

Extraterrestres : Pourquoi aucun contact ?

Le point sur le « Paradoxe de Fermi »

L'être humain est allé sur la Lune, il a envoyé des sondes dans le système solaire, et même au-delà, ainsi que des signaux radio. Comment se fait-il, alors, qu'il n'y a eu pour l'instant aucun contact entre les êtres humains et une (ou plusieurs!) civilisation extérieure à notre système solaire ?

Faisons le point sur ce qu'on nomme communément le « Paradoxe de Fermi », parce qu'énoncé par le scientifique Enrico Fermi dans les années 50: comment, dans une galaxie comptant autant d'étoiles et donc autant de systèmes planétaires divers et variés, peut-on n'avoir eu aucun contact avec d'autres êtres ? Ce que le scientifique résuma par « Mais où sont tous les autres ? »

La recherche de traces de signaux émanant d'intelligence(s) en dehors de notre monde (**SETI**) est un pan actif de la recherche en astrophysique. Et même s'il est souvent évoqué avec un peu de condescendance, il constitue un domaine rationnel, organisé et traité avec le même sérieux que toutes les autres thématiques par les chercheurs qui en ont fait leur spécialité. Cela réveille en chacun de nous cet espoir mêlé de crainte tendu vers un « autre » avec lequel nous pourrions dialoguer.

La science-fiction nous abreuve depuis des décennies, avec un talent toujours renouvelé, de rencontres portant toutes sortes de numéros. Et nous nous trouvons plongés dans un complet grand écart psychologique : d'un côté, des scènes de rencontres ou de vie foisonnantes tellement nombreuses qu'elles nous en paraissent presque familières même quand elles nous effraient, et de l'autre, notre réalité et ce silence... Absolument complet.

Les dernières recherches autour des exoplanètes ont montré qu'elles sont légion : le site exoplanet.eu, la base de données la plus complète sur le sujet, alimentée par les astrophysiciens, en dénombre un peu moins de 2000. Les programmes de détection (Corot pour l'ESA, 2006-2011, Kepler pour la NASA, 2009-2015 et Cheops pour l'ESA, 2017-2021) les trouvent (et les trouveront) par centaines.

Il est donc évident que le nombre de mondes potentiellement habités hors de notre système solaire est élevé. Et même si on exclut les planètes les moins prometteuses (de type planète géante gazeuse, planète située trop loin ou trop proche de son étoile), cela nous laisse des centaines de possibilités. En ayant pour l'instant scruté une toute petite partie du ciel.

Le paradoxe devient jour après jour plus dérangeant, plus affirmé. Si nous n'avions découvert aucun monde, soit ! Mais comment comprendre la solitude dans laquelle est notre espèce au vu de cette kyrielle de systèmes stellaires ?

En réalité, c'est un problème très complexe, dont il faut soigneusement examiner toutes les facettes.

Arrêtons-nous d'abord sur ce que notre espèce a accompli. N'en déplaise à notre ego, nous ne pouvons pas nous considérer comme une civilisation spatiale.

Les implications du mot « civilisation » ne faisant pas l'objet de cet article, c'est sur le mot « spatial » qu'il nous faut méditer. Des êtres humains ont foulé le sol de notre satellite naturel, certes. Mais il s'agit d'une poignée d'entre eux, aucun n'y est plus allé depuis longtemps (la dernière mission lunaire habitée, Apollo 17, a eu lieu fin 1972). *

Ajoutons à ce propos qu'il avaient tous la même nationalité (peut-on vraiment dire que c'est une conquête bien partagée ?), et qu'ils étaient tous de sexe masculin (donc représentatifs d'à peine 50% de notre espèce !). Espérons que les équipages qui voleront vers Mars seront plus variés.

Il n'empêche, il s'agit *seulement* de la conquête de notre satellite naturel...

Il fallait environ 3 jours aux astronautes pour se rendre sur la Lune avec les moyens disponibles, alors qu'elle n'est qu'à une *seconde-lumière* de nous ! Quand on sait que l'étoile la plus proche hors de notre système solaire est à quatre années-lumière de notre planète, et que les planètes extrasolaires de type terrestre sont souvent à plusieurs centaines d'années lumière d'ici, le *pas de géant* est mis en perspective... Pourtant, les mots de Neil Armstrong lors de ses premiers pas sur la Lune résonnent toujours en nous, échos des efforts héroïques qu'il a fallu consentir pour un tel succès.

Nous ne sommes donc pas des êtres spatiaux.

Cela étant, notre planète aurait pu être visitée. Ce n'est pas parce que les humains n'ont pas atteint le stade du voyage spatial que c'est le cas de toutes les civilisations de la galaxie. Et nous nous en serions rendus compte, du moins dans notre proche histoire. Alors ? Essayons d'examiner le paradoxe sous tous les angles.

Il n'y a personne...

Commençons par cette hypothèse basique : il n'y a aucune civilisation au sein de la Voie Lactée pour nous contacter. Pourrait-on l'envisager ?

Notre galaxie regorge d'étoiles de tous types. Précisons d'ailleurs que le Soleil est bien loin d'être une étoile « moyenne » ou « classique ». La plupart sont beaucoup moins massives que lui, ce sont des *étoiles naines*.

Toutefois, comme nous l'avons déjà évoqué, des systèmes stellaires comportant des planètes proches de ce qu'est la Terre ont été trouvés. Bien sûr, on pourrait s'émouvoir du nombre très faible de planètes ressemblant à la nôtre (de *type terrestre*, en *zone habitable*) découvertes. Toutefois, il ne faut pas oublier que les planètes de ce type sont rocheuses, de masse et de volume faibles, et donc encore difficile à détecter avec les instruments actuels.

Il est à peu près certain que lorsque la précision des instruments aura augmenté (et cela viendra très vite, voir les projets cités plus haut...), le nombre de planètes de ce type qui seront découvertes sera bien supérieur.

Explorons donc deux explications à un éventuel vide : soit, des civilisations comparables à la nôtre ou plus évoluées n'ont pas encore vu le jour, soit ces mêmes civilisations sont apparues, ont évolué... Et ont disparu.

➤ Peuvent-ils être en voie d'apparition ?

Cette hypothèse de travail a été examinée par des chercheurs du Space Telescope Institute de Baltimore (ref.1). Pour eux, il semble en fait que les planètes de types terrestre (planètes dans la *zone habitable*) pourraient ne pas avoir été détectées tout simplement parce qu'une partie d'entre elles sont encore en cours de formation. Ce type d'étude statistique est délicat à interpréter, mais un fait intéressant se dégage : le taux de formation stellaire observé dans l'Univers actuellement suppose qu'environ 15 à 20% des planètes de types terrestres pouvant être formées n'existent pas encore. Il y a donc encore de nombreux systèmes, et peut-être des civilisations, à voir apparaître. Toutefois, ils

reconnaissent que 80% des planètes de type terrestres de l'Univers étaient probablement formées au moment de la naissance du système solaire, ce qui laisse quand même à nos éventuels voisins une certaine avance !

Mais même une fois la planète formée, il faut du temps et bien des interactions pour voir l'apparition d'une vie complexe. Par exemple, au cours de l'histoire de la Terre, ce sont des organismes vivants qui ont modifié l'atmosphère riche en dioxyde de carbone, en le remplaçant par le dioxygène qui nous est absolument vital. Ce faisant, ces organismes basiques ont permis à d'autres, plus complexes, d'émerger... La tectonique des plaques terrestre a favorisé la diversité du vivant en produisant des climats et donc des biotopes variés. D'autres paramètres auxquels nous pensons moins sont tout aussi fondamentaux : champ magnétique, période de rotation de la Terre sur elle-même, activité volcanique...

Mais on peut penser que de telles conditions se retrouvent sur des planètes de même type dans la zone habitable de leur système, et que le temps nécessaire à ces transformations se soient écoulé.

Et si bien des planètes se sont déjà formées... Peut-être cela fait-il justement trop longtemps ?

➤ Nous arrivons peut-être trop tard...

Prenons une planète possédant toutes les conditions favorisant l'apparition d'une vie complexe voire consciente.

Nombre d'événements violents peuvent très facilement rayer une civilisation de la carte : modification géologique majeure (tremblements de sol, volcanisme), dérèglement climatique soudain (cyclique ou pas), ou bien encore des causes extérieures à la planète (supernovae, gamma-ray burst, météorite ou comète). Il n'est donc pas idiot de se demander si nous ne serions pas par hasard les derniers habitants conscients de l'Univers en date, survivant parmi des ruines.

La Terre, au cours de son histoire, a connus quinze épisodes d'extinctions (destructions complètes d'espèces vivantes), et cinq de ces épisodes ont détruits, pour chacun d'eux, plus de 50% des espèces existantes au moment du cataclysme sur notre planète (on parle d'**extinction de masse**).

Mais il faut bien comprendre que si de tels événements détruisent de la vie, ils permettent aussi, parfois, des évolutions majeures : les spécialistes du sujet s'accordent à dire que les mammifères n'auraient pas pris une telle place sur Terre sans la disparition des dinosaures il y a 65 millions d'années. Et nous sommes des mammifères. Toutes les changements sont à double tranchant.

Toutefois, notre histoire récente (et passée) montre que des êtres conscients (est-ce vraiment le bon terme dans ce cas ?) ont une certaine tendance à consommer toutes leurs ressources sans retenue, ou bien à mettre en danger leur environnement ou leur survie...

Peut-on, en observant les planètes extrasolaires, détecter celles où de telles catastrophes ont eu lieu ? C'est ce que se sont demandé des chercheurs anglais et américains (ref.5). Ils ont considéré différents scénarii de catastrophes planétaires, et fait des calculs visant à déterminer si des traces de ces événements seraient repérables à distance. Leur critères : que la catastrophe soit auto-infligée, que ce soit plausible d'un point de vue technologique, et que la destruction soit complète, sans aucun survivant.

Ils ont passé au crible :

- un holocauste nucléaire total,

- l'utilisation d'un agent chimique ou biologique détruisant toute espèce,
- un désastre technologique impliquant par exemple des nanotechnologies. Des systèmes auto-réplicatifs qui consommeraient toutes vies et ressources en se reproduisant sans contrôle,
- une pollution excessive ou une destruction de l'environnement planétaire, interplanétaire ou stellaire.

De leur étude ressort que suivant le moyen d'observation utilisé, on peut en théorie trouver des signes de la plupart des catastrophes d'un point de vue observationnel. C'est la durée pendant laquelle ces signes persistent (modifications de la lumière reçue de la planète ou de l'étoile) qui change d'un événement à l'autre. Les signes d'un holocauste nucléaire persistent pendant quelques années à peine, un agent biologique laisse des traces pendant 1 à 30 ans, mais des nanotechnologie ayant complètement rongé leur planète modifient les signaux reçus pendant des centaines d'années.

Ces durées sont faibles au regard des distances existant entre ces systèmes et nous, ou des temps d'évolution des systèmes, et nous avons peu de chances de percevoir ces signaux.

En revanche, la dernière catégorie laisse des traces à long terme. Les modifications de la planète (pollution fatale de l'atmosphère), de l'environnement interstellaire (débris orbitaux - *syndrome de Kessler*) ou la destruction d'une planète sont détectables pendant des dizaines de milliers d'années.

On constate tout de même que, sauf destruction du système stellaire, nous avons peu de chances de prendre conscience qu'une catastrophe a eu lieu sur une planète avant de nous y rendre.

Pour l'instant d'ailleurs, aucune trace de ce type n'a été détectée. Il est vrai que nous manquons de données : les instruments actuels ne nous donnent pas beaucoup d'éléments de connaissance à propos des atmosphères ou des environnement d'autres planètes. Il est déjà difficile de les détecter, alors savoir ce qui s'y passe...

Mais, si d'éventuels voisins sont apparus et ont échappé à la destruction, se pourrait-il pour autant qu'aucun contact n'ait eu lieu entre eux et nous ?

Il y a bien d'autres peuples, mais...

Cette fois-ci, reprenons notre raisonnement à son début et explorons l'autre branche de l'arbre : il y a, quelque part dans notre galaxie, des civilisations possédant notre niveau de développement, technologique en particulier, comparable au notre, ou même un niveau largement supérieur.

- Première difficulté, si ces êtres ne sont pas plus évolués en terme de voyage spatial que nous ne le sommes, il est très improbable qu'ils réussissent à communiquer avec nous, et encore moins à venir nous voir. Coincés eux-aussi dans leur monde, il n'ont à leur disposition que les signaux radio pour les communications longue-distance, ce qui est catastrophique en terme de réactivité. En effet, les distances se comptant en centaines d'années-lumières, il

faut un des centaines d'années aux signaux pour traverser l'espace qui nous sépare (les ondes radio sont des signaux électromagnétiques, donc une forme de lumière). On est tenté de penser qu'il faut s'armer de patience mais c'est futile. Sur des distances pareilles, les signaux trouvent de quoi se diluer et se perdre, même, dans le vide tout relatif de l'espace. Poussières, gaz et perturbations gravitationnelles ou électromagnétiques se chargeraient de diminuer leur intensité ou de les déformer jusqu'à les rendre inaudibles ou incompréhensibles. De plus, qu'il s'agisse de lumière ou bien de signaux, il y a un décalage temporel terrible à considérer. Un signal ayant mis 100 ans à nous parvenir aurait été envoyé un siècle plus tôt... Et songez à la différence entre notre planète il y a cent ans, et ce qu'elle est aujourd'hui ! Nous recevons des messages provenant d'êtres qui, entre-temps, aurait évolué, changé, bougé peut-être, ou même disparu ! Comment parler d'une quelconque communication ? La seule chance pour nous de communiquer avec d'autres êtres seraient d'avoir de nouveaux moyens de faire parcourir de longues distances à des signaux, et donc, une technologie bien différente. Difficile d'espérer échanger un jour avec des êtres qui nous ressembleraient.

- Considérons maintenant des civilisations possédant un niveau technique bien supérieur au notre. Un problème tout simple peut se poser : étant donné la taille, ne serait-ce que de notre galaxie, s'il sont trop peu nombreux nous avons peu de chances de les rencontrer. En effet, même en explorant systématiquement les systèmes autour d'eux, ces êtres mettront énormément de temps à arriver jusqu'à nous. Or, une exploration systématique de l'espace environnant n'est pas le processus le plus probable. Il y a, pour une civilisation, bien plus d'intérêt à choisir ses destinations en fonction de besoins à combler plutôt qu'en voulant tout savoir de ce qu'il y a autour. Autrement dit, Christophe Colomb n'est pas parti vers les Amériques avec l'intention de cartographier précisément notre planète (il aurait eu à faire dans ce domaine moins loin de chez lui) mais parce que découvrir un moyen plus rapide de rejoindre les Indes pouvait être une révolution commerciale. Pas sûr que la découverte d'un continent qui barrait la route fut même une bonne surprise. Quel type de besoin peut pousser un peuple vers l'espace ? Probablement celui d'avoir plus de place, ou celui de nouvelles ressources en cas d'épuisement des siennes. Une population qui augmente sans cesse n'est pas viable à long terme, quelle que soit la planète dont on parle. Seulement, ce type de besoin, corrélé à celui de parvenir à ses fins en un minimum d'effort, conduit à cibler d'abord des lieux proches (pour nous, ce serait la Lune puis Mars) avant de lancer quelques explorations bien ciblées. Ce serait par conséquent un sacré coup de chance qu'ils repèrent notre étoile, puis notre planète, et débarquent. Et peut-être même serait-ce une mauvaise nouvelle, car ils en voudraient à nos ressources ? Mais c'est un autre débat.

Et s'ils étaient nombreux, réellement aussi nombreux que le ciel constellé d'étoiles le laisse supposer ?

- Venons-en à l'hypothèse la plus intellectuellement stimulante, et sans doute la plus dérangeante aussi, connue sous le nom d'**hypothèse du zoo**. Partant du principe que nombre de systèmes stellaires avaient pu donner lieu, à l'apparition d'une vie complexe puis consciente, des scientifiques ont émis l'idée

que la Terre était *volontairement* laissée en marge. Autrement dit, des êtres spatiaux se baladeraient partout autour de nous, mais il *choisiraient* de ne pas entrer en contact avec notre espèce.

Ce type d'idée découle de vieux débats anthropologiques à propos du premier contact avec des peuples « sauvages ». Ingérence, contact ou mise en retrait en attendant que le « sauvage » fasse ses preuves et vienne de lui-même ?

Certains astrophysiciens ont simplement émis l'idée que de tels débats pouvaient aussi avoir fait rage (ou pas !) concernant la découverte par un peuple, d'une population consciente sur une autre planète. Et que la solution unanimement retenue pouvait avoir été la mise en quarantaine de la planète en question, en attendant tout simplement que ses habitants en sortent. Est-ce réaliste ?

Un travail très intéressant sur le sujet a été fait par l'astrophysicien Thomas W. Hair (College of Art and Science, Florida Gulf Coast University - ref.6).

Il a cherché à savoir si l'hypothèse disant que tous les autres peuples restent à l'écart de nous pouvait être concevable.

Si on suppose l'existence de nombreux peuples, pour que notre planète soit de cette façon évitée, il faut qu'il y ait parmi ces peuples une entente, un consensus... Ce qui est toujours difficile à tenir.

Des chercheurs ont d'ailleurs montré que la probabilité de « désobéissance » à une telle injonction augmente avec le nombre de civilisations présentes. (ref.7) Et il suffit d'un seul contact pour tout changer.

Mais une possibilité existe pour qu'une telle décision soit respectée : qu'une des cultures ait acquis une telle avance et une telle assise parmi les autres peuples, qu'elle imposerait sa façon d'envisager les choses sans effort ni contestation.

Il faudrait qu'il existe parmi nos voisins un peuple tellement avancé techniquement (et très probablement psychologiquement, éthiquement) et présent depuis tellement plus longtemps que les autres, qu'il n'aurait pas besoin de recourir à une interdiction quelconque. Thomas W. Hair a donc essayé e connaître les intervalles d'apparition d'une vie consciente dans la galaxie afin de savoir si un peuple pouvait avoir une avance temporelle énorme sur les autres. Précisons qu'il n'est pas nécessaire que cette civilisation dominante soit la première à voir le jour, mais seulement qu'elle soit celle qui a imposé ses vues avant les autres. Et ils pourraient bien avoir disparu sans que leur façon de procéder soit abandonnée.

Le travail effectué se fonde sur plusieurs bases. Les taux de formations d'étoiles dans notre galaxie, qui sont calculés à partir d'observations systématiques de larges zones du ciel. D'autres travaux (ref. 8) permettent de situer l'apparition de la Vie sur Terre il y a 5 milliards d'années. Il s'agissait d'êtres unicellulaires, et il a fallu 3,7 milliards d'années d'évolution pour « obtenir » une vie complexe (celle que nous connaissons ou en tout cas, quelque chose qui y ressemble fortement d'un point de vue physiologique).

En effectuant un grand nombre de *simulations*

Encadré :

- **exoplanètes** : planètes en orbite autour d'une autre étoile que notre Soleil.
- **Méthodes de détection des exoplanète** : il en existe plusieurs. La plus ancienne est la méthode de mesure de vitesse radiale de l'étoile. En effet, la présence d'un corps en orbite autour d'une étoile induit un petit mouvement détectable par spectroscopie. Cette méthode a permis la découverte de la première exoplanète (en 1995) et c'est aussi la seule qui donne accès à des données sur l'orbite de la planète. Il y a ensuite le transit, qui vise à détecter la baisse de luminosité induite par le passage d'une planète devant son étoile. Les télescopes spatiaux « chasseurs d'exoplanètes » utilisent cette méthode. Puis l'effet de lentille, autrement dit la mesure de la déviation subie par la lumière de l'étoile du fait de la planète. C'est un effet très difficile à mesurer. Enfin, l'imagerie, qui viserait à prendre une photographie d'un système stellaire lointain, devrait se développer dans les prochaines années.
- **SETI** : Search for ExtraTerrestrial Intelligence. Projet lancé dans les années 1970 mais trouvant son essor dans les années 1980 (on lui alloue un vrai budget), visant à trouver une trace d'autres civilisations dans l'Univers, en utilisant en particulier les radiotélescopes. Le projet a connu bien des tourmentes et a même failli disparaître pour de bon en 2011, mais des chercheurs tiennent bon, le grand public fourni des fonds, et aujourd'hui, ceux qui étaient moqués pour leur recherches sont sur le devant de la scène avec l'essor des observations d'exoplanètes. Devenu Institut (www.seti.org), le projet continue de chercher des fonds, et demande au public sa participation (Seti@Home) mais semble promis à de belles découvertes.
- **Années-lumière, minutes-lumière, seconde-lumière** : Une année-lumière est la distance parcourue par la lumière en un an. Cela représente plus de 9 000 milliards de kilomètres. Impossible de se la représenter. Prenons donc plus petit. Une minute-lumière est la distance parcourue par la lumière en une minute. Le soleil est à 8 minutes-lumière de nous. A titre de comparaison, il faudrait 20 ans à un avion pour parcourir cette distance. Une seconde-lumière est la distance parcourue par la lumière en une seconde, soit 300 000 kilomètres. La Lune est à environ 1 seconde-lumière de nous, et il faut plusieurs jours à une fusée pour l'atteindre.
- **planètes géantes** : planètes semblables à Jupiter, gazeuses et donc dépourvues de sol.
- **étoiles naines** : étoiles de masse très faible, émettant peu de lumière mais ayant une durée de vie bien supérieure à celle du Soleil. Ce sont les étoiles les plus nombreuses de la galaxie.
- **zone habitable** : Autour d'une étoile, cela désigne la zone dans laquelle une planète qui y orbiterait pourrait être pourvue d'eau liquide et de conditions (de température notamment) propices à l'apparition de la vie. Une planète qui serait à la fois de type terrestre, et situé dans la zone habitable de son système serait une bonne candidate pour accueillir la vie, que celle-ci soit endémique ou

colonisatrice...

- **extinction de masse** : extinction de la majorité des espèces présentes sur une planète. La Terre a connu 5 extinctions massives :
 - A l'Ordovicien, il y a quelque 440 millions d'années
 - Au Dévonien, il y a 365 millions d'années
 - Il y a 250 millions d'années, entre le Permien et le Trias
 - Entre le Trias et le Jurassique, il y a 200 millions d'années
 - Au Crétacé-Tertiaire, il y a 65 millions d'années (extinction, entre autres, des dinosaures)

Pour certains spécialistes, l'Homme serait actuellement la cause d'une sixième extinction massive.
- **tectonique des plaques** : mouvement des plaques continentales et océaniques les unes par rapport aux autres à la surface de la Terre. Ces mouvements ont fait changer de position et de forme les continents et ont permis l'émergence de climats et de conditions naturelles variés.
- **syndrome de Kessler** : réaction en chaîne prédite par Donald J. Kessler (NASA) à la fin des années soixante-dix. Au-delà d'une certaine quantité de débris artificiels en orbite, les collisions deviennent fréquentes, le nombre de débris augmente et leur taille diminue, jusqu'à rendre l'exploration spatiale ou l'utilisation de satellites artificiels impossible pour des décennies.
- **simulations**

Références

1. **On the history and future of cosmic planet formation**, Peter Behroozi and Molly S. Peebles, Space Telescope Institute, Baltimore, MNRAS 454, 1811-1817, 2015
2. **Rare Earth : why complex life is uncommon in the Universe**, P. Ward et D. Browlee, 2000, Copernicus, New-York.
3. Raup, D. 1990. **Extinction: Bad genes or bad luck?** New York: Norton.
4. Raup, D., and Sepkoski, J. 1984. **Periodicity of extinction in the geologic past.** *Proc. Nat. Acad. Sci.*, A81, p. 801–805.
5. **Observational Signatures of SelfDestructive Civilisations** Adam Stevens, Duncan Forgan and Jack O'Malley James, 2015, International Journal of Astrobiology
6. **Temporal dispersion of the emergence of intelligence: an inter-arrival time analysis**, Thomas W. Hair , International Journal of Astrobiology 10 (2): 131–135, Cambridge University Press 2011
7. **Where are They?** Crawford, I.A. (2000). *Sci. Am.* July, 38.
8. **The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way**, Charles H. Lineweaver, Yeshe Fenner, Brad K. Gibson, *Science*, 303, p.59, Janvier 2004