

SETI¹ : passé, présent et futur

Une conférence de Jill TARTER, Director, Center for SETI Research – SETI Institute



Jill TARTER

En marge du 1^{er} symposium IAA « Search for life signature » organisé au siège de l'Unesco à Paris du 22 au 26 septembre 2008 par l'Académie Internationale d'Astronautique, l'Aéro-Club de France accueillait ce 22 septembre le Dr Jill TARTER, directrice du Center for SETI Research, pour une conférence sur « La recherche d'intelligence extra terrestre : SETI - Where we've been and where we are going »².

L'astrobiologie, la recherche de la vie au-delà de la Terre

SOMMES-NOUS SEULS ?

Epicure, écoutant son intuition, déclarait : « Les mondes sont en nombre infini et on ne saurait démontrer qu'ils ne sont pas occupés ». Le cosmos est vaste et magnifique et l'image des galaxies nous amène à nous poser nombre de questions : « Comment et quand notre univers a commencé ? », « Quand finira-t-il ? », « Y-a-t-il d'autres univers ? », « Comment sont nées les galaxies, les étoiles et les plantes ? »... Parmi lesquelles, La Question qui nous préoccupe tous : « Sommes-nous seuls ? ».

Le SETI Institute entend ne pas laisser les croyances et les mythes être les seuls à répondre à ces questions. Il fait partie de cette approche scientifique qui cherche à montrer que la vie existe ailleurs. En effet, le nombre de galaxies – plus de 100 milliards dans l'univers observable, comprenant chacune des centaines de milliards d'étoiles – plaide contre l'idée que nous puissions être seuls (10²² étoiles dans l'univers représentent plus de grains de sable qu'il y a sur toutes les plages du monde !) : 311 exoplanètes, planètes au-delà du système solaire, ont déjà été découvertes, mais pas encore des « petites planètes semblables à la Terre ».

La question est de savoir « quelles similitudes avec la Terre une planète doit avoir pour abriter de la vie ? ». Deux écoles s'affrontent à ce sujet. La première considère que la vie sur Terre provient d'une évolution complexe, si dépendante de l'environnement, qu'il y a très peu de chance de la voir reproduite ailleurs. La deuxième considère que la vie sur Terre ne résulte que d'une chimie du carbone dans l'eau, qui si complexe soit-elle, se retrouve partout : les radioastronomes ont découvert dans le medium interstellaire jusqu'à 90 molécules contenant du carbone contre 9 à base de silicium ce qui tend à montrer que « la vie basée sur le carbone est plus qu'une notion anthropocentrique ».

L'astrobiologie, la recherche de la vie au-delà de la Terre, est une science qui entend répondre à cette question, et SETI, la

quête de mondes habités n'est pour Jill TARTER qu'une façon particulière de pratiquer l'astrobiologie.

L'ÉQUATION DE DRAKE

Parmi les raisonnements qui existent pour définir des directions pertinentes de recherche, l'équation de Drake constitue un outil généralement accepté par la communauté SETI pour stimuler l'imagination des chercheurs et mettre en lumière les facteurs importants à prendre en compte.

Proposée pour la première fois en 1961 par Frank DRAKE, un radioastronome qui préside aujourd'hui le conseil d'administration du SETI Institute, elle explicite les paramètres à estimer pour déterminer le nombre N de civilisations technologiques de la voie lactée dont les émissions électromagnétiques pourraient être détectées :

$$N = R^* \cdot fp \cdot ne \cdot fl \cdot fi \cdot fc \cdot L$$

Ces paramètres qui représentent chacun un sujet d'études en soi pour les astrobiologistes sont :

R* = le taux de formation des étoiles permettant le développement d'une vie intelligente ;

fp = la fraction de ces étoiles comportant des systèmes planétaires ;

ne = le nombre de planètes, par système solaire, comportant un environnement favorable à la vie ;

fi = la fraction de ces planètes sur lesquelles la vie est apparue effectivement ;

fl = la fraction de ces planètes où une vie intelligente a émergé ;

fc = la fraction de ces civilisations qui ont développé une technologie permettant de délivrer des signaux détectables de leur vie dans l'espace ;

L = la durée en temps pendant laquelle de telles civilisations sont capable d'émettre ces signaux.

A l'écoute de la vie intelligente

UN PEU DE PHILOSOPHIE

La recherche d'intelligence extra terrestre située peut-être à des années lumières de notre planète pose naturellement de nombreuses questions techniques mais aussi philosophiques. Et la composante poétique toujours présente dans ces dernières n'est pas étrangère à l'intérêt suscité par cette recherche auprès des scientifiques et du grand public.

Selon Douglas VAKOCH, sociologue au SETI Institute, nous autres humains sommes habitués aux allers retours d'une conversation en face à face. Le temps d'une vie humaine ne serait évidemment pas suffisant pour réaliser une telle conversation avec une intelligence extra terrestre, compte tenu du temps mis par un signal à traverser les distances interstellaires. Un tel dialogue interstellaire ne pourrait donc se concevoir que dans le très long terme, avec le concours de plusieurs générations. En écoutant au lieu d'émettre, en « laissant le fardeau de la transmission aux civilisations plus avancées », les scientifiques ont l'espoir de pouvoir peut-être « réussir demain ».

La troisième loi de CLARK stipule « qu'une technologie trop sophistiquée s'apparente à de la magie ». Il ne s'agit donc pas de vouloir comprendre l'incompréhensible mais, de recher-

1. SETI : Search for Extraterrestrial Intelligence

2. La conférence de Jill TARTER a fourni la trame de cet article dont certains développements sont issus d'une lecture attentive des textes fort bien rédigés du site www.seti.org dédié au SETI.

cher, dans la limite de notre technologie, des artefacts : signatures d'événements non naturels, d'aéronefs de transport, des manières non naturelles de générer de la puissance... La voie de recherche suivie avec opiniâtreté par **Jill TARTER**, la directrice du Center for SETI Research se situe strictement dans ce cadre : la recherche dans l'univers observable de changements induits par des technologies extra terrestres.

SETI « écoute » donc des signaux, émis soit par inadvertance, soit de manière délibérée à destination d'autres êtres vivants, à la recherche de structures « non naturelles » en fréquence ou en temps, issues de l'ingénierie, en opposition à des structures « naturelles » relevant de l'observation astronomique.

Le succès d'une telle entreprise dépend d'une multitude de conditions, parmi lesquelles, la pérennité de la civilisation émettrice située à des années lumières de nous n'est pas la moindre. C'est en ce sens que **Philip MORRISON**, professeur émérite au MIT a pu dire : « l'entreprise SETI peut être comprise comme un exercice d'archéologie du futur. Nous savons qu'il nous est possible de connaître d'autres civilisations si elles en ont la volonté. Bien sûr nous connaîtrions leur passé mais ce serait en quelque sorte notre futur que nous explorerions ».

UN PEU D'HISTOIRE

Seulement deux ans après le lancement de Spoutnik, **Philip MORRISON** et **Giuseppe COCCONI**, deux physiciens de la Cornell University, publient un article dans la revue *Nature*³ montrant que les ondes radio constituent un moyen effi-

cace de communiquer à travers l'espace et, partant, la possibilité de détecter la présence de civilisations extra terrestres en utilisant des radiotélescopes.

Dans le même temps, en 1960, un jeune radioastronome **Frank DRAKE** met au point une expérience d'écoute de deux étoiles proches avec le radiotélescope de 26 m de l'Observatoire national de radioastronomie de Green Bank. Ce projet dénommé Ozma qui comporte un seul canal de réception balayant la bande des microondes, est la première expérience SETI moderne. Depuis, plus de 98 projets SETI se sont succédés dans le monde.

Dans les années 1970, la NASA s'intéresse à SETI et finance des observations qui débutent en 1992 mais sont interrompues un an plus tard par le Congrès américain. A cette date, SETI n'a survécu que grâce à la personnalité de **Jill TARTER** et à l'énergie qu'elle a su déployer pour obtenir des appuis privés. Le SETI Institute en Californie, fondé en 1984 pour faciliter la recherche scientifique et les programmes d'éducation liés à la vie dans l'univers réussit en effet à trouver des fonds privés pour financer le projet Phoenix, dirigé par **Jill TARTER**, suite du projet SETI de la NASA.

Les premières observations – 2600 heures sur 6 mois – sont effectuées en 1995 avec le radiotélescope Parkes de 64 m dans les Galles du Sud en Australie, le plus grand télescope de l'hémisphère Sud, avec lequel 200 étoiles sont observées qui ne sont pas visibles de l'hémisphère Nord. Elles se poursuivent, de 1996 à 1998, à l'observatoire national de radioastronomie de



Le télescope Parkes en Australie

Green Bank en Virginie non loin de l'antenne utilisée par **Frank DRAKE** pour son projet Ozma, avec une occupation du télescope de 140 pieds de diamètre à 50% du temps. En 1998, le projet émigra à Arecibo, le plus grand radiotélescope du monde (un disque de 305 mètres de diamètre) sur l'île de Porto Rico dans les Grandes Antilles pour deux sessions de 3 à 4 semaines par an. Le système de traitement du signal gère simultanément 58 millions de canaux radio réalisant les observations de **Frank DRAKE** en une fraction de seconde. Aujourd'hui, la sensibilité des instruments a crû d'un facteur 2 000 par rapport aux années 60 et le nombre de canaux radio traités simultanément se monte à plusieurs centaines de millions. D'autres projets SETI à long terme sont en cours : le projet SERENDIP de l'Université de Berkeley à Arecibo, celui de l'Université de Sydney avec le radiotélescope Parkes et le projet de calcul partagé SETI@home de l'Université Berkeley.

Le SETI Institute quant à lui, toujours financé en majorité par des fonds privés, travaille en coopération avec l'Université

Le « SETI Institute »

Fondé en 1984, le SETI Institute est une organisation privée sans but lucratif qui a pour objectifs « d'explorer, de comprendre et d'expliquer l'origine, la nature et la prévalence de la vie dans l'univers ». L'institut emploie aujourd'hui plus de 150 scientifiques, éducateurs et personnels administratifs dans ses trois centres : Le Center for SETI Research, dirigé par **Jill TARTER**, le Carl Sagan Center for the Study of Life in the Universe, dirigé par **Frank DRAKE** et le Center for Education and Public Outreach.

L'institut accueille les soutiens financiers de fondations privées, de groupes ou d'individus intéressés par SETI. 135 projets pluriannuels ont été financés depuis 1984 par plus d'une vingtaine d'organisations publiques et privées connues.

Le « Center for SETI Research »

L'activité du Centre se partage entre la R&D et les programmes d'observation. La R&D inclut le développement de nouveaux algorithmes de traitement du signal, de nouvelles technologies et stratégies de recherche, qui sont ensuite intégrés dans les programmes d'observation spécifiques qui, à leur tour, induisent de nouveaux développements. Ce cycle continu permet un progrès et une diversification des moyens de recherche de signaux extra terrestres.

De 1994 à 2004, le Centre a bénéficié uniquement de donations d'individus et de fonds de fondations privées. En 2005, le développement de la détection du signal du réseau ATA a bénéficié d'un soutien de la NASA.

3. Giuseppe Cocconi, Philip Morrison, "Searching for Interstellar Communications". NATURE, vol. 184, no. 4690, pages 844- 846, Sept. 19, 1959.



Le télescope Arecibo à Porto Rico
(<http://www.naic.edu/public/about/photos/hires/ao002.jp>)

de Berkeley sur l'ATA (Allen Telescope Array), un réseau de télescopes équivalant à un télescope de 100 m dédié à SETI, une première étape vers des réseaux encore plus larges qui permettront dans le futur de rechercher non seulement des messages radio directs mais les « bruits » émis accidentellement dans le cosmos par les émissions de radio, de télévision ou des signaux radars.

UN PEU DE TECHNIQUE

Il faut bien le reconnaître, aucun projet SETI n'a encore détecté le moindre signal intelligent ! Reconnaissons aussi que la partie explorée par ces projets dans l'espace constitué par le triptyque *fréquence – fraction du ciel – sensibilité* reste infime. Le radiotélescope ATA-42 (Allen Telescope Array) devrait permettre d'élargir sensiblement ce volume exploré.



Comparison of the Allen Telescope Array and Project Phoenix

Comparaison des domaines explorés par Phoenix et ATA



Le site de l'« Allen Telescope Array » en Californie : un réseau de télescope du commerce

La communauté SETI a toujours rêvé de disposer d'un instrument dédié 24h par jour, 7 jours par semaine à la recherche de l'intelligence extra-terrestre. Ce rêve est en passe de deve-

nir réalité grâce à la générosité de mécènes tels Paul ALLEN (co-fondateur de Microsoft) et Nathan MYHRVOLD (ancien directeur technique de Microsoft).

Le « One Hectare Telescope », un projet commun du SETI Institute et de l'Université de Californie, Berkeley, dénommé maintenant « Allen Telescope Array » du nom de son mécène, est un réseau d'antennes construit sur le site de l'Observatoire de Hat Creek en Californie dépendant du laboratoire de radio astronomie de Berkeley.

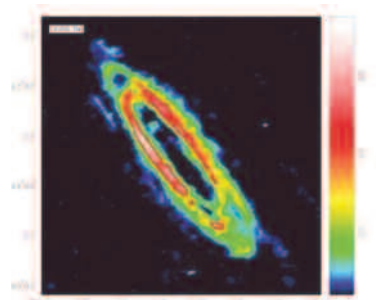
L'ATA couvre les fréquences entre 1 et 10 GHz, soit plus de 5 fois celles couvertes par le projet Phoenix. La température de fonctionnement du système, de 45K, est optimisée pour une sensibilité maximale. Le système de recherche de Phoenix a été reconfiguré pour être utilisé avec les 42 antennes que comporte ATA dans sa première phase de déploiement. Le réseau comprendra à terme 350 antennes.



Le composant de base du réseau ATA, issu du commerce et peu coûteux



Image optique familière de Messier 31 (galaxie d'Andromède)



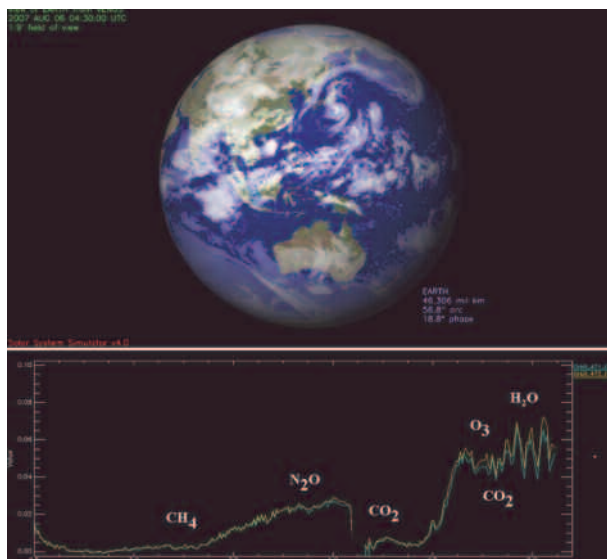
Première image obtenue avec l'ATA 42 donnant la distribution d'hydrogène dans la galaxie Andromède (Messier 31), la galaxie spirale la plus proche de la voie lactée. Les couleurs du bleu au blanc représentent l'intensité des émissions radio liées à la densité de l'hydrogène, constituant des étoiles. Le grand trou nord au centre d'Andromède indique que la galaxie est proche de la fin de son histoire. (Allen Telescope Array/UC Berkeley).

Le coût total du projet se monte actuellement à environ 50 millions de dollars. La première phase (ATA 42) est financée à hauteur de 25 M\$ par la Fondation Allen. Le reste des fonds proviendra d'autres organismes (UC Berkeley, SETI Institute,

National Science Foundation...) et de donateurs particuliers (Nathan Myhrvold, Greg Papadopoulos...). Avant la crise financière, les projets du futur étaient déjà dans les tuyaux déclinant toutes les variations possibles qualitatives et quantitatives que permet l'état actuel de la technique : OSS « a radio fly's eye » : Omni-directed SETI System pour regarder dans toutes les directions à la fois ; OSETI (« Optical SETI ») : à la recherche de particules à haute énergie, de points lumineux intelligents ; SKA : Square Kilometer Array, équivalent à 100 ATA pour observer 10 millions d'étoiles ; DALI : Dark Ages Lunar Interferometer (10-100 MHz). Installé sur la face cachée de la Lune pour la décade suivante, il permettra d'étendre l'exploration galactique.

LA RECHERCHE DE LA VIE SUR TERRE

SETI a reçu une aide inattendue des ingénieurs de l'ESA qui ont mis la sonde Venus Express en orbite autour de la planète Vénus en avril 2006, en quête des secrets de l'atmosphère vénusienne. En détournant Venus Express pour l'observation de la Terre à partir d'une plateforme distante, ils espèrent faciliter la recherche des traces de vie sur les exo planètes. En effet, vue de la sonde Venus Express, la Terre apparaît comme un simple point, de la taille d'un pixel de ses caméras, tout comme pourraient se présenter des exo planètes de la taille de la Terre recherchées actuellement par les astronomes. Des techniques d'analyse sophistiquées peuvent ainsi être mises au point à partir des observations de Venus Express et des caractéristiques connues des composantes de l'atmosphère terrestre (eau, oxygène, chlorophylle...).



La Terre vue de Vénus
 en haut : vue simulée de la position de la Terre correspondant aux résultats d'analyse présentés ;
 en bas : analyse des composants de l'atmosphère terrestre tels qu'obtenus par la sonde Venus Express

Emettre ou ne pas émettre ?

« Et si tout le monde écoute et personne n'émet ? ». C'est une question qui revient invariablement lors des conférences de Jill TARTER. Les séminaires de 1997-1999 du SETI Institute traitèrent très sérieusement d'une stratégie active d'émission. Les résultats des délibérations ont été publiés dans « SETI

2020 », une feuille de route pour la recherche d'une intelligence extraterrestre. Ils ont conclu que la transmission n'est pas une stratégie appropriée pour au moins deux décades. Les hommes doivent d'abord évoluer.

Pour comprendre cette conclusion, il faut considérer l'asymétrie fondamentale de notre situation actuelle : une civilisation dont la technologie a 100 ans d'âge dans une galaxie existant depuis au moins 5 milliards d'années avant la formation de notre système solaire.

Paul HOROWITZ, un physicien de Harvard résumait ainsi les arguments avancés durant les séminaires : « statistiquement, il est très improbable que notre premier contact avec une civilisation étrangère soit également son premier contact à elle avec une autre civilisation. Il y a toutes les chances pour que cette civilisation détectée ait déjà expérimenté ce genre de contact de nombreuses fois auparavant, qu'elle ait établi un protocole galactique pour l'échange d'information. Et il n'y a aucune chance que nos premières transmissions soient conformes à ce protocole. C'est ainsi que nous justifions notre stratégie asymétrique pour l'écoute seule, en reconnaissant notre position asymétrique au sein des civilisations galactiques. Notre civilisation se trouve être parmi les plus jeunes ! »

Nous situant encore dans une phase exponentielle de l'évolution de nos capacités technologiques et n'ayant expérimenté sur Terre que des évolutions exponentielles mais qui seront saturées un jour ou l'autre par manque de ressources, il nous est difficile d'imaginer ce que peut être une technologie avancée. Si dans le futur, nous arrivions à la conclusion qu'il n'existe pas de technologie avancée (SETI serait alors un échec) et qu'alors nous décidions d'émettre au profit des civilisations à venir, il nous faudrait répondre à quelques questions difficiles. Qui doit parler au nom de la Terre ? Que dire ? Pendant combien de temps ? Il est difficile de répondre aux deux premières sans une gouvernance globale sur Terre. La réponse à la troisième question est une question de distance cosmique et de synchronicité.

La Voie Lactée est une galaxie mesurant 100 000 années lumière dans sa plus grande dimension et dont nous n'occupons pas le centre

Depuis notre position excentrée au sein de la Voie Lactée, un signal électromagnétique que nous émettrions mettrait 70 000 ans pour atteindre les confins de la galaxie situés à 100 000 années lumière. Pour détecter notre signal une civilisation étrangère devrait avoir regardé dans notre direction avec le bon instrument au bon moment. Cela n'a aucune chance de se produire à moins que nous n'émettions pendant un temps très long. En cas de succès et de réponse, nous ne pourrions le savoir que 70 000 ans plus tard !

Pour Jill TARTER, l'espèce humaine n'est pas encore apte à planifier des projets à si long terme et la distance qui nous sépare de la gestion d'une stratégie d'émission sur des échelles de temps cosmiques est encore grande. En effet, une recherche sommaire sur l'Internet montre que la plupart des projets humains sont construits sur la durée d'une seule génération. Au-delà, la science fiction et la religion ont des horizons à 100 ans, les défenseurs de l'environnement essayent de planifier sur 500 ans, les tenants de la fission nucléaire étudient des systèmes de stockage et de confinement des déchets radioactifs pour 10 000 ans. C'est également la durée envisagée pour le projet d'horloge de la « Long Now Foundation » dont le but est de promouvoir une pensée « plus lente et meilleure » en contraste avec la tendance court-termiste actuelle.

Et si demain SETI captait un signal ? Emettre ou ne pas émettre ? La question risquerait de ne plus se poser dans les mêmes termes. Selon bon nombre de scientifiques sans illusions, il se trouverait sans doute des milliers d'individus prêts à émettre tous azimuts, donnant le triste spectacle du désordre ambiant régnant sur notre planète !

En attendant, le premier message de l'humanité à une hypothétique civilisation extra terrestre est une petite plaque gravée, fixée sur la sonde spatiale Pioneer 10 lancée en 1972 par la NASA en direction de Jupiter (voir l'encart consacré à « la plaque de Pioneer 10 »).

PIONEER 10, UN CONTRIBUTEUR IMPRÉVU À SETI

La sonde Pioneer 10 (P10 pour les intimes) a contribué de façon imprévue au projet SETI.

Peter BACKUS, radioastronome et ingénieur informaticien raconte comment les membres de l'équipe SETI de la NASA se sont agglutinés un matin de mars 1985 devant l'écran de la station de travail Sun pour observer le signal émis par P10 depuis les confins du système solaire : « une ligne diagonale blanche se dirigeant vers le bas de l'écran noir », démonstration vivante des capacités de détection des systèmes de traitement du signal de SETI. Depuis ce jour, la porteuse de P10 (un signal continu et concentré en fréquence) aura servi à tester chaque nouveau détecteur SETI de signal continu, la partie plus complexe du signal contenant les données constituant un bon test pour les détecteurs de signal pulsé.

Au terme d'un voyage de 33 ans, Pioneer 10 a fini d'émettre. Elle glisse désormais silencieuse dans l'espace interstellaire

en direction de la constellation du Taureau.

Le relais a été pris par la sonde Voyager 1 qui a dépassé P10, le 17 février 1998, pour devenir l'objet le plus distant de la Terre jamais envoyé dans l'espace. Elle émet actuellement à environ 15 milliards de kms du soleil.

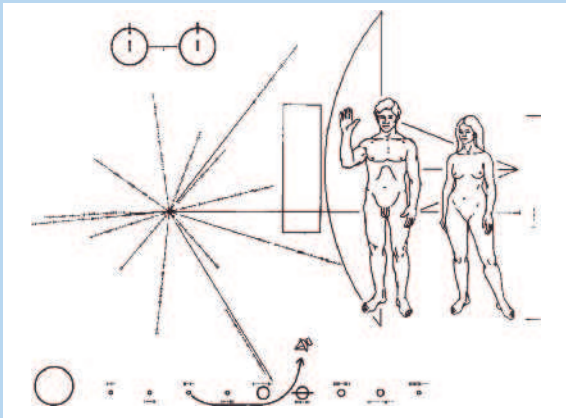
CONCLUSION

En guise de conclusion, Jill TARTER cite un extrait de l'article de Giuseppe COCCONI et Philip MORRISON, article fondateur de SETI paru dans la revue scientifique Nature en 1959. Les auteurs y développent pour la première fois la proposition d'une écoute de signaux en provenance des étoiles proches dans la gamme de longueurs d'ondes de l'hydrogène neutre (21 cm) et concluent : « ... Si des signaux sont présents, nous avons maintenant les moyens de les détecter... La probabilité de réussir est difficile à estimer ; mais en l'absence de recherche, la chance de réussir est nulle. »

Cet argument qui perdure depuis bientôt un demi-siècle rappellera à beaucoup la publicité d'un jeu bien connu, qui affirme (non sans raison d'ailleurs) que « 100% des gagnants auront tenté leur chance » ce qui a pour corollaire que « 100% des perdants auront aussi tenté leur chance » ! Cette dernière version étant plus pessimiste ou plus optimiste que la précédente, selon que l'on se place du point de vue du joueur ou de l'organisateur du jeu.

Khoa DANG-TRAN,
3AF

La Plaque de Pioneer 10⁴



La plaque de Pioneer 10, de 22cm sur 15, conçue par Carl Sagan et Frank Drake et dessinée par Linda Sagan est un « message de l'humanité tout entière » adressée à une hypothétique intelligence extra terrestre.

Y sont représentés :

- un couple d'humains sans type racial précis ;
- derrière le couple une esquisse de la sonde donnant une idée de la taille des Terriens ;
- en haut, l'étalon de longueur est fourni par l'atome d'hydrogène, l'élément le plus répandu dans l'Univers, figuré symboliquement dans deux états d'énergie. En passant de l'un à l'autre l'atome émet un photon; cette émission captée sur la longueur d'onde de 21 cm donne

l'unité de base d'un système universel de mesure. L'étalon hydrogène permet de déterminer, par exemple, la taille exacte de la femme à l'aide du symbole binaire (|—) du chiffre 8 porté à droite du croquis. Notre ambassadrice mesure 1,68 m (8 fois 21 cm). Ceux qui auront récupéré l'épave pourront vérifier que l'étalon retenu est bien le bon puisqu'ils disposent, sur la plaque, d'un schéma de l'engin à l'échelle du couple.

Au bas du croquis, dix cercles représentent le Soleil et ses planètes. La route empruntée par Pioneer au départ est signalée par une flèche incurvée qui passe entre Jupiter et Saturne ;

sur la gauche, les 14 pulsars de la Galaxie (ces radio-sources émettent des signaux très caractéristiques, rythmés par de très fines impulsions, qu'on ne peut confondre avec aucune des autres émissions naturelles) représentés par quatorze lignes dont le point de convergence indique la position de notre système solaire parmi des milliards d'étoiles ;

chaque symbole de pulsar porte, codée en binaire sous forme de petits traits verticaux et horizontaux, la fréquence émise par le pulsar au moment du lancement de la sonde. Or, cette fréquence diminue régulièrement. Ce taux de glissement, que ne peut ignorer une société avancée, permettra à ceux qui recueilleront peut-être Pioneer 10 dans quelques millions d'années de déterminer à quel moment de notre histoire galactique le message a été délivré, le décalage des fréquences fournissant une sorte d'horloge universelle.

4. D'après "à la recherche des Extra-Terrestres" publié par Alfred Roulet. Julliard 1973. Ré-édition J'ai Lu 1975 (http://fr.wikipedia.org/wiki/Plaque_de_Pioneer).