissociables. Mais cela éclaire cette causalité complexe par la justification qu'apporte un grand dessein et qu'un appel réitéré au hasard supplée mal, tant les coïncidences sont nombreuses et extraordinaires. Le hasard explique bien les déviations par rapport à une légalité stricte (et c'est sur cela que se fondent les méthodes statistiques) mais il est hors de son domaine technique d'application quand il s'agit de relier les unes aux autres des légalités aussi strictes que celles qui président, par exemple, aux lois d'interaction. Il faut d'ailleurs ajouter ici que, même si l'on parvenait, par la voie scientifique, à réunifier de façon déductive les quatre interactions fondamentales, alors la façon même dont ces interactions ont pu se déployer, au cours de l'histoire de l'Univers, pour constituer des étoiles comme laboratoires des matériaux de la vie, constituerait, à elle seule, le plus éclatant témoignage en faveur d'une finalité qui, sans porter atteinte à la causalité, mais au contraire en réglant son exercice, éviterait l'absurdité que fait naître le spectacle d'une causalité aveugle.

Conclusion

Si, comme nous le pensons, les considérations cosmologiques poussées jusqu'à la réflexion philosophique, viennent, sur le problème de la direction du temps, compléter la science physique proprement dite, alors la flèche du temps qui est imposée par la causalité, en nous et autour de nous, peut se trouver transfigurée par la finalité, qui nous précède, tout en se déployant spécialement dans notre capacité d'agir. La finalité n'est pas seulement la causalité à rebours, bien qu'il soit possible et fécond de prendre cette voie de retour pour la manifester dans la Nature. Cette corrélation nous autorise, semble-t-il, à considérer la flèche du temps avec cette double perspective de causalité et de finalité. La première nous préserve de toute illusion : c'est d'un présent agissant que

peut procéder un autre présent agissant, et il faut exempter ici le temps, qui n'est qu'un concept, de toute responsabilité. La seconde nous préserve de toute pusillanimité : les causes agissantes doivent être mises au service de fins qui les dépassent, et qui sont finalement, sans doute, leur raison d'être. Si la cosmologie, qui apporte tant d'éléments factuels à la physique, quand celle-ci ne peut obtenir ces éléments de ses laboratoires en raison des énormes énergies qu'il faudrait mettre en oeuvre, apportait cette leçon de poésie à la morale, elle aurait ce privilège, que ne partagent pas sans doute les autres sciences, celui de réconcilier l'homme avec sa condition d'un être naturel et mortel, tout en l'assurant d'un destin qui n'est pas étranger à celui de l'Univers.

Bibliographie

Audouze (Jean), *L'Univers*, Paris, PUF, 1997, ("que sais-je?" n°687)

Barreau (Hervé), *Séparer et rassembler, quand la philosophie dialogue avec les sciences*, Paris, Dianoïa, diff.PUF, 2004

Barrow (John D.) & Tipler (Frank.J.), *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford/New York, Oxford University Press, 1986

Demaret (Jacques), *Univers, les théories de la cosmologie contemporaine*, Aix-en-Provence, Le Mail, 1981

Demaret (Jacques) & Lambert (Dominique), *Le Principe anthropique , l'homme est-il le centre de l'Univers?*, Paris, Armand Colin, 1994

Kant (Emmanuel), *Critique de la raison pure* , trad.A.Tremesaignes et B.Pacaud, Paris, PUF, 1950

Kant (Emmanuel), *Critique de la faculté de juger*, trad.A.Philonenko, Paris, Vrin, 1993

Poincaré (Henri), *La valeur de la science*, Paris, Flammarion, 1970

Poincaré (Henri), *Dernières pensées*, Paris, Flammarion, 1933

Résumé

La flèche du temps, qui va du passé à l'avenir, est une évidence du sens commun. Si l'on met à part le second principe de la thermodynamique, elle n'est pas attestée, avec la même évidence, par la physique classique, de même que par la Relativité d'Einstein. Cependant si l'on se tourne vers la cosmologie contemporaine, qui dérive d'une application de la théorie relativiste de la gravitation à l'Univers lui-même, le temps cosmique est doté d'une flèche, qui est celle de l'expansion de l'Univers à partir du Big Bang, et du refroidissement consécutif du rayonnement fossile cosmique. Ainsi la flèche du temps a la même direction que la causalité. Cependant l'extraordinaire ajustement des constantes physiques à l'émergence de la vie, dès que les conditions s'y trouvent favorables, conduit à penser que l'Univers est destiné à faire naître la vie et même la réussite jusqu'ici la plus éclatante de la vie qu'est l'existence de la pensée. C'est ce qu'énonce le "principe anthropique", qu'il faut comprendre comme l'expression d'un principe de finalité qui régit la Nature. Causalité et finalité sont alors les deux soutiens solidaires de la flèche du temps pour l'existence naturelle comme pour l'existence humaine.