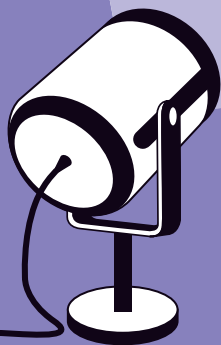


SPOT
SCIENCES

James Lequeux
et Thérèse Encrenaz

La vie ailleurs : espérances et déceptions



edp sciences

La vie ailleurs : espérances et déceptions

SPOT
SCIENCES
HISTOIRE

James Lequeux
et Thérèse Encrenaz

Depuis la plus haute Antiquité, l'homme s'est demandé s'il y a de la vie ailleurs que sur la Terre. La possibilité d'existence d'autres mondes habités que le nôtre a suscité de tout temps des controverses passionnées, qui font l'objet de ce livre ; encore aujourd'hui, la fièvre s'empare des médias dès que le moindre indice peut laisser croire à une telle possibilité. Même d'éminents scientifiques comme Christiaan Huygens, Edmond Halley, William Herschel, Giovanni Schiaparelli ou maintenant Avi Loeb se sont livrés à des spéculations parfois insensées sur la vie dans l'Univers. La découverte controversée de phosphine sur Vénus et de méthane sur Mars alimente encore aujourd'hui de telles spéculations. L'existence de milliards de planètes autour des étoiles de notre Voie lactée ouvre d'immenses perspectives, mais il nous faudra encore attendre bien des années avant de savoir si elles sont peuplées ou si nous sommes seuls dans l'Univers. Finalement, notre bonne vieille Terre pourrait bien être un lieu unique pour la vie, que nous devons impérativement préserver.

James Lequeux a dirigé la Station de Radioastronomie de Nançay et l'Observatoire de Marseille, et a été pendant quinze ans rédacteur en chef de la revue européenne *Astronomy & Astrophysics*. Aujourd'hui, il se consacre principalement à l'histoire de l'astronomie et de la physique, sur laquelle il a écrit de nombreux ouvrages.

Thérèse Encrenaz est spécialiste de l'étude des planètes.

Elle a dirigé le département de Recherche spatiale de l'Observatoire de Paris, puis a été vice-présidente du Conseil scientifique de l'Observatoire. Elle est l'auteure de nombreux livres spécialisés et d'ouvrages de vulgarisation, dont plusieurs avec James Lequeux.

ISBN :

978-2-7598-2641-4



9 782759 826414

Prix : 17 €

edp sciences
www.edpsciences.org

**La vie ailleurs :
espérances et déceptions**

La vie ailleurs : espérances et déceptions

JAMES LEQUEUX ET THÉRÈSE ENCRENAZ

edp sciences

17, avenue du Hoggar – P.A. de Courtabœuf
BP 112, 91944 Les Ulis Cedex A

SPOT Sciences

Collection destinée à un large public qui invite le lecteur à découvrir à travers des essais toute une palette des sciences : histoire, origines, découvertes, théories, jeux...

Dans la collection

« Grandes controverses en astrophysique », Suzy Collin-Zahn, ISBN : 978-2-7598-2613-1 (2021)

« Sexualité, génétique et évolution des bactéries », J.P. Gratia, ISBN : 978-2-7598-2538-7 (2021)

« La pensée en physique – *Diversité et unité* », J.P. Pérez, ISBN : 978-2-7598-2481-6 (2021)

« L'histoire du cerveau – *Voyage à travers le temps et les espèces* », Y. Gahéry, ISBN : 978-2-7598-2479-3 (2021)

« Les clés secrètes de l'Univers – *Émergence de l'Univers, de la vie et de l'Homme* », M. Galiana-Mingot, ISBN : 978-2-7598-2534-9 (2021)

Composition et mise en pages : Flexedo

Imprimé en France

ISBN (papier) : 978-2-7598-2641-4

ISBN (ebook) : 978-2-7598-2642-1

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences, 2022

SOMMAIRE

<i>Introduction</i>	7
1. De l'Antiquité à Giordano Bruno	11
Les premiers philosophes grecs admettent la multiplicité des mondes.....	11
Contestations	13
Le christianisme et la vie ailleurs.....	15
La pluralité des mondes habités réapparaît.....	19
2. Science-fiction ou réalité ?	21
Les découvertes de Galilée apportent de nouveaux éléments.....	21
La pluralité des mondes habités est maintenant acceptée.....	25
De la vie sur la Lune ?.....	28
3. La vie sur le Soleil	33
Un astre bien méconnu.....	33
Le Soleil de William Herschel.....	38
Le Soleil au XIX ^e siècle	41
La fin des habitants du Soleil	44
4. Planètes et satellites imaginaires	45
L'Anti-Terre des Pythagoriciens	45
Le satellite de Vénus	47
Une planète à l'intérieur de la Terre !	49
Une seconde Lune pour la Terre ?.....	52
Numérologie : les polyèdres de Kepler et la loi de Titius-Bode.....	54
Le Verrier et la planète Vulcain	58
La planète X... et les autres	61
5. Enfin du concret ! Les canaux de Mars	63
Mars et <i>l'Astronomie populaire</i>	63
La découverte des canaux de Mars.....	64
Percival Lowell et Mars	69
La difficile fin des canaux	71
La fin d'un mythe.....	76
6. La vie sur Mars, une quête sans cesse renouvelée	79
Les débuts de l'exploration spatiale : désillusions et espérances.....	79
La mission Viking : un exploit scientifique, mais une réponse négative	80
La météorite ALH 84001 : nouveaux espoirs d'une vie martienne ?...	83
Enquête sur le passé de Mars : à la recherche de sites « habitables »	87
Quel était le climat au début de l'histoire de Mars ?	91

7. L'énigme du méthane martien	93
Premières détections, premières controverses.....	93
2004 : De nouvelles annonces... ..	94
Naissance d'une polémique.....	97
Si le méthane existe, pourquoi est-il là ?	100
De nouveaux résultats : les mesures du rover Curiosity	102
Avec l'orbiter TGO, une nouvelle controverse !	103
8. De la phosphine sur Vénus ? Une brève histoire qui en dit long...	109
Des conditions infernales peu propices à la vie	109
La vie se serait-elle réfugiée au niveau des nuages d'acide sulfurique ?.....	110
La découverte de la phosphine	112
Pas de phosphine dans des spectres infrarouges de Vénus	115
Des méthodes contestées de traitement des données.....	117
Les observations spatiales fournissent une nouvelle mesure décisive.....	118
Est-ce la fin de l'histoire ?	119
Quelles leçons pour le futur ?	120
9. Les microbes nous envahissent !.....	123
Svante Arrhenius et la panspermie	124
D'Alexandre Oparine à Fred Hoyle : les idées progressent, et aussi les divagations	126
Une origine extra-terrestre de la Covid-19 ?	131
Et pourtant, des molécules pré-biotiques proviennent bien de l'espace.....	132
10. Les visiteurs interstellaires : 'Oumuamua	135
Un objet provenant de l'espace interstellaire	136
Un objet fabriqué par d'autres civilisations ?	139
<i>Conclusion</i>	<i>143</i>
<i>Bibliographie</i>	<i>149</i>

INTRODUCTION

Depuis la plus haute Antiquité, l'homme s'est demandé s'il pourrait y avoir de la vie ailleurs que sur la Terre. Cette question est toujours brûlante, et nous n'avons toujours pas la réponse, bien que l'on ait cru quelquefois l'avoir. La possibilité d'existence d'autres mondes habités que le nôtre a suscité des controverses passionnées ; encore aujourd'hui, la fièvre s'empare des médias dès que le moindre indice peut laisser croire à une telle possibilité. La passion suscitant l'imagination jusqu'à l'irrationnel, l'histoire abonde en visions farfelues et en visites d'extraterrestres, sans oublier les ouvrages de science-fiction où l'on a quelquefois des difficultés à séparer le vrai de ce que l'auteur a inventé.

C'est l'histoire de l'homme face au problème de la vie dans l'Univers que veut raconter ce livre.

Nous commencerons par décrire l'évolution des idées sur la pluralité des mondes habités depuis l'Antiquité la plus reculée jusqu'à ce que quelqu'un qui n'était pas astronome, Giordano Bruno, propose à la fin du ^{xvi}e siècle une vision de l'Univers qui s'est révélée proche de la réalité : pour lui comme pour nous aujourd'hui, les étoiles sont autant de soleils entourés de planètes. Il a payé de sa vie, sur le bûcher, ses idées révolutionnaires.

Venant juste après Bruno, Galilée, le premier savant moderne, s'est gardé de toute spéculation ; mais les faits qu'il découvrait ont paru tellement étranges à ses contemporains et contraires à leurs idées reçues qu'ils ont eu bien du mal à les accepter.

Et puis finalement, puisque l'Univers était si extraordinaire, pourquoi ne pas imaginer à nouveau qu'il soit peuplé d'êtres vivants, tout au moins la Lune et les planètes : c'est ce qu'ont proposé au XVII^e siècle Fontenelle en France et Huygens aux Pays-Bas dans de remarquables ouvrages dont il est difficile de dire s'il s'agit de science-fiction ou de tentatives plus sérieuses.

Après eux, au XVIII^e siècle, il est maintenant admis que les planètes pourraient bien être peuplées. Et pourquoi pas le Soleil ? C'est ce qu'a proposé un astronome aussi sérieux et compétent que William Herschel, suivi un demi-siècle plus tard par François Arago.

Après la découverte sensationnelle de la planète Neptune en 1846, il est permis de penser que d'autres planètes, éventuellement peuplées, pourraient graviter autour du Soleil. Leur recherche a occupé certains astronomes jusque vers 1930. En même temps, d'autres astronomes ont cherché des planètes autour d'étoiles proches, mais aucun résultat crédible n'a été obtenu jusqu'à ce que les découvertes se succèdent à partir de 1995. Ces « exoplanètes » sont bien là, mais abritent-elles la vie ?

En 1877, l'astronome italien Schiaparelli annonçait la découverte de canaux sur Mars. C'était enfin un signe concret de la présence d'êtres évolués sur une planète. Mais c'était un fantasme qui a persisté près d'un siècle, avec des hauts et des bas, alimentant l'idée que nous pourrions bien rencontrer un jour ces êtres, et même d'autres venant d'ailleurs. Tout s'est effondré lorsque des sondes ont observé Mars de près, sans trouver la moindre trace de canaux.

Puis on a aussi recherché de l'eau sur Mars et sur Vénus, avec l'idée que s'il y a de l'eau il y a de la vie. Ici encore, les déceptions furent cruelles.

Plus près de nous, quelques annonces sensationnelles méritent d'être examinées de près : d'abord celle de traces de vie dans une

météorite provenant de Mars, puis de molécules pré-biotiques un peu partout. Enfin, des observations spatiales et au sol ont (peut-être) repéré du méthane sur Mars, dont certains se sont empressés d'annoncer la possible origine biologique, tandis que certains astronomes pensaient avoir trouvé de la phosphine dans la haute atmosphère de Vénus, un produit également attribué à la vie. Et puis, un visiteur venant de l'espace interstellaire est entré dans le Système solaire : proviendrait-il d'une civilisation lointaine ? La saga toute récente de ces dernières affaires est emblématique de l'excitation incontrôlée qui peut saisir les esprits lorsqu'il s'agit de vie dans l'Univers.

Alors, nous retomberons sur nos pieds pour faire le point et conclure que notre bonne vieille Terre pourrait bien être un lieu unique pour la vie, que nous devrions nous attacher à préserver.

1

De l'Antiquité à Giordano Bruno

LES PREMIERS PHILOSOPHES GRECS ADMETTENT LA MULTIPLICITÉ DES MONDES

Depuis l'aube des civilisations, l'homme n'a cessé de se questionner sur sa place dans l'Univers. Dès l'Antiquité, les philosophes grecs se sont opposés sur cette question. Les plus anciens sur lesquels nous ayons des informations, les philosophes ioniens, vivaient au VI^e siècle avant notre ère à Milet, un port florissant à l'embouchure du fleuve Méandre dans l'actuelle Turquie. Le plus ancien et le plus célèbre est Thalès de Milet (*ca.* 625-*ca.* 547 av. J.-C.), le fondateur de la géométrie. Il est difficile pour nous de nous mettre dans la peau de ces philosophes, d'autant plus que leurs idées ne sont pas connues directement mais par des commentateurs qui ont pu les déformer. Un point remarquable et incontestable est qu'ils sont surtout intéressés par la Nature elle-même, indépendamment de la religion, de la morale et de la politique. Lorsqu'on demande à l'un d'eux pourquoi il est né, il répond : « *pour étudier le Soleil, la Lune et les Cieux.* »

Ces philosophes ont imaginé que des corps de nature terrestre peuvent tourner autour des étoiles, lesquelles sont faites de feu. Peuvent-ils être peuplés ? Pourquoi pas : selon eux « *les animaux sont nés de l'humidité, de la chaleur et de substances terrestres.* » Et comme ils pensent que l'Univers est Un, avec un principe unique en action en tout lieu, ceci a pu se produire partout. C'est une conception remarquablement proche de la nôtre, avec des arguments qui n'en diffèrent en rien.

Mais c'est trop beau pour durer ! Lorsque le dernier philosophe ionien, Anaxagore (ca. 500-428 av. J.-C.), qui s'est établi à Athènes, porte le raisonnement jusqu'à ses conclusions et va jusqu'à proposer que la Lune puisse ressembler à la Terre et être peuplée, c'en est trop pour les Athéniens qui le bannissent en dépit de son amitié avec Périclès. On sait peu de choses sur le procès d'Anaxagore, qui préfigure ceux de Bruno et de Galilée, mais il est clair que pour les Athéniens il est politiquement correct de concevoir des dieux et des déesses qui manipulent les hommes, mais pas des êtres vivants ailleurs que sur la Terre. Une raison plus profonde sera explicitée par Plutarque six siècles plus tard : « *Le peuple ne peut pas supporter ces philosophes qui traitent des phénomènes de la nature... parce qu'ils attribuent ce qui procède des dieux à des causes naturelles.* » Malheureusement, cette opinion va dominer pendant longtemps.

Cependant, les philosophes dits *atomistes* comme Démocrite (ca. 460-370 av. J.-C.) vont émettre des idées qui prolongent celles des philosophes ioniens. Ils pensent que l'Univers est constitué d'un nombre infini d'« atomes » qui s'associent entre eux pour former les corps, lesquels sont aussi capables de se démembrer et de se dissoudre. Comme ces phénomènes ont lieu partout dans l'Univers, il ne peut pas y avoir de différence de nature entre la Terre, la Lune, le Soleil et les astres qui peuplent le Ciel. D'ailleurs, il doit exister un nombre infini de « mondes » plus ou moins semblables au nôtre, c'est à dire le Système solaire, mais ils sont inobservables : en effet, les étoiles sont considérées comme faisant partie de notre propre monde et il

faudrait chercher plus loin, ce qui paraît impossible. Un siècle plus tard, Épicure (ca. 342-270 av. J.-C.) reprend ce concept, et écrit : « *Ce n'est pas seulement le nombre des atomes, c'est celui des mondes qui est infini dans l'Univers. Il y a un nombre infini de mondes semblables au nôtre et un nombre infini de mondes différents* ». Trois siècles plus tard encore, le philosophe latin Lucrèce (ca. 98-55 av. J.-C.) reprend les idées d'Épicure dans son poème *De Rerum Natura* : « *Le ciel, la Terre, le Soleil, la Lune, la mer, tous les corps enfin, ne sont pas uniques, mais plutôt infinis en nombre.* » Donc l'Univers n'a pas de centre, et nous n'y occupons pas une position privilégiée. Autre conséquence de taille : « *Nous devons reconnaître qu'ailleurs il y a d'autres Terres, des tribus humaines et des animaux sauvages.* »

CONTESTATIONS

Bien entendu, tous les philosophes grecs n'admettent pas les propositions qui viennent d'être exposées. Certains sont les émules de Pythagore (ca. 580-ca. 495 av. J.-C.), qui vit dans l'île de Samos presque en même temps que les premiers philosophes ioniens. Leurs idées sont dominées par les mathématiques, ce qui ne nous surprendra pas de la part de ce géomètre, mais aussi par la morale ; ces deux éléments sont totalement absents chez les ioniens. Les conceptions que les pythagoriciens ont de l'Univers sont assez confuses, mais ils sont les premiers à avoir déclaré qu'il se divise en deux régions : le monde plus proche que la Lune, qui est imparfait, et le monde plus lointain, qui est la perfection même. Cette idée, reprise par Aristote (384-322 av. J.-C.), va dominer l'Antiquité et le Moyen-Âge et être à l'origine de toutes sortes de préjugés. La plupart des Pythagoriciens ont rejeté l'idée que d'autres mondes que la Terre puissent être habités, mais il y a des exceptions : pour l'un d'eux, Philolaos (ca. 470-ca. 390 av. J.-C.), la Lune est comparable à la Terre et porte des plantes et des animaux quinze fois plus grands que les nôtres, sans doute parce que le jour lunaire est quinze fois plus long que le jour terrestre !

Successeur des pythagoriciens, Platon (ca. 428-348 av. J.-C.), est partisan de l'unicité de la Terre. Il écrit dans un de ses ouvrages, le *Timée* : « Afin que ce monde soit semblable, en son unité, à une Créature parfaite, son Auteur n'en a pas fait deux, ni un nombre infini, mais ce Ciel est né, demeure et sera à jamais seul et unique ». Cette phrase nous paraît obscure, mais il est clair que pour lui, l'Univers ne peut contenir d'autre astre habité que la Terre. La plupart des philosophes de l'Antiquité vont partager son opinion.

Cependant, un écrivain latin célèbre pour ses biographies des empereurs romains, Plutarque (ca. 50-ca. 120), écrit vers l'année 100 de notre ère un petit livre intitulé *De la face qui apparaît sur la Lune*, remarquablement traduit en français en 1572 par Jacques Amyot, évêque d'Auxerre. Plutarque commence par réfuter l'idée selon laquelle un visage est dessiné sur la Lune, idée vivace puis qu'on la retrouvera partout ensuite sous différentes formes, notamment dans le film de Méliès *Voyage dans la Lune* (figure 1.1). Puis il énonce plusieurs idées remarquables, notamment : « Le mouvement de la Lune empêche qu'elle ne tombe [sur la Terre], et la violence de sa révolution, ni plus ni moins que les pierres et cailloux, et tout ce qu'on met dedans une sonde, sont empêchés de tomber, parce qu'on les tourne violemment en rond. » Cette idée est si originale qu'elle n'aura guère de lendemain jusqu'à Huygens et Newton. Pour Plutarque, la Lune est de même nature que la Terre et a sa propre gravité, si bien qu'elle peut porter des êtres vivants, même si les conditions peuvent y être fort différentes de celles qui règnent sur notre globe. Encore une idée prémonitoire, qui sera vite oubliée, puis reprise par Kepler comme nous le verrons plus loin.

Chose remarquable, les idées les plus avancées sur une vie possible sur d'autres mondes que la Terre sont le fait de poètes comme Lucrèce ou d'écrivains comme Plutarque, tandis que les scientifiques comme Ératosthène, Aristarque, Hipparque ou Ptolémée se sont gardés de se plonger dans le sujet. On retrouvera cette dichotomie tout au long de l'histoire, avec quelques exceptions comme Kepler et Huygens au XVII^e siècle et quelques autres plus récentes, dont nous reparlerons.



Figure 1.1. | Parmi les innombrables images montrant un visage dans la Lune, celle de Georges Méliès dans son film *Voyage dans la Lune* de 1902 est sans doute la plus célèbre. Un obus contenant les voyageurs tombe sur la Lune.

LE CHRISTIANISME ET LA VIE AILLEURS

Pour les chrétiens, Dieu a créé l'homme à son image et il n'est pas envisageable que des créatures semblables puissent exister en dehors de la Terre. Le monde se limite donc à notre globe, avec ses plantes et ses animaux, et rien de semblable n'est possible ailleurs dans cette vision anthropocentriste.

Double peine pour les ioniens, les atomistes et Épicure, qui non seulement avaient des idées inacceptables mais de surcroît étaient clairement opposés aux dieux et à la religion ! Le christianisme va les rejeter avec force et les plonger dans l'oubli pendant près d'un millénaire. Pour Dante, qui s'accommode assez bien des philosophes païens de l'Antiquité, Épicure est le diable en personne ! Quant à Lucrece, l'émule d'Épicure, on ne savait pas grand-chose de lui jusqu'à ce qu'un manuscrit de ses œuvres soit découvert en 1417,

puis publié seulement 33 ans après ; les humanistes de la Renaissance l'ont apprécié comme poète, mais pas comme philosophe.

Pour les Pères de l'Église, il n'est donc pas question de vie ailleurs que sur la Terre. D'ailleurs, le vrai chrétien ne doit pas étudier la nature en tant que telle, car la seule chose qui importe est le salut de son âme et la théologie est la seule science valable. Il en résulte un manque d'intérêt, voire un mépris pour les connaissances acquises par les Grecs, simplement parce qu'ils étaient païens. La redécouverte de leurs théories et des leurs résultats ne se fera que lentement et laborieusement, et ne sera entière qu'à la Renaissance. Le schisme entre catholiques et orthodoxes et l'avènement du protestantisme ne changeront rien à l'affaire : tous ne s'intéresseront guère qu'aux questions théologiques. On retrouve aujourd'hui la même attitude chez les fondamentalistes pour qui toute science est sujette à caution, la vérité ne se trouvant que dans les Écritures...

Certains chrétiens sont cependant plus subtils. Saint Augustin (354-430) reconnaît que « *dans un très grand nombre de cas, des hommes qui ne sont pas chrétiens ont de la Terre, du Ciel, des autres éléments de ce monde, des mouvements, des révolutions, des distances et des grandeurs des astres, de la nature des animaux, des végétaux et de minéraux, enfin d'autres choses du même genre, une connaissance qu'ils tirent avec une grande certitude de la raison et de l'expérience. Il est une chose plus que honteuse, pernicieuse et extrêmement redoutable, c'est qu'un de ces infidèles puisse entendre un chrétien qui prétend parler de ces sujets d'après les Saintes Écritures, et qui énonce tant de folies qu'il se trompe au point que l'infidèle a peine à se retenir de rire. Ce qui est le plus pénible [...] c'est que ceux qui ont entendu un chrétien donner sa vaine opinion à partir de nos Livres Saints ne puissent plus se fier à ces mêmes livres en ce qui touche la résurrection des morts, l'espoir de la vie éternelle et le royaume des cieux* »¹. Donc Saint Augustin sépare clairement la

1. Traduction de Pierre Duhem.

science de la théologie. Il ne sera guère suivi par la suite, et beaucoup vont tenter de les unifier en prenant à la lettre les descriptions de la création du monde dans la Genèse, au lieu d'admettre qu'elles ne sont que symboliques.

Le mépris pour les découvertes des Grecs et l'ignorance font que la compréhension de la forme de la Terre elle-même va régresser au cours du Haut Moyen-Âge, avec la réapparition de la Terre plate. Cependant, les choses vont progressivement changer à partir de l'an 1000, grâce à la traduction depuis l'arabe des traités d'Aristote et de Ptolémée, qui étaient jusque-là ignorés du monde chrétien et dont l'influence va croissant. La Terre plate va progressivement redevenir sphérique grâce à de nouveaux navigateurs et explorateurs. Ces derniers, comme Marco Polo (1254-1324), découvrent des paysages et des peuples différents, donc certains « *vivent comme des bêtes* ». À la suite des enlumineurs et des sculpteurs du Moyen âge précédent, ils inventent d'ailleurs, dans les régions qu'ils n'ont pas visitées, des créatures humaines bizarres à tête de chien ou munies d'une longue queue. Ce sont les équivalents de nos extraterrestres d'aujourd'hui.

Afin de calmer les troubles qui surviennent à l'Université de Paris entre les tenants et les adversaires d'Aristote, le pape Jean XXI charge en 1277 Étienne Tempier (ca. 1210-1279), évêque de Paris, de préciser quelle doit être la position de l'Église. Tempier réunit donc un comité de seize théologiens plutôt conservateurs appartenant à l'Université (figure 1.2), lesquels vont émettre pas moins de 217 « décrets », bientôt confirmés par l'archevêque de Canterbury. Le plus intéressant condamne ceux qui croient « *que la Cause Primaire [c'est-à-dire Dieu] ne pourrait pas créer une pluralité de mondes* ». Voici donc la Pluralité qui revient à la surface, une pluralité virtuelle puisqu'il n'y a rien pour l'étayer. Mais le ver est dans le fruit et certains vont s'engouffrer dans cette possibilité, sans que l'on sache d'ailleurs si c'est sous l'influence directe des décrets de Tempier.



Figure 1.2. | Une réunion de docteurs à l'Université de Paris, miniature de 1537 par Étienne Colaud. La réunion organisée par Tempier ne devait guère se présenter autrement, mais elle comportait 16 théologiens au lieu de 10 ici. Source : Wikimedia Commons.

Wells, H.G. : *La guerre des mondes*, Vandamme, Bruxelles, 1906, et nombreuses rééditions ; <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9925304/f1.item.r=Wells%20la%20guerre%20des%20mondes>

Chapitre 6

Encrenaz, T., Lequeux, J., Casoli, F. : *Les planètes et la vie*, Belin, Paris, 2019.

Forget, F., Costard, F., Lognonné, P. : *La planète Mars, histoire d'un autre monde*, Belin, Paris, 2006.

Chapitre 7

Forget, F. *et al.* ; *op. cit.*

Chapitre 8

Mottez, F. : De la vie dans l'atmosphère de Vénus ? *L'Astronomie* n° 143, p. 7, novembre 2020.

Encrenaz, T. : Phosphine sur Vénus : marche arrière toute... *L'Astronomie* n° 144, p. 4, décembre 2020.

Encrenaz, T. *et al.* : *op. cit.*

Chapitre 9

Arrhenius, S. : *L'évolution des mondes*, Librairie polytechnique, Paris, 1910 ; <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k948093?rk=64378;0>

Nazé, Y. : *L'astronomie de l'étrange*, Belin, Paris, 2021. Voir p. 290-300 et la bibliographie.

Chapitre 10

Lequeux, J. : 'Oumuamua : un astéroïde interstellaire, *L'Astronomie* n° 148, p. 24, avril 2021.

Loeb, A. : *Extraterrestre : le premier signe d'une vie intelligente*, Le Seuil, Paris, 2021.

The 'Oumuamua ISSI team : The natural history of 'Oumuamua, *Nature Astronomy* 3, p. 594-602, 2019 ; <https://arxiv.org/abs/1907.01910>

Schneider, J. : Extraterrestres : analyse d'un livre, *L'Astronomie* n° 148, p. 22, avril 2021.

Zuckerman, B. : *'Oumuamua is not a probe sent to our Solar System by an alien civilization*, à paraître ; <https://arxiv.org/abs/2103.05559>

