

SETI

Florence Raulin Cerceau et Elisabeth Piotelat

Les mathématiques dans la recherche de vie intelligente extraterrestre (SETI)

Des savants, à la fin du XIX^e siècle, envisagent déjà des moyens de communiquer avec les planètes comme nos voisines, Mars ou Vénus, qu'ils pensent être habitées. Ces projets n'ont pas abouti mais ils ont eu le mérite de faire réfléchir sur l'utilisation d'un langage interastral et sur les moyens nécessaires pour *se faire voir* à des distances interplanétaires.

Depuis les années 1960, la recherche de vie intelligente extraterrestre, plus connue sous le nom de SETI (*Search for ExtraTerrestrial Intelligence*), est devenue une discipline scientifique à part entière. C'est l'astronome américain Frank Drake qui a lancé cette discipline en *écoutant* deux étoiles de la galaxie sur la longueur d'onde de l'hydrogène (21 cm) grâce au radiotélescope de Green Bank (USA).

Voyons comment les mathématiques interviennent à différents niveaux de cette recherche.

Les premiers langages pour communiquer avec les E.T.

Le premier projet digne de ce nom est celui du mathématicien et physicien allemand Carl Gauss (1777-1855), qui, en 1822, propose de dessiner un gigantesque triangle rectangle à l'aide de rangées de pins, larges de plusieurs kilomètres, plantées en Sibérie. L'intérieur de

ce triangle serait rempli par un champ de blé, dont la couleur viendrait contraster avec celle des pins. Il pensait de cette manière non seulement que l'on pourrait signaler notre présence aux habitants de la Lune ou de Mars, mais aussi pouvoir communiquer avec des astronomes ou mathématiciens extraterrestres, par l'évocation du théorème de Pythagore...

Une seconde proposition nous vient de l'astronome et mathématicien Joseph von Littrow (1781-1840) qui aurait eu pour projet l'excavation de canaux dans le Sahara, arrangés selon un schéma circulaire de 30 kilomètres de diamètre. Les canaux auraient d'abord été remplis d'eau puis de kérosène, et en enflammant ce dernier pendant plusieurs heures pendant la nuit, von Littrow pensait que l'on pouvait signaler, grâce à sa forte luminosité intermittente, la présence humaine sur des distances interplanétaires.

Au tournant du XX^e siècle, les projets concernent l'envoi de signaux à l'aide de faisceaux de lumière focalisée sur d'immenses miroirs paraboliques, comme chez le météorologiste et statisticien Francis Galton (1822-1911), en 1892, et l'astronome William Pickering (1858-1938), en 1908.

Mais les projets les plus élaborés sont sans doute ceux des Français Charles Cros (poète et inventeur, 1842-1888), Camille Flammarion (astronome, 1842-1925) et d'un dénommé A. Mercier (membre de la Société Astronomique de France). Cros propose, dès 1869

d'envoyer des rayons lumineux groupés en faisceaux par le moyen de miroirs paraboliques. Il souhaite utiliser le langage mathématique afin d'établir une numération grâce aux intermittences du signal ; puis il s'agirait de transmettre des séries numériques traduisibles en dessins tracés en points. Flammarion quant à lui, pense en 1888 que la géométrie représente le langage le plus adapté pour communiquer avec les habitants des autres planètes. Mais il propose une géométrie changeante afin de démontrer l'origine intelligente du message : un triangle se transformant en carré, puis en cercle etc....

Enfin, Mercier propose l'audacieuse hypothèse, en 1899, de placer sur la tour Eiffel un ou plusieurs réflecteurs qui recevraient les rayons du soleil couchant et les redirigeraient vers la planète Mars : un écran mobile placé en avant pourrait interrompre de temps en temps les signaux et leur donner une grande puissance de visibilité.

Chez ces pionniers, l'utilisation des mathématiques sert donc essentiellement à créer un langage universel et à faire remarquer l'idée intentionnelle du signal.



C.Cros



C.Flammarion

Le langage binaire utilisé aujourd'hui pour communiquer

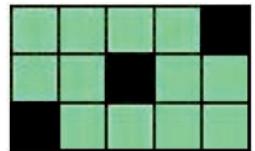
L'intérêt du langage binaire est sa simplicité. Par exemple, dans la nuit, on

peut allumer une lampe à intervalles réguliers pour dire que l'on est prêt ou attirer l'attention d'une personne. En langage binaire, cela pourrait se traduire par 1 0 1 0 1 0 1 0, le 1 correspondant à la lampe allumée, le 0 à la lampe éteinte. On peut aussi faire sonner 2 fois le téléphone d'un ami pour l'informer qu'on est bien arrivé.

Ce qui fonctionne pour une correspondance terrestre, marche de la même manière dans l'espace. On peut allumer et éteindre un faisceau LASER, ou envoyer des *bip* avec un émetteur radio. Les 0 et les 1 peuvent être utilisés pour représenter un dessin. Par exemple 111101101101111 est une suite de 15 chiffres. Or 15 est le produit de 2 nombres premiers, 3 et 5. On peut le découper en 5 lignes de 3 caractères ou en 3 lignes de 5 caractères. En remplaçant les 1 par des cases vertes, on obtient dans le premier cas un rectangle (dessin A), et dans l'autre une figure demandant plus d'imagination (dessin B)



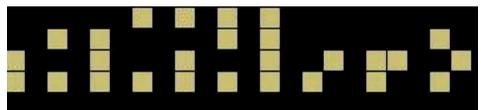
A



B

C'est ce qui a été fait en 1974 avec le radiotélescope d'Arecibo. Nous avons envoyé un message comprenant 1679 nombres binaires, c'est-à-dire 73 lignes de 23 chiffres.

Elles correspondent à l'image suivante : Ici sont représentés les nombres de 1 à 10



en binaire (1, 10, 11, 101. etc...) qu'il faut lire verticalement en commençant par le bas, le premier " 1 " ou carré de couleur marquant le début.

Une fois que l'on a indiqué à d'éventuels extraterrestres notre système de numérotation, on peut communiquer tout un tas d'autres choses, qu'il s'agisse de la taille de l'être humain ou de la formule de l'ADN.

Cependant, si l'on reçoit un message, il y a de fortes chances que l'on ne sache pas le décrypter. Si une personne isolée ne connaît pas la signification du message envoyé en 1974 à Arecibo, elle ne pourra probablement pas la découvrir seule. Si l'on donne une suite de 0 et de 1 à un ordinateur, il pourra sans doute essayer de trouver une image comme nous l'avons fait ci-dessus. Mais l'on peut dire beaucoup de choses avec des nombres binaires.

Les algorithmes pour décrypter les messages

Avant d'essayer de comprendre le contenu d'un message, il faut déjà le recevoir. Nous sommes entourés d'ondes électromagnétiques qui proviennent de l'espace, mais aussi des téléphones portables par exemple. Les algorithmes comme la Transformée de Fourier sont utilisés dans le cadre des projets SETI pour l'analyse des signaux radio et tenter ainsi de repérer un signal d'intelligence extraterrestre. Pour détecter un tel signal, il faut transformer les données brutes des ondes radio qui varient en fonction du temps en un ensemble de fréquences de puissance différente : on cherche à avoir en abscisse, les fré-

quences, et en ordonnée, la puissance du signal. La FFT (Transformée de Fourier rapide) permet de faire une telle transformation, en convertissant l'ensemble des données temporelles en un ensemble de données basé sur les fréquences. C'est ce que fait un logiciel, tel que BOINC lorsqu'il analyse les données reçues dans le cadre du projet SETI@HOME. Sur l'écran, l'utilisateur peut suivre l'évolution des calculs. Deux types de signaux sont recherchés : des *bip-bip* ou pulses ou des signaux continus. Comme la Terre tourne, si le signal vient vraiment de l'espace, il sera d'abord faible, puis de plus en plus fort et diminuera de nouveau. On recherche donc une courbe en forme de cloche, que l'on appelle une gaussienne.

Un autre facteur entre en jeu, c'est l'effet Doppler causé par le déplacement de la source émettrice du signal. Tout au long de l'analyse, le programme va donc tester diverses valeurs de " Doppler drift rate " (taux de décalage Doppler).

La FFT décompose d'abord les données en petites unités puis effectue une recherche de *crêtes*, ou signaux exagérés, dont la puissance est au moins 22 fois la puissance moyenne d'un signal habituel. Généralement, les signaux sélectionnés pour leur puissance inhabituelle sont classés comme interférences de radio-fréquences d'origine terrestre (I.R.F.) et rejetés par d'autres algorithmes. En revanche, les signaux très puissants dérivants, pulsatifs, ou d'une manière générale, répétitifs, sont conservés et mis en parallèle avec d'autres données comme la position d'étoiles ou d'amas globulaires, ou encore celle d'exoplanètes.

Un autre algorithme est aujourd'hui d'actualité pour extraire les signaux

radio du *bruit de fond* . Il s'agit de l'algorithme KLT (Karhunen-Loève Transform), du nom des mathématiciens qui l'ont défini en 1946. Il permet, contrairement à la FFT qui n'est performante que sur des signaux à bandes de fréquences étroites, de mettre en évidence des signaux à la fois sur des bandes de fréquences larges et sur des bandes de fréquences étroites. Signalons qu'à ce jour, aucun signal véritablement significatif n'a été retenu comme pouvant provenir d'une civilisation extraterrestre.

L'équation de Drake

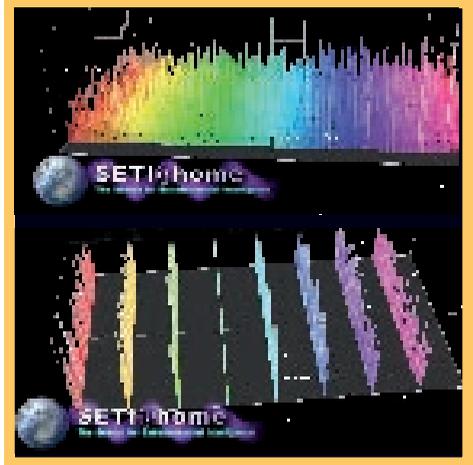
L'astronome américain Frank Drake propose comme un défi, lors d'une conférence organisée à Green Bank en 1961, une formule théorique chargée de faire réfléchir sur les possibilités de vie dans l'univers. C'est pour lui davantage un outil de discussion soulevant les problèmes à résoudre plutôt qu'une véritable *équation* mathématique. Pourtant, elle va servir, au grand étonnement de son concepteur, de référence pour les décennies qui suivront en tant que méthode statistique pour estimer le nombre de civilisations technologiques avancées de notre galaxie susceptibles de communiquer. Les plus optimistes donnent N égal à des millions, voire des milliards ! et les plus pessimistes donnent N égal à 1, une seule civilisation capable de communiquer dans la galaxie : la nôtre !

Florence Raulin Cerceau,

Maître de Conférences, Chercheur en Histoire de l'Exo/Astrobiologie
Centre Alexandre Koyré- Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

Elisabeth Piotelat,

Ingénieur, Représentante de la SETI League en France, Laboratoire
d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur (LIMSICNRS), Orsay



Voici l'équation de Drake :

$$N = R^* \text{ fp } n_e \text{ fl } f_i \text{ fc } L$$

N = nombre de civilisations susceptibles de communiquer dans notre galaxie

R* = taux de formation d'étoiles dans notre galaxie au moment de la formation du Soleil

fp = fraction d'étoiles entourées de planètes

ne = nombre de planètes par étoile susceptibles d'abriter la vie

fl = fraction de planètes de ne sur lesquelles la vie est apparue

fi = fraction de planètes de fl sur lesquelles la vie a évolué vers l'intelligence et le développement d'une civilisation

fc = fraction de planètes de fi sur lesquelles une vie intelligente a développé des moyens technologiques et cherche à communiquer vers d'autres planètes

L = durée de vie d'une telle civilisation



Pour en savoir (un peu) plus

SETI League : <http://setileague.free.fr>

SETI@HOME : <http://setiweb.ssl.berkeley.edu/>

Forum BOINC-France : <http://forum.boincfrance.org/>