

5 EXTRAITS

PARTIE 1 : sur le Big Bang

Repasser la bande du film à l'envers.

L'idée du Big Bang est une spéculation née d'un fait réel : la découverte de l'expansion montre que l'Univers change. Elle laisse donc penser qu'il a connu un début. Si l'on remonte le temps, en passant le film à l'envers, on voit le cosmos se contracter. En reculant suffisamment loin, on arrive probablement à une origine ponctuelle ou en tous cas, extrêmement concentrée par rapport aux échelles actuelles. La notion de Big Bang découle tout naturellement de celle d'expansion, par extrapolation vers le passé.

Curieusement, le premier à émettre cette idée d'une origine ponctuelle est Edgar Allan Poe, dont nous avons déjà parlé. Il entretenait des contacts avec la communauté astronomique et s'intéressait à de nombreux sujets, dont l'origine du monde. Dans son dernier ouvrage substantiel*, il énonce différentes prédictions scientifiques pour le moins surprenantes. Il est vraiment dommage qu'il soit mort si jeune, l'année suivant la parution de ce livre, car il aurait certainement eu beaucoup à dire dans le domaine de l'astronomie.

E. Poe imagine l'Univers né tout entier d'une seule particule primordiale. Depuis cette origine, il dépeint une expansion accompagnée de création de matière : « A partir de cette particule, considérée comme centrale, supposons qu'elle ait pu irradier de façon sphérique dans toutes les directions, un nombre considérable, mais fini, de petits atomes, jusqu'à des distances immesurables, mais néanmoins finies, au sein de l'espace précédemment vide. » Il conçoit aussi qu'en certains endroits, les atomes vont s'agréger pour former des soleils et des planètes : il parle de *condensation* et de *coalescence*, termes repris récemment en cosmologie. Tout cela est étonnant si l'on pense qu'au XIX^e siècle, on ne voyait quasiment rien en dehors de la Voie lactée, on ne connaissait pas l'expansion du cosmos et on ne savait même pas si la matière était faite d'atomes.

Lorsque la thèse de l'expansion commence à faire son chemin en 1927, l'idée d'origine qui en découle est généralement rejetée. Le grand astronome Eddington la qualifie de « répugnante ». Il partage ainsi le point de vue de son ami Einstein, qui voit et verra longtemps le phénomène du Big Bang comme dénué de sens physique.

Il est tout à fait singulier que le premier chercheur à y croire et à en offrir une description complète, soit Lemaître, un ecclésiastique. On penserait naturellement qu'il y voie la main de Dieu et pourtant ce n'est pas le cas : son approche est exclusivement scientifique et il situe l'intervention divine sur un plan différent. Après son service militaire au front pendant la première guerre mondiale, le chanoine se penche sur les équations de la relativité générale d'Einstein en vue d'étudier le cosmos. À une époque où l'on comptait sur les doigts des deux mains ceux qui comprenaient la théorie, il sait

* *Eureka*. E. A. Poe. 1848.

très vite en tirer les bonnes conclusions. Elle va lui servir de projecteur pour visionner le film à l'envers : remonter le temps à la recherche de nos origines.

(...)

EXTRAIT PARTIE 2 : sur les trous noirs

Randonnée imaginaire dans un trou noir.

Il s'agit d'un astre bien étrange. Nous allons simuler le voyage d'un astronaute suicidaire qui déciderait de s'en approcher.

Pour cela, rappelons qu'avant Einstein, on considérait le temps comme unique et universel pour tous les observateurs. Au contraire, avec la relativité, chaque observateur possède son *temps propre*. Ainsi, l'heure indiquée par les montres de deux individus peut diverger notablement si l'un se déplace à grande vitesse par rapport à l'autre : le seul mouvement relatif des deux montres suffit à les désynchroniser. Le physicien Paul Langevin avait imaginé un astronaute quittant la Terre et faisant un périple à une vitesse proche de celle de la lumière. À son retour un an plus tard, il découvrirait que son frère resté sur Terre, avait vieilli de 20 ans. Le *temps propre* des deux frères avait évolué différemment pendant le voyage. Le même effet se produit si l'un des observateurs se trouve dans une zone où le champ gravitationnel est intense. Ces écarts de temps ont déjà été mesurés sur des exemples courants tel qu'un simple vol en avion. Dans ces conditions, on observe des différences infimes. En revanche, si l'un des deux observateurs s'approchait d'un trou noir, les différences temporelles pourraient être considérables. Le phénomène du *voyageur de Langevin* s'accroîtrait à l'extrême, comme nous allons le voir.

Imaginons un vaisseau spatial ayant jeté l'ancre à une distance de sécurité de l'astre occlus. Un astronaute revêt sa combinaison et part seul dans l'espace pour « visiter la bête ». À partir de ce moment, sa montre va cesser d'être synchrone avec celle de ses collègues et cet écart va devenir de plus en plus grand au fur et à mesure que l'homme s'approche de sa destination touristique. Si lui-même et ses amis restés dans l'astronef s'observent à la jumelle, ce qu'ils vont voir de part et d'autre va différer considérablement à cause de ce décalage croissant entre leurs temps propres.

Tout s'accroît quand l'astronaute parvient près de l'*horizon* du trou noir (ou *rayon de Schwarzschild*). Il s'agit de la sphère située autour de l'ogre, qui représente les points de non-retour. Tout objet la franchissant est irrémédiablement avalé. Il ne peut plus ni en ressortir, ni communiquer car les rayons lumineux sont eux-mêmes piégés.

À l'approche de cet horizon, le cours des événements dépend de la taille du trou noir. S'il est petit, l'aventure de l'astronaute téméraire se termine avant même de passer l'horizon. En effet, le champ gravitationnel est tellement courbé par rapport à la taille du cosmonaute, que son corps va être déchiré par les *forces de marée*. Une mort rappelant l'écartèlement des condamnés pratiqué en France jusqu'au XVII^e siècle.

Pour lui éviter un tel sort, nous allons nous placer dans le cas d'un gros trou noir, d'une taille suffisante pour que son champ gravitationnel paraisse à peu près uniforme à l'échelle du corps du touriste. Ce dernier devrait alors franchir l'horizon sans ressentir de souffrance physique.

À cet instant, que voit-on depuis la fusée ? En approchant de sa destination, il semble bouger de plus en plus lentement. À son arrivée près du point de non-retour, quand il agite la main pour dire au revoir à ses amis, ses mouvements semblent s'arrêter. Au

moment exact du franchissement de l'horizon, son image se fige, la main en l'air. Elle le restera définitivement, telle une statue venant d'être sculptée dans le marbre à l'endroit précis de sa disparition. Pourtant, contrairement à ce qui est perçu depuis la fusée, l'astronaute n'est en rien paralysé. En fait, il continue d'agiter la main, mais ses collègues le voient immobile car ils vivent dans un temps propre différent du sien. Pour eux, le temps près de l'horizon du trou noir s'est ralenti jusqu'à l'arrêt complet. Ils imaginent leur collègue mort crucifié ou congelé. Pourtant, pour lui, la vie continue et son cœur bat toujours au même rythme.

Pour changer de point de vue (et de temps propre), interrogeons-nous sur ce que voit l'aventurier de son côté au moment où il dit au revoir à ses collègues. Pour lui, c'est l'inverse : tout dans son entourage va s'accélérer. Dans son temps propre, il voit ses amis agiter leurs bras de plus en plus fébrilement derrière les hublots. Soudainement, la fusée repart à toute allure comme s'il y avait une urgence. En réalité, dans leur temps propre, les collègues sont restés quelques jours sur place pour se recueillir après le départ définitif de leur ami et préparer la suite de leur voyage.

Pour le cosmonaute explorateur, à l'approche de l'horizon, les événements extérieurs continuent de s'accélérer. Peu après le départ précipité de la fusée, il voit tout le futur du cosmos se dérouler sous ses yeux, de plus en plus rapidement. Les étoiles meurent les unes après les autres. Au loin, ce qui reste encore visible s'éloigne dans l'obscurité sous l'action d'une expansion fulgurante. Dans son voisinage, il voit tout disparaître, avalé par le trou noir. Au moment précis où l'astronaute franchit son horizon, l'Univers a terminé sa vie. Il n'y a donc plus rien à l'extérieur. Il lui restera cependant, à observer l'intérieur. Au mieux, il n'y verra que des lueurs car les rayons lumineux sont très courbés. Il sera le premier homme ayant vécu cette expérience : voir tout le futur se dérouler comme un film en accéléré, puis découvrir l'intérieur d'un trou noir. Malheureusement, il ne pourra plus échanger son savoir avec personne.

Qu'advient-il de lui ? On n'en est pas vraiment sûr. Selon la théorie de la relativité générale, de petits diables avec une longue queue viendront s'occuper de lui et l'accompagneront poliment vers l'enfer de la singularité centrale.

EXTRAIT PARTIE 3 : sur les origines de la vie

Définir la vie.

Avant de rechercher ses origines, encore faut-il savoir de quoi nous parlons exactement. Différentes définitions en ont été données, la plus curieuse étant celle de Woody Allen : « La vie est une maladie mortelle, sexuellement transmissible. »

On s'accorde généralement pour définir l'être vivant comme un système dynamique doté de trois propriétés :

1. Dissiper l'énergie. En d'autres termes, fournir un travail à l'image d'une machine.
2. Être capable de se reproduire, c'est-à-dire d'engendrer des copies de lui-même. Ce point est de loin le plus énigmatique dans la recherche de nos origines.
3. Enfin, présenter un taux d'erreur dans la réplication, de façon à produire des variations dans la descendance. Elles sont ensuite triées par sélection darwinienne.

Manfred Eigen, un autre prix Nobel ayant travaillé sur l'apparition de la vie, résumait cela en une seule phrase : « un système dissipatif doté de capacité de reproduction, avec probabilité d'erreur. » Nous allons maintenant préciser ces trois caractéristiques.

La première est très courante dans la nature, pas seulement chez les êtres vivants. La vie suppose la fourniture d'un travail pour la recherche de nourriture, la digestion, le métabolisme et la reproduction. Pour cela, elle doit impérativement consommer de l'énergie et la dégrader. Nous avons vu au cours des chapitres précédents, différents exemples de tels *systèmes dissipatifs*, le plus illustratif étant l'étoile. Nous les avons schématisés sous la forme symbolique de la *machine de Marly* (chapitre 6, fig. 35). Elle montre comment la dissipation d'énergie permet la montée vers la complexité. Elle fait appel à l'énergie mécanique alors que les êtres vivants dissipent plutôt de l'énergie chimique. Dès lors, nous adopterons une représentation analogue et plus appropriée : la *petite mare chaude de Darwin* (fig. 41). Cette *machine chimique* exprime bien ce qui se produit dans le corps d'une cellule et de tout être vivant :

- Des molécules complexes y sont apportées comme nutriments. Ici, une partie vient du cosmos, le reste est fabriqué grâce à l'énergie du Soleil (les UV) ou des orages (la foudre).
- Ces ingrédients se prêtent à toutes sortes de réactions élaborant à leur tour, une variété de nouveaux produits. C'est le *métabolisme*.
- L'énergie chimique se dissipe dans le flux d'écoulement de l'eau, évacuant la chaleur et les produits dégradés.

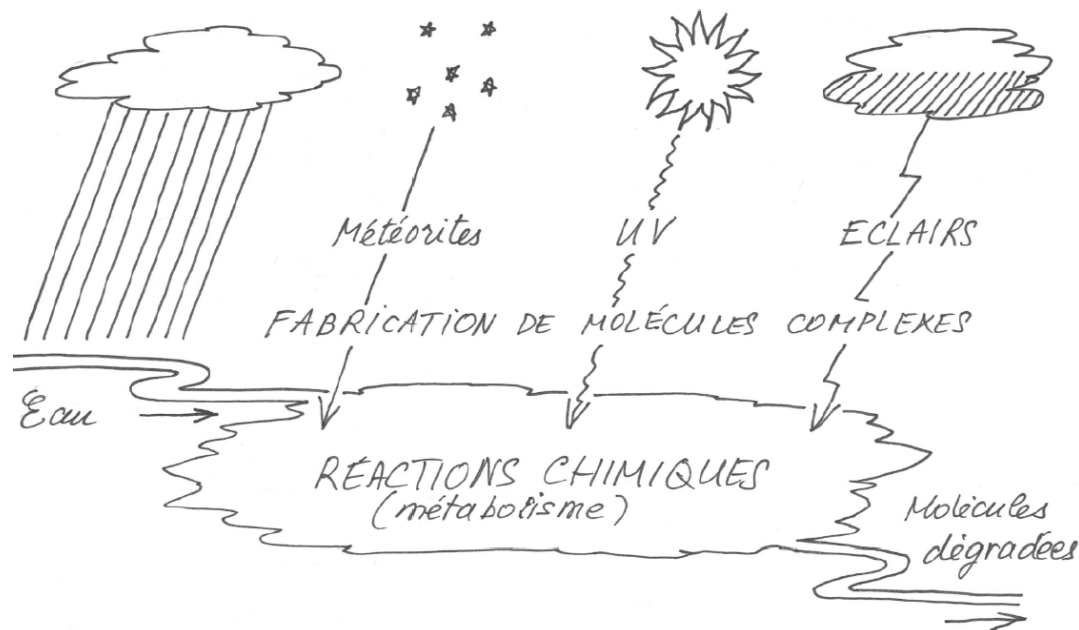


Fig. 41. La *petite mare de Darwin*, un système dissipatif loin de l'équilibre.

On remarquera que la machine de Marly ou son équivalent chimique, la petite mare chaude, entretiennent un déséquilibre permanent entre une source d'énergie et le milieu où elle se dissipe. C'est pourquoi on les qualifie de systèmes dynamiques *éloignés de l'équilibre*. Si leur source d'eau venait à se tarir, ils atteindraient l'équilibre tout simplement en s'arrêtant, c'est-à-dire en mourant. Leur fonctionnement exige d'un côté, un apport régulier d'énergie, et de l'autre, sa dissipation sous forme dégradée. Ils ont été particulièrement étudiés par le physicien belge, prix Nobel, Ilya Prigogine*.

Tous les êtres vivants fonctionnent ainsi. Le corps humain en est un exemple : il exploite un déséquilibre entretenu par le Soleil qui fait vivre les végétaux, lesquels nourrissent les animaux. L'Homme tire l'énergie chimique de ces aliments et de l'oxygène. Il la transforme en chaleur par la température de son corps, ses mouvements ou sa digestion. Notre organisme dissipe 100 watts en moyenne, l'équivalent d'une ampoule électrique. De plus, la vie de l'Homme moderne suppose une dépense supplémentaire : celle de nos machines, voitures et chaudières. Notre étoile entretient constamment ce déséquilibre entre la production d'énergie chimique et sa dissipation dans le milieu ambiant. Si la lumière du Soleil venait à disparaître, comme l'ont vécu les derniers dinosaures il y a 66 millions d'années, la température s'égaliserait partout sur Terre. Dans une telle situation d'équilibre, l'être humain disparaîtrait irrémédiablement. La vie est ainsi entretenue par le *déséquilibre thermodynamique*. Dans notre quête des origines, cette qualité de système dissipatif appellera deux questions-clés. Quelles sources d'énergie régulières, les premières formes de vie ont-elles pu exploiter ? En quels endroits une concentration chimique suffisante a-t-elle pu se constituer ?
(...)

* *Entre le temps et l'éternité*. Ilya Prigogine et Isabelle Stengers. 1993.

EXTRAIT PARTIE 4 : sur les origines de l'Homme

Notre famille : l'ordre des primates.

Spontanément, nous tendons à observer l'arbre généalogique depuis la branche où nous sommes assis. Cette vision anthropocentrique a causé bien des erreurs dans la compréhension du vivant et plus récemment, dans la recherche des origines de notre espèce. Avec quelques précautions, nous adopterons néanmoins ce point de vue, celui de la branche menant à l'Homme, car après tout, c'est bien la plus intéressante pour nous ! Ceci nous amène à nous concentrer sur un petit sous-ensemble de la classe des mammifères, l'ordre des *primates*, ne comprenant que 186 espèces, dont la nôtre.

Le plus ancien fossile de primate connu, trouvé en Chine, est daté de 37 millions d'années. Il ressemble au *tarsier*, petit mammifère qui peuple les forêts des Philippines de nos jours. À cette époque reculée, cet animal de la taille d'un rat (fig. 70) est déjà doué : il parvient - on ne sait trop comment - à traverser la mer séparant alors l'Asie de l'Afrique, plus grande que la Méditerranée aujourd'hui. En ces temps-là, seules deux espèces de mammifères sur 45 000, auraient réussi cet exploit. À partir de là, il aurait évolué rapidement pour coloniser le territoire africain.

Cet ancêtre commun s'est adapté à la vie arboricole et à la consommation de fruits. Il s'est doté de caractéristiques uniques qui vont grandement favoriser son intelligence. La première est la *vision stéréoscopique* : ses yeux sont placés devant sur la face au lieu d'être localisés sur les côtés de la tête comme chez le cheval ou la poule. Les oiseaux et la plupart des mammifères possèdent des orbites en position latérale pour privilégier la vision panoramique et surveiller les prédateurs. Chez le primate, la position faciale vise plutôt la perception des reliefs (il y a moins de prédateurs dans les arbres !). Le cerveau a dû s'adapter au traitement et au rapprochement des deux images issues des deux yeux, ainsi qu'à l'estimation des distances par la vision stéréoscopique. La seconde particularité de ce primate est la *préhension digitopalmaire*. On admirera ses petites mains finement dessinées : sans aucun doute, il est très habile de ses doigts ! Enfin, sa troisième caractéristique est la *station debout* : il tend déjà à se tenir verticalement sur les branches.

L'importance de ces traits est considérable pour le développement de l'intelligence : imaginons à quel point l'Univers peut paraître différent aux yeux de ce petit animal capable de localiser précisément les objets dans l'espace et de les manipuler minutieusement, par rapport à une vache qui perçoit en deux dimensions seulement, l'étendue verte et homogène d'une prairie devant son mufler.

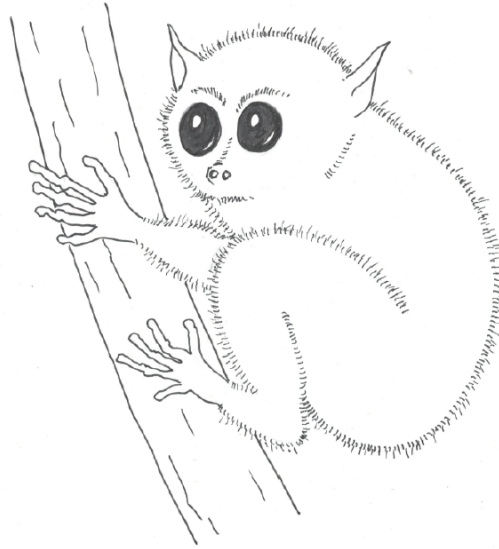


Fig. 70. Le premier primate.

EXTRAIT PARTIE 5 : sur le principe anthropique.

Il part d'une constatation : pour arriver à l'Homme, l'Univers doit réunir un grand nombre d'exigences. Il doit être stable sur une très longue durée. Il doit former des étoiles vivantes elles-mêmes plusieurs milliards d'années. La surface d'une planète portant la vie doit se trouver précisément à la température de l'eau liquide, etc. L'idée du principe anthropique consiste à dire que toutes ces contraintes s'imposent au cosmos car s'il ne les respectait pas, nous ne serions pas là pour en parler. Ainsi, notre seule présence comme observateur est en soi un enseignement : certaines propriétés permettent notre existence et sont donc licites, d'autres non. Dans les années 70, le cosmologiste Brandon Carter formule cette idée en deux versions : la *faible* et la *forte*.

Le *principe anthropique faible*, se limite à dire :

« Ce que nous pouvons nous attendre à observer dans l'Univers, doit être compatible avec les conditions nécessaires à notre présence en tant qu'observateurs. »

Ainsi, le scientifique ne peut émettre que des thèses conciliables avec notre existence. À titre d'illustration, imaginons un chercheur qui évaluerait combien il peut y avoir de trous noirs dans le cosmos. Supposons que ses calculs le mènent à un nombre élevé, impliquant qu'il y ait eu des cataclysmes fréquents par le passé autour du Système solaire, ou encore que l'Univers se soit effondré dans d'immenses trous noirs en quelques centaines de millions d'années. Au titre du principe anthropique faible, nous rejeterions ce résultat car s'il était vrai, l'humanité n'existerait pas ! Le principe anthropique faible se résume donc à un simple moyen d'écartier scientifiquement certaines thèses ou bien de leur imposer des bornes.

Bien qu'il ait quelque peu aidé à clarifier la relation entre l'Homme et l'Univers, et qu'il ait même contribué à certaines découvertes, ce principe est souvent raillé pour être une Lapalissade. En termes savants : une *tautologie*.

Plus intéressante mais aussi plus controversée, la version *forte* du principe anthropique, dit selon Carter :

« L'Univers (et par conséquent, les paramètres fondamentaux sur lesquels il repose) doit être tel qu'il permette la création d'observateurs à un certain stade. »

L'important est le mot *doit* qui exprime une nécessité. Si nous lui donnons le sens d'une intention, nous entrons dans l'interprétation religieuse : un être supérieur a imposé les caractéristiques de l'Univers pour que nous existions. Si au contraire, nous n'y voyons qu'un simple fait, cela mérite pour le moins une clarification : Pouvons-nous imaginer que l'Univers se soit ainsi fait par génération spontanée ? D'où proviennent les propriétés si singulières que nous observons ?

Cette version forte du principe anthropique nous place donc clairement à la marge d'une autre *terra incognita* : celle de la métaphysique.

Le terme est dû à Aristote, qui distinguait :

- la *physica* ou la nature du monde comme nous le percevons,

- la *metaphysica*, littéralement *ce qui vient après la physique*, c'est-à-dire les vérités sous-jacentes responsables de notre perception des choses.

L'un des intérêts des sciences les plus avancées aujourd'hui et principalement de la cosmologie, est de flirter sans cesse avec la métaphysique. Rien d'étonnant à cela puisque la recherche scientifique systématiquement les causes des phénomènes. En remontant toujours des causes vers leurs propres causes, il parvient finalement aux *causes premières* et inévitablement à la métaphysique. La question ultime posée par cet univers si singulier, est donc celle de ses origines. Pourquoi était-il ainsi configuré dès sa naissance ? Comment de telles lois de la nature ont-elles pu exister en germe dans la bulle d'énergie primordiale, un peu comme l'ADN de chaque être humain était inclus dans l'ovule fécondé provenant de ses parents ?

Si aujourd'hui, l'Univers nous paraît si finement ajusté et donc infiniment improbable, il l'était déjà dans son état premier. Ce fait extraordinaire est hors de portée de la science car il faudrait en chercher les causes dans le Big Bang, avant le mur de Planck. Il est mystérieux et le restera peut-être à tout jamais. Ces considérations ont mené Reeves à formuler le *principe anthropique fort*, d'une façon qui me semble particulièrement signifiante pour être en pleine cohérence avec l'histoire naturelle que nous avons présentée :

« L'Univers possède depuis les temps les plus reculés accessibles à notre exploration, les propriétés requises pour amener la matière à gravir les échelons de la complexité. »

Cette formulation pose clairement la question des causes premières : pourquoi dès sa naissance, était-il doté de caractéristiques si singulières et improbables ? Le principe anthropique a soulevé beaucoup de discussions sur ce thème, sans que la science puisse trancher entre elles. Il en va de même de l'évolution darwiniste, toujours décriée par certains et promue au rang de dogme par d'autres. Une partie des scientifiques voit en ces principes, la main d'une puissance supérieure. Pour d'autres, mettre Dieu à contribution quand nous ne comprenons pas, est une réponse simpliste.

Les explications trouvées par les non-croyants sont souvent critiquables par leur tendance réductionniste. L'Homme s'explique par la biologie, celle-ci par la chimie, celle-ci par la physique et cette dernière par les mathématiques. C'est vrai, mais nous ne sommes pas plus avancés après l'avoir dit ! Dans la même veine, Steven Weinberg à qui nous devons la description des trois premières minutes de l'Univers, disait que « la flèche des explications pointe vers le bas ». En d'autres termes, plus nous cherchons à expliquer, plus nous nous rapprochons du niveau élémentaire des particules. Poussée à l'extrême, cette conception l'a amené à conclure : « Plus l'Univers nous paraît compréhensible, plus il nous paraît dénué de sens. »

Cette vision est bien sûr totalement opposée à la pensée religieuse qui voit plutôt la flèche de l'explication *pointer vers le haut*. Le pape Jean-Paul II écrivait* : « Les savants sont bien conscients que la recherche de la vérité, même lorsqu'elle concerne une réalité finie du monde ou d'un homme, est sans fin, mais pointe toujours vers quelque chose de plus élevé que l'objet étudié, vers les questions donnant accès au Mystère. »

À l'approche des causes premières, nous sommes donc témoins d'un schisme croissant entre science et religion. Les scientifiques eux-mêmes se divisent selon leur sensibilité

* Encyclique *Fides et Ratio*, 1998.

propre relativement au divin. Parfois malheureusement, ces débats fondamentaux sont menés sans sérénité, ce qu'Einstein commentait ainsi : « Pour moi, la bigoterie des non-croyants est presque aussi drôle que celle des croyants. »

Nous aborderons deux thèses suggérées par le principe anthropique, l'une religieuse, l'autre athée, dans un esprit qui se veut objectif. En premier lieu, il s'agit de respecter toutes les opinions ou croyances, dans un domaine où la science ne peut rien prouver. Par ailleurs, dans chacune des deux voies nous découvrirons de sévères limites : elles s'imposent si nous voulons rester fidèles à notre vision de l'histoire naturelle.

Concernant nos origines, nous sommes confrontés à deux approches opposées qui peuvent se résumer simplement. Si nous prenons le principe anthropique fort dans le sens de l'*intention*, nous énonçons que la cause première est Dieu, le Créateur. Nous commencerons par cette option. Si au contraire, nous rejetons l'idée d'intention, alors nous devons admettre qu'il n'existe pas de cause première, mais peut-être des causes naturelles. Nous verrons qu'en penser.

(...)