

d'impôt à l'investissement et à la production. L'adoption a ensuite été stimulée par les fonds de relance de la dernière récession, les programmes de prêts et les tarifs de rachat (contrats d'achat à long terme aux producteurs d'énergie renouvelable, basés sur le coût de la technologie). « *Il ne s'agit pas nécessairement de ce qui est techniquement réalisable, mais de la volonté politique et de la mesure dans laquelle les gouvernements, en particulier celui des États-Unis, sont prêts à fournir des incitations économiques pour laisser le CO₂ ou pour le réenfouir sous terre, explique J. Wilcox. Tout ne se fera pas uniquement avec de la R&D et des réductions de coûts.* »

Notamment, aux États-Unis, une mesure connue sous le nom de 45Q, promulguée pour la première fois en 2008 afin d'encourager le captage du CO₂ a été étendue l'année dernière pour rendre éligible à la fois le CO₂ capté et stocké et le CO₂ capté pour d'autres usages. Le crédit d'impôt passera à 50 \$ par tonne pour le CO₂ stocké et à 35 \$ par tonne pour le CO₂ utilisé. Le crédit d'impôt pourrait dépasser le coût du captage pour les industries produisant de l'éthanol, de l'ammoniac et de l'hydrogène, selon le rapport de l'*Energy Futures Initiative*. Il estime que le 45Q pourrait stimuler le stockage ou l'utilisation d'un total de 50 à 100 Mt de CO₂ par an,

selon l'acceptation du public, la disponibilité des pipelines et des sites de stockage, et d'autres facteurs [Energy Futures Initiative, 9, 2019].

Une législation bipartite et bicamérale connue sous le nom de *Utilizing Significant Emissions through Innovative Technologies Act*, introduite en février 2019 autoriserait une R&D accrue sur le captage et l'utilisation du CO₂, assouplirait les obstacles réglementaires à la construction de pipelines de CO₂ et prolongerait davantage 45Q. Mais au moment de mettre sous presse, aucune des cinq sous-commissions compétentes de la Chambre n'a examiné la mesure.

L'ÉQUATION DE DRAKE REVISITÉE ET INVERSÉE : UNE CIVILISATION EXTRATERRESTRE PEUT-ELLE NOUS OBSERVER ?

Christian Muller

Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique

Résumé

L'équation de Drake permet de quantifier la possibilité pour un programme de radioastronomie de détecter les émissions d'une civilisation lointaine. Formulée pour la première fois en 1961, elle porte les marques des connaissances de son époque. Le but de cet article est de la commenter et d'inventorier les différentes preuves de vie et de civilisation terrestre observables de l'espace. Les images de la Terre choisies en exemple sont systématiquement originaires de vols habités. Une courte discussion du phénomène OVNI et de la recherche actuelle sur les « phénomènes aériens inexplicables » montre les points de vue possibles d'éventuels observateurs extérieurs. L'intérêt récent d'astronomes établis pour ces situations est aussi décrit de

même que la première détection en 2017 d'un objet interstellaire dans le système solaire.

L'équation de Drake

En 1961, le radioastronome Frank Drake et l'astrobiologiste Carl Sagan organisèrent la première conférence sur la recherche de l'intelligence extraterrestre (SETI). Pour structurer leurs travaux, Drake proposa l'équation suivante pour estimer N, le nombre de civilisations dont nous pourrions recevoir des signaux :

$$N = R^* \cdot f_p \cdot ne \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

dans laquelle :

- R^* = le taux de formation d'étoiles de type solaire dans la Voie lactée,
- f_p = la proportion d'étoiles

ayant des planètes,

- ne = le nombre moyen de planètes « habitables, au sens terrestre » par étoile,
- f_l = la proportion de planètes où la vie existe,
- f_i = la proportion de ces planètes où une civilisation émet des signaux,
- f_c = la proportion de ces civilisations tentant de communiquer,
- L = la durée des civilisations techniques.

Depuis 1961, la découverte des exoplanètes et l'extension de l'enveloppe de la vie ont complètement changé la donne. Le simple fait que le premier élément est une fonction du nombre d'étoiles amène le N final à un grand nombre, notre galaxie compte plus de 100 milliards d'étoiles. Pour obtenir N=0, il faudrait que

la vie et une civilisation n'existent que sur Terre. De plus, cette équation ne tient pas compte des communications intergalactiques.

Plusieurs radiotélescopes ont contribué au programme SETI, souvent sur financement privé, et en soixante ans, un seul signal n'a pas encore trouvé d'explications. Il s'agit d'une observation du télescope *Big Ear* de l'université d'Ohio effectuée le 15 août 1977. Ce signal de 72 sec a été émis dans la bande protégée de 1420 MHz et toutes les hypothèses ont été envisagées à commencer par un mauvais fonctionnement du détecteur et des électroniques associées.

Dans l'avenir, plusieurs projets de réseaux de radiotélescopes devraient augmenter la sensibilité de détection et la résolution spatiale dans des buts purement astrophysiques. Un positif SETI serait un excellent sous-produit de ces recherches.

L'équation de Drake est évidemment la même pour tout radioastronome observant dans la galaxie et donc, pour eux aussi, N est grand.

Quoi qu'il en soit, la sensibilité des meilleurs équipements du XX^{ème} siècle n'a pas permis un positif net. On peut donc en déduire que la détection à distance de nos émissions électromagnétiques ne peut être que le fait d'une civilisation plus développée que la nôtre.

Le phénomène OVNI

Le début du phénomène OVNI peut être daté au 24 juin 1947 lorsqu'un pilote privé, Kenneth Arnold, observa dans les environs du Mont Rainier dans l'Etat de Washington une formation en échelon de véhicules de forme circulaire dont il estima la vitesse à un minimum de 1900 km/h. Il en fit rapidement rapport à la presse en pensant d'abord qu'il avait vu une formation militaire

d'un nouveau type d'avions ou de missiles. Le démenti des autorités amena très vite à l'hypothèse d'extraterrestres présents dans l'atmosphère de la Terre. Cette première observation fut suivie d'autres et attira l'attention des autorités.

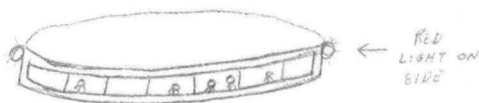
Le détail de ces faits se trouve dans les 14885 pages du rapport Condon [1968]. Parmi les premiers observateurs principalement, bon nombre acceptèrent l'assistance de journalistes et d'auteurs de science-fiction et, à partir de 1950, les publications de livres sur le phénomène se multiplièrent. La presse populaire rapporta même des enlèvements et des grossesses non expliquées imputées aux extraterrestres.

Un cas d'enlèvement ayant fait l'objet d'une analyse astronomique.

L'enlèvement des époux Hill en 1961 est un des plus emblématiques. Il a fait l'objet de deux livres et d'un film mais n'a cependant pas été retenu par le rapport Condon. La similitude de témoignages ultérieurs laisse à penser qu'il a influencé d'autres récits. Les époux Hill ont été enlevés lors d'un retour de vacances le 21 septembre 1961 sur une route déserte de nuit et ont ensuite été libérés sans autres souvenirs que l'enlèvement et l'impression que l'évènement avait duré deux heures. Ils l'ont communiqué à la presse dès le matin du jour suivant. Les époux Hill étaient considérés comme témoins fiables par suite de leur implication dans leur église et de leur participation au mouvement des droits civiques. Le détail a été connu plusieurs mois après que, suite à des angoisses et cauchemars, ils aient été traités sous hypnose.

Leurs témoignages d'enlèvement sont très anthropocentriques : les

THIS IS HOW IT LOOKED WHEN IT WAS ABOUT 200 FEET HIGH.



THIS IS HOW IT LOOKED AFTER SHEDDING OVER HIGHWAY, DESCENDING TO ABOUT 100 FEET OVER FIELD.

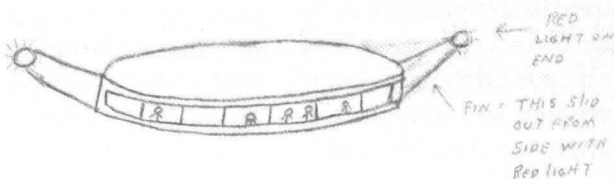


Figure 1 : Dessin de Betty Hill montrant le vaisseau spatial dans sa phase d'atterrissage tel qu'elle l'a décrit à la presse le jour suivant l'enlèvement (<https://www.history.com/news/first-alien-abduction-account-barney-betty-hill>).

extraterrestres ressemblent à des humains, différent par la taille, parlent aux humains dans leur langue, effectuent des examens et prélèvements médicaux par des techniques invasives proches de celles de la médecine du milieu du XX^{ème} siècle et ne portent pas d'équipements de protection à part leurs uniformes gris.

L'analyse médicale ne donne pas d'avis sur l'authenticité des témoignages ; elle se borne à constater que les angoisses et cauchemars disparaissent après le traitement. Les époux Hill ont vu une carte du ciel utilisée pour la navigation dans le vaisseau spatial que l'épouse a ensuite pu tenter de reproduire sous hypnose. L'examen de cette carte montre une coïncidence avec une carte obtenue à partir d'une planète de l'étoile Zeta Reticuli située à 39 années-lumière. Une relecture de cette carte publiée en supplément par le magazine de vulgarisation *Astronomy* [2016] montre que ce document ne permet pas de tirer une conclusion et en plus que le système de Zeta Reticuli ne peut comporter de planètes habitables. Jusqu'à maintenant d'ailleurs, aucune exoplanète n'y a été détectée, aucun des astronomes ayant effectué la première analyse et identifié l'étoile n'a non plus publié dans une revue à comité de lecture.

Ce cas est le seul à avoir fait l'objet d'une étude astronomique mais le fait que même le magazine de vulgarisation *Astronomy* ait refusé de le présenter dans sa version imprimée montre l'extrême suspicion des professionnels vis-à-vis de ce type de témoignage.

Les réactions officielles

Les Etats-Unis réagirent par la mise en place de comités officiels qui culminèrent avec le groupe dirigé par le Pr Edward Condon

et qui conclut en 1968 à une probabilité très faible de l'origine extraterrestre des phénomènes observés. Entre-temps, l'U.S. Air Force avait accumulé les maladresses en classifiant « secret défense » une partie des documents.

Ces problèmes de communication furent résolus par le rapport Condon. La commission Condon était basée à l'université du Colorado, très impliquée dans le spatial et proche de l'Académie de l'U.S. Air Force à Fort-Collins. Elle analysa un grand nombre d'événements et les classa par interprétations. Ce classement mériterait d'être revisité avec notre connaissance actuelle des phénomènes lumineux transitoires de l'atmosphère supérieure et il serait possible maintenant qu'une explication plus détaillée puisse être donnée à une partie des quelques événements laissés en suspens.

La réponse des autres pays fut très faible et même inexistante dans le cas de la Belgique. La plus intéressante fut celle de l'Union Soviétique. Sollicitée par la commission Condon, l'Académie des sciences de l'U.R.S.S. répondit par un article de la Pravda concluant : « Personne ne possède de nouveaux faits confirmant la réalité des soucoupes volantes. Elles n'ont pas été vues par les astronomes qui étudient attentivement le ciel jour et nuit. Elles n'ont pas été rencontrées par les scientifiques qui étudient l'atmosphère. Elles n'ont pas été observées par la défense aérienne de ce pays. Ceci veut donc dire qu'il n'y a pas de base pour faire revivre les rumeurs insensées de visites secrètes de notre planète par les Martiens ou les Vénusiens ». [Rapport Condon, Ch. 3].

Le rapport Condon étudie aussi des cas individuels : un seul fait état d'un atterrissage, de voix

entendues et de brûlures sur l'observateur. Ce témoignage a été revu en détail mais après analyse ne constitue pas une preuve suffisante d'atterrissage. Le rapport contient par ailleurs la description d'une série de débris attribués aux extra-terrestres mais n'est conclusif pour aucun.

Les observations devinrent moins fréquentes mais ne s'arrêtèrent pas. En France, les gendarmes du Sud-Ouest firent plusieurs rapports dans les années 70 et le CNES (Toulouse) fut chargé de constituer un groupe d'étude officiel qui subsista sous diverses appellations jusqu'en 1983. En Belgique, une société d'amateurs, la SOBEPS fut active de 1971 à 2007 et se manifesta lors de la dernière grande vague d'observations dans l'Est de la Belgique de 1989 à 1991. Cette vague exceptionnelle attira l'attention et même justifia l'intervention de chasseurs de la force aérienne belge. Un grand nombre d'observations ne purent être expliquées, un résumé en est présenté par le COBEPS, successeur de la SOBEPS (<http://www.cobeps.org/fr/vague-belge>). Pour être bref, une réponse à une question parlementaire indique que quelques observations sont cohérentes avec un exercice d'avion AWACS alors que d'autres semblent indiquer des disparitions soudaines d'échos radars ainsi que des passages du vol stationnaire à de très grandes vitesses sans émission de bang supersonique. L'origine civile ou militaire de ces signaux est en principe exclue car, en dehors de zones militaires, tout aéronef utilise un transpondeur radar permettant une identification. Le transpondeur est un élément essentiel du contrôle aérien et le pilote a même la possibilité de lui faire signaler des anomalies comme une panne radio ou un détournement. Un exercice impliquant des hélicoptères non

éclairés et sans transpondeurs est impensable dans le voisinage des aéroports de Liège, Charleroi et Zaventem. Une mauvaise calibration des radars militaires a aussi été envisagée mais rejetée après enquête.

La vague belge n'a pas arrêté les observations. L'ensemble le plus récent est connu sous l'acronyme UAP (*Unidentified Aerial Phenomena*) observé depuis 2004 en plus de 140 occasions par des pilotes de la marine américaine. Un rapport public préliminaire (*Office of the Director of National Intelligence, 2021*) n'exclut pas des essais de nouveaux missiles effectués en vue de tester leurs possibilités d'être détectés mais refuse de leur attribuer une cause unique. Une partie des investigations reste couverte par le secret défense, en particulier les recherches sous-marines et la présence éventuelle d'épaves. En l'absence d'explication précise, cette étude continue et son financement vient d'être accepté pour 2023. La justification porte à la fois sur la sécurité aérienne et la sécurité nationale. Howell [2022] donne une description des témoignages présentés par la Marine au Congrès des Etats-Unis le 17 mai 2022.

Des visites interstellaires voire intergalactiques demanderaient une maîtrise de l'espace-temps multidimensionnel permettant la téléportation et cette possibilité n'a même pas encore été démontrée pour une particule élémentaire. Cet aspect a cependant été envisagé dans des études américaines citées par la *Defense Information Agency* dont des rapports non classés secret défense ont déjà fait l'objet de fuites [Obousy et Davis, 2010]. L'absence de vérification ne nous empêche néanmoins pas d'étudier les capacités d'observation disponibles à de tels visiteurs.

Détection à partir des planètes des observateurs

Les méthodes et techniques utilisées par SETI ne donneraient pas de meilleurs résultats que ceux qui ont été obtenus par les Terriens. Il faudrait donc un programme bien plus élaboré. Nos émissions radios ne datent que d'environ 120 ans et ont changé de puissance et de fréquences pendant cette période. Elles ne seraient donc détectables que par des civilisations situées à moins de 120 années-lumière du système solaire. L'étoile la plus proche, Proxima Centauri est à environ 4 années-lumière. Le rayon de la galaxie étant d'environ 50 000 années-lumière, il y a donc une forte limitation des étoiles pouvant observer nos émissions. Cependant, la vie terrestre devrait être détectable après l'apparition de l'oxygène il y a deux milliards d'années. A l'explosion du Cambrien, il y a 550 millions d'années, les continents se peuplent et une très grande biodiversité apparaît. Toutes les planètes de la Voie lactée pourraient observer ces phénomènes. Ceci s'applique aussi au Groupe Local dont l'élément le plus représentatif est la galaxie d'Andromède mais les distances impliquées demanderaient des techniques encore inimaginables actuellement.

La stratégie d'observateurs situés dans la Voie lactée serait donc en premier de faire l'inventaire des planètes habitables selon leurs critères. Pour nous Terriens, l'eau liquide constitue un prérequis à l'évolution de la vie. Ensuite, ces planètes devraient être inventoriées à leur tour pour la présence de molécules contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Le potassium est aussi nécessaire à la vie telle que nous la connaissons mais sa détection est très difficile. Aucune vie basée sur d'autres

éléments n'a jusqu'à ce jour été détectée sur Terre.

La vie terrestre est caractérisée par un grand nombre de molécules dont la plus emblématique est la molécule d'ADN. Ces dernières ne sont malheureusement pas mesurables à distance car elles sont détruites en dehors du milieu vivant et leur spectre infrarouge est aussi extrêmement complexe en raison du nombre d'atomes qui les constituent. Il faudra donc se focaliser sur une série de molécules plus simples appelées *biomarqueurs* qui sont produites en tout ou en partie par des réactions biologiques ou qui sont indispensables à la vie. Celles-ci sont l'eau, l'oxygène, l'ozone, le méthane et l'hémioxyde d'azote (N_2O). Ces deux dernières molécules ont sur terre une production biologique dans les sols par des processus différents. L'actuelle activité humaine y ajoute de nouvelles sources agricoles comme dans le cas du méthane, une source supplémentaire liée à l'extraction de combustibles fossiles. La mesure du dioxyde de carbone et du monoxyde de carbone fournit un élément complémentaire pour déterminer si la vie influe sur la composition chimique. L'étude des biomarqueurs est un des éléments de la feuille de route européenne de l'astrobiologie décrite par Horneck et al. [2016].

L'observation de ces molécules à partir d'exoplanètes peut se faire idéalement dans l'infrarouge, de préférence en dehors de l'atmosphère, avec des télescopes capables de résoudre l'image de la Terre. Notre niveau technologique permet d'envisager des interféromètres. Toutefois les détecteurs suffisamment sensibles pour atteindre une haute résolution spectrale pour un observateur en dehors du système solaire nous sont encore inaccessibles.

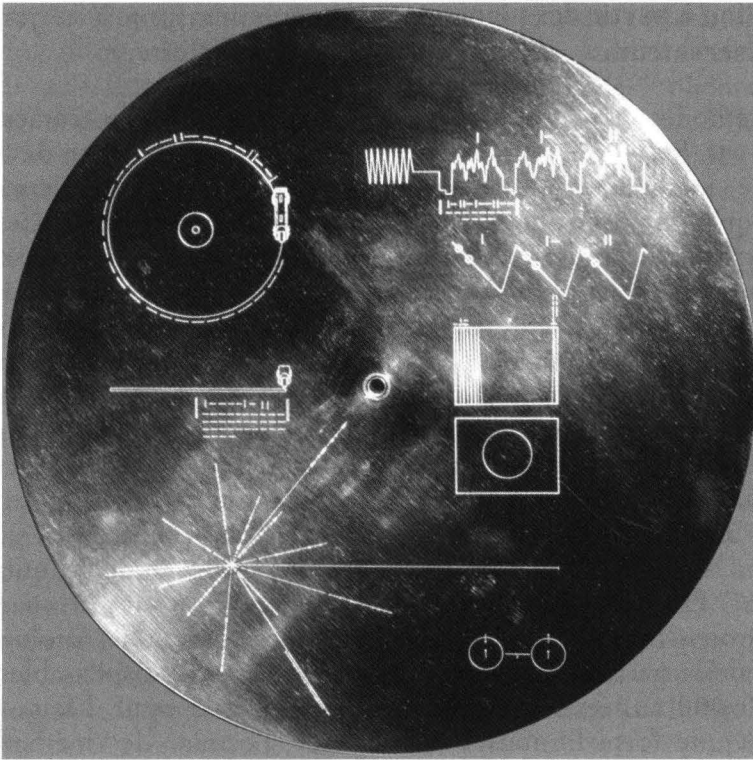


Figure 2 : Couverture du disque d'or emporté par Voyager 2, les deux dessins du bas montrent la position de la Terre vis-à-vis de plusieurs pulsars et deux états de l'atome d'hydrogène (la transition entre ces deux états fournit une référence de distance et de temps). Les dessins du dessus sont des instructions de décodage pour la lecture des enregistrements analogues audios et images contenus sur les deux faces du disque. (<https://voyager.jpl.nasa.gov/golden-record/>, NASA)

Le concept a cependant été testé à l'intérieur du système solaire par Sagan et al. [1993], en utilisant les instruments de la sonde *Galileo* en route vers Jupiter. Ils ont pu prouver que les biomarqueurs terrestres étaient détectables depuis l'espace avec une charge utile conçue pour l'observation de l'atmosphère de Jupiter. Le même exercice a été répété avec succès en 2003 au moyen de l'instrument franco-belge SPICAM de la sonde de l'ESA Mars-Express.

Cependant, la mise en œuvre de ce programme exhaustif d'observation spectrale des exoplanètes habitables à partir de la Terre dépasse encore nos moyens techniques et probablement nos capacités économiques.

Détection à partir des véhicules des observateurs.

Pour notre civilisation, le voyage interstellaire est inimaginable. La sonde Voyager 2, qui a quitté le système solaire, s'éloigne du Soleil avec une vitesse d'environ 600 000 km/h. Elle devrait donc mettre 400 ans pour atteindre la distance de 10 années-lumière. La sonde lancée en 1977 est suivie par une antenne du Deep Space Network de la NASA située en Australie et la NASA espère maintenir le contact jusqu'au milieu de la décennie en cours. La connaissance de la position de Voyager 2 est importante pour vérifier la mécanique céleste et d'éventuels effets relativistes. La sonde n'est orientée vers aucune étoile mais devrait passer à quelques années-lumière de Sirius dans 296000 ans. Elle porte néanmoins un message

pour les extra-terrestres sous forme d'un disque d'or reproduisant des sons et des images des différentes cultures terrestres et d'un dessin schématisant l'origine terrestre du vaisseau spatial.

Les sondes Pioneer 10 et 11 de la NASA ont également quitté le système solaire mais n'ont plus pu être suivies après respectivement 2003 et 1995. Elles aussi portent une plaque montrant deux humains et des éléments terrestres. Ces trois sondes portent donc les seules tentatives de communication non électronique vers les extraterrestres que la NASA a effectuées jusqu'à maintenant.

Dépasser la vitesse actuelle de Voyager 2 nécessiterait une propulsion active et donc une source d'énergie de très longue durée. Même ainsi, la mission prendrait des centaines d'années et demanderait une planification et un financement plus long que plusieurs vies humaines et donc une nouvelle organisation des infrastructures au sol.

Les mêmes difficultés existent pour les extraterrestres qui devraient donc maîtriser une nouvelle physique permettant de manipuler l'espace-temps. Supposant qu'ils l'aient comme le proposent les auteurs de science-fiction, ils pourraient alors atterrir à volonté et prélever des êtres vivants ainsi que des objets caractéristiques. On peut cependant penser que dans un premier stade, ils éviteront le contact avec l'environnement terrestre avant d'en avoir analysé la toxicité. Ils feront donc des observations à partir de l'orbite terrestre. Cette attitude correspond à nos propres programmes de protection planétaire où seuls des vaisseaux libres de toute contamination biologique peuvent atterrir sur les planètes dont la stérilité n'est pas démontrée. Ces considérations rendent très suspects les rapports

faisant état de contacts entre ces visiteurs et des êtres humains.

On peut donc supposer que les visiteurs ont d'abord identifié la Terre comme planète porteuse de vie et ont installé des systèmes d'observation dans le système solaire leur permettant de couvrir les deux milliards d'année où la vie est présente. On peut encore aller plus loin en leur donnant comme objectif la recherche d'une espèce intelligente capable de modifier son milieu, ceci réduisant leur champ d'étude à la période de développement de la race humaine.

La maîtrise du feu étant un premier signe d'intelligence pouvant maintenant être datée de plusieurs centaines de milliers d'années, les foyers individuels sont cependant quasi impossibles à détecter. Cependant la culture sur brûlis constitue une preuve d'action concertée des Terriens. A

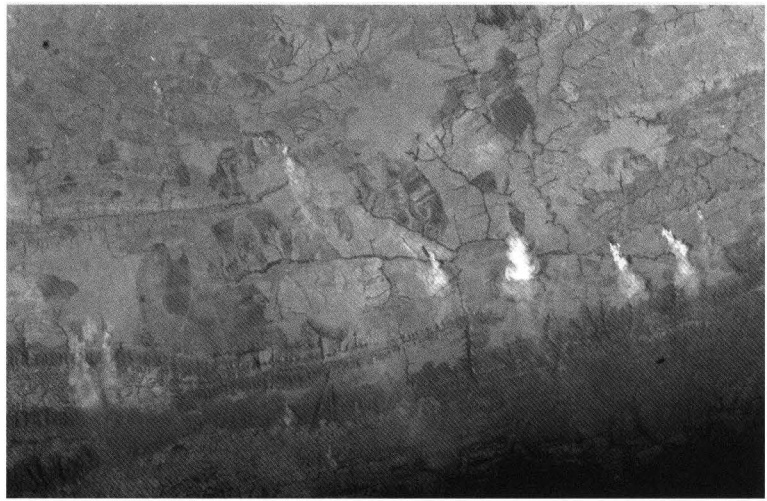


Figure 4 : Départs de feu au Shaba (R.D.C.) correspondant à la préparation de terrains pour l'agriculture, cette pratique connue sous le nom d'écobuage a été abandonnée en Europe au cours du XIXème siècle lorsque des engrais azotés devinrent disponibles. Image ISS004-E-11958 obtenue par un astronaute de la mission ISS004 (Image Analysis Laboratory at Johnson Space Center, NASA).

supposer que cette technique ait été utilisée précédemment pour la chasse, l'intervalle utile atteint 50 000 ans.

Les constructions humaines sont beaucoup plus tardives. Le premier exemple détectable de l'espace est celui des pyramides de Gizeh datées de plus de 4500 ans. Ces pyramides étaient recouvertes à l'origine d'un parement blanc et leur angle d'inclinaison, choisi pour en optimiser la stabilité, en faisait des réflecteurs encore inégaux. D'autres constructions anciennes comme la grande muraille de Chine sont pratiquement invisibles de l'espace car leurs bâtisseurs ont systématiquement tiré avantage d'éléments naturels déjà présents dans le paysage.

Très récemment, au cours des cinquante dernières années, l'éclairage artificiel surligne les côtes ainsi que les grandes villes dans le monde. On peut donc déduire que si des véhicules extra-terrestres nous sont observables, eux nous ont détectés et sont en mesure d'étudier nos fonctionnements économiques et sociaux.

Les éventuels visiteurs peuvent donc à partir de l'orbite terrestre suivre l'activité humaine.

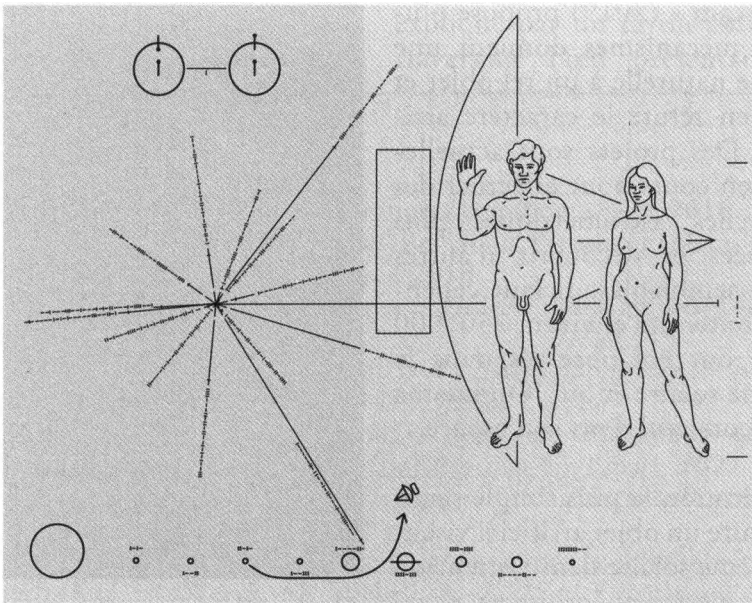


Figure 3 : Plaque emportée par Pioneer 10 et 11 montrant deux états de l'atome d'hydrogène (la transition entre ces deux états fournit une référence de distance et de temps), la position du Soleil par rapport à des pulsars, le système solaire et un schéma de la trajectoire des Pioneer pour échapper au système solaire. Les deux êtres humains sont représentés nus pour illustrer la reproduction sexuée. Les extraterrestres, après décodage de la référence de distance pourraient déduire que la femme mesure 1,68 m. (<https://solarsystem.nasa.gov/resources/706/pioneer-plaque/>, NASA).



Figure 5 : Les pyramides de Gizeh photographiées le 1-5-2021 par l'astronaute japonais NOGUCHI Soichi. Cette image est la plus nette de ce site obtenue lors d'un vol habité ; elle montre aussi l'urbanisation rapide et le nouveau musée du Caire. (<https://www.ndtv.com/offbeat/astronaut-shares-pic-of-pyramids-of-giza-as-seen-from-space-2426917>)

Contacts éventuels

La communauté scientifique pourrait être restée en attente si en 2017 le télescope (*Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System 1 (Pan-STARRS1) near-Earth object survey*) n'avait découvert un objet en orbite parabolique dans le système solaire peu après son passage à 0,2 U.A. de la Terre [Meech et al., 2017]. Les quelques semaines où l'orbite a été suivie indiquent qu'il ne s'agit pas d'une comète ni d'un astéroïde d'une classe connue. Ses variations de brillance laissent à penser qu'il a une forme de disque ou de cylindre et ne réfléchit bien la lumière du Soleil que dans une direction. La taille paraît être de l'ordre de la centaine de mètres. En novembre 2017, l'Union Astronomique Internationale le reconnaît comme premier objet interstellaire et accepte le nom « 'Oumuamua » qui en langue polynésienne peut signifier éclairer ou messenger. Le détail des éléments des observations est donné par « The 'Oumuamua ISSI Team » [2019]. 'Oumuamua est encore maintenant le seul objet

interstellaire connu et aucun mécanisme permettant de l'éjecter à partir de l'actuel système solaire n'a encore à ce jour été proposé. Cependant « The 'Oumuamua ISSI Team » (2019) propose plusieurs mécanismes donnant une origine naturelle à un tel objet et donc en réfute le caractère artificiel. Des projets sont actuellement en cours pour effectuer des recherches astrométriques plus détaillées et découvrir d'autres objets semblables. Il faut cependant noter qu'environ 750 000 objets ont été observés dans le système solaire et qu' 'Oumuamua est encore seul dans son espèce.

L'explication la plus simple serait d'en faire un objet artificiel visant le système solaire dans l'intention de s'y mettre en orbite et devenu inerte en cours de mission. L'argument principal présenté par Bialy et Loeb [2018] vient de l'accélération anormale d' 'Oumuamua : la gravitation solaire ne peut l'expliquer et un effet de voile solaire créé par la géométrie particulière de l'objet correspondrait. Loeb [2019] y voit une intention et développe la nécessité

d'une intelligence extraterrestre [Loeb, 2021 ; 2022]. Sa perspective s'inscrit dans le mouvement transhumaniste, les véhicules extraterrestres ne sont pas habités par des êtres mortels mais par une intelligence artificielle qui gère la mission pour des périodes allant sur plusieurs centaines de générations. De nouveau, il suppose que comme les humains, les extraterrestres ont une vie courte. Il étudie aussi les modes de contact possible et propose une communication structurée approuvée par les Nations-Unies pour éviter des malentendus.

La seule référence que nous ayons est celle de l'exploration de la Terre par les Européens. Habituellement, les explorateurs avaient été précédés par des marchands et plus tard par des missionnaires. Dans les meilleurs des cas, ils établissaient le contact par

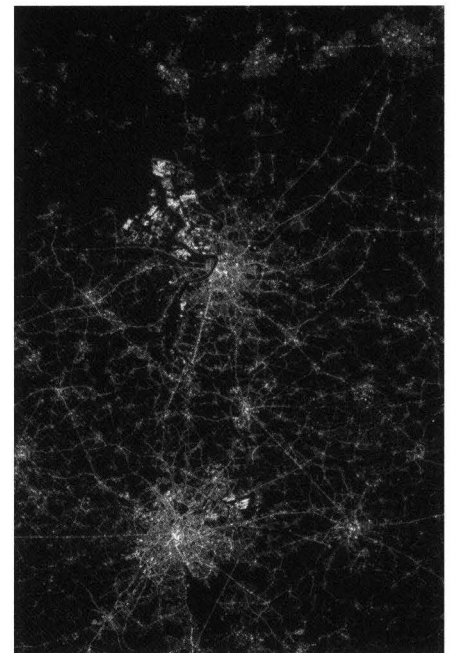


Figure 6 : Bruxelles et Anvers photographiés le 4-5-2014 par l'astronaute Koichi Wakata à partir de la station spatiale internationale (document NASA iss039e009383). On voit bien plus que les autoroutes belges presque seules visibles il y a 50 ans. Le port d'Anvers y apparaît aussi plus lumineux que les centres de Bruxelles et d'Anvers.

des échanges de cadeaux et se réapprovisionnaient pour continuer le voyage. Un seul cas a causé un problème réel : celui des premiers contacts avec les indigènes des Amériques. Ces derniers n'étaient décrits dans aucun texte antérieur et une controverse sans fin commença en Espagne sur leur caractère humain et le droit de les soumettre d'office à l'esclavage. Cette polémique ne fut arrêtée que lorsque des moines dominicains encouragèrent le baptême des enfants nés de l'union d'un chrétien et d'une indigène, puis plus tard le mariage des parents.

Ce problème a déjà été traité au sujet des extraterrestres par le père Funes, à l'époque directeur de l'observatoire du Vatican, lors d'un entretien paru dans l'*Osservatore Romano* [Valliante, 2008] dans lequel l'auteur y déclare : « l'extraterrestre est mon frère » dans le sens où Saint François parlait de frère Soleil et de toutes les créatures, il considère aussi la possibilité que les extraterrestres

n'aient pas besoin de la rédemption car restés en communion avec Dieu. Il n'y déclare donc nulle part que les extraterrestres sont humains ni qu'il est nécessaire de les convertir.

En l'absence d'une meilleure étude, cette approche basée sur l'écoute et le respect est probablement la plus raisonnable.

Conclusions : que pouvons-nous déduire ?

Des phénomènes aériens inexplicables continuent d'être observés. Ce simple fait justifie de nouvelles études dès lors que nous sommes très loin de comprendre toutes les possibilités offertes par l'électricité atmosphérique et la météorologie spatiale, elle-même liée à l'activité solaire. Il est important de consigner toutes les observations et en particulier celles effectuées par les pilotes d'avion à haute altitude, même un éclair expliqué par un rayon cosmique traversant l'œil présentant un

intérêt scientifique car sa compréhension peut accroître la sécurité du vol. La recherche d'objets interstellaires et leur caractérisation se justifie d'un point de vue purement scientifique : plusieurs observations permettraient de rejeter ou d'accepter l'hypothèse d'une origine artificielle.

La présence d'extraterrestres à proximité de la Terre implique nécessairement une civilisation plus avancée, dès lors qu'ils ont pu aisément décrypter nos communications en partant par exemple des protocoles standards utilisés par les navires en mer ou dans les contacts des avions avec les tours de contrôle. Ils ne nous ont cependant jamais contacté. Serait-ce parce qu'ils sont fondamentalement différents et que nous ne leur apporterions rien ? Toutes ces questions restent ouvertes. Seule l'observation pourra nous apporter des éléments de réponse.

Références

- Astronomy magazine, <https://astronomy.com/bonus/zeta>, 2016.
- Bialy, S. et A. Loeb, Could Solar Radiation Pressure Explain 'Oumuamua's Peculiar Acceleration?, *The Astrophysical Journal Letters*, 868(1), 2018.
- Condon report, Scientific study of unidentified flying objects, *Université du Colorado*, <https://files.ncas.org/condon/>, 1968.
- Horneck, G., N. Walter, F. Westall, et al., AstRoMap European Astrobiology Roadmap, *Astrobiology*, 16(3), 201-243, doi:10.1089/ast.2015.1441, 2016.
- Howell, E., US military is 'all hands on deck' to understand UFOs, *space.com*, <http://r.smartbrief.com/resp/pcnkCKmydRDSxbhGCifOtUBVLnKi?format=multipart>, 2022.
- Loeb, A., Extraterrestrial: The First Sign of Intelligent Life Beyond Earth, ISBN 10: 0358278147, *Mariner books*, Boston, 2021.
- Loeb, A., <https://avi-loeb.medium.com/communicating-with-extraterrestrials-9eaf20b15def>, 2022.
- Meech, K. J., R. Weryk, M. Micheli, et al., A brief visit from a red and extremely elongated interstellar asteroid, *Nature*, 552(7685), 378-381, doi:10.1038/nature25020, 2017.
- Obousy, R. K. et E. W. Davis, Warp Drive, Dark Energy, and the Manipulation of Extra-Dimensions, Defense Intelligence Reference Document, DiA-08-1004-001, Washington, 2010.
- Office of the director of National Intelligence, Preliminary Assessment: Unidentified Aerial Phenomena, <https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/Preliminary-Assessment-UAP-20210625.pdf>, Washington, 2021.
- Sagan, C., W. Thompson, R. Carlson, et al., A search for life on Earth from the Galileo spacecraft, *Nature*, 365, 715-721, 1993.
- The 'Oumuamua ISSI Team, The natural history of 'Oumuamua, *Nature Astronomy*, 3, 594-602, 2019.
- Valliante, F., L'extraterrestre è mio fratello, *Osservatore Romano*, 14 mai 2008, 2008.