

traduit par un sentiment particulier, le sentiment de l'interaction d'un organisme et d'un objet.

Et demain ?

Je ne suis pas assez insensé pour faire des prévisions sur ce qui pourra ou ne pourra pas être découvert, sur le moment de ces découvertes, ou encore sur le chemin qui y mènera. Toutefois, on peut raisonnablement affirmer que, d'ici 2050, notre connaissance des phénomènes biologiques aura suffisamment progressé pour que nous soyons débarrassés des séparations traditionnelles entre le corps et le cerveau, le corps et l'esprit, ou encore le cerveau et l'esprit.

Certains craignent que l'esprit humain, précieux et respectable ne soit rabaissé par l'élucidation de sa structure physique. Je n'ai pas cette crainte, car je suis convaincu que l'admiration que nous éprouvons à son égard sera simplement transférée aux microstructures fascinantes de l'organisme et aux fonctions si élaborées qui leur permettent d'engendrer l'esprit. En découvrant les secrets de l'esprit, nous le percevrons comme l'ensemble de phénomènes biologiques le plus élaboré de la nature, et non plus comme un mystère insondable. L'esprit survivra à l'explication de sa nature, tout comme le parfum de la rose continue d'embaumer, même si l'on en connaît la structure moléculaire.

Antonio DAMASIO dirige le Département de neurologie de la Faculté de médecine de l'Université d'Iowa. Il est également professeur à l'Institut Salk d'études biologiques, à San Diego.

John R. SEARLE, *The Rediscovery of the Mind*, MIT Press, 1992.

Gerald M. EDELMAN, *Bright Air, Brilliant Fire : On the Matter of the Mind*, Basic Books, 1993.

David H. HUBEL, *L'œil, le cerveau et la vision*, L'Univers des Sciences, Éditions Pour la Science, 1994.

Antonio R. Damasio, *L'erreur de Descartes*, Éditions Odile Jacob, Sciences, 1995.

Antonio R. DAMASIO, *Le sentiment même de soi : corps, émotion, conscience*, Éditions Odile Jacob, Sciences, 1999.

Paul M. CHURCHLAND, *Matière et conscience*, Éditions Champ Vallon, 1999.

PIERRE THUILLIER

La revanche des sorcières

L'irrationnel et la pensée scientifique

BELIN

La science, nous dit-on, est «objective» et «neutre». Un fossé pratiquement infranchissable séparerait la rationalité scientifique du domaine maudit de «l'irrationnel».

Le puritanisme rationaliste, pourtant, risque fort de dissimuler la profondeur et la multiplicité des relations qui unissent le monde de la science à celui de la religion, pis encore à celui de la magie. Maints exemples, dont le plus fameux est sans doute fourni par Newton, sont là pour le confirmer : la science expérimentale a une dette envers les sciences dites «occultes».

Pierre Thuillier est philosophe et historien des sciences. Il enseigne à l'université Paris VII.

code 2110 – 160 pages

Prix : 132 F

Voir bon de commande p. 98

BELIN

Une vie extraterrestre?

JILL TARTER • CHRISTOPHER CHYBA

La recherche de vie extraterrestre commence seulement : on découvre des planètes autour d'autres étoiles que le Soleil, des sondes explorent le Système solaire et les radioastronomes scrutent les cieux...

Depuis 40 ans, des astronomes cherchent des signaux radio qui seraient émis par des extraterrestres, on envoie des sondes spatiales vers la plupart des planètes du Système solaire et les planétologues étudient les conditions nécessaires au maintien de la vie. Le public pense que la science a déjà beaucoup cherché – sans succès – des indications d'une vie extraterrestre, mais cette recherche commence à peine.

Si le programme d'exploration spatiale se poursuit au rythme actuel, nous saurons peut-être, d'ici 2050, s'il existe ou si, un jour il y a eu de la vie ailleurs dans le Système solaire. Au minimum, nous aurons exploré systématiquement les possibilités : nous saurons si la vie existe sur Europe, un satellite de Jupiter, ou sur Mars. Nous aurons également entrepris l'exploration de systèmes planétaires autour d'autres étoiles, à la recherche de traces de vie dans les spectres des atmosphères planétaires. Ces études seront complétées par des recherches poussées de signaux intelligents.

1. UNE BANDE DU CIEL est sondée par le télescope d'Arecibo, au Porto Rico. Comme il ne peut pas s'incliner, il observe uniquement la portion du ciel qui s'étend de l'équateur céleste jusqu'à une déclinaison (latitude céleste) de 35 degrés. Afin d'observer tout au long de l'année et d'éviter les interférences avec d'autres observations astronomiques, le programme de recherche écoute simplement les signaux en provenance des régions du ciel où sont pointés les autres instruments du télescope. Au fil du temps, l'intégralité de la bande sera couverte. Les données sont analysées par le logiciel **SETI@Home**, téléchargeable sur le réseau Internet.



SETI@Home, University of California, Berkeley

Trouverons-nous alors que la vie est commune, mais que la technique est rare, ou que les deux sont communes, ou rares? Nous n'en savons encore rien. La Voie lactée est vaste, et nous la connaissons bien mal. Nous avons si peu exploré notre seul Système solaire que nous ne pouvons pas même écarter l'hypothèse d'une éventuelle présence extraterrestre sur l'un des corps de ce système. Un petit robot attend-il quelque part, sur une planète voisine de la Terre, que notre espèce manifeste ses capacités techniques? Au cours des 50 prochaines années, la recherche d'une intelligence extraterrestre continuera : «Les chances de succès sont difficiles à estimer, mais si nous ne cherchons jamais, la probabilité de réussir sera nulle», disaient déjà, en 1959,

les astrophysiciens Guiseppe Coccon
et Philip Morrison.

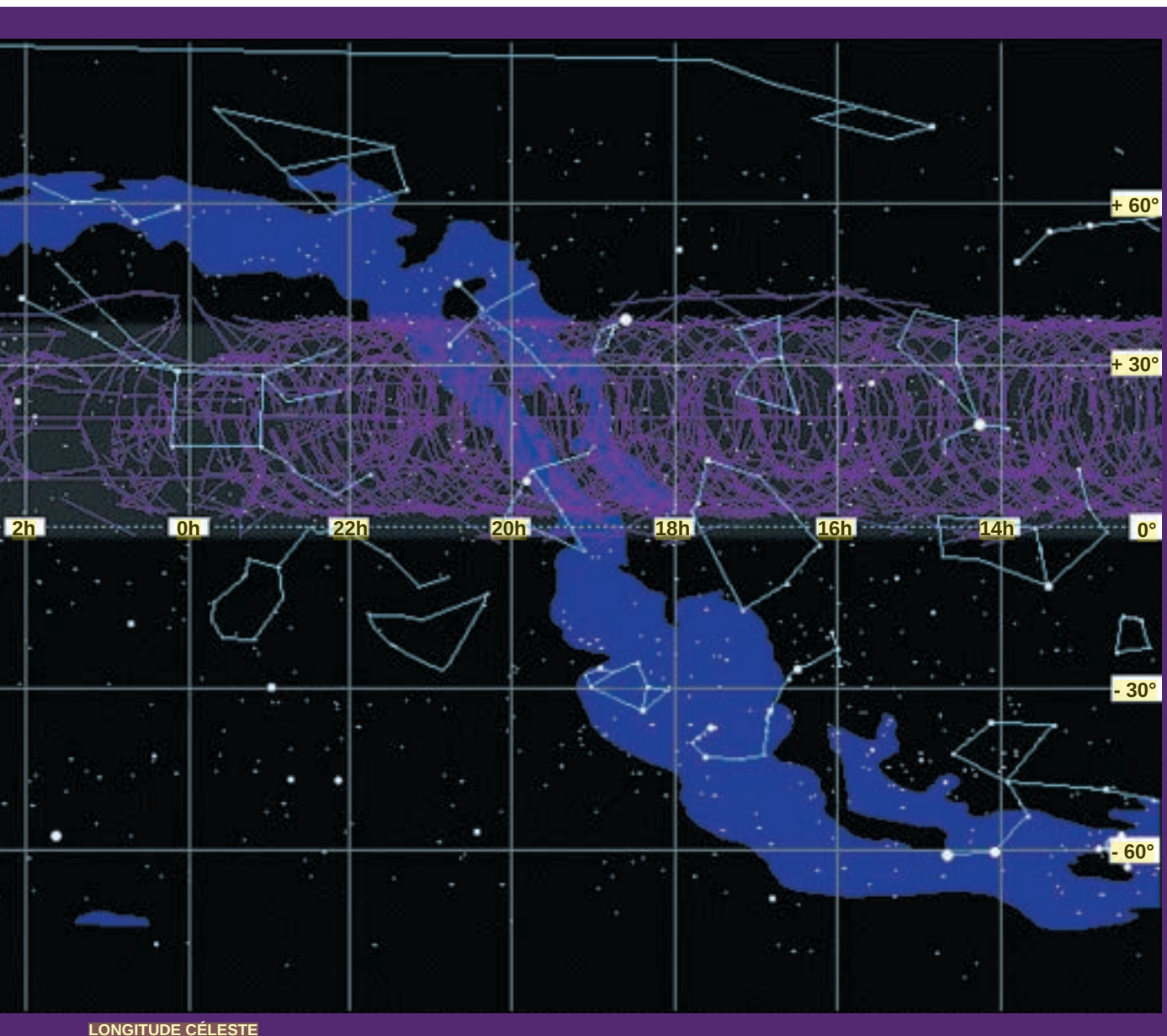
La recherche de vie dans l'Univers doit être guidée par une définition pratique du vivant. De nombreux biochimistes qui étudient les origines de la vie ont adopté la définition darwinienne, selon laquelle la vie est un système chimique auto-entretenu capable d'évoluer par sélection naturelle. En se fondant sur cette définition, nous aurons sans doute créé des systèmes moléculaires vivants bien avant 2050. Ces systèmes ne nous renseigneront peut-être pas sur l'apparition de la vie sur la Terre, mais ils révéleront la diversité des types biologiques.

Dans le domaine de l'exploration spatiale, la définition darwinienne de la vie est de peu d'utilité : l'évolution

est un mécanisme trop long pour qu'on l'observe aisément. Une définition plus pratique s'impose. Dans le cas des expériences biologiques embarquées par les sondes spatiales *Viking*, en mars 1976, les biologistes espéraient détecter de la vie martienne par son métabolisme.

Les leçons de *Viking*

Une expérience de dégazage de molécules marquées (pour vérifier si un échantillon de sol enrichi en nutriments dégazeait du carbone gazeux) indiqua la présence d'organismes. Si d'autres expériences ne l'avaient pas contredite, cette découverte aurait certainement été interprétée comme la présomption d'une présence biologique.



SETI en France

En France, la recherche de la vie extraterrestre a une longue tradition. Dès sa fondation en 1667, l'Observatoire de Paris a attiré dans ses murs d'illustres étrangers, dont Christian Huygens, auteur du premier livre scientifique sur le sujet : *Essai sur la pluralité des mondes*. Diffusant ces idées, les *Entretiens* du philosophe Fontenelle avec sa marquise est resté un best-seller un siècle durant. À la fin du XIX^e siècle, le directeur de l'Observatoire, Jules Janssen, un pionnier de la toute jeune spectroscopie, a créé la section de Meudon, située alors en dehors de la pollution parisienne. Il voulait y poursuivre ses recherches délicates sur la vapeur d'eau dans l'atmosphère de Mars et, déclarait-il devant les cinq Académies, «faire un nouveau pas décisif dans la grande question de l'habitabilité des mondes et de la vie extraterrestre».

Plus près de nous, en 1965, le président Charles de Gaulle inaugurait le plus grand radiotélescope du monde, à Nançay, et demandait à son créateur : «Dites-moi, Denisse, avec votre grand machin, pouvez-vous me dire s'il est vrai que les Russes ont découvert des signaux radio extraterrestres?». Il s'agissait en fait du premier quasar, CTA 102, que les Russes avaient pris pour des signaux extraterrestres.

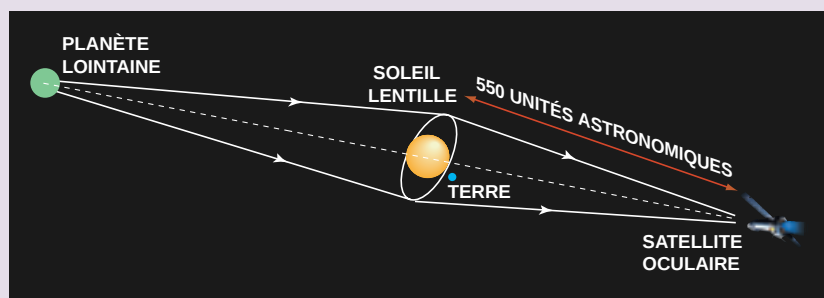
Paris, Meudon, Nançay... Depuis, seuls deux radioastronomes, François Biraud, puis moi, avons utilisé très sporadiquement le radiotélescope de Nançay à la recherche de signaux extraterrestres, en collaboration avec la pionnière américaine Jill Tarter. Nous voulions amener derrière cette grande antenne un récepteur mis au point par la NASA qui comprend des dizaines de millions

de canaux, mais nous n'avons jamais reçu le soutien officiel français, de sorte que cette collaboration a été abandonnée.

En me tournant vers le milieu international, j'ai alors lancé deux initiatives. D'abord, avec le soutien de l'Académie internationale d'astronautique et du Comité international de recherche spatiale (COSPAR), je mène une étude pour l'établissement d'un observatoire radio sur la face cachée de la Lune. En préservant un site privilégié, le cratère Saha, mon but est d'assurer à l'humanité une fenêtre radio libre de toute pollution, à la fois pour SETI, mais aussi pour la radioastronomie des décennies à venir. La situation progresse.

Ensuite, avec un groupe d'ingénieurs et de scientifiques turinois, j'ai présenté à l'Agence spatiale européenne un projet de mission spatiale hors du Système solaire pour utiliser l'effet de lentille gravitationnelle du Soleil déduit de la relativité générale. Le projet consiste à placer un «oculaire» au foyer de cette lentille, créant ainsi un télescope gigantesque muni d'un objectif d'un million et demi de kilomètres de diamètre! La difficulté est que ces foyers sont situés 20 fois plus loin de nous que ne le sont Neptune ou Pluton (550 unités astronomiques). Cela pose des problèmes très difficiles, mais solubles. Avec un tel instrument, on pourrait voir, sur des planètes de type terrestre situées à 100 années-lumière, des continents, des mers, et même, plus important, des ouvrages «astro-technologiques» d'éventuelles civilisations très avancées.

Jean HEIDMANN,
Observatoire de Paris



Des appareils de chromatographie en phase gazeuse et des spectromètres de masse emportés par les sondes *Viking* cherchaient en effet la présence de molécules organiques. Aucune molécule organique n'ayant été trouvée, les scientifiques expliquèrent le résultat de l'expérience de dégazage par des réactions chimiques imprévues plutôt que par des réactions biologiques (voir *La vie sur Mars*, par Norman Horowitz, *Pour la Science*, janvier 1978). Ils avaient adopté une définition biochimique de la vie : la vie martienne, comme la vie terrestre, serait fondée sur la chimie du carbone.

Quelles leçons tirer de ces expériences? Tout d'abord, on doit chercher la vie avec de multiples définitions, mais la définition biochimique prévaut pour les détectations à distance : si l'on ne trouve pas de molécules organiques, les indices de présence biologique doivent être considérés avec circonspection. Ensuite, afin d'interpréter les résultats, les exobiologistes doivent les restituer dans le contexte chimique et géologique de leur découverte. Enfin, les expériences de détection de la vie devraient être conçues de manière à fournir des informations scientifiques intéressantes, même lorsqu'elles ne trouvent pas de vie. Ces idées ont guidé l'élaboration des missions futures, telles celles qui exploreront Europe.

On prévoit également d'ajouter un microscope aux instruments de détection biochimique : le microscope ne se fonde sur aucune hypothèse *a priori*. Toutefois, cet instrument n'est pas une solution absolue : en 1998, une équipe de la NASA a prétendu avoir trouvé des microfossiles sur la météorite martienne Allan Hills 84001. La controverse qui a suivi a bien montré qu'on ne peut se fonder seulement sur la forme des structures microscopiques pour identifier la vie ; bien des phénomènes non biologiques produisent des structures analogues.

Le satellite Europe intéresse beaucoup les exobiologistes, car, sous une couche de glace, il semble posséder un océan vieux de quatre milliards d'années. En 2003, une mission d'exploration d'Europe ira chercher cet océan. Si on le trouve, un programme d'exploration détaillé, avec des capsules d'atterrissage et, peut-être, des sous-marins pénétrant sous la glace, vérifiera si cet océan héberge des formes de vie. Ces études révéleront l'adaptabilité de la vie et les conditions où