

LA NATURE

REVUE DES
ET DE LEURS
AL'ART ETA



SCIENCES
APPLICATIONS
L'INDUSTRIE

SOIXANTE-TROISIÈME ANNÉE
1935 - DEUXIÈME SEMESTRE

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
PARIS, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

LA VIE DANS L'UNIVERS

HISTORIQUE

Croyances. Représentations. Hypothèses. — La question de l'habitabilité des astres commença à préoccuper l'esprit humain dès que l'homme se rendit compte que ceux-ci représentent d'autres mondes. La science n'étant pas encore en mesure de leur fournir des moyens de recherches, les hommes donnèrent libre cours à leur imagination. Aussi le contenu des vieux ouvrages sur ce sujet est-il le fruit de l'intuition et de la fantaisie auxquelles les auteurs essayèrent de donner un fondement philosophique.

L'École de Pythagore (iv^e siècle avant Jésus-Christ) soutenait contre celle d'Aristote que les différents astres sont habités. Des preuves ne tardèrent pas à venir : Diogène de Laërte raconte qu'Héraclite connaissait personnellement un habitant de la Lune, sans pourtant donner quelque détail sur ce personnage mystérieux. Métodor de Lampsakos (iii^e siècle avant Jésus-Christ) était convaincu de la pluralité des mondes habités. Les villes lunaires sont même chantées dans les poèmes orphiques.

Au 1^{er} siècle de l'ère chrétienne les conditions astro-physiques commencent à inquiéter les partisans de l'habitabilité. Plutarque pense que les Sélénites sont très bien chez eux, n'ayant à supporter ni pluies, ni vents. Abstraction faite des Sélénites, cette constatation est une des premières observations astrophysiques tout à fait justes. Le philosophe épicurien et poète, Lucrèce, exprime dans son poème scientifique *De natura rerum* la certitude de la pluralité des astres habités par des hommes et autres êtres vivants. Pétrone en parle aussi.

Certains représentants de l'Église adoptent également

cette idée. Ainsi l'exégète et théologien Origène (iii^e siècle) d'abord et le patriarche Anastase (vi^e siècle), ensuite, défendent l'idée de l'École pythagoricienne. Les doctrines d'Origène furent d'abord condamnées au concile de Chal-

cédoine pour être plus tard approuvées par le concile de Constantinople (v^e siècle). Au xiii^e siècle, saint Thomas d'Aquin reprit la lutte ardente de l'Église contre les astronomes hérétiques. A la même époque, on trouve, par contre, souvent mention des « mondes connus et inconnus » dans le livre cabalistique « Zohar ».

Mais vers le milieu du xv^e siècle le cardinal Nicolas de Cusa dans son *De docta ignorantia* se fait défenseur de l'idée bannie. Il croit le soleil lui-même habité : le noyau de l'astre du jour, protégé par des nuages opaques contre la partie extérieure, rayonnante, constituerait la demeure d'hommes à intelligence supérieure à la nôtre et à celle des Sélénites.

Après Copernic qui poussant la Terre hors du centre de l'Univers fournit un argument philosophique aux partisans de la pluralité des mondes, Giordano Bruno apporta sa conviction de l'habitabilité d'autres astres. C'est dans son ouvrage, *Dell infinito universo e mundi*. (1584) qu'il exprima les nouvelles idées sur la formation, l'existence et la fin d'innombrables systèmes planétaires, animés par une flore et une faune dominées par l'homme. Avec son ouvrage Giordano Bruno ouvre la série des livres scientifiques sur ce

sujet, dorénavant ils seront de plus en plus nombreux.

Le xvi^e siècle nous apporte l'avis de la science de l'époque dans les œuvres de l'illustre astronome J. Képler. Nous trouvons dans son *Somnium seu Opus posthumum de astronomia lunari* (1634), la description de la Lune (qu'il appelle par son nom hébreu « Levanina »), telle



Fig. 1. — Dans son « Discours concernant un nouveau monde et une autre planète (Londres, 1638), l'évêque anglais J. Wilkins suggère le premier d'entreprendre des voyages aux planètes afin de pénétrer leur mystère.

qu'elle se présenterait à un observateur à sa surface. Képler la suppose faite en matière poreuse à grands trous. Il donne des détails sur la flore et la faune présumées et décrit les habitants lunaires ainsi que leurs logements qui les protègent contre les températures extrêmes régnant sur notre satellite.

« Les étoiles sont-elles habitées ? », se demande l'abbé français Pierre Gassendi, le contemporain de Képler. Il trouve utile d'attaquer l'École d'Aristote et donne une réponse affirmative à la question. Il admet, il est vrai, des formes de vie très diverses et adaptées aux conditions astrophysiques sur différentes planètes. Ainsi, par exemple, les habitants du Soleil ne pourraient pas vivre sur Terre. A côté de ces remarques tout à fait justes, nous trouvons des réflexions philosophiques bien arbitraires, suivant lesquelles les habitants des planètes seraient d'autant plus petits, mais d'autant plus parfaits, que leur astre se trouve plus près du Soleil.

Le physicien et astronome hollandais, Christian Huyghens, soutenait à la fin du XVII^e siècle dans son *Cosmotheoros sive de Terris Cœlestibus earumque ornatu* l'idée de l'existence d'individus civilisés sur toutes les planètes. Si ceux-ci ne sont pas tout à fait semblables à l'homme, ils ont toujours des troncs, des bras et des jambes.

Fig. 2. — L'abbé Athanase Kircher (1656) se laisse conduire dans le rêve par un guide céleste à travers les espaces cosmiques et nous dépeint les conditions astrophysiques de différents astres, tels que les voyaient les hommes de son époque.



Fontenelle, secrétaire perpétuel de l'Académie de Sciences, fut un partisan ardent de Huyghens. Il préfaça la traduction française de *Cosmotheoros* d'une façon succincte, mais enthousiaste. Il s'imprégna des idées contenues dans cet ouvrage et publia les *Entretiens sur la pluralité des mondes*, qui eurent un immense succès en France et à l'étranger.

Au XVIII^e siècle les créateurs du système cosmogonique, Kant et Laplace, croient également à l'habitabilité d'autres mondes. Laplace les voit peuplés d'êtres vivants, adaptés à leurs conditions de vie. Kant s'exprime d'une façon catégorique : « La plupart des planètes sont certainement habitées ». Il émet l'hypothèse que non seulement l'âge des planètes, mais également leur densité diminuent avec la distance du Soleil. Il en déduit que les êtres organiques habitant les planètes, ont des tissus d'autant plus fins, mais l'esprit d'autant plus fort que leur distance au Soleil est plus grande.

J. E. Bode généralisa l'idée de Kant en supposant une quantité innombrable de systèmes planétaires gravitant autour d'un centre commun. L'intelligence des êtres croîtrait de ce centre vers ses confins, en passant de la matière presque morte à l'intelligence pure, quasi libérée de tout corps.

Le philosophe mystique suédois, Em. Swedenborg (XVIII^e siècle), se dit informé par des esprits sur les mœurs des habitants des planètes qui ne seraient d'ailleurs pas créées, si elles ne devaient pas servir à un être vivant suprême.

D'après A. Lambert (*Lettres cosmologiques*) ce ne sont pas seulement les planètes qui sont habitées; les comètes elles aussi jouissent de cette faveur : des astronomes éminents y auraient établi leurs observatoires pour étudier les divers mondes devant lesquels ils passent.

Le siècle dernier n'est pas moins riche en optimistes. Ne nommons que D. F. Arago et F. G. Herschel qui croyaient le Soleil même habité par des êtres semblables à ceux qui peuplent notre globe.

Ch. F. Gauss pense que notre satellite possède une flore géante. Un arbre, par exemple, peut y pousser beaucoup plus haut, sans risquer de se casser sous son propre poids, à cause de la faible pesanteur à la surface de la Lune. Il croyait en outre à l'existence des Sélénites. Et le professeur Gruithuisen n'indiqua-t-il pas en 1848 les contours d'une ville mystérieuse sur la Lune, qu'il croyait entourée d'une atmosphère et possédant de l'eau? En 1885, l'astronome Trouvelot y découvrit un « mur chinois ».

L'astronome allemand Peter A. Hansen s'efforçait de démontrer que la Lune est un ova dont la forte saillie est tournée vers la Terre. De cette façon la distance des points de la surface cachée à nos yeux au centre de gravité, serait inférieure à la distance entre tout point à la surface visible et le centre. Il en résulterait que l'atmosphère aussi bien que l'eau seraient concentrées du côté invisible de la Lune, où régneraient des conditions de vie convenant à des organismes supérieurs. Simon Newcomb a démontré la fausseté de l'hypothèse de Hansen.

Plus près de nous, Flammarion expose dans ses ouvrages les théories sur l'habitabilité, formulées de l'antiquité jusqu'à nos jours. Il décrit les conditions astrophysiques des

corps célestes de notre système planétaire, ainsi que des étoiles, et s'efforce de reconstituer le type d'organisme le plus développé, susceptible de vivre dans ces mondes.

Il y a un demi-siècle, le D^r C. du Prel, se demandant s'il était possible de définir les formes que la vie aurait pu prendre sur les différentes planètes, conclut dans le sens négatif.

Le Viennois, D^r Desiderius Papp (1931) qui se pose la même question, la résout de façon opposée. Chaque fois que la science se montre impuissante à lui donner satisfaction, l'auteur a recours à la fantaisie. Il va jusqu'à nous donner des figures représentant les habitants présumés d'autres planètes.

Canaux de Mars. — Grâce à ses ressemblances avec la Terre, Mars a attiré particulièrement l'attention des astronomes dans les derniers trois siècles.

A la fin du dernier siècle et au début de celui-ci, l'opinion qu'il existe sur Mars des êtres à développement supérieur s'est répandue et a stimulé les recherches sur cette planète. En effet, d'après la cosmogonie de Kant et de Laplace, Mars se serait détaché plus tôt que la Terre de la masse centrale. Ses conditions physiques laisseraient à supposer que l'humanité martienne est plus ancienne et, par conséquent, si elle subsiste, sa civilisation serait plus avancée que la nôtre. La découverte de contours de formes géométriques diverses, généralement des droites et des cercles pleins, sur la surface de Mars, par le fameux astronome italien G. V. Schiaparelli en 1877, provoqua un grand mouvement.

Sept ans plus tard Schiaparelli exprima l'hypothèse, accueillie avec enthousiasme, que c'étaient des canaux construits par les Martiens et servant à l'adduction des eaux des glaces fondues aux pôles en été. Ces travaux seraient nécessités par l'appauvrissement en eau de la vieille planète, ou bien, ils pourraient être l'œuvre de Martiens d'autrefois. Certains observateurs affirmaient avoir remarqué un dédoublement des canaux et leur disparition à certaines époques. Ce phénomène serait, d'après Schiaparelli, dû à deux rangs de végétation qui surgissent des deux côtés de l'aqueduc vers la fin du printemps. La flore disparaissant en automne, on ne voit plus à cette époque qu'une ligne fantastique, formant le fond des canaux irrégulièrement irradiés.

Les formidables constructions ainsi présumées ont intrigué fortement l'opinion publique. Des discussions surgissent : des savants et des profanes prennent la parole. Deux camps se forment. Les uns croient que lesdits « canaux » de Mars sont l'œuvre de ses habitants et vont même jusqu'à dire, comme Flammarion, que les Martiens ne représentent qu'une variante des races humaines terrestres. Percival Lowell défend ardemment l'existence des « nerfs de vie » de Mars, qu'il indique sur ses plaques photographiques. Les autres, comme Cerulli, Maunder, Meunier, Kuehn, par exemple, tâchent de démontrer que les prétendus canaux ne sont qu'une illusion d'optique. Lorsqu'on observe Mars par des télescopes à grossissement très fort, ces canaux ne peuvent plus être distingués. Ainsi ni E. E. Barnard, ni E. M. Antoniadi, qui exploraient la surface de Mars à l'aide de réfracteurs puissants, ne purent constater l'existence des canaux. Ils



Fig. 3. — Ville des Sélénites « découverte » (?) sur la Lune par le professeur Gruithuisen en 1848. (D'après Teugler-Papp.)

y remarquèrent, par contre, une foule de configurations très vagues. Sur les photographies, qui semblent confirmer en partie l'existence des canaux, de petits détails peuvent se confondre et former des droites et des cercles. Malgré ces critiques justifiées, l'École de Lowell soutient encore aujourd'hui la thèse de l'habitabilité de Mars.

L'ÉTAT ACTUEL DU PROBLÈME

A l'heure actuelle la science ne peut malheureusement pas encore dire si les autres mondes sont habités. Aucun télescope, construit jusqu'à nos jours, n'est capable de rapprocher suffisamment les planètes, ni même la Lune, de façon qu'il nous soit possible de voir, de nos propres yeux, s'il y a oui ou non des êtres vivants sur les corps célestes avoisinants. N'oublions pas que pour un aviateur élevé à 6 km au-dessus du sol, l'homme à la surface terrestre représente à peine un point, et que toute trace de vie disparaîtrait à nos yeux, si nous faisons en fusée une petite excursion dans l'espace compris entre la Terre et la Lune. La réponse que la science est en mesure de nous donner, tout au plus, est : tel astre est ou n'est pas habitable pour un genre d'êtres bien définis, ou bien : telles sont les conditions de naissance ou de transport de la vie.

Du point de vue logique, la possibilité de la vie n'entraîne pas forcément son existence. Nous pouvons seule-

ment admettre que la vie apparaît au moment où les conditions s'y prêtent. La catastrophe de Krakatau en 1883 peut en servir d'exemple, quoique un peu simpliste. Après la violente explosion du volcan (Rakata), on supposait que les bacilles eux-mêmes étaient tués; trois ans plus tard, on voit une flore naître et se développer.

N'ayant pas de base scientifique pour définir les formes que pourraient prendre les organismes vivants sur divers

celles auxquelles sont exposés tous les êtres vivants. Une partie pourrait très bien vivre dans des endroits plus ou moins protégés et, si c'étaient des êtres à un stade de développement supérieur, il y a grande chance qu'ils sauraient se créer des conditions artificielles, comme nous, par des vêtements et habitations. En tout cas, les conditions extérieures ne doivent pas dépasser certaines limites.

Origine de la vie. — Le développement des sciences naturelles et astronomiques conduit à la naissance d'une science ayant pour objet l'habitabilité des autres mondes, l'astrobiologie.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de définition complète de la vie, nous la laissons donc à l'intuition du lecteur. Disons tout de suite que nous ne nous occupons pas ici d'un autre genre de vie que celui existant déjà sur Terre. Il nous serait, en effet, difficile d'imaginer un monde organique, par exemple, sans une flore qui procure des aliments provenant de la transformation de matières inorganiques.

Il existe deux théories fondamentales sur l'origine de la vie. D'après une, l'archigonie, la vie naît de la matière morte organique (plasmogonie), ou anorganique (autogonie), dès que les conditions y sont favorables. L'autre, la tocogonie, soutient que la matière animée a toujours existé parallèlement à la matière morte, et toute vie ne peut descendre que d'elle.

Aristote enseignait que la vie naît constamment de la matière morte et que nous pouvons observer dans la nature des spécimens de différentes époques. Cette idée eut cours dans les milieux scientifiques au moyen âge et s'est maintenue jusqu'à nos jours. Les archigonistes modernes ont trouvé un appui dans la constatation que les mêmes éléments chimiques composent la matière morte et l'animée.

E. Haeckel (1866) suppose que l'être vivant, né de la matière morte, passe par la forme de grumeaux inorganisés encore en cellules, qu'il dénomme « monères ». On pensait même à un moment donné avoir retrouvé cette matière vivante (*Bathybius Haeckeli*), qui se révéla pourtant parfaitement inerte. D'après Haeckel,

l'histoire de la vie sur notre globe commence avec la condensation de la vapeur d'eau.

Les savants O. Buetschli, St. Leduc, W. Rhumbler cherchèrent à démontrer l'existence d'un pont entre la matière morte et vivante. D'autres, comme Burke, Lehmann et Kukuck s'efforcèrent même, mais en vain, d'animer la matière dans leurs laboratoires. Le *Spu-moïdes* obtenu par voie physico-chimique rappelle beaucoup le protoplasme de certaines cellules vivantes, sans



Fig. 4. — La Terre vue de la Lune (Aquarelle de Rudaux).

astres dont les conditions physiques diffèrent tellement des nôtres, nous abandonnerons ce problème. Nous nous bornerons à établir les conditions biologiques de vie, d'un côté, et les caractéristiques physiques des astres de notre système planétaire, de l'autre. La confrontation des uns avec les autres permettra au lecteur de juger de la possibilité de vie sur les astres qui nous intéressent.

Nous devons néanmoins tenir compte du fait que les conditions extérieures moyennes ne sont pas forcément

cependant vivre réellement. On arrive, par voie d'osmose ou de cristallisation, à faire naître et croître de petits corpuscules qui, tout en rappelant à illusion des êtres vivants (champignons, feuilles), n'ont qu'une apparence de vie.

L'échec de ces tentatives n'a pas découragé les partisans de l'archigonie. Esnault-Pelterie est « convaincu que la vie, par des enchaînements de phénomènes physico-chimiques purs, continue tous les jours à naître de l'inerte sous nos yeux aveugles et nos microscopes impuissants ».

Les archigonistes trouvèrent un fort adversaire dans le naturaliste italien L. Spalanzani (1777); celui-ci démontra la fausseté de leurs preuves reposant sur la naissance de larves, soi-disant sans germes, dans la viande pourrie, et d'infusoires, dans l'eau bouillie. Ce fut ensuite Pasteur (dès 1860) qui prouva que l'apparition des microbes dans l'eau pure ne signifie pas encore qu'ils sont nés de la matière inerte.

Les partisans de la tocogonie s'efforcent de concilier avec leur théorie de l'existence éternelle de la vie, le fait que les astres passèrent, selon les théories cosmogoniques, par un état où toute vie était complètement exclue, ne serait-ce qu'à cause de la température prohibitive. Ils sont ainsi forcément amenés à admettre l'hypothèse de la transplantation.

Maillet exprima le premier, en 1749, l'idée que la vie peut être transportée d'un astre à un autre. De Montlivault prétend (1821) que les germes de vie peuvent bien nous parvenir de la Lune. H. E. Richter (1865) voit tout l'univers animé d'une vie éternellement renouvelable grâce aux migrations continues des germes de vie, et s'éteignant à diverses époques sur différents astres. Cette idée fut ensuite partagée par lord Kelvin (1871) et par Helmholtz. Le physiologue Preyer pense également que la vie a toujours existé (*omne vivum e vivo*). Svante Arrhenius s'occupe particulièrement de la question de la transplantation de la vie. Sa « panspermie » moderne provoqua un grand intérêt dans les milieux scientifiques.

Transplantation de la vie. — Les tocogonistes de la deuxième moitié du XIX^e siècle admettaient avec Richter que c'étaient les météorites qui transportaient les germes de vie d'un astre à un autre.

Du point de vue physique il paraît possible qu'un germe se trouvant à la surface arrière d'un grand météorite soit épargné par la chaleur qui se développe pendant la chute de celui-ci. Nous savons en effet qu'un vide se crée derrière le mobile; sa face arrière peut donc conserver une température supportable, malgré la conductibilité du corps et le rayonnement de chaleur par l'air échauffé. Remarquons que l'intérieur des météorites a, même au moment de leur chute sur la surface terrestre, une température très basse.

Arrhenius préférerait charger un rayon lumineux du destin de ces germes. Le corpuscule d'un germe de vie dans l'espace interplanétaire est attiré par le Soleil grâce à sa masse, mais en même temps repoussé de lui par le rayonnement solaire. Pour des masses à densité égale la force d'attraction est proportionnelle au volume; la force de répulsion est proportionnelle à la surface de l'ombre perpendiculaire au rayon. Pour une forme géomé-

trique quelconque, l'attraction du Soleil est proportionnelle au cube de sa dimension linéaire, tandis que la répulsion causée par les rayons solaires ne diminue qu'avec le carré de celle-ci. Il en résulte qu'à partir d'une certaine dimension, très petite, le corpuscule abandonné dans l'espace cosmique sera repoussé du centre solaire, tandis que pour des dimensions plus grandes il sera attiré.

D'après Arrhenius il y a bien des bactéries de densité voisine de celle de l'eau, et de diamètre inférieur à 0,0003 mm, et même à 0,0002 mm. Elles peuvent donc

même être chassées par la pression de la lumière solaire hors du système planétaire, si elles n'atterrissent pas sur un astre rencontré par hasard. Des bacilles peuvent s'éloigner du Soleil vers d'autres astres, le cas inverse peut aussi se rencontrer.

Il y a dans l'espace des poussières assez grandes pour être attirées par le Soleil malgré sa pression de radiation (la lumière zodiacale, formée par des nuages de poussières éclairées par le Soleil, en constitue une preuve). Un germe entraîné par la pression de la lumière peut rencontrer une poussière allant en sens contraire, qui l'emporte vers le Soleil. L'atterrissage sur une planète est également possible. Selon Arrhenius un voyage d'Uranus à Mercure durerait 21 ans.

Vu sa petite vitesse le germe ne court pas le danger d'être brûlé dans l'atmosphère. Reste à savoir comment il se libère du champ d'attraction d'une planète, pour n'être soumis qu'à l'action du Soleil. Sur Terre les courants d'air l'entraîneraient jusqu'à 100 km d'altitude. Là il se chargerait de l'électricité négative des radiations des aurores polaires qui le chasseraient hors de l'atmosphère. Dans le cas où la force de répulsion du corpuscule serait le quadruple de celle de la gravitation, le parcours de la Terre à Mars se ferait en 20 jours, à Jupiter en 80 jours, à Neptune en 14 mois et à

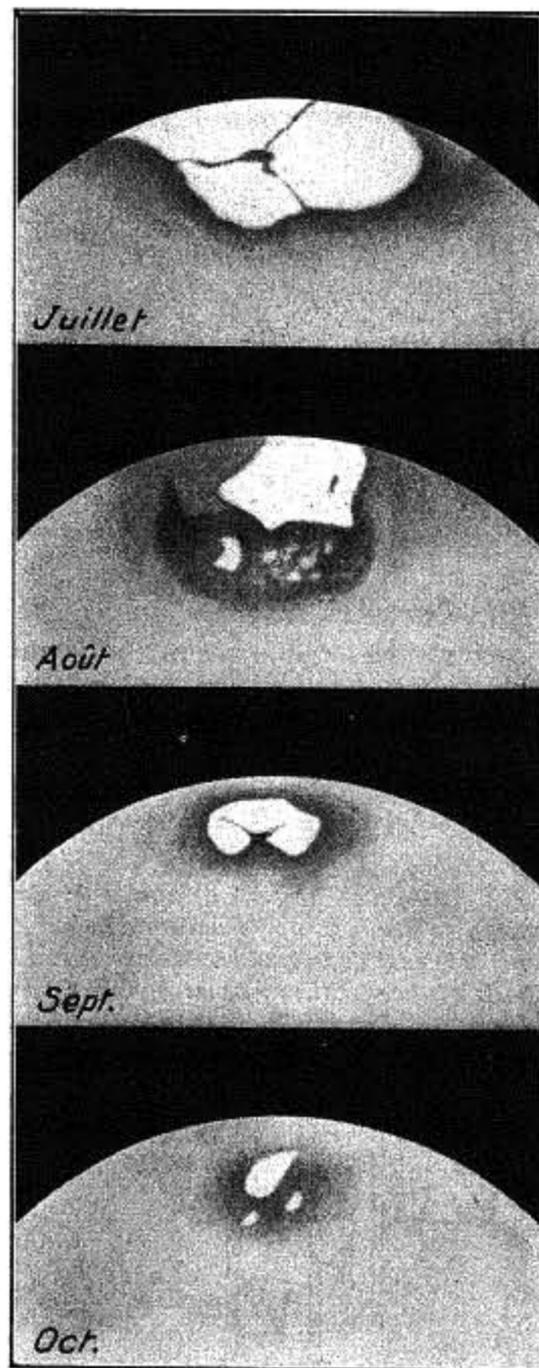


Fig. 5. — Fonte des glaces polaires sur Mars

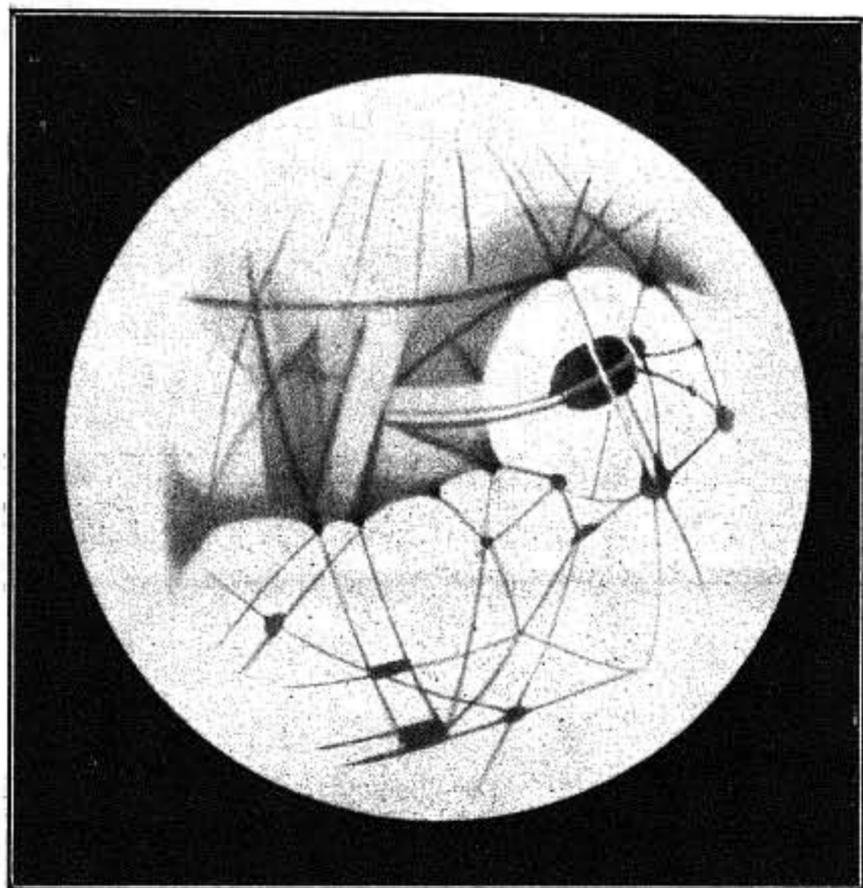
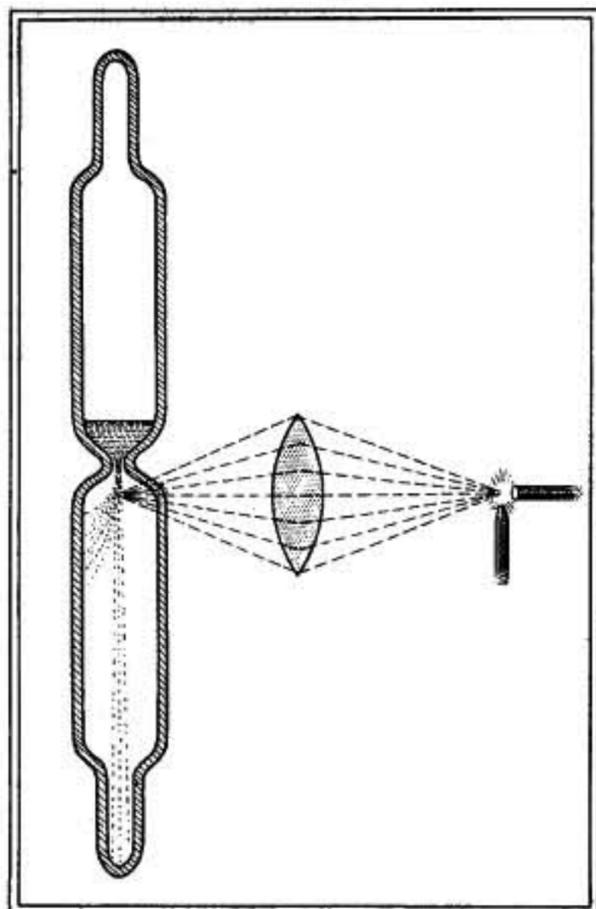


Fig. 6. — Mars avec ses « nerfs de vie », d'après Percival Lowell (1895).

Alfa-Centauri en 9000 ans. C'est la température extrêmement basse que prend le germe dans les espaces interstellaires vides, qui contribue à sa bonne conservation. Ses fonctions vitales paralysées, il arrive dans un état de vie latente sur un autre astre, ou même sur un autre système planétaire; une fois placé dans les conditions

Fig. 7. — Sur un filet de spores de champignons (*Lycoperdon*) carbonisés, de 0,002 mm de diamètre environ et d'une densité de 0,1, tombant verticalement dans le vide, Nichols et Hull (1903) dirigèrent un faisceau horizontal de lumière intense qui, par sa pression, causa une déviation visible du filet.



appropriées, il retrouve son pouvoir germinatoire.

Arrhenius admet avec Van't Hoff que la vitesse des réactions vitales double, ou triple même, tous les 10 degrés. Il trouve ainsi que la puissance vitale ne diminue pas davantage en trois millions d'années à -220° C que pendant une journée à 10° C. C'est un résultat douteux. En tout cas Baudoin aurait retrouvé des bacilles dans des sépultures romaines datant du 11^e siècle. Une énorme quantité de ces êtres périssent évidemment dans l'espace. Mais s'il n'en subsiste même qu'un nombre infime, c'est déjà suffisant pour ensemençer la vie.

Remarquons que le passage d'un bacille d'un système planétaire dans un autre ne s'effectuerait généralement pas selon des droites, comme le décrit Arrhenius, mais suivant des courbes très variées. Cela ne change pourtant pas sensiblement l'ensemble des résultats de la panspermie.

Comme toutes les théories, celle d'Arrhenius a trouvé des partisans et des adversaires, mais le dernier mot à ce sujet n'a pas été dit.

Point de vue de la biologie. — Il s'agit ici de définir les conditions extérieures extrêmes (température, atmosphère, etc.) compatibles avec la vie de telle ou telle espèce.

Le système vivant le plus simple que nous connaissons la cellule, contient principalement comme composants : l'azote, le carbone, l'oxygène et l'hydrogène en différentes combinaisons.

Le genre du milieu de respiration varie suivant la nature de l'être qui l'assimile. Sur Terre, les processus les plus répandus de la respiration exigent de l'oxygène pour les êtres vivants et du gaz carbonique ainsi que de l'azote, pour les plantes. Les réactions chimiques de la flore et de la faune contribuent à maintenir la composition de l'atmosphère en équilibre.

Winogradzki découvrit en 1887 des bacilles vivant dans le grisou des houillères. D'autres, découverts par le même savant, assimilent du fer, dans leur respiration comme les êtres organiques assimilent du carbone. Les thio-bactéries absorbent le soufre. Les amylo-bactéries, qui vivent à l'intérieur des plantes dans l'acide carbonique, sont, d'après les expériences de Bachmann, incapables de vivre quelques minutes dans l'air. De même les bacilles du tétanos et du botulisme.

Le professeur R. Liescke a découvert en 1930 des bactéries vivant dans du charbon extrait à 150 m de profondeur. Elles vivent donc sans air, sans eau et sans lumière. Remarquons néanmoins que l'indépendance des anaérobies vis-à-vis de l'oxygène n'est qu'apparente, leur processus respiratoire se ramenant finalement à l'absorption de ce gaz.

Voici quelques chiffres sur la résistance de différents genres aux pressions :

Genre.	Pression maxim.	Remarques
Animaux terrestres,	15 atmosph.	Pression min. 1/4 d'atmosph.
Grenouilles	400	» Muscles per-
Sangues et plancton	600	» dent leur sensi-
Bactéries de putréfaction.	700	» bilité.

C'est chose connue qu'il n'y a pas de vie sans un rayonnement solaire plus ou moins intense. La chlorophylle, indispensable à la vie des plantes, naît, se forme sous

l'action des rayons solaires. Pourtant dans les cavernes, dans les abîmes de la mer (à 1 km de profondeur), où la lumière solaire ne pénètre presque plus on trouve les êtres vivants les plus divers et les plus bizarres.

L'eau constitue 75 pour 100 de la matière vivante (chez l'homme 63 pour 100). Des expériences intéressantes ont été faites pour mesurer la résistance de différents organismes au manque d'eau. Swan enferma dans un tube absolument exempt d'eau les bacilles *Megatherium*; au bout de 3 ans ils conservaient encore leurs qualités vitales. Loeuwenhoek découvrit de petits organismes (Rotifères) qui peuvent être complètement desséchés et qui reprennent leurs fonctions vitales dès que l'eau leur est rendue. A l'état sec ils supportent 110° C. Il y a bien des graines desséchées, conservées 150 à 200 ans sans eau, qui gardent leur force de germination.

Toute cellule contient de l'eau, indispensable à son existence. Il est donc bien évident que la température d'ébullition ne saurait en tout cas être dépassée en état de vie.

Le tableau suivant indique les résultats de l'expérience sur le domaine des températures supportables :

Genre.	Température C°		Durée de l'expérience pour		Remarques.
	max.	min.	Temp. max.	Temp. min.	
Poissons	+ 32	— 15	»	»	
Grenouilles	+ 40	— 28	»	»	
Plupart des cellules.	+ 45	»	»	»	
Animaux polaires .	»	— 40	»	6 mois	
Œufs de grenouilles.	»	— 60	»	»	
Plantes polaires . .	»	— 60	»	6 mois	
Escargots	+ 50	— 120	»	quelq. jours	
Mollusques	»	— 150	»	»	
Oiseaux	+ 52	»	»	»	
Certains vers	+ 81	— 50	»	»	
Certaines algues . . .	+ 90	»	»	»	
Certains bacilles . .	»	— 189	»	6 mois	Dans l'air liquide.
Graines desséchées.	+ 110	— 250	»	»	Reprennent la force de germination dans l'humidité.
Bacilles : <i>mycoïdes</i> et <i>vulgatus</i>	+ 125	— 253	30 min	3 sem.	Temp. max. obtenue dans l'air stérilisé.
<i>Bac. anthracis</i> . . .	+ 140	— 250	3 heur.	quelq. mois	
Certains êtres microscopiques . .	+ 200	»	»	»	

La température maximum de 300° C indiquée dans le tableau fut obtenue par le D^r Spengler, pour certains êtres microscopiques qu'il découvrit en 1929. La tempé-

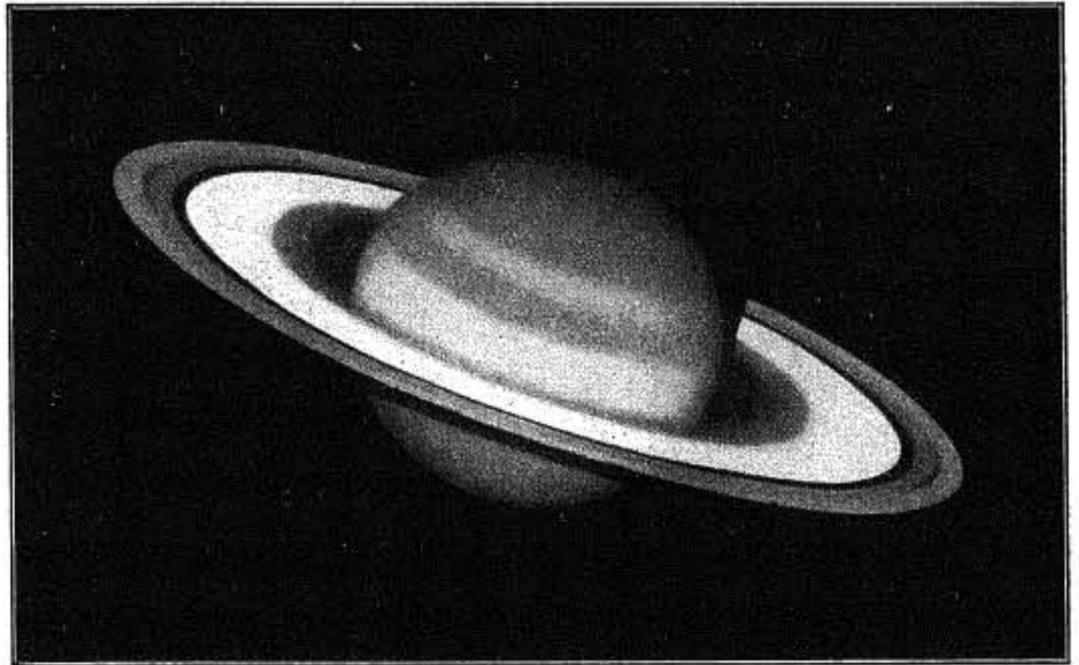


Fig. 8. — Saturne avec ses anneaux. (Aquarelle de Rudaux).

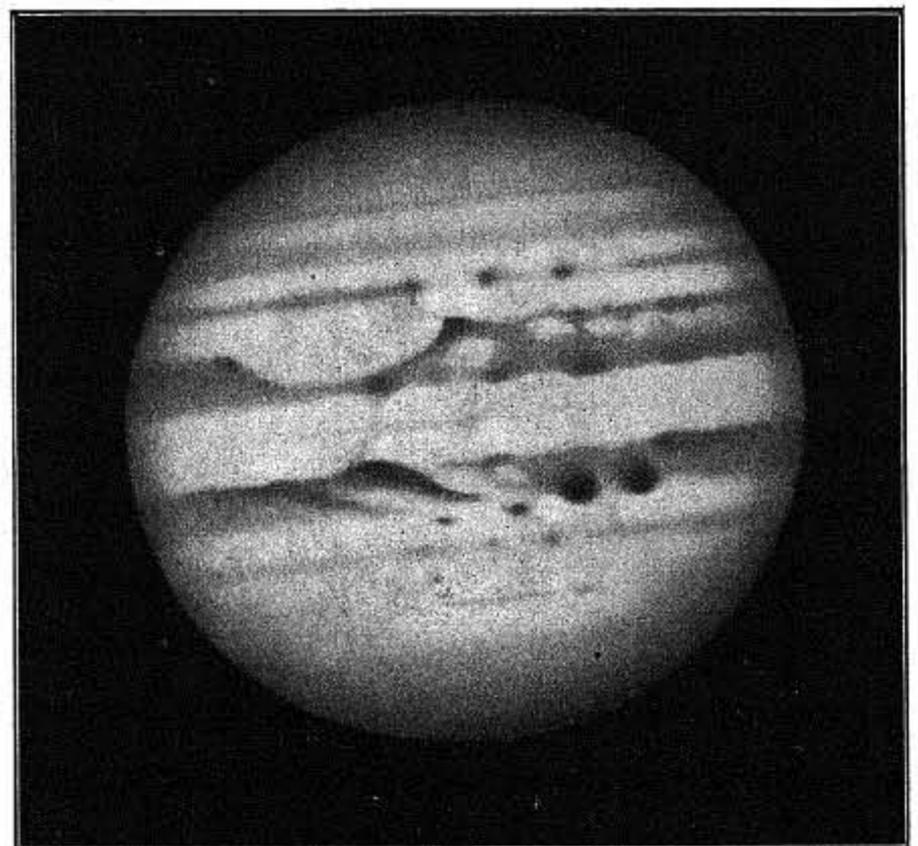
rature minimum, — 253° C, pour des bacilles, est le résultat des expériences de Becquerel. Toutefois ces basses températures ne sont supportées que dans un état de vie latente. Par contre, la température optimum pour la majorité des bacilles est 60° C.

Il est frappant que, d'après le tableau, ce sont les êtres les plus résistants à la chaleur qui supportent le mieux le froid.

Signalons que les rayons ultra-violet (Becquerel) ainsi que la présence de l'or ou de l'argent tuent les bactéries. Elles paraissent, par contre, très résistantes aux courants électriques (Thiele et Wolf). En général, les microbes sont les plus résistants aux conditions extrêmes.

Point de vue de l'astronomie. — Nous possédons un moyen pour déterminer la composition des astres :

Fig. 9. — Jupiter. (Aquarelle de Rudaux).



l'analyse spectrale. C'est elle qui nous révéla que tout l'univers est composé des mêmes éléments, observation confirmée par les météorites. Nous avons là une base pour l'étude des conditions de vie sur différents astres. N'oublions pas néanmoins que la spectroscopie peut seulement nous dire : tel ou tel élément existe ; mais elle n'est pas en mesure de nous prouver l'inexistence de tel ou autre élément, qui pourrait fort bien se trouver dans des régions d'où aucun rayon ne nous parvient.

Si les planètes et les satellites se sont formés comme le prétend le système cosmogonique de Kant-Laplace, il est très probable que toutes les étoiles sont, comme notre Soleil, entourées de petits corps célestes refroidis. Vu l'infinité des systèmes planétaires, la probabilité de trouver des astres où les conditions astrophysiques soient compatibles avec la vie, serait ainsi très grande.

Au contraire, d'après la théorie cosmogonique de J. H. Jeans, les planètes seraient nées par suite d'un passage de deux étoiles très près l'une de l'autre. Les distances séparant les étoiles étant énormes par rapport à leurs propres dimensions, le calcul des probabilités montre qu'il est difficile de trouver encore d'autres systèmes planétaires.

Cela n'empêcherait pas l'existence de la vie en dehors d'un système planétaire, notamment dans le cas particulier d'une étoile double, lorsque le plus petit des deux

astres est déjà refroidi et que l'autre lui sert de Soleil. La coexistence des autres conditions de vie : atmosphère, eau, etc., ne serait alors pas moins probable que dans le cas des planètes.

Il n'est pas tout à fait exclu que la vie puisse naître même à la surface d'une étoile solidifiée, la chaleur indispensable à la vie pouvant lui être fournie par son propre noyau (chaleur centrale) et la lumière, ou plutôt la lueur par le ciel étoilé.

Le biologiste A. R. Wallace et l'astronome Maunder veulent résoudre la question de l'habitabilité d'un astre par des calculs de probabilités. Ils arrivent à un résultat pessimiste : notre planète serait la seule à jouir de cette faveur. Leur méthode est pourtant fautive, les différentes conditions de vie qu'ils fixent n'étant pas indépendantes l'une de l'autre, comme l'exige le calcul.

Ce n'est pas de l'âge de la planète qu'on peut conclure à quel degré de développement elle se trouve ; les conditions astrophysiques dépendent encore d'autres facteurs, comme par exemple de sa dimension. Toutefois pour juger de l'existence de la vie sur une planète quelconque, il faut avant tout examiner ses conditions astrophysiques.

a) Les atmosphères des planètes et des satellites.

— L'existence et, dans ce cas, le caractère des atmosphères entourant les astres présentent un grand intérêt du point de vue de leur habitabilité. La cosmonautique s'y intéresse encore pour d'autres raisons : l'exploration des croûtes planétaires du haut d'un cosmonef s'en rapprochant, ou devenu temporairement le satellite de l'astre, ne serait possible que dans le cas où l'atmosphère considérée serait plus ou moins transparente. En outre, la possibilité d'atterrir à la surface d'une planète ou sur un satellite est intimement liée à l'existence d'une couche gazeuse autour de l'astre envisagé.

Atmosphères des planètes géantes. — Le caractère même de Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, ne permet pas d'y envisager l'existence d'une atmosphère proprement dite, puisqu'il n'y a pas de surface délimitant les couches extérieures des gaz : la densité de ces planètes diminue graduellement du milieu jusqu'aux confins de l'atmosphère. Elles gardent tous les gaz, même les plus légers, comme l'hydrogène qui y constitue un grand pourcentage.

Slipher, qui étudia par la méthode spectroscopique les atmosphères de ces planètes à l'observatoire de Lowell, trouva, en outre, dans leurs spectres, des bandes, qu'on ne put identifier avec celles déjà connues dans les laboratoires. Il les attribua à un gaz inconnu existant en quantité d'autant plus grande que la planète est plus éloignée du Soleil.

Les rayons venant de Neptune témoignent de l'existence de la vapeur d'eau sur cette planète.

Tous les astres du système solaire, sauf les planètes géantes, possèdent des croûtes bien nettes.

Atmosphère de la Lune. — Examinons avant tout notre satellite. Déjà la netteté de tous ses détails (silhouettes des ombres des montagnes, franche limite entre la partie éclairée et sombre) ainsi que son faible albédo, nous privent de l'espoir d'y trouver une atmosphère suffisamment dense.

Fig. 10. — Détail de la surface lunaire.

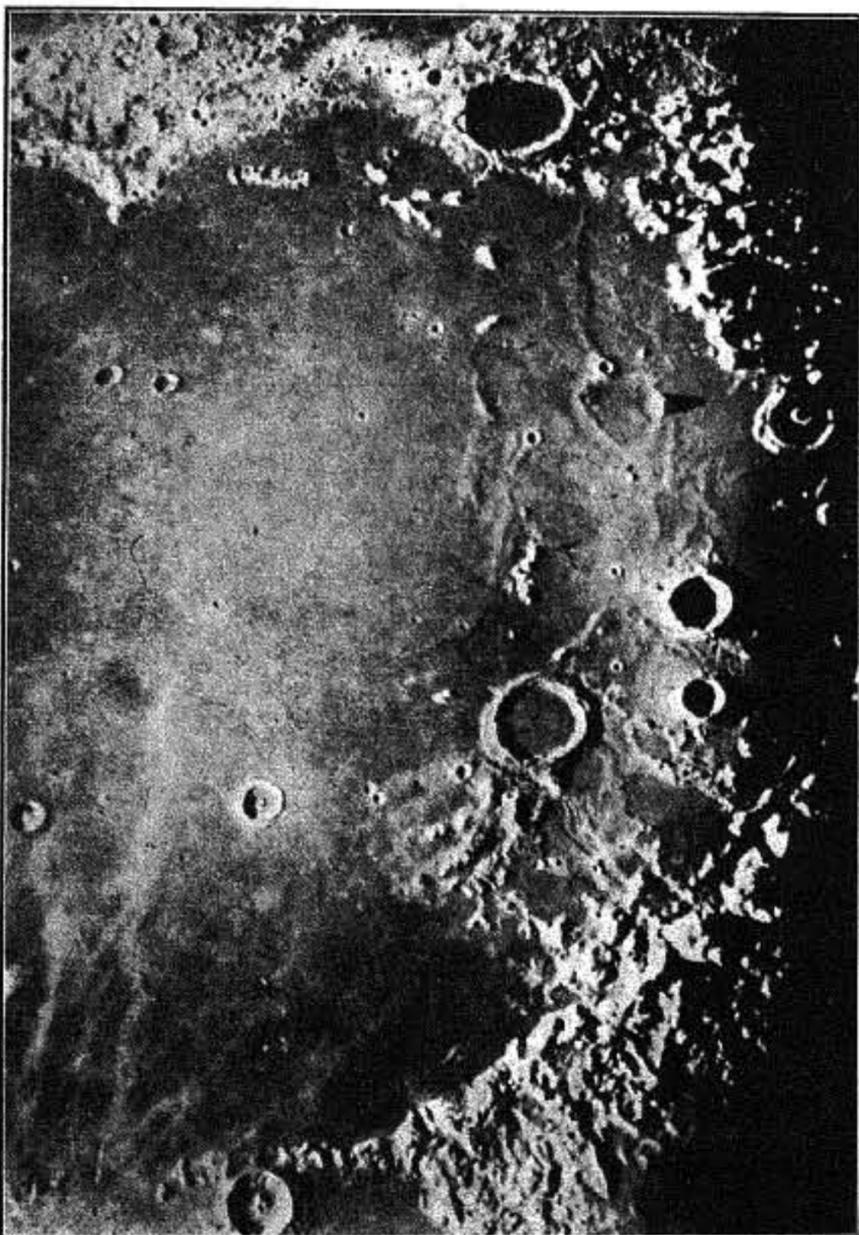




Fig. 11. — La période de révolution de Mercure égalant celle de rotation autour de l'axe propre, un hémisphère de cette planète est toujours soumis à l'intense rayonnement solaire (fig. de gauche), tandis que l'autre, plongeant dans l'obscurité complète, est extrêmement froid (figure de droite). (Aquarelle de Rudaux).

Si l'on applique une méthode plus exacte, en observant les étoiles lors de leur occultation par la Lune, on ne constate guère de réfraction au moment où notre satellite les recouvre. En plus, il nous est impossible de constater une différence entre le caractère d'un rayon solaire réfléchi par la Lune et celui qui nous parvient directement. Cela prouve bien qu'il n'y a pas de couche gazeuse perceptible à la surface de la Lune. Ainsi, si la Lune possède une atmosphère, celle-ci doit être extrêmement raréfiée, et sa pression barométrique ne peut guère dépasser 2 mm de mercure. Son altitude, par contre, serait, à cause du petit potentiel de la Lune, énorme. A. Véronnet la fixe, par le calcul, à 5000 km.

La cosmogonie de Kant-Laplace attribue une origine commune à tous les corps du système planétaire. La Lune aurait donc eu une atmosphère qui se serait graduellement dissipée.

On sait, en effet, que les molécules de gaz sont animées des vitesses plus grandes pour les gaz légers, et croissant avec la température.

À 0° C les vitesses moyennes d'agitation des molécules sont, suivant les éléments :

Hydrogène	1 845 m/sec.
Vapeur d'eau	615 »
Azote	493 »
Oxygène	461 »
Xénon	229 »

À différentes époques et aux différents endroits cette vitesse peut s'accroître notablement avec la température. Certaines molécules sont, en outre, animées de vitesses bien supérieures à la moyenne. Un astre ne sait, par conséquent, retenir par son champ gravitant que les gaz ayant une vitesse d'agitation moléculaire maximum inférieure à la vitesse de libération à sa surface. Le potentiel de la Lune étant très faible, les molécules des gaz légers s'en détachèrent les premières. Une diminution de la densité de l'atmosphère lunaire s'ensuivit, entraînant une hausse de température. Les molécules restées sur la Lune accrurent par là leur vitesse de translation, ce qui fut la source de nouvelles évasions des gaz plus lourds, cette fois-ci. C'est de cette façon que l'atmosphère de la Lune est parvenue à son état de raréfaction actuel.

Atmosphère de Mercure. — Le potentiel de Mercure est supérieur à celui de la Lune. Cet astre pouvait donc

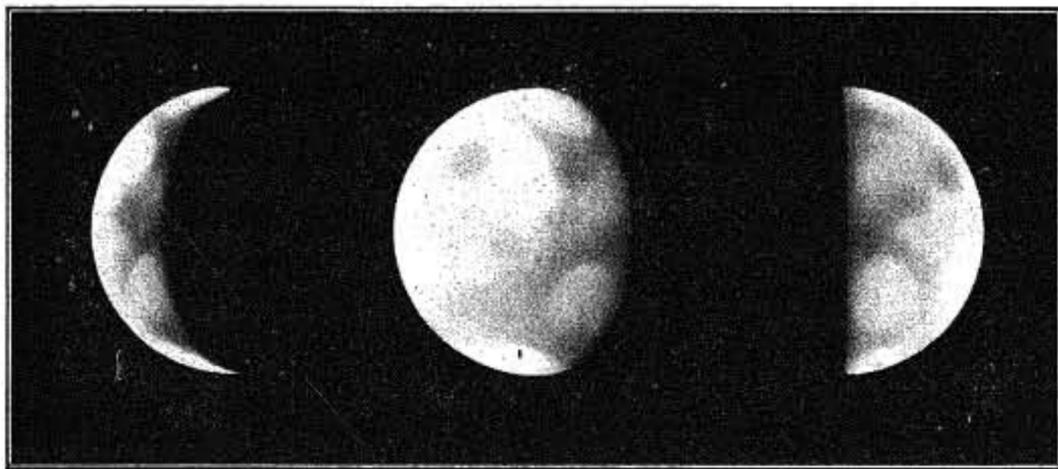
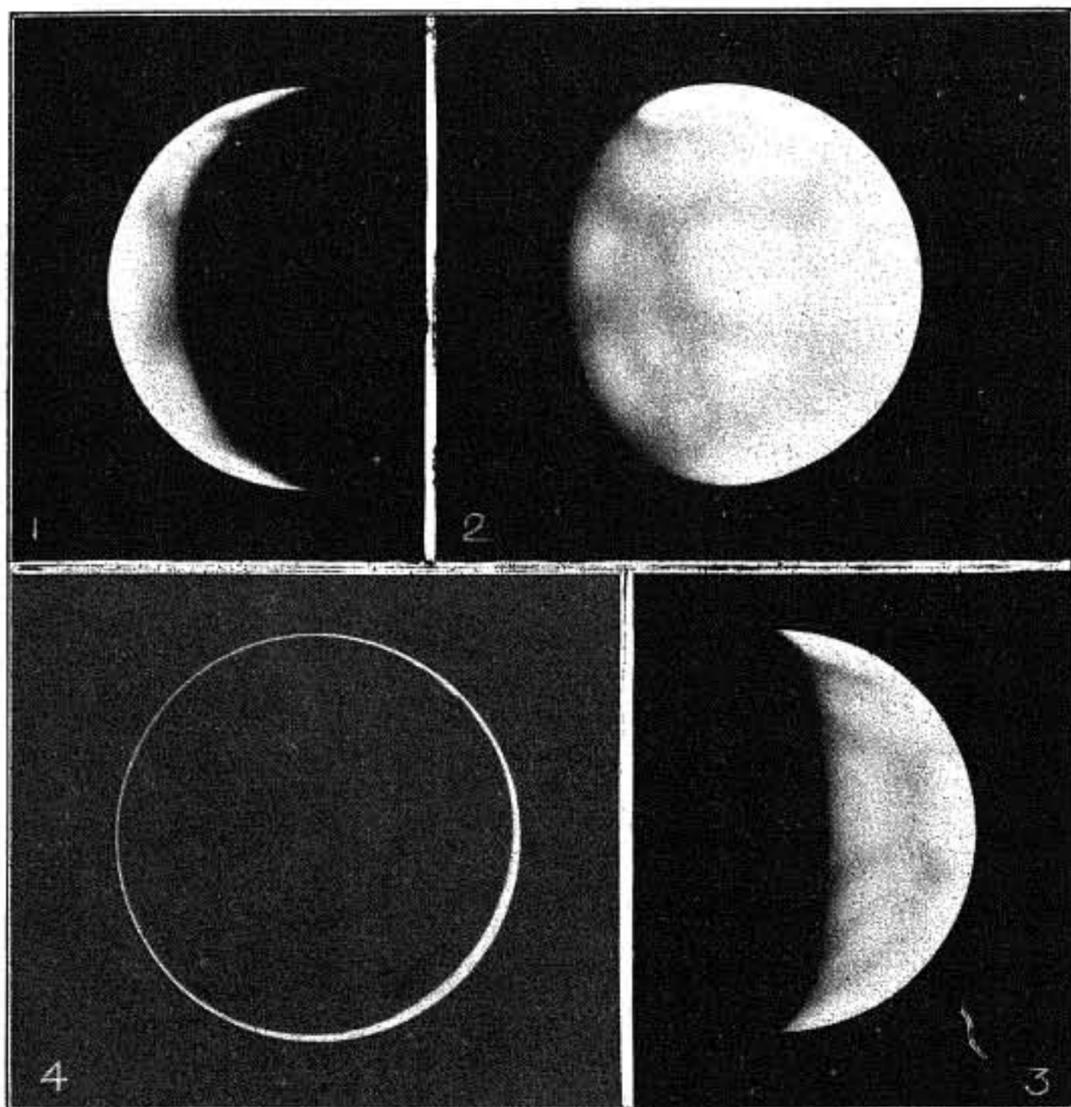


Fig. 12. — Mercure dans ses différentes phases.

dans des conditions égales mieux retenir son atmosphère. Mais à cause de sa proximité du Soleil, il reçoit de celui-ci un rayonnement presque sept fois plus intense. La vitesse d'agitation moléculaire à la surface de cette planète est donc supérieure à celle de la Lune. Jeans et d'autres en conclurent que Mercure est dépourvu d'atmosphère.

Ces considérations se justifieraient dans le cas où cet astre aurait une vitesse de rotation autour de son axe assez grande pour que sa température se répartisse uniformément sur toute la surface. Il est pourtant probable qu'un hémisphère de la planète est toujours exposé au

Fig. 13. — Aspect de Vénus à diverses phases (1, 2, 3). L'atmosphère de Vénus, vue illuminée à contre-jour vers l'époque de la conjonction inférieure. (Dessins de L. Rudaux).



Soleil et que, par conséquent, l'autre est plongé dans la nuit.

Dans ce cas, l'évasion de l'atmosphère serait un fait certain. Mais, d'après Arrhenius, tous les gaz ne se seraient pas échappés : les gaz lourds et les vapeurs se seraient solidifiés ou liquéfiés, petit à petit, du côté de l'hémisphère plongé dans l'obscurité, où le froid se rapproche du zéro absolu.

Vu la tendance de l'atmosphère à unifier sa composition à cause des brassages, ce processus durerait pendant la migration des molécules lourdes et des vapeurs venant de l'hémisphère chaud, jusqu'à leur épuisement.

L'hydrogène et l'hélium, ayant des températures de liquéfaction très basses, pourraient facilement s'évader du côté exposé au rayonnement solaire, où la température serait forcément élevée.

Atmosphère de Vénus. — En se basant sur la théorie cinétique des gaz, Jeans attribue à cette planète une atmosphère très analogue à celle de la Terre.

Vénus est tellement recouverte de nuages qu'aucun œil n'a pu encore pénétrer jusqu'à sa surface. Mais il ne faut pourtant pas conclure de là que sa structure soit comparable à celle des grosses planètes.

C'est sa densité moyenne, presque égale à celle de la Terre, qui nous donne la certitude de l'existence d'une surface séparant nettement son atmosphère de la planète proprement dite.

Ce qui prouverait, en outre, l'existence d'une atmosphère autour de notre voisine, c'est une sorte d'auréole qu'y découvrirent les télescopes, perceptible surtout lors de sa conjonction inférieure. Il est également remarquable que son croissant dépasse 180°.

Arrhenius attribue à cet astre une atmosphère plus haute que celle de la Terre.

D'après les observations des crépuscules bien marqués de Vénus, la pression atmosphérique à sa surface doit dépasser du double au triple celle de la Terre.

Son fort albédo faisait longtemps croire que c'est la vapeur d'eau formée en nuages qui réfléchit si fortement les rayons solaires, une surface solide ou liquide ayant un albédo incomparablement inférieur. Russel appuya cette supposition par les résultats de ses observations.

Ajoutons cependant que les investigations spectroscopiques récentes sur notre plus proche planète, exécutées avec beaucoup de soins à l'observatoire du Mount Wilson, n'indiquent, contrairement aux résultats anciens, aucune trace de vapeur d'eau, ni d'oxygène.

Atmosphère de Mars. — Après Vénus qui nous donne tant d'espoir, voyons à quoi on peut s'attendre du côté de la planète rouge, la plus populaire.

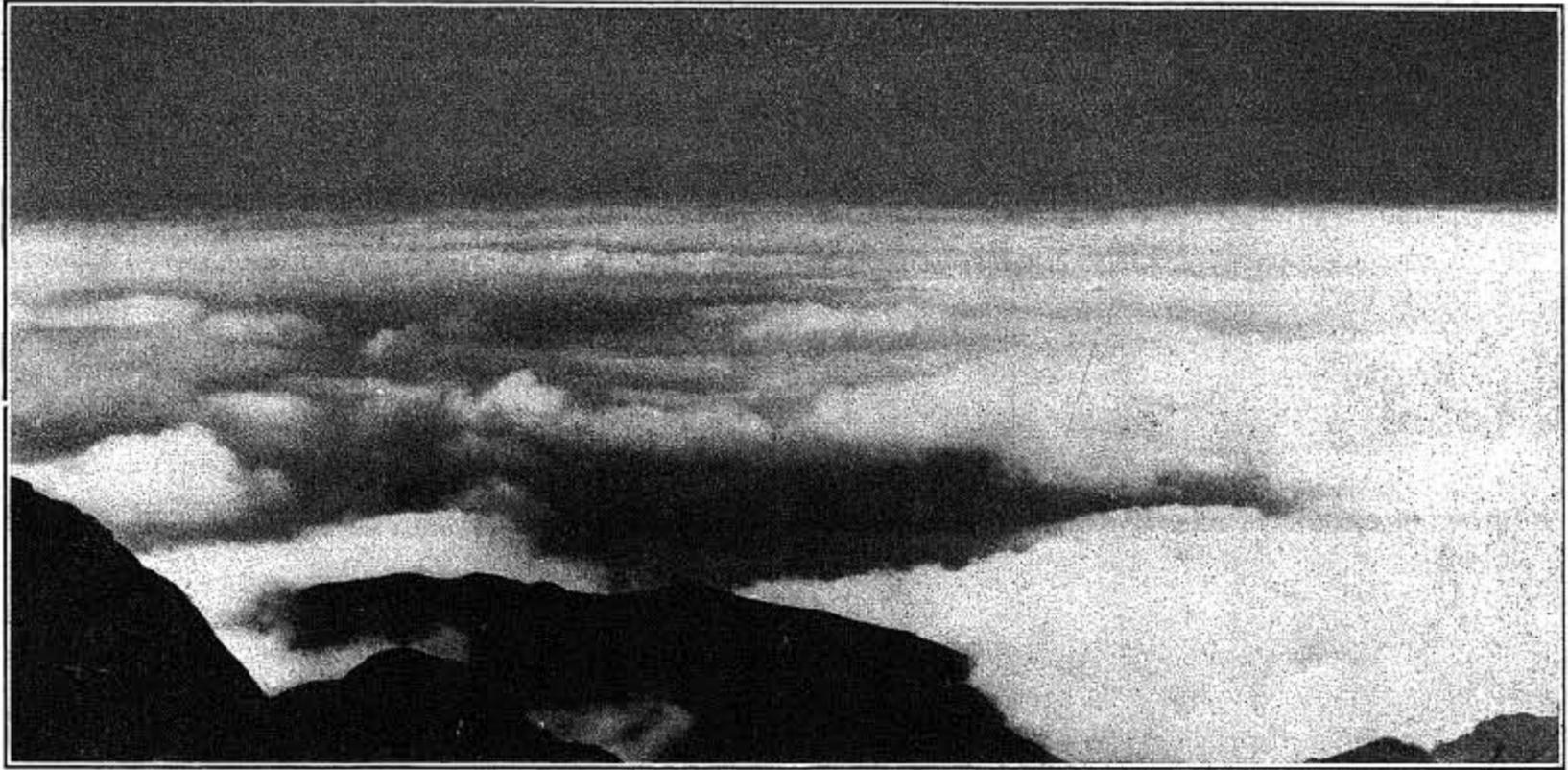


Fig. 14. — Les apparences offertes par Vénus peuvent s'expliquer par de vastes mers de nuages, comme celle que l'on voit ici, et qui, encombrant la majeure partie de son atmosphère, ne laissent découvrir qu'incomplètement la surface du sol. (L. Rudaux).

Mars possède un albédo intermédiaire entre ceux de la Lune et de Mercure, d'un côté, et ceux des autres planètes, de l'autre.

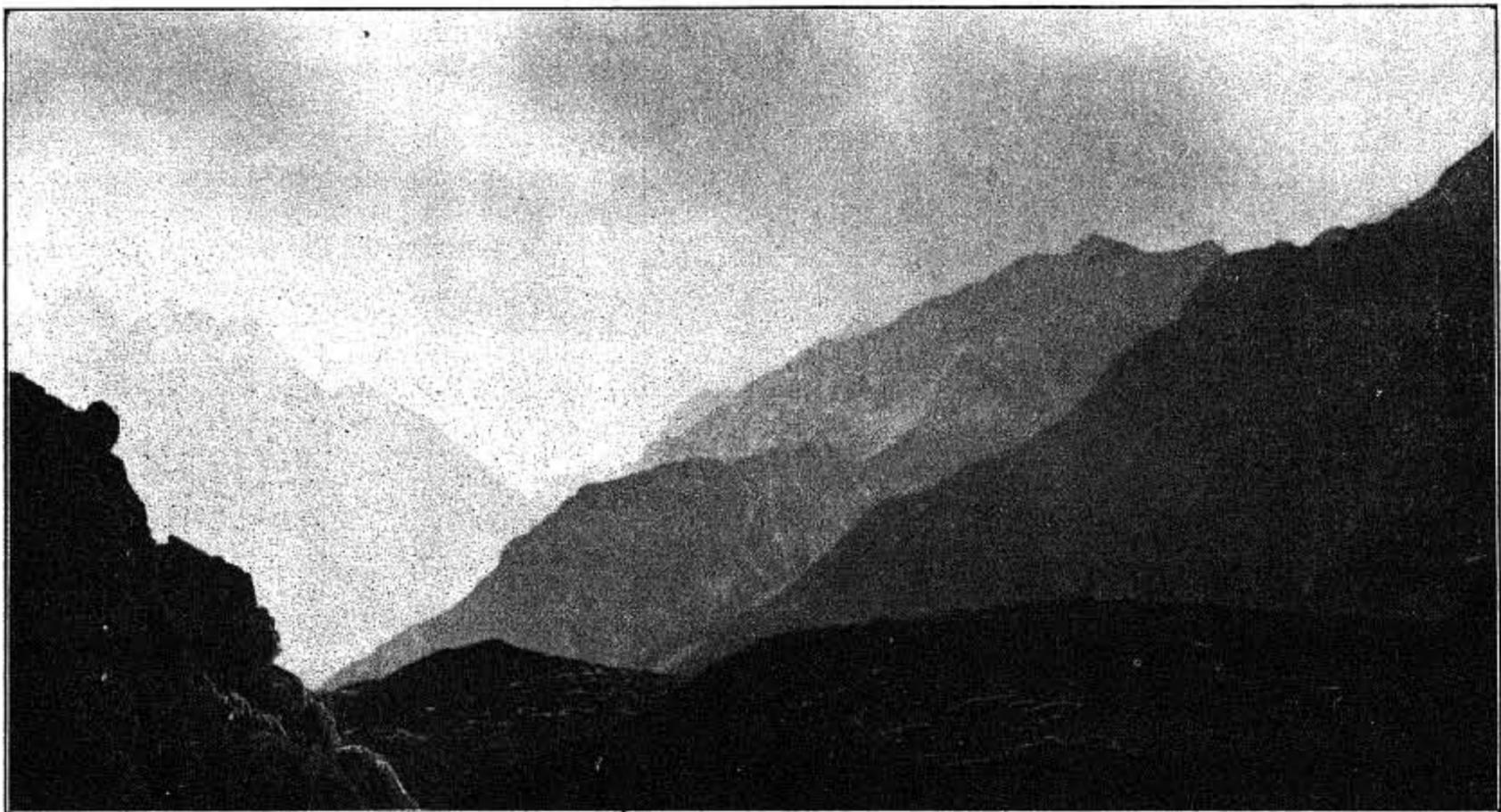
A juger par là, cette planète doit avoir une atmosphère bien raréfiée.

Campbell soutient, en se basant sur ses mesures de

l'absorption de l'atmosphère martienne, que celle-ci ne peut pas avoir une densité supérieure au quart de l'atmosphère terrestre.

Lowell l'estime à 22 pour 100. Wright tire de ses études photographiques de Mars à l'opposition (Observatoire de Lick, 1924) ce résultat surprenant que

Fig. 15. — Comment on peut se représenter le caractère des paysages sur Vénus; les arrière-plans doivent s'estomper dans un fort reflet brumeux (Aquarelle de L. Rudaux).



l'atmosphère de la planète rouge serait aussi importante que celle de la Terre.

Jeans aboutit à la conclusion que Mars est dépourvu d'hydrogène, et que son atmosphère contient de la vapeur d'eau.

Ces prévisions théoriques furent confirmées par les

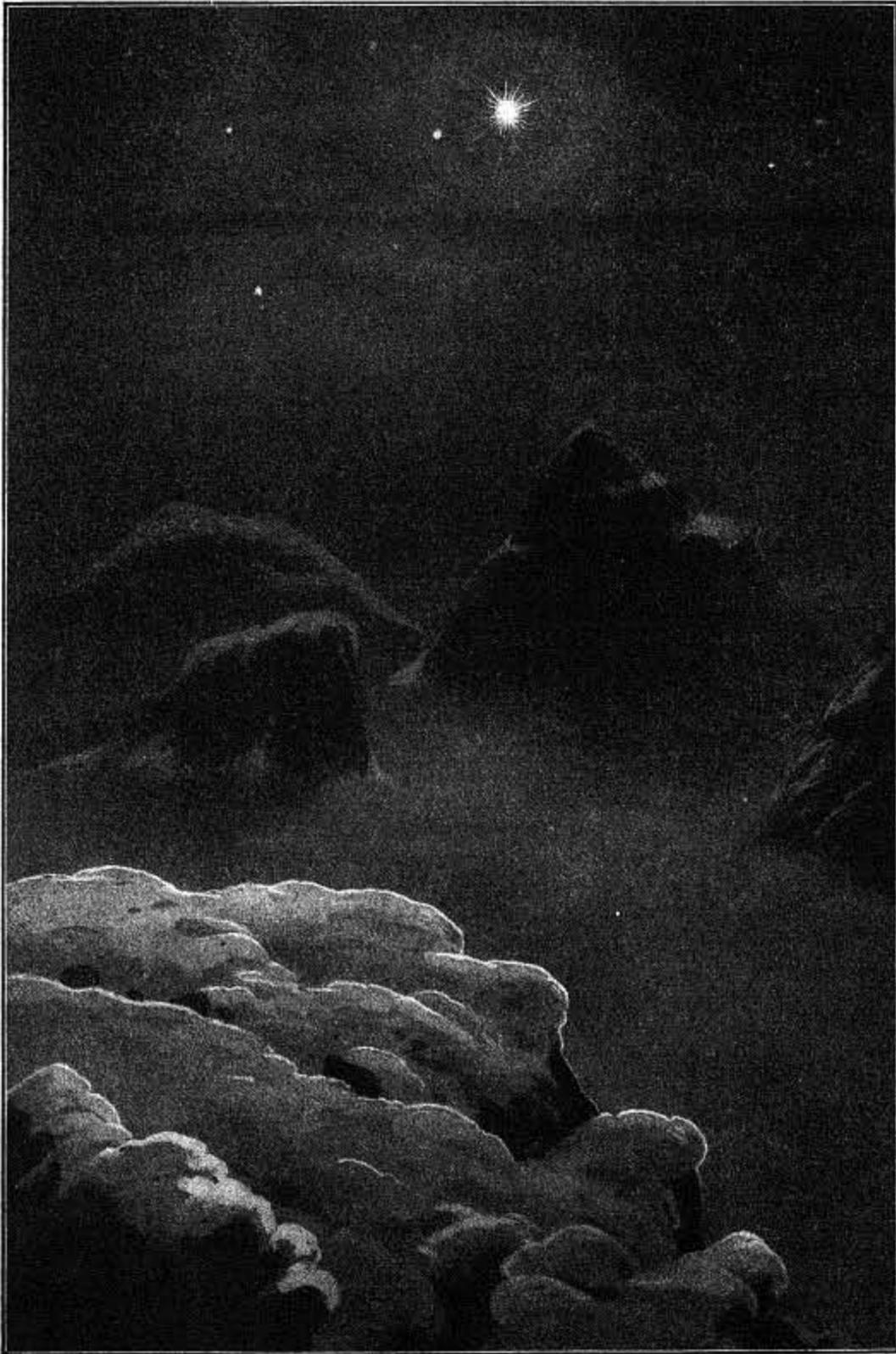


Fig. 16. — La Terre, brillant dans le ciel trouble de Vénus, vue de l'hémisphère perpétuellement plongé dans la nuit.

(Aquarelle de L. Rudaux).

observations spectroscopiques de Lowell et Slipher. Après Lowell, St. John et Adams établirent (Mount Wilson) que l'atmosphère martienne contient environ 16 pour 100 d'oxygène de la quantité correspondante sur Terre, et 5 pour 100 de vapeur d'eau.

Atmosphères des satellites et des astéroïdes. —

Les satellites des grandes planètes ont, contrairement à leurs planètes centrales, des croûtes bien nettes.

Cela provient du refroidissement intense causé par leur petitesse.

Certains d'entre eux ont, d'après les mesures de Russel, des albédos bien forts; il est remarquable que ce sont justement les mêmes satellites qui possèdent des potentiels notables.

Il est donc très probable que Titanus, le plus grand satellite de Saturne, ainsi que les trois ou quatre premiers de Jupiter, possèdent des atmosphères plus ou moins denses.

Les astéroïdes n'ont certainement pas d'atmosphères à cause de leurs potentiels infimes.

β) **Observations directes.** — Les observations directes de la vie sur les astres de notre système planétaire sont évidemment bien maigres, et les hypothèses qui en sont déduites peu plausibles.

W. H. Pickering impute les oscillations de l'intensité de l'éclairage du cratère lunaire Eratosthène, découvertes par lui, à un genre d'insectes vivant dans l'intérieur de celui-ci, où il y aurait des traces d'air et d'eau.

Il serait également possible qu'une flore y naquît avec le lever du Soleil pour finir son existence avec le coucher.

W. H. M. Christie confirma plus tard cette découverte.

K. Lundmark remarque avec raison qu'il n'y a pas de raisons pour que l'air et l'eau subsistent justement dans ce cratère.

Ce serait plutôt des gaz, se dégageant encore constamment des crevasses lunaires, qui se solidifieraient et se volatiliserait au cours de la journée lunaire.

Beijerinck et Timiriassév prétendent reconnaître des raies caractéristiques de la chlorophylle dans les spectres d'Uranus et de Neptune.

Ces affirmations sont combattues par Archowsky, qui démontre les faiblesses de la méthode des deux savants.

L'hypothèse de Papp, expliquant la couleur rouge de Mars comme l'effet de l'abondance des bacilles *Spirillum rubrum*, n'est pas plus convaincante que celle de Pickering croyant y voir de la végétation.

* * *

Somme toute, tout est possible et rien n'est prouvé.

Malgré l'effort considérable accompli par de célèbres astronomes, malgré tous les perfectionnements réalisés dans les moyens d'observation, la question reste entière et sans solution satisfaisante.

Peut-on espérer y atteindre jamais ?

ARY J. STERNFELD,
Prix international d'Astronautique.