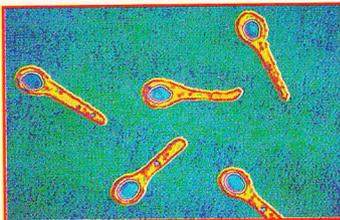


M E N S U E L • N ° 9 4 6 • J U I L L E T 1 9 9 6

SCIENCE & VIE



SOLEIL
Les secrets des
couleurs de peau



MÉDECINE
L'échec face aux
nouvelles maladies



LE POINT SUR
L'EAU EN PÉRIL
Bilan mondial



TÉLÉPHONE
Comment choisir
son portable

**L'HOMME
DANS L'UNIVERS**

**Pourquoi
sommes-nous
là?**



T 2578 - 946 - 23,00 F



EN COUVERTURE

Pourquoi sommes-nous là ?

A. DE SAINT-EXUPÉRY, LE PETIT PRINCE © GALLIMARD



■ Notre Univers, tel qu'on l'observe, avait peu de chances d'exister. Et l'apparition de l'homme y était encore plus improbable. A ces interrogations fondamentales, les cosmologistes fournissent les réponses les plus diverses, dont certaines flirtent avec la science-fiction...

PAR PHILIPPE LAMBERT

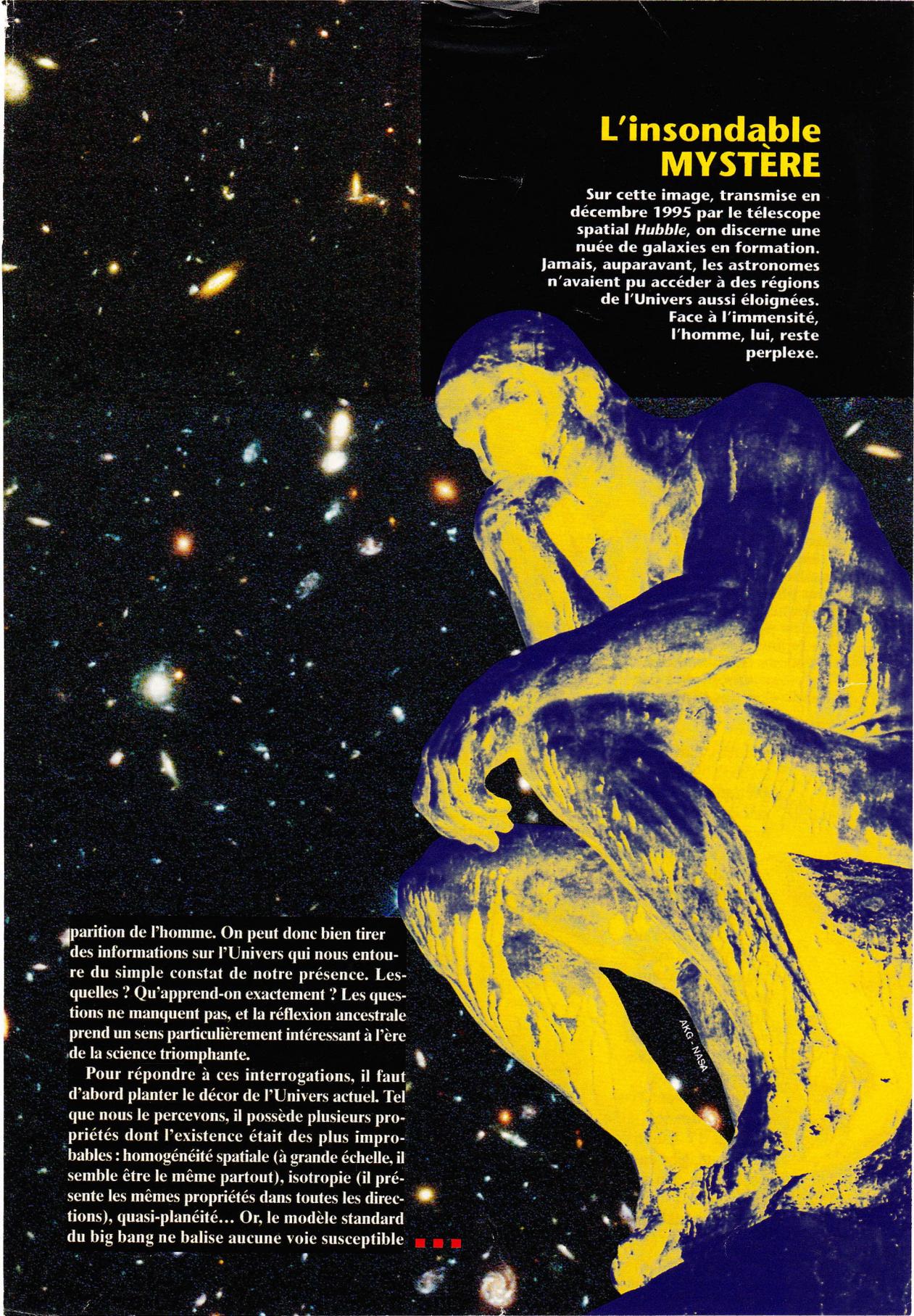
Pourquoi l'Univers est-il tel qu'il est ? Pourquoi chaque constante de la physique a-t-elle la valeur qui est la sienne ? Pourquoi les conditions initiales de l'Univers ont-elles sans doute été si particulières que, dans son livre *la Mélodie secrète*, l'astrophysicien Trinh Xuan Thuan compare « la précision de ce réglage à l'habileté d'un archer qui réussirait à planter sa flèche au milieu d'une cible carrée de 1 centimètre de côté, éloignée de 15 milliards d'années-lumière, la taille de l'Univers » ?

A ces questions, les astronomes ont depuis toujours tenté de donner des réponses tirées de l'observation de l'Univers. Ils ont accumulé le savoir et essayé de mettre les pièces du puzzle cosmique dans l'ordre le plus cohérent possible.

Tâche ancienne et particulièrement instructive.

Depuis quelques années, une autre manière d'interroger l'Univers se développe. Il s'agit de comprendre le cosmos à partir d'un fait remarquable : l'existence de l'homme. Ce changement de perspective – que l'on connaît sous le nom de “principe anthropique” – n'est pas forcément un anthropomorphisme ou un finalisme déguisé. Il s'agit plutôt de tirer toutes les conséquences du fait qu'il existe une conscience dans l'Univers, produite par lui, et qui, maintenant, s'interroge sur lui.

On comprend que toutes les conditions “possibles” en droit (s'il n'y avait pas de planètes, si l'Univers n'avait duré que quelques secondes, etc.) ne sont pas compatibles, en fait, avec l'ap-



L'insondable MYSTÈRE

Sur cette image, transmise en décembre 1995 par le télescope spatial *Hubble*, on discerne une nuée de galaxies en formation. Jamais, auparavant, les astronomes n'avaient pu accéder à des régions de l'Univers aussi éloignées. Face à l'immensité, l'homme, lui, reste perplexe.

parition de l'homme. On peut donc bien tirer des informations sur l'Univers qui nous entoure du simple constat de notre présence. Lesquelles ? Qu'apprend-on exactement ? Les questions ne manquent pas, et la réflexion ancestrale prend un sens particulièrement intéressant à l'ère de la science triomphante.

Pour répondre à ces interrogations, il faut d'abord planter le décor de l'Univers actuel. Tel que nous le percevons, il possède plusieurs propriétés dont l'existence était des plus improbables : homogénéité spatiale (à grande échelle, il semble être le même partout), isotropie (il présente les mêmes propriétés dans toutes les directions), quasi-planéité... Or, le modèle standard du big bang ne balise aucune voie susceptible ■ ■ ■



pourquoi sommes-nous là ?

■ ■ ■ d'aboutir à la solution de ces énigmes. Impuisant, il les élude à regret, en postulant *a priori* l'existence des dites propriétés dès le singulier instant initial. Et il s'engouffre dans le même cul-de-sac face à ces autres réalités troublantes que sont l'absence d'antimatière dans le cosmos ou le caractère quadridimensionnel de l'Univers (trois dimensions spatiales et le temps).

La physique s'efforce donc de percer cet épais brouillard. Ainsi, les théories de grande unification avancent que, aux températures extrê-

et chevillé à la proposition précédente. Au lieu de connaître une décélération de son expansion, ainsi que le suggère le modèle standard du big bang, l'Univers aurait vu son rayon croître d'un millier de milliards de milliards de milliards de fois en une fraction de seconde infinitésimale, entre 10^{-35} et 10^{-32} seconde après l'explosion initiale. De ce fait, il ne constituerait sous sa forme observable aujourd'hui qu'une infime partie d'un énorme "ballon". Ce qui gommerait l'obstacle de sa plannité, puisqu'une petite partie de la surface d'une

grande sphère peut être considérée comme plate. Le modèle inflation-

Parce que l'Univers est VIEUX

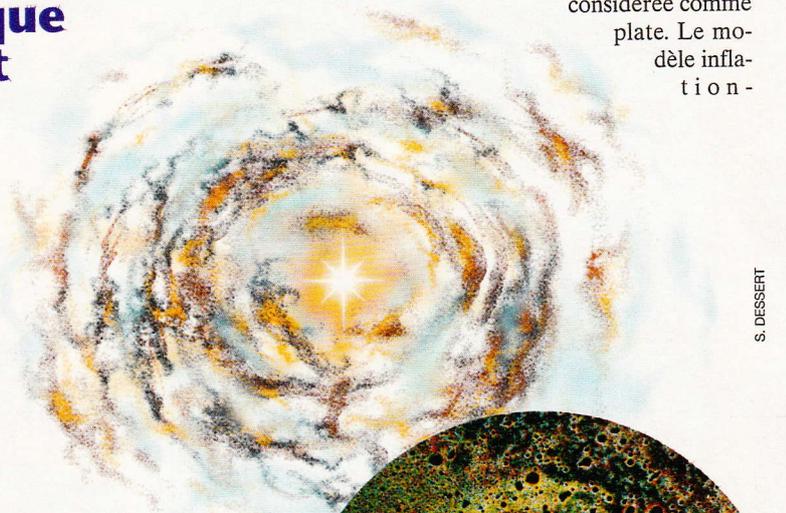
Les molécules organiques qui ont autorisé l'éclosion de la vie sont composées d'atomes lourds, dont les noyaux ont été synthétisés au cours des phases avancées de l'évolution stellaire. Nous ne pouvons donc voir le jour que dans un Univers suffisamment vieux, ensemené par l'explosion des supernovæ.

mement élevées régnant juste après le big bang, les forces électromagnétique, nucléaire forte et nucléaire faible ne faisaient qu'une : la force électro-nucléaire. Cette hypothèse ménage la possibilité de l'apparition d'un déséquilibre très précoce entre les quantités de matière et d'antimatière. Un léger excédent de matière expliquerait pourquoi, après l'annihilation mutuelle des deux types de particules, l'Univers nous apparaît peuplé exclusivement de matière.

Autre élément à verser au dossier : le concept d'inflation cosmique, imaginé en 1981 par le physicien américain Alan Guth, du Massachusetts Institute of Technology (MIT),

naire rendrait également compte de ses caractères homogène et isotrope.

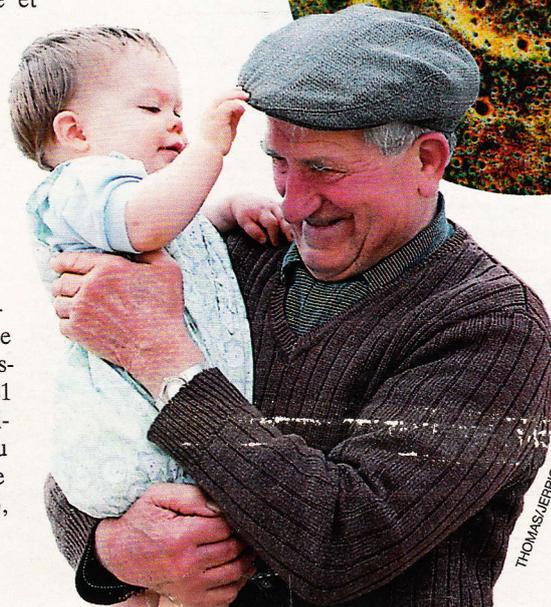
Plus récentes encore, les théories unifiées dites de supergravité et des supercordes visent à



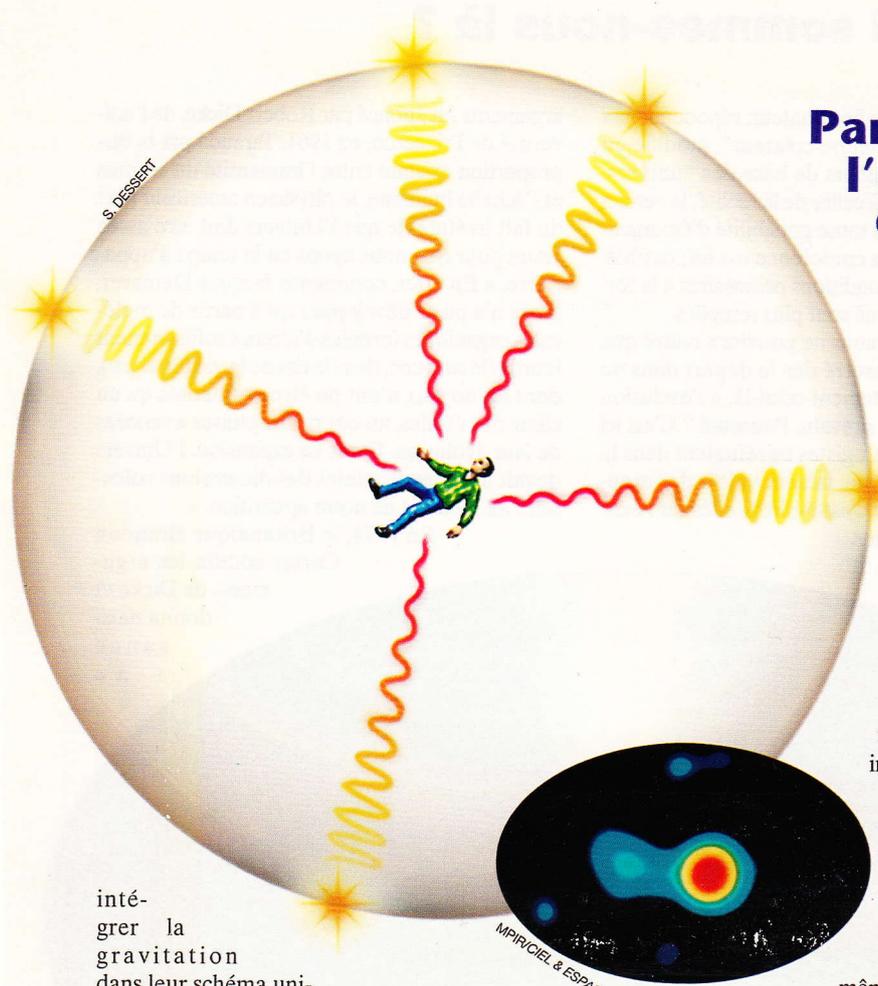
S. DESSERT



D. MALINICIEL & ESPACE



THOMAS JERRICAN



Parce que l'Univers est GRAND

Le rayon de l'Univers observable est de l'ordre de 15 milliards d'années-lumière. Son âge justifie sa taille gigantesque, puisqu'il n'a cessé de croître depuis le big bang. Les quasars (photo ci-contre) sont les objets les plus lointains connus à ce jour.

inté-
grer la
gravitation
dans leur schéma uni-
ficateur. Il n'est pas exclu qu'elles puissent ap-
porter une explication au caractère quadridimen-
sionnel de notre Univers, en concevant l'Univers
primordial comme un espace multidimension-
nel, respectivement à onze dimensions (dans la
théorie de la supergravité) et à dix dimensions
(supercordes), qui se serait spontanément scindé
en un espace-temps à quatre dimensions en ex-
pansion (notre Univers), tandis que les autres di-
mensions se seraient contractées et seraient rapi-
dement devenues inobservables.

Toujours est-il que l'Univers est tel qu'il est :
infiniment improbable, mais réel. Quelles que
soient les lois qui ont régi son évolution, son état
initial a dû présenter une structure remarquable-
ment ordonnée, vraisemblablement la seule qui
pouvait autoriser l'apparition d'êtres conscients.

Selon la cosmologie chaotique développée en
1968 par l'Américain Charles Misner, les modèles
initialement les plus généraux (fortement inho-
mogènes et anisotropes) devraient tendre au
cours du temps vers des modèles spatialement
homogènes et isotropes – comme celui dans le-
quel nous vivons. La structure de l'Univers ac-

tuel devrait
donc être totale-
ment indépendan-
te des conditions
initiales : quelles que
soient ces condi-
tions, l'Univers
ne peut être dif-
férent de celui
qu'on observe
aujourd'hui.

Il en irait de
même dans le cadre des
modèles inflationnaires, où la

brève phase d'expansion accélérée effacerait
pratiquement toute trace de l'état initial de
l'Univers. « Il semble cependant que la cosmo-
logie chaotique soit très difficilement viable »,
souligne Jacques Demaret, cosmologiste à l'Ins-
titut d'astrophysique de l'université de Liège et
coauteur, avec Dominique Lambert, de l'uni-
versité de Namur, du *Principe anthropique*.
« Quant à l'inflation cosmique, ajoute-t-il, il est
possible qu'elle ne puisse se produire que dans
des modèles suffisamment réguliers et, en outre,
seulement pour des valeurs extrêmement pré-
cises des paramètres fondamentaux des théories
unifiées. Or, ces paramètres restent indéterminés
dans l'état actuel des connaissances. »

Les scientifiques ne disposent que d'un univers
– le nôtre – pour nourrir leur sens de l'observa-
tion et leur soif d'expérimentation. Pour se jouer
de la fixité des constantes de la physique ainsi que
des propriétés géométriques et physiques de
l'Univers (isotropie, taille, nombre de dimen-
sions, etc.), ils n'ont d'autre ressource que d'éla-
borer des univers fictifs dont ils manipulent les





pourquoi sommes-nous là ?

paramètres. Dès que l'ordinateur, répondant aux injonctions de l'"homme-créateur", modifie un tant soit peu les valeurs de base des "univers-jouets" par rapport à celles de la réalité, le verdict tombe sans nuance : toute possibilité d'émergence de la vie et de la conscience est impossible. En particulier, les conditions nécessaires à la formation du carbone ne sont plus remplies.

Par conséquent, nous ne pouvions naître que dans un univers enserré dès le départ dans un carcan ; et c'est justement celui-là, à l'exclusion de tout autre, qui a prévalu. Pourquoi ? C'est ici que certains cosmologistes se réfugient dans la sphère métaphysique, faisant valoir des arguments anthropiques, c'est-à-dire fondés sur l'existence d'êtres humains.

Le premier de ces

arguments fut énoncé par Robert Dicke, de l'université de Princeton, en 1961. Taraudé par la disproportion existant entre l'immensité du cosmos et l'échelle humaine, le physicien américain part du fait irréfutable que l'Univers doit être assez vieux pour que nous ayons eu le temps d'apparaître. « En effet, commente Jacques Demaret, la vie n'a pu se développer qu'à partir de molécules organiques formées d'atomes suffisamment lourds (le carbone, dans le cas de la vie terrestre), dont les noyaux n'ont pu être synthétisés qu'au cœur des étoiles, au cours des phases avancées de leur évolution. Etant en expansion, l'Univers devait donc avoir atteint des dimensions colossales au moment de notre apparition. »

En 1974, le Britannique Brandon Carter codifia les arguments de Dicke et donna naissance à u



Parce que l'Univers est suffisamment MASSIF

L'Univers est-il ouvert ou fermé ? En d'autres termes, continuera-t-il indéfiniment son expansion ou finira-t-il par se contracter ? Tout dépend de la quantité de matière qu'il renferme. Si l'Univers était fermé, une masse trop grande entraînerait son effondrement sur lui-même, à l'image d'un trou noir (ci-dessus) ou d'un haltérophile qui n'aurait pas la force de maintenir sa barre. Son existence serait alors beaucoup trop courte pour que des étoiles, des éléments lourds et des planètes puissent se former. La vie ne pourrait pas apparaître.

principe anthropique, lequel allait allumer des controverses passionnées en prise directe avec les convictions philosophiques les plus diverses. Carter concevait ce principe comme une flèche à deux branches, comprenant une version dite "faible" et une version dite "forte".

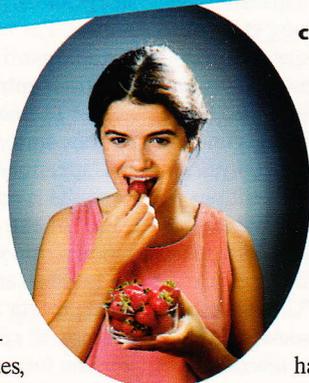
La première pourrait s'énoncer ainsi : notre position dans le cosmos est nécessairement privilégiée, en ce sens qu'elle a permis l'avènement d'êtres vivants "observateurs", conscients de l'Univers dans lequel ils vivent. Aussi fut-elle souvent taxée de tautologie. A tort, semble-t-il, dans la mesure où notre seule présence dans le cosmos est porteuse d'informations. Notamment sur la valeur des constantes physiques fondamentales, puisque, légèrement différentes, ces dernières n'auraient pas autorisé l'éclosion de la vie...

Ainsi, selon les travaux récents d'un groupe de physiciens du Max-Planck Institut für Astrophysik, à Munich, un changement très faible de la valeur de la constante d'interaction nucléaire forte aurait rendu impossible la formation de carbone dans l'Univers ; donc, par conséquent, de molécules vivantes. En outre, si cette constante avait été plus élevée d'une dizaine de pour cent, tout l'hydrogène aurait été converti en hélium lors de la nucléosynthèse primordiale. L'Univers aurait alors été définitivement privé d'eau - substance indispensable, selon la plupart des biologistes, à la genèse de la vie.

Autre exemple : les supernovæ sont des étoiles massives qui explosent en fin de cycle. Grâce à cette mort cataclysmique, elles ensemencent l'Univers. En effet, elles éjectent dans l'espace interstellaire les éléments lourds, fabriqués en



S. DESSERT



COSMOS

Parce que l'Univers a TROIS DIMENSIONS

Si le nombre de dimensions de l'Univers était inférieur à trois, l'existence d'organismes complexes dotés de systèmes nerveux développés serait impossible. En outre, après ingestion de nourriture, l'évacuation des déchets chez un être à deux dimensions pourrait impliquer que cette créature soit coupée en deux.

leur sein, sur lesquels s'appuie la génération des êtres vivants. Or, que constate-t-on ? Que des variations de la constante nucléaire faible, à la hausse ou à la baisse, empêchent la constitution de supernovæ. Une diminution de la valeur de la constante gravitationnelle aboutit au même résultat.

Un autre argument intéressant a trait au caractère tridimensionnel de l'espace. Il semble acquis que la vie n'aurait pu apparaître dans un univers dont le nombre de dimensions spatiales eût été inférieur ou supérieur à trois. Dans le premier cas, l'existence d'êtres complexes dotés de réseaux de neurones serait impossible. Du moins est-ce l'avis des neurobiologistes. De surcroît, on imagine mal comment la circulation sanguine ou l'élimination des déchets pourraient se réaliser chez des êtres bidimensionnels. Stephen Hawking illustre de façon éloquent cette problématique dans son essai *Une brève histoire du temps*. Il imagine qu'une créature à deux dimensions ingurgite un aliment qu'elle ne peut digérer entièrement. Deux solutions sont alors envisageables : ou ladite créature rend les restes par le chemin emprunté par la nourriture au moment de l'ingestion ; ou il existe un passage à travers son corps, et elle n'est qu'une entité constituée de deux moitiés séparées.

Doté d'un espace à plus de trois dimensions, l'Univers se révélerait tout aussi stérile, car les orbites planétaires et atomiques seraient instables. A la question de savoir pourquoi les flèches thermodynamique (montée de l'entropie - le désordre) et cosmologique (l'Univers se dilate) du temps pointent dans la même direc-





pourquoi sommes-nous là ?

tion, Stephen Hawking répond également en s'appuyant sur un raisonnement anthropique. Dans son hypothèse d'un univers fermé qui n'aurait « pas de bord », la vie ne serait possible, selon lui, que durant la phase d'expansion. Lors de la contraction, seule la flèche cosmologique du temps s'inverserait. A ce moment-là, l'entropie aurait atteint un tel niveau que l'Univers ne serait plus adapté à la présence d'êtres intelligents. Bref, pour le cosmologiste britannique, le fait que nous soyons là implique que l'Univers soit en expansion.

De même, les travaux de Hawking et de son collègue Barry Collins montrent que la formation de galaxies est très peu probable dans un univers anisotrope, à moins qu'il ne s'agisse d'un modèle très proche de l'isotropie. Dans un article publié en 1973 dans *The Astrophysical Journal*, les deux physiciens n'hésitaient pas à écrire : « Vu qu'il semblerait que l'existence de galaxies constitue une condition nécessaire pour le développement de la vie intelligente, la réponse à la question : "Pourquoi l'Univers est-il isotrope ?" est : "Parce que nous sommes là". »

Certains arguments anthropiques touchent directement à la biologie. Sans les interactions nucléaires faible et forte, il n'y aurait pas de cellules, car il n'y aurait pas de noyaux. En l'absence de la force électromagnétique, qui régit la chimie, le métabolisme dont les tissus des organismes vivants sont le siège ne pourrait être assuré. Et, si la gravitation n'est pas nécessaire au fonctionnement du corps humain, elle semble requise pour former des sites, tels que les étoiles et les planètes, indispensables à l'éclosion de la vie. En outre, certaines implications des théories physiques sont

Parce que les CONSTANTES sont ajustées

Sans un ajustement des constantes physiques fondamentales, la matière serait instable. Ainsi, la masse du proton est 1 836 fois supérieure à celle de l'électron. Si ce rapport était sensiblement plus petit, la formation de structures bien définies, telles qu'un cristal de glace (ci-contre) ou qu'une molécule organique, ne serait pas concevable.

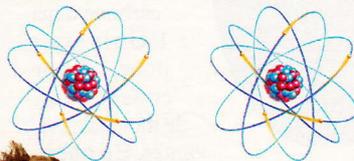
nécessaires à des processus biologiques. Par exemple, sans la mécanique quantique, qui orchestre les réactions entre particules microscopiques, l'hémoglobine serait incapable de transporter l'oxygène.

L'apparition de la vie dans le cosmos a nécessité la présence de certaines forces, ainsi qu'un extraordinaire ajustement des paramètres cosmologiques et physiques de l'Univers. Le principe anthropique faible en rend compte ; il est porteur d'informations sur l'état initial du cosmos et sur les lois qui le gouvernent. La version forte du principe anthropique, elle, introduit le concept de finalité. Carter la formulait ainsi : « L'Univers (donc les paramètres fondamentaux dont celui-ci dépend) doit être tel qu'il permette la naissance d'observateurs en son sein, à un certain stade de son développement. » Bien que peu affirmée chez Carter, cette notion de finalité a pris une tout autre dimension chez certains de ses confrères. Parlant de l'Univers, le cosmologiste américain Freeman Dyson écrit : « Quelque part, il savait que l'homme allait venir. » Et Hubert Reeves confie : « Je ne pourrais

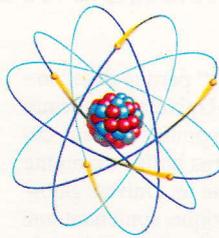
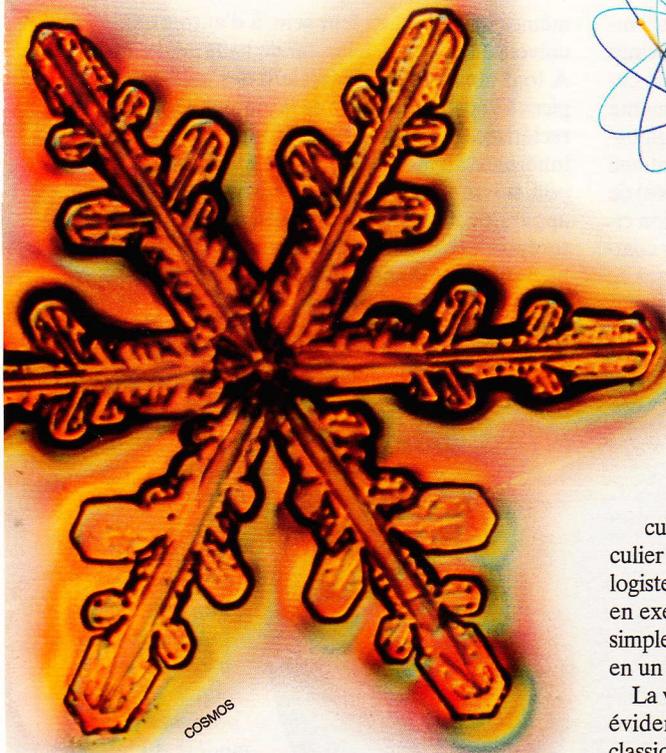
taxer de stupidité
quelqu'un
qui prétendrait
que
l'Univers
avait

Parce que les PARTICULES de même type sont identiques

Si les particules de même type n'étaient pas identiques comme des jumeaux monozygotes, le principe de l'exclusion de Pauli ne s'appliquerait pas. Fondamental en mécanique quantique, ce principe postule que des fermions (protons, neutrons, électrons, etc.) identiques ne peuvent occuper le même état quantique et, en particulier, se trouver au même endroit. La transgression de cette loi aboutirait à une altération des noyaux constitutifs des êtres vivants. Peut-être même la formation de ces noyaux serait-elle alors irréalisable.



SCHULLEREDITING



S. DESSERT



concept de principe anthropique celui de principe de complexité. « 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 », proclame-t-il dans *l'Heure de s'enivrer*.

Etant donné son caractère très spéculatif, le principe anthropique fort (en particulier sa version la plus affirmée, que les cosmologistes qualifient de "forte élargie" pour mettre en exergue la notion d'intention, au-delà d'une simple finalité de cohérence de l'Univers) se livre en un kaléidoscope d'interprétations.

La vision téléologique s'impose comme la plus évidente, d'autant qu'elle épouse la théologie classique. Un Créateur distinct de l'Univers matériel, considéré comme unique, aurait fixé ses conditions initiales en vue de la réalisation d'un projet : l'apparition d'êtres humains. « Cette approche n'a plus rien de cosmologique, elle est

envie de prendre conscience de lui-même. » Vu sous cet angle, le principe fort aboutit à une inversion de la démarche scientifique traditionnelle. Ce n'est plus la conjonction d'un ensemble de propriétés qui a permis l'émergence de la vie, c'est l'existence d'observateurs qui a imposé à l'Univers ses caractéristiques.

S. BRUNIERVIEL & ESPACE



Cela dit, le qualificatif "anthropique" est contestable. D'abord, rien ne prouve que la voie biochimique soit la seule qui mène à la conscience. Ensuite, l'éventualité d'une vie extraterrestre n'est pas exclue. Enfin, sur Terre, l'homme n'est pas seul à bénéficier du privilège de la conscience et de l'intelligence. D'où la proposition d'Hubert Reeves de rabattre notre vanité anthropocentrique en substituant au

Parce que les FORCES sont ajustées

Si les quatre forces de la nature, dont la gravitation, étaient différentes de ce qu'elles sont, ni la Terre ni la Lune n'auraient pu se former.

purement métaphysique, souligne Jacques Demaret. Ce qui pousse de nombreux chercheurs à la réfuter et à postuler l'existence d'univers multiples. »

En physique, Brandon Carter fut le premier à suggérer l'idée d'une pluralité des mondes. De tous les modèles proposés par la suite, celui de George Ellis, de l'université du Cap, en Afrique du Sud, est l'un des plus originaux. Notre Univers



pourquoi sommes-nous là ?

ne serait qu'une petite "bulle" perdue dans l'immensité d'une bulle "méta-Univers" beaucoup plus grande. Cette dernière pourrait même côtoyer une multitude d'autres bulles du même type. Ellis imagine qu'il existe un Univers globalement inhomogène et chaotique, contenant une infinité (ou, en tout cas, un très grand nombre) de mini-univers qui constituent la matérialisation effective de tous les modèles géométriques compatibles avec la cosmologie relativiste. Dans ce vaste Univers, nous occuperions précisément l'une des régions privilégiées (un mini-univers), en expansion, spatialement homogène et isotrope, dans laquelle, selon le principe anthropique faible, sont réunies les conditions nécessaires à l'écllosion de la vie.

«Une telle conception transpose à l'échelle cosmique la vision

Parce que la MATIÈRE existe

On connaît six catégories de quarks, et chaque quark possède trois variétés appelées couleurs. Quelques éléments de la matière, ces particules sont nécessaires à la formation des protons et des neutrons, éléments constitutifs de tous les noyaux atomiques entrant dans la composition des structures microscopiques et macroscopiques. Sans quarks, pas de matière ; sans matière, pas de vie.

darwinienne du monde biologique terrestre », indique Jacques Demaret. Autrement dit, nous aurions gagné à une sorte de grande loterie. Mais, du même coup, nous perdriions notre auréole, l'homme n'étant plus le but de l'Univers qui le contient (principe anthropique fort élargi). Au contraire, il se muerait en un observateur dont l'apparition ne relève que du hasard ; les propriétés de notre "bulle-Univers" autoriseraient notre existence (principe anthropique faible).

Dans la lignée d'Ellis, le cosmologiste russe Andrei Linde, de l'institut Lebedev, à Moscou, a conçu l'idée d'un Univers qui se scinderait en un très grand nombre, voire en une infinité de bulles. Ces mini-univers, qui naîtraient et disparaîtraient inlassablement, donneraient eux-

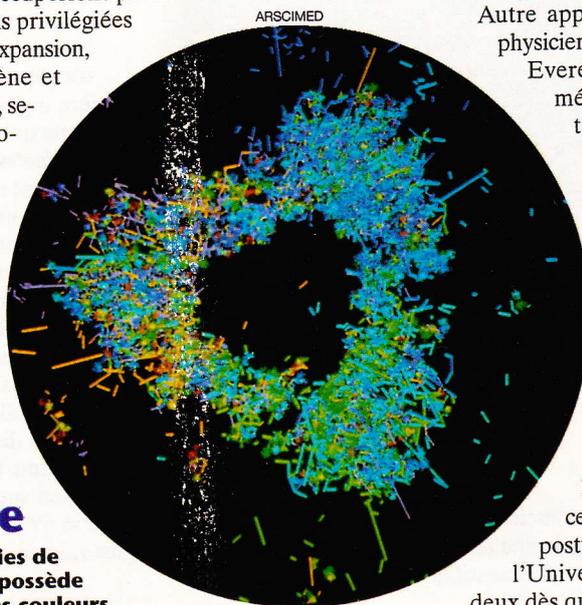
mêmes naissance, en leur sein, à d'autres mini-univers en inflation, à l'instar de leurs géniteurs. A tout moment cohabiteraient des bulles propices à l'épanouissement de la vie et d'autres caractérisées par leur stérilité. L'orgie de divisions inhérente au modèle de Linde étant censée se poursuivre indéfiniment, l'Univers qu'il décrit apparaît comme une entité non seulement autoreproductrice, mais également éternelle. Et, bien sûr, comme chez Ellis, nous occuperions un mini-univers privilégié.

Autre approche : celle du physicien américain Hugh Everett, qui utilise la mécanique quantique – dont il transpose les paradoxes apparents du monde microscopique des atomes au monde macroscopique – pour proposer un modèle d'Univers tout aussi hallucinant que celui de Linde. Que postule Everett ? Que l'Univers se scinde en deux dès qu'il y a alternative – par exemple, quand un atome

change d'état. Deux univers parallèles ainsi formés pourraient abriter tous les deux des observateurs qui se seraient éventuellement dédoublés.

Avec Everett, la science-fiction n'est pas loin. Néanmoins, aucune expérience de laboratoire ne permet actuellement de rejeter l'hypothèse si surprenante qu'elle soit, d'un Univers frénétique qui ne cesserait de se diviser. Evidemment, selon ce modèle, nous vivrions dans une copie d'univers dont les caractéristiques, répondant à la version faible du principe anthropique, auraient permis notre existence en tant qu'observateurs.

L'interprétation d'Everett, comme toutes celles qui font appel à un foisonnement d'univers, soulève de nombreuses critiques. « La première concerne l'absence de preuve expérimentale de l'existence d'univers parallèles », précisent Jacques Demaret et Dominique Lambert dans *le Principe anthropique*. « L'hypothèse des mondes multiples apparaît dès lors comme une "hypothèse ad hoc", c'est-à-dire comme un argument construit de toutes pièces pour justi-



fier une théorie qu'on veut défendre *a priori*. »

Variante du thème de la pluralité des mondes : la définition d'un Univers cyclique, où la composante temporelle prend le pas sur la composante spatiale. Le physicien américain John Wheeler s'aventura sur ce terrain. Mais, vu les difficultés majeures que rencontrait son modèle, il lui substitua le concept d'un Univers fermé (se contractant après une phase d'expansion) à un seul cycle et relevant d'une cosmologie qu'il appela "auto-référentielle" (*self-reference cosmogony*).

Revendiquant une connexion mystérieuse entre le futur et le passé, Wheeler propose une inversion de l'ordre de la causalité dans le temps : la cause suivrait l'effet. L'Univers est-il responsable de l'apparition de l'homme ? Non, c'est l'homme qui a conditionné l'architecture de l'Univers ! « On sait qu'en mécanique quantique, au cours de tout processus de mesure, l'observateur perturbe le système qu'il étudie et intervient donc dans son évolution ultérieure, explique Jacques Demaret. Wheeler généralise cette idée de manière radicale en conférant à l'observateur humain un rôle actif capital de participant à la définition de la réalité et à la genèse de l'Univers. »

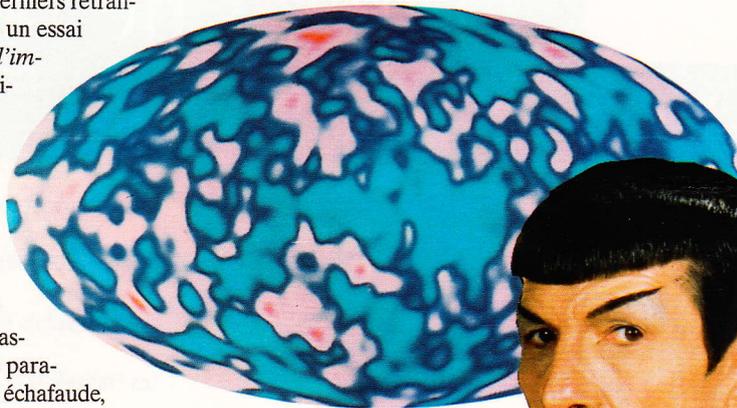
Avec Wheeler, le principe anthropique fort élargi semble poussé dans ses derniers retranchements. Et pourtant... Dans un essai récent intitulé *la Physique de l'immortalité*, Frank Tipler, de l'université de Tulane (Louisiane), soutient que, si la vie est apparue dans le cosmos, elle doit s'y maintenir, bien que, selon lui, l'Univers soit appelé à se recontracter. Au terme de développements alambiqués, il en vient à parler de la résurrection des corps, à associer les notions d'enfer et de paradis à des réalités physiques qu'il échafaude, et même à assimiler le Saint-Esprit à une fonction d'onde. Tipler marche sans filet sur le fil de la métaphysique. Des plus audacieux, son raisonnement n'est pas étranger à l'avalanche de critiques qui s'abattent sur le principe anthropique fort – lequel, de toute façon, réclame un acte de foi. Ainsi, Stephen Hawking peut difficilement admettre que le cosmos dans son ensemble, avec ses milliards de galaxies, n'existerait

que pour nous. Simple principe d'économie, en fin de compte. « Il ne semble pas nécessaire pour toutes les autres galaxies, ni pour l'Univers lui-même, d'être aussi uniformes ni aussi semblables dans toutes les directions sur une grande échelle », écrit-il dans *Une brève histoire du temps*.

Faut-il pour autant exclure définitivement le principe anthropique fort de la sphère scientifique ? Les physiciens belges Jacques Demaret et Dominique Lambert pensent que non. Avec nombre de philosophes, ils considèrent que le concept de finalité mis en exergue par les versions fortes du principe anthropique n'est pas unique et, partant, ne constitue pas nécessairement un aboutissement en soi. Selon eux, il pourrait notamment être conçu comme un outil participant à la cohérence d'un système global. Exactement comme l'œil, qui s'intègre dans le corps humain pour lui garantir la vue.

Mais, au-delà des intimes convictions (nombreuses et encore contradictoires...), la question de la place de l'homme dans l'Univers reste une interrogation scientifique et philosophique fondamentale et riche en enseignements. ■

NASA/CIEL & ESPACE



CHRISTOPHE L.

Parce que l'Univers est ISOTROPE

Le caractère isotrope du rayonnement cosmologique de fond a été montré de façon irréfutable par les observations du satellite COBE. La formation de galaxies serait d'ailleurs très improbable dans un Univers anisotrope. Est-ce parce que le cosmos semble homogène et posséder les mêmes propriétés dans toutes les directions que les auteurs de *Star Trek* ont donné à Spock une apparence humaine ?