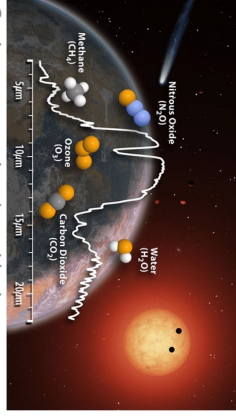


lesquelles nous pourrions entrer en contact. Les réponses possibles vont de 0 pour les pessimistes, à plusieurs millions pour les optimistes.

La forêt amazonienne est la plus grande surface végétalisée sur la Terre. Pourrait-on détecter une telle végétation sur une exoplanète ?



Quelques exemples de molécules détectées dans l'atmosphère d'une exoplanète qui pourraient être des biosignatures, c'est-à-dire des molécules indiquant la présence de vie (Crédit: Meixner, et al. 2021, JATIS).



Paradoxe et estimation

La question de l'existence d'autres mondes, éventuellement habités, se pose depuis l'antiquité. Voir TUMIP n°8.

Comment chercher ?

En 1950, le physicien Enrico Fermi (1901-1954) posa la question : « Où sont-ils ? » Autrement dit, si les extraterrestres intelligents existent, pourquoi ne les avons-nous pas déjà rencontrés ? Cette question, appelée paradoxe de Fermi, a suscité d'innombrables réponses, et continue à être étudiée à partir de différentes hypothèses.

En 1961, l'astrophysicien Frank Drake (1930-2022) établit une formule de probabilité pour estimer le nombre de civilisations extraterrestres avec lesquelles nous pourrions entrer en contact. Les réponses possibles vont de 0 pour les pessimistes, à plusieurs millions pour les optimistes.

L'équation de Drake

$$N = R_* \times f_p \times f_e \times n_e \times f_i \times f_c \times f_l \times f_o$$

N : nombre probable de civilisations dans notre galaxie

R_* : nombre d'étoiles qui se forment annuellement dans notre galaxie

f_p : proportion d'étoiles ayant des planètes

Ce paramètre peut maintenant être estimé.

n_e : nombre moyen de planètes susceptibles d'abriter la vie par étoile ayant des planètes

f_i : fraction de ces planètes où la vie est effectivement apparue

f_c : fraction de ces planètes possédant une vie intelligente (civilisation)

f_o : fraction de planètes dotées d'une vie intelligente capable et désireuse de communiquer

L : durée moyenne d'une telle civilisation en années.

Credit: sciencenantes.org

Les planètes extrasolaires

En 1995 la découverte de planètes extrasolaires, dont on connaît actuellement plusieurs milliers, a relancé de façon extraordinaire la recherche d'une vie extraterrestre. Voir TUMIP n°8.

Parmi les centaines de milliards de planètes qui existent probablement dans notre galaxie, on recherche particulièrement les planètes rocheuses, c'est-à-dire non-gazeuses, situées dans la zone habitable de leur étoile.

Comment détecter la vie sur ces planètes, alors que peu d'entre elles sont visibles depuis la Terre ? Certains gaz détectables depuis la Terre dans l'atmosphère de la planète peuvent être des indicateurs de vie. Il serait peut-être possible de détecter de grandes surfaces recouvertes de végétaux dont la chlorophylle est facilement détectable.

Nous avons plus de questions que de réponses, mais le futur s'annonce passionnant.

L'Univers dans ma poche



Danielle Briot
Observatoire de Paris



Quiz

Parmi les affirmations suivantes, lesquelles sont vraies, lesquelles sont fausses. Attention, il peut exister plusieurs phrases vraies par sujet.

1 / Origine de la vie

- a) La vie s'est formée sur la planète Terre.
- b) La vie vient de l'espace.
- c) On ne sait pas encore...

2 / Présence de l'eau dans le système solaire

- a) La Terre est le seul endroit du système solaire où l'on trouve de l'eau.
- b) Il existe plusieurs océans souterrains dans des planètes et des satellites.

3 / On a trouvé la vie sur une planète autour d'une autre étoile que notre Soleil.

- a) Vrai
- b) Non, mais la recherche est active sur ce sujet.

Planètes du système solaire

Parmi les planètes du système solaire dans ou proche de la zone d'habitabilité, Vénus possède des conditions physiques excessives, ainsi la température moyenne de sa surface est de 464°C et sa pression est 90 fois plus forte que sur la Terre. Mais après tout, pourquoi pas une vie extrême ...

La planète Mars apparaît un candidat plus favorable pour la recherche de la vie. La fausse détection des canaux de Mars par certains scientifiques fut une illusion collective. La sonde Viking n'a trouvé aucun canal. A l'heure actuelle, les extraordinaires performances de l'astronomie spatiale ont permis d'envoyer sur la planète des engins fixes ou motorisés pour rechercher des traces de vie sur place. L'étude des terrains martiens montre qu'il a existé de l'eau liquide sur Mars et peut-être un océan souterrain.



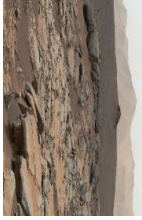
La Nasa a confirmé l'existence d'un important réservoir d'eau liquide sous la surface de Mars



Ces deux paysages se ressemblent beaucoup mais jamais la planète Mars n'offrira un paysage comme celui-ci :



Paysage de la planète Mars



Réponses

Les phrases vraies sont en **rouge**, et les phrases fausses sont en **bleu**.

- 1/ **Origine de la vie**
 - a) La vie s'est formée sur la planète Terre.
 - b) La vie vient de l'espace.
 - c) **On ne sait pas encore...**
- 2/ **Présence de l'eau dans le Système solaire**
 - a) La Terre est le seul endroit du système solaire où l'on trouve de l'eau.
 - b) **Il existe plusieurs océans souterrains dans des planètes et des satellites.**
- 3/ **On a trouvé la vie sur une planète autour d'une autre étoile que notre Soleil.**
 - a) **Vrai**
 - b) **Non, mais la recherche est très active sur ce sujet.**



Pour en savoir plus sur cette collection et sur les thèmes présentés dans ce mini-livre tu peux visiter <http://www.tumip.org>

L'Univers dans ma poche N° 19

Ce mini-livre a été écrit en 2025 par Danielle Briot, de l'Observatoire de Paris, et a été révisé par Jean Schneider, également de l'Observatoire de Paris.

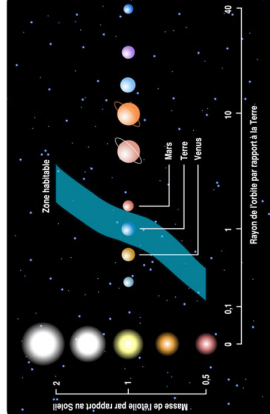
Image de couverture : Couverture de la boîte contenant le Disque d'Or embarqué à bord des sondes Voyager 1 et Voyager 2 et destiné à d'éventuels extraterrestres. Sur ce couvercle se trouve un schéma expliquant comment lire le disque. Le disque contient des informations sur les humains et la vie sur Terre.

Qu'est-ce que la Vie ?

En fait personne ne peut aujourd'hui en donner une définition satisfaisante. Malgré l'absence d'une définition claire, nous avons quelques idées sur ce que c'est, et jusqu'à présent la planète Terre est le seul endroit connu pour abriter la vie. Sur notre planète la vie est présente pratiquement partout et existe même dans des conditions qui nous paraissent impossibles. On appelle de tels êtres vivants des extrêmophiles.

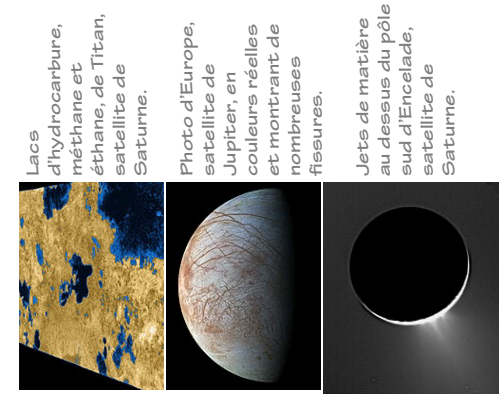
L'étude des êtres vivants est la biologie, la recherche de la vie sur d'autres astres que la planète Terre est appelée Astrobiologie, ou Bioastronomie ou encore Exobiologie. Ainsi cette science implique des scientifiques de diverses disciplines : astrophysiciens, biologistes, biochimistes, philosophes...

On pense généralement que la vie terrestre a commencé sur la Terre, mais on ne sait pas comment. Une autre théorie suggère qu'elle a été importée de l'espace par des météorites. **3**



La zone habitable pour les planètes du Système solaire et pour les exoplanètes. La Terre est dans la zone habitable, Vénus et Mars en sont très proches.

Les étoiles sont représentées depuis les plus chaudes (très lumineuses, massives et bleues, très rares) jusqu'aux plus froides (peu lumineuses, petites et rouges, très abondantes). La zone habitable est plus proche de l'étoile pour les étoiles moins massives. Les planètes dans la zone habitable des étoiles rouges présentent toujours le même côté face à l'étoile au cours de leurs mouvements. **6**



Ces divers satellites abritent-ils une certaine forme de vie ?

Les très intéressants satellites du Système solaire

Les planètes situées au-delà de la zone habitable sont des planètes géantes, gazeuses, sur lesquelles il est difficile d'imaginer une vie. Mais ces planètes ont de nombreux satellites très intéressants. Titan, satellite de Saturne, possède une atmosphère et des lacs de méthane détectés par des engins spatiaux. Europe, satellite de Jupiter, possède un océan d'eau liquide sous une couche de glace, et c'est un des objectifs prévus pour l'envoi de sondes qui perceront la glace et rechercheront la vie dans cet océan.

Des océans souterrains d'eau liquide ont également été détectés dans Encelade, satellite de Saturne, dans Gargymède, satellite de Jupiter, et récemment dans Mimas, satellite de Saturne. D'autres océans souterrains sont soupçonnés. Que de possibilités de vie ! **11**

Une des probables conditions nécessaire à la vie

Bien sûr, la vie en dehors de la planète Terre peut être très différente de ce que nous connaissons. On pense généralement que l'eau liquide est une des conditions nécessaires à la vie. En effet, les réactions biochimiques ont besoin d'un fluide et l'eau reste à l'état liquide sur un grand intervalle de température. De plus, l'eau est un très bon solvant. Enfin, l'eau est l'une des molécules les plus abondantes dans l'Univers.

Pour des pressions similaires à celles de la Terre, l'eau est liquide quand la température est comprise entre 0°C et 100°C. Sur cette base a été définie une « zone habitable » pour les planètes du système solaire et pour les planètes extra-solaires, c'est-à-dire les planètes en orbite autour d'autres étoiles.

La zone habitable dépend donc de la température de l'étoile et de la distance à la planète. Ce concept n'est valable qu'en première approximation. **7**