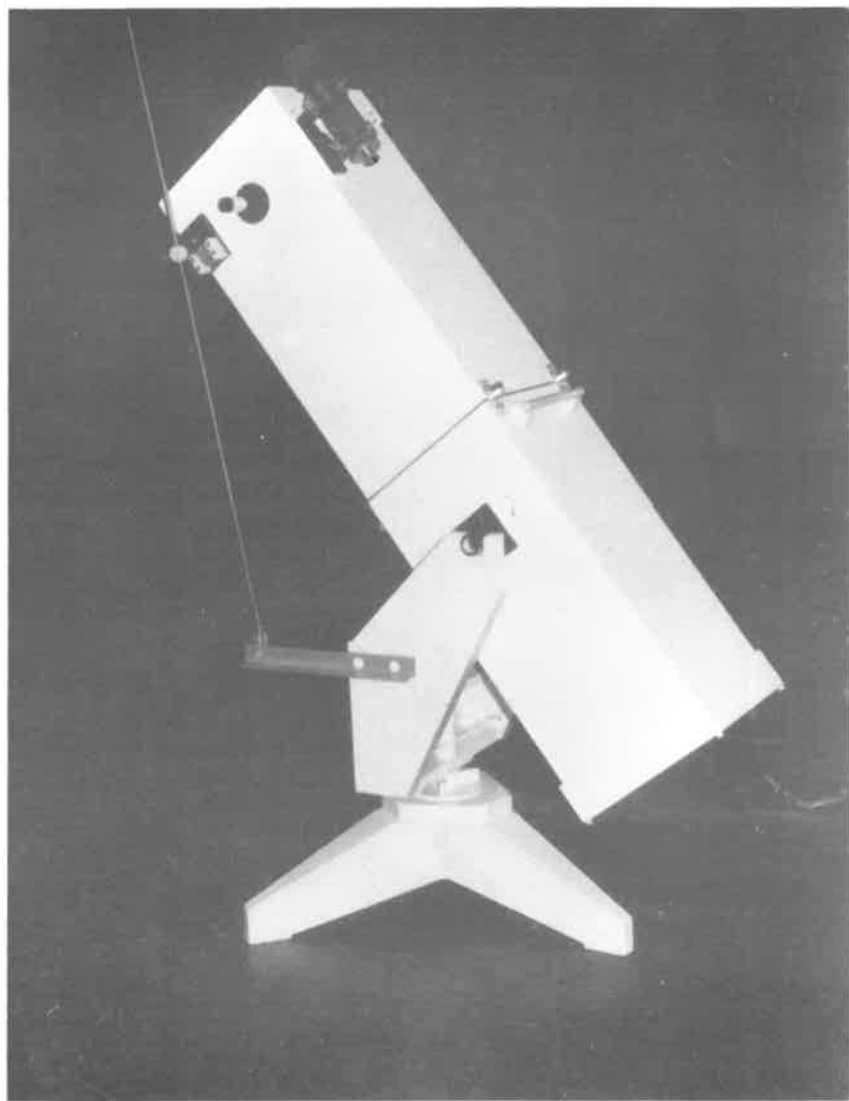


SOCIÉTÉ

ASTRONOMIQUE

DE LYON



**Photo de couverture :**

Télescope entièrement réalisé par un de nos sociétaires, Monsieur C. BEAUDOIN.

**Caractéristiques :**

- diamètre du miroir : 260 mm
- distance focale : 1 400 mm
- ouverture :  $F/D = 5,5$
- rayon de courbure : 2 800 mm

# SAINT-GENIS-LAVAL ET LA RECHERCHE ASTRONOMIQUE LYONNAISE

par Gilles Adam, astronome à l'Observatoire de Lyon

Il aura fallu l'opération «portes ouvertes» de 1979 pour que beaucoup de Lyonnais découvrent l'existence, sur le coteau de Beauregard qui domine Saint-Genis-Laval, d'un observatoire astronomique. Il y a pourtant plus de cent ans que cette crête boisée est occupée par les bâtiments et coupoles de l'Observatoire de l'Université de Lyon. Mac Mahon signa, le 11 mars 1878, le décret créant l'établissement, et Charles André fut le premier directeur ; son nom est resté à la modeste avenue plantée de tilleuls qui conduit au porche d'entrée.

Mais nos voisins lyonnais sont bien excusables d'avoir pour la plupart ignoré longtemps un établissement pourtant très actif : l'astronomie était une science discrète, et les coupoles de Saint-Genis-Laval bien cachées par la végétation...

L'Observatoire de Lyon existe donc, chacun a pu le rencontrer... Mais qu'y fait-on ? De l'astronomie, bien sûr, et on envisage volontiers une activité nocturne intense, avec les télescopes fouillant le ciel tandis que cliquent, clignotent et ronnoient des appareils mystérieux. La réalité est sensiblement différente, et on peut, très grossièrement, distinguer deux populations de chercheurs dans l'Observatoire : des techniciens et des observateurs, la frontière étant extrêmement floue entre ces deux catégories.

Tout d'abord, disons que les exigences toujours plus grandes d'un recul des limites d'observation, conjuguées à la détérioration de l'environnement, font qu'à l'heure actuelle il n'est pratiquement plus envisageable de procéder à des observations dans cette proche banlieue lyonnaise. On peut remarquer en effet que les nuits présentant une bonne transparence atmosphérique sont exceptionnelles à cause de perturbations multiples : pollution atmosphérique, climat régional peu favorable et surtout manque d'altitude. De plus, de nombreuses observations exigent un ciel très noir. La généreuse illumination du ciel de l'agglomération lyonnaise par les éclairages publics sans parler des torchères proches, interdit totalement de telles observations.

Actuellement, on trouve dans des sites privilégiés des observatoires dits de missions. Il s'agit principalement en France de l'Observatoire de Haute-Provence, du Pic-du-Midi ; en Suisse de la Station du Gonergrat située à 3 100 m d'altitude où l'Observatoire de Lyon a implanté un télescope moderne de 1 m de diamètre ; beaucoup plus intéressants, mais très lointains, l'Observatoire européen de la Silla dans la Cordillère des Andes au Chili et le télescope franco-canadien de 3,60 m de diamètre, installé au sommet d'un volcan éteint, le Mauna Kea, à 4 200 m d'altitude dans les Iles Hawaiï.

L'Observatoire de Lyon a donc amorcé une mutation progressive, au cours des douze dernières années, qui l'ont amené vers des activités multiples et complémentaires : préparation et dépouillement des observations, étude, réalisation et mise au point d'appareillages destinés aux observations astronomiques. Ces appareils suivant leur vocation sont de type varié et portent des noms barbares : télescope, photomètre, polarimètre, monochromateur scanner, comparateur, compteur de photons, ...

## ETRE TECHNICIEN A L'OBSERVATOIRE DE LYON

Pour mener à bien ces travaux, les services techniques de l'Observatoire se sont structurés. Ils comprennent :

- un bureau d'études avec atelier de mécanique,
- un laboratoire d'électronique automatique,
- un service informatique,
- un laboratoire photographique,
- un service bibliothèque,
- un secrétariat scientifique,
- un service administratif.

Ces services, par expérience, se sont rompus aux problèmes techniques posés par les observations astronomiques, que ce soit pour des équipes scientifiques ou pour les communautés astronomiques nationales et internationales.

Les premières réalisations portaient sur des photomètres photoélectriques destinés à la recherche de nouveaux sites d'observations. A ces premiers appareils à commandes manuelles se sont substitués progressivement des appareils semi-automatiques puis automatiques. L'avènement des microprocesseurs mettant à disposition un nouvel outil précieux et puissant a permis l'élaboration de nouveaux systèmes présentant une certaine intelligence localisée. Concrètement, il est sorti des laboratoires de l'Observatoire de Lyon, pour ne parler que des principales opérations de ces toutes dernières années :

- un télescope équipé d'un miroir de 1 m de diamètre, commandé par un pointage électronique, et doté d'un système automatique pour le suivi des étoiles ;
- l'orientation scientifique d'une équipe de l'Observatoire vers le domaine de l'émission infrarouge des étoiles, a amené la réalisation d'un système d'acquisition des données utilisant des techniques de pointe au niveau de la détection. Il est maintenant opérationnel à l'Observatoire de Kitt Peak, aux Etats-Unis ;
- actuellement, en cours d'étude, deux «photomètres» spécialisés assurant des mesures automatiques de l'éclat des étoiles, l'un d'eux étant destiné au nouveau télescope de 2 m de diamètre à l'Observatoire du Pic-du-Midi.

Exemple de mesures parmi d'autres effectuées par l'Observatoire de Lyon :

Par asservissement électronique d'une mécanique de précision, le télescope vise successivement une étoile inconnue, une étoile étalon et le fond du ciel qui les entoure. La lumière est chaque fois filtrée pour mesurer une couleur, transformée en signal électrique qui est lui-même amplifié et enregistré (photomètre photoélectrique).

La rapidité des mesures est une condition pour effectuer des comparaisons valables : les observations sont programmées pour accélérer les commandes des appareils : pointage du télescope qui doit suivre le mouvement apparent des étoiles depuis la terre, changement de filtre, diaphragme, ...

En 1978, les services techniques de l'Observatoire de Lyon ont été mis en compétition avec d'autres établissements pour l'obtention d'un contrat important concernant l'instrumentation du télescope franco-canadien d'Hawaï. Ayant répondu favorablement à l'appel d'offres ils se sont vu confier la réalisation d'un photomètre dit de nouvelle génération, entièrement automatisé, piloté par un mini-calculateur par l'intermédiaire d'interfaces

standardisées aux normes CAMAC. Cet instrument est terminé et des retombées industrielles de cette étude sont prévues.

Tous ces appareils apportent une précieuse contribution à l'étude des étoiles qui s'avère très importante pour une meilleure connaissance de la structure et de l'évolution de l'univers.

Mais qui utilise toutes ces machines aux avant-postes de la technique ? Les observateurs, bien sûr ...

## ETRE OBSERVATEUR A L'OBSERVATOIRE DE LYON

Sans doute la légendaire image de l'astronome, vieillard bienveillant noyé dans d'interminables calculs de mouvements planétaires s'est-elle estompée à la faveur des diverses émissions de vulgarisation diffusées par la télévision. On voit bien, alors, qu'il y a des astronomes qui semblent des gens tout à fait comme les autres, mais on n'en sait toujours pas plus sur leur vie de tous les jours... Laissons donc au musée des traditions populaires le chapeau pointu et l'énorme table de logarithmes, et regardons vivre un astronome de Saint-Genis-Laval...

C'est entre autre, un grand lecteur. Dans quelque domaine qu'il se soit spécialisé, il doit savoir le plus vite possible où en sont les travaux de ses collègues du monde entier. Il s'agit là d'une masse d'informations qui lui permet d'orienter au mieux ses recherches en accentuant son effort dans les directions les plus prometteuses.

Chaque semaine, cela fait de nombreuses revues à feuilleter, des livres à compiler pour retrouver tel résultat obtenu cinq ans plus tôt dans quelque lointain observatoire étranger. Pour cette recherche, les aides ne manquent pas : tables, index, catalogues, catalogues de catalogues, bibliographie par ordinateur ... la masse de papier à manipuler est parfois effrayante, et la bibliothèque est l'un des postes les plus coûteux dans le budget d'un observatoire. C'est aussi, peut-être le plus indispensable...

Notre astronome est enfin entré en possession des renseignements qu'il cherchait, et se retire dans son bureau pour réfléchir et tenter une synthèse. Cela peut réussir, et il en sortira une nouvelle idée d'amélioration de la théorie de l'évolution des étoiles, ou un regard un peu différent sur la formation des galaxies. A moins que ce soit quelque amélioration de telle ou telle méthode d'observation. Cela peut aussi ne déboucher sur rien d'utilisable pour le moment. Il faut alors retourner à la bibliothèque, et chercher dans une voie un peu différente... L'ordinateur de l'observatoire aura souvent été largement mis à contribution, et de longues heures devant l'écran auront parfois mis en pelote les nerfs de l'utilisateur. L'implacable logique de la machine est exaspérante quand on souhaiterait qu'elle comprenne à demi-mot !

Mais, finalement, tout s'enchaîne, et l'idée est là. Reste maintenant, le plus important : les faits, qui sont têtus comme chacun sait, auront-ils le bon goût d'être en accord avec l'idée ? Il faut pour cela observer les objets convenables — étoiles, gaz ou galaxies — après avoir imaginé et mis au point l'expérience décisive.

Après des semaines ou des mois passés dans son bureau, l'astronome va donc retrouver les coupoles, les télescopes, le ciel. Pas à Saint-Genis, hélas, où le ciel n'est guère coopératif. Non, l'astronome prend sa plus belle plume, et rédige une « demande de mission ». Il y explique comme son idée est intéressante, et comme il serait profitable pour la communauté astronomique qu'il puisse disposer d'un certain nombre de nuits sur un télescope de taille

appropriée. Puis il expédie le dossier au Comité des Programmes de l'un ou l'autre des grands observatoires de mission. Là d'autres astronomes vont discuter de l'opportunité de l'observation proposée, et du nombre de nuits que l'on peut éventuellement lui accorder. Ce sera, au mieux, environ la moitié de ce qui était demandé : il y a tant de candidats, et seulement 365 nuits dans une année ...

Voici donc notre astronome recevant sa lettre : «Nous avons le plaisir, etc.». Commence alors une période fébrile : la préparation de la mission. Il faut réaliser les cartes de pointage, et le service photo se voit réclamer un grand nombre de clichés à réaliser dans de brefs délais. Et ma foi, ce sera fait, grâce en soit rendu au maître de la chambre noire ! Parfois, on doit emmener avec soi un appareil d'observation : on découvre alors la petite amélioration qui rendrait les mesures tellement plus efficaces. Une lentille de plus par-ci, une automatisation de plus par-là, et voilà mécaniciens et électroniciens «sur les dents» pendant quelques semaines.

Enfin, tous les bagages sont prêts, les appareils réglés et emballés, les cartes classées. Un dernier effort, et c'est Perrache ou Satolas, et le départ. Tout en goûtant un peu de repos tandis que défilent les centaines ou les milliers de kilomètres, notre personnage passe en revue les divers aspects de l'expérience : qu'est-ce qui pourrait bien la faire échouer, par exemple... Quelques heures plus tard, après un certain nombre de transbordements, c'est l'arrivée à l'observatoire.

La couleur du ciel détermine alors l'humeur de l'astronome: le moindre nuage est immédiatement suspect, fut-il seulement 10 heures du matin ; n'est-ce pas l'amorce d'une perturbation ? Il interroge l'observateur qui l'a précédé sur le télescope : quel temps a-t-il eu pendant sa mission ? Toujours beau ? Aïe ! Cette heureuse période va sans doute se terminer bientôt, elle a duré trop longtemps déjà. Très mauvais ? Hélas, c'est la perturbation qui s'incruste ; il aurait fallu demander une autre période.

Mais, en Haute-Provence comme au Chili, la météo se moque des astronomes comme des météorologues : elle n'en fait qu'à sa tête. La mission sera bonne, ou mauvaise, et tous les raisonnements n'y peuvent rien.

Une semaine s'est écoulée, trop vite, travaillant la nuit, dormant jusque vers 16 heures pour ensuite préparer le programme de la nuit, on ne voit pas le temps passer. Voilà qu'il faut, à regret, céder le télescope au missionnaire suivant. D'ailleurs, le voilà : «Bonjour ! Dites, quel temps avez-vous eu ? ».

Il faut maintenant réapprendre à vivre le jour, courir de laboratoire en salle d'ordinateur pour récupérer plaques photographiques, bandes magnétiques, kilogrammes de papier couvert de colonnes de chiffres, sauter dans le minibus qui repart vers la gare ou l'aéroport. Encore quelques heures de patience dans l'ambiance feutrée d'un wagon Corail ou l'atmosphère enfumée d'un Boeing 707 surpeuplé, un peu de taxi, et on retrouve la famille, puis le bureau.

La période qui suit n'est pas moins fébrile. De cette masse de documents ramenés à grands frais des terres lointaines doit jaillir la confirmation ou «l'arrêt de mort» de l'idée. Il faudra des semaines, des mois et parfois des années et d'autres missions pour pouvoir enfin trancher. Si la mission a été mauvaise, le problème est différent, on triture les maigres résultats livrés par quelques heures d'observation décousues pour essayer de voir si, par hasard, ne s'y trouverait pas cachée l'ombre d'une esquisse d'amorce de preuve expérimentale. Cette preuve que l'on est allé chercher si loin, et qu'il faudra retourner chercher par la faute d'un banc de nuages mal placé... A moins que l'on abandonne, ayant eu, entre-temps, une meilleure idée.

Mais prenons le cas idéal : la mission a été fructueuse, le dépouillement des résultats a bien marché, la preuve cherchée est là, dans ces tableaux de chiffres, ces graphiques empilés sur le bureau. L'astronome rédige alors un article exposant à la communauté astronomique tous les aspects de l'affaire, et le résultat obtenu : puis il le propose à une revue scientifique. L'article est refusé, ou accepté, éventuellement après de probables retouches. Si tout va bien, il paraîtra un an plus tard, environ, dans la revue. Il y aura bien longtemps que l'astronome aura eu une autre idée...

# LES ASTRONOMES A LA RECHERCHE DES CIVILISATIONS EXTRATERRESTRES

*Conférence faite le 13 mars 1982 par E. DAVOUST, Observatoire de Besançon*

«Sommes-nous seuls dans l'Univers?». C'est une question qui nous vient tout naturellement à l'esprit lorsque nous levons les yeux vers le ciel par une belle nuit étoilée. En effet, pourquoi n'y aurait-il pas parmi ces milliers d'étoiles un soleil comme le nôtre entouré d'un cortège de planètes sur lesquelles vivraient des êtres semblables à nous? C'est une question que l'homme s'est posée de tous temps, sans jamais dépasser le stade des spéculations.

Les astronomes commencent maintenant à avoir les connaissances et la technologie nécessaires pour répondre à cette question fondamentale. Et depuis une vingtaine d'années, ce domaine qui semblait jusqu'à présent réservé aux philosophes et aux auteurs de science fiction s'ouvre aux astronomes.

Les uns se préoccupent d'estimer le nombre de civilisations technologiques dans notre Voie Lactée et de tirer les conséquences de leur présence éventuelle. Ce sera la première partie de notre exposé. Les autres sont à l'écoute de l'Univers, espérant capter un message ou simplement un signal artificiel qui témoignerait d'activités intelligentes ailleurs que sur Terre, comme nous le verrons dans la deuxième partie. Plus précisément nous allons suivre le raisonnement rigoureux de ces chercheurs qui partent d'une hypothèse simple (ils existent), construisent un modèle démographique de civilisations extraterrestres parallèle à celui des civilisations sur Terre, répondent aux objections possibles (pourquoi ne les voyons-nous pas? pourquoi ne sont-ils pas venus sur Terre?), et enfin testent leur modèle par des observations (capter des signaux artificiels). Notre point de vue est celui d'un astronome et nous nous efforcerons au cours de cet exposé de mettre en valeur l'aspect astronomique du problème et la démarche des astronomes.

## LES CIVILISATIONS EXTRATERRESTRES

Avant de partir à leur recherche, nous devons préciser ce que nous entendons par civilisations extraterrestres.

Nous sommes à la recherche de la vie intelligente. La vie a cette propriété unique de pouvoir se reproduire, aux dépens de son énergie interne. Des êtres vivants intelligents doivent pouvoir se reproduire et se perpétuer. Ils doivent aussi être capables de connaître, de modifier et d'organiser leur milieu naturel pour leur profit, et c'est en cela que nous devrions pouvoir les reconnaître s'ils existaient. Nous parlons de civilisations parce que nous supposons qu'ils sont organisés en sociétés pour avoir plus de force et d'influence sur leur environnement. Nous n'avons pas besoin de faire d'hypothèses sur la forme physique de ces êtres. Par contre, nous supposons que la vie extraterrestre fonctionne sur les mêmes principes que sur Terre.

La vie sur Terre est fondée sur la chimie du carbone. Elle dépend de réactions chimiques complexes parce que c'est un système physique complexe. Aux températures trop élevées les molécules complexes sont détruites. Aux températures trop basses, les réactions chimiques se font trop lentement. On pourrait imaginer une vie fondée sur la chimie d'un autre élément, le silicium par exemple, qui est assez abondant dans le système solaire. C'est un fait peu probable, car seul le carbone permet une très grande diversité de réactions chimiques et le silicium et ses composés ne se liquéfient qu'à très haute température.



Ainsi la «vie», qu'elle soit fondée sur la chimie du carbone ou d'un autre élément, nécessite un milieu où la température est relativement constante. Les étoiles de faible masse comme le soleil sont la source de chaleur idéale autour de laquelle la vie peut se développer : elles sont nombreuses dans l'Univers et leur durée de vie est assez longue. Il est donc très probable que c'est autour des étoiles que la vie se développe.

En somme, nous pouvons supposer qu'ils nous ressemblent, et cela parce que la notion de vie répond à quelques critères restrictifs très simples. Cette hypothèse va nous être très utile dans notre recherche.

## **LA TERRE DANS LA VOIE LACTEE**

La Terre est une des neuf planètes qui tournent autour du Soleil. Nous ne connaissons pas d'autres planètes près du Soleil, ni près d'une autre étoile. Le Soleil est une étoile très ordinaire parmi les 200 milliards d'étoiles de notre Voie Lactée. Toutes ces étoiles forment un disque mince qui tourne sur lui-même. Le rayon de ce disque est de 50 000 années lumière et son épaisseur de quelques milliers. (L'année lumière est la distance que parcourt la lumière en un an, à la vitesse de 300 000 km/s).

La Voie Lactée est une galaxie, un «petit» flot d'étoiles parmi les centaines de milliards de galaxies qui forment l'Univers. Andromède, une des galaxies les plus proches de nous, est à 2,5 millions d'années lumière.

Ces quelques chiffres nous donnent une idée de l'immensité de l'Univers. Ils nous montrent qu'il serait inutile de vouloir chercher des civilisations extraterrestres au-delà de notre Voie Lactée : les échelles de temps pour communiquer dépasseraient la durée de vie d'une civilisation.

## **DÉMOGRAPHIE A L'ÉCHELLE GALACTIQUE**

Nous allons maintenant faire un inventaire rapide des ressources de notre Voie Lactée, compter les niches écologiques possibles pour des civilisations extraterrestres.

Cette estimation du nombre probable de civilisations extraterrestres dans notre Voie Lactée, le nombre N, se fait à l'aide de l'équation de Drake, qui est simplement un produit de probabilités.

N dépend d'abord du nombre d'étoiles qui naissent chaque année dans notre Voie Lactée. En moyenne, depuis l'origine de l'Univers, ce nombre est 10. Parmi celles-ci, 14 % sont de la même classe que le Soleil. Les autres peuvent être éliminées : elles sont trop froides, ou alors elles évoluent trop vite pour que la vie puisse s'y développer.

Les étoiles sont classées suivant leur propriétés dont la plus importante pour notre propos est la température. Les différentes catégories d'étoiles sont désignées par une lettre de l'alphabet. Ainsi le Soleil est une étoile G.

Toutes les étoiles G ne sont pas favorables à la vie : certaines forment des systèmes doubles ou multiples en orbites serrées. Une planète dans un tel système risque de subir des variations de températures «annuelles» très importantes. Il n'est pas non plus évident que les étoiles multiples se forment avec le même cortège de planètes que des étoiles simples. Il est donc prudent d'éliminer la plupart des étoiles multiples.

Nous ne savons rien du nombre probable de planètes autour d'une étoile. En effet, nous ne connaissons qu'un seul système solaire, le nôtre, qui contient neuf planètes. Un indice semble cependant favoriser les étoiles G, K et M : leur vitesse de rotation est beaucoup

plus faible que celle des autres étoiles. Il est possible que cette énergie de rotation manquante se soit redistribuée dans les planètes. Un autre indice de l'existence de planètes autour de certaines étoiles est l'orbite en rosette de ces étoiles, preuve qu'un ou des compagnons obscurs perturbent son mouvement. L'étoile de Barnard en est un exemple bien connu. Enfin, l'existence de systèmes solaires en miniature autour de Jupiter (qui a quinze satellites) et de Saturne (qui en a au moins onze) laisse à penser que les systèmes planétaires sont tout de même assez courants.

Toutes les planètes ne sont pas des zones continuellement habitables. Dans notre système solaire, seules la Terre et la Lune sont bien placées. Si la distance de la Terre au Soleil diminuait de 5 %, un effet de serre se produirait dans son atmosphère, comme sur Vénus et la température augmenterait de plusieurs centaines de degrés. Si au contraire, cette distance augmentait de 1 % la Terre deviendrait une planète gelée comme Mars.

Si le Soleil avait moins de 83 % de sa masse actuelle, il n'y aurait pas de zone continuellement habitable. Si le Soleil était, au contraire, plus massif, cette zone habitable augmenterait, mais il émettrait rapidement (au bout de 4 milliards d'années pour une étoile de 1.1. masse solaire) des rayons ultraviolets dangereux pour la vie.

Dans le meilleur des cas, on peut donc supposer qu'il y a une planète habitable par étoile. Mais cela ne veut pas dire planète habitée. En effet, la Lune aussi est à la bonne distance, mais elle est assez différente de la Terre pour que la vie n'y ait pas pris racine.

Nous avons pu cerner avec tout de même une grande incertitude le nombre probable de niches écologiques favorables à la vie. L'examen des ingrédients qui entrent dans la composition de l'équation de Drake nous amène maintenant à estimer la probabilité que la vie ne soit pas un privilège terrestre.

## LA VIE EST-ELLE UNIQUE ?

À l'origine, l'Univers était formé d'Hydrogène et d'Hélium. Les autres atomes se sont formés dans les étoiles, véritables centrales nucléaires, et se sont répartis progressivement dans le milieu interstellaire à mesure que les étoiles parvenaient à la fin de leur évolution. Les radio-astronomes ont découvert, depuis une quinzaine d'années, un grand nombre de molécules organiques (c'est-à-dire à base de carbone) dans les nuages de poussières du milieu interstellaire : eau, gaz carbonique, méthanol, alcool éthylique, acide formique, formaldéhyde, ... contenant jusqu'à 9 atomes. Ainsi les éléments qui sont à la base de la vie sur Terre se trouvent aussi en abondance dans le milieu interstellaire et, plus précisément, dans les nuages où l'on pense que se forment les étoiles et leur cortège de planètes. Cependant des facteurs sélectifs inconnus guident sur Terre l'assemblage de ces molécules en longues chaînes pour former les vingt acides aminés qui sont le point de départ de la vie. En effet, les météorites tombés sur Terre contiennent en quantités égales des acides aminés destroyres et lévogyres (deux formes symétriques d'arrangement géométrique des molécules) alors que les acides aminés sur Terre sont exclusivement lévogyres. Notons aussi au passage l'apparente universalité de la chimie du carbone.

Examinant de plus près le cas particulier de la Terre, nous apprenons que la vie a mis 4 milliards d'années à sortir des océans. Nous apprenons aussi que les dinosaures et autres reptiles et oiseaux géants ont disparu brusquement il y a 65 millions d'années à la suite d'une augmentation soudaine et importante (d'un facteur 120) du taux d'Iridium et d'Osmium sur Terre. Un événement catastrophique comme la collision d'un gros météorite ou d'une comète avec la Terre est probablement à l'origine de l'extinction de ces animaux. Si cet événement n'était pas venu bouleverser l'environnement terrestre, est-ce que les

dinosaures continueraient à dominer la vie sur Terre comme ils l'ont fait pendant 135 millions d'années ? Rien ne prouve en effet que l'évolution de la vie suit un plan bien établi, ou qu'elle obéit à quelques lois simples. Au contraire, elle semble plutôt se faire par à coups, au petit bonheur des circonstances et des contingences, un peu à la manière d'un bricoleur qui ne sait pas trop ce qu'il va produire mais utilise tout ce dont il dispose pour fabriquer quelque chose qui marche : un bras devient une aile, un morceau d'œsophage devient poumon, ...

Quant à l'origine de la vie, nous n'en savons rien. Elle a pu prendre naissance quelque part dans l'Univers et se diffuser à travers la Voie Lactée jusqu'à la Terre par des comètes ou des météorites. C'est l'hypothèse de la panspermie. Ou encore, elle s'est produite spontanément sur Terre lorsque la chimie y a dépassé un certain seuil de complexité. Cette dernière hypothèse ressuscite, dans un autre contexte, l'hypothèse de la génération spontanée démentie par Pasteur. Quelle que soit son origine, la vie n'est apparue qu'une seule fois sur Terre. La grande diversité des formes de vie pourrait nous suggérer le contraire ; cependant toutes les formes de vie ont un dénominateur commun : la transmission du code génétique se fait par l'ADN qui est une longue chaîne hélicoïdale de molécules, d'autant plus longue que l'être vivant est complexe.

Ces quelques indices nous montrent que, si la vie est tout à fait possible ailleurs dans notre Voie Lactée, rien ne nous permet de conclure qu'elle y soit très probable. Nous ne connaissons qu'un seul exemple de vie dans l'Univers et son évolution jusqu'à l'Homme semble être le fruit de facteurs sélectifs inconnus et d'une bonne dose de hasard. Tout ceci nous empêche d'avoir quelque certitude sur la présence de vie intelligente, ou même de vie tout court, ailleurs. Tout au plus pouvons-nous nous aventurer à dire qu'elle est peu probable, sinon nous en verrions les manifestations ailleurs dans le système solaire.

L'évolution de la vie vers une forme d'intelligence supérieure et technologiquement élaborée dépend de l'environnement, de la présence de gisements minéraux et de combustibles fossiles. Il est difficile de chiffrer la probabilité pour que la vie atteigne ou dépasse notre niveau de sophistication.

## LES CRISES QUI NOUS MENACENT

Dans le cas très optimiste où la vie se développe quelque part dans l'Univers jusqu'à atteindre la complexité d'une civilisation d'un niveau technologique semblable au nôtre, plusieurs crises sont susceptibles de la faire disparaître bien avant le terme imposé par l'évolution de son écosphère. Ces crises sont celles qui nous menacent à plus ou moins longue échéance, mais elles sont assez universelles pour s'appliquer à d'autres civilisations.

La vie dispose de deux atouts pour assurer son maintien : la capacité de se reproduire et l'instinct de survie. La croissance d'une société dépend de l'équilibre délicat entre le taux de croissance et la durée de vie. Cette croissance mène à une crise inévitable si l'espace vital de chaque individu diminue trop. Cette crise a un nom : la surpopulation. La seule solution à cette crise semble être de coloniser l'espace interstellaire.

En fait, nous verrons plus loin qu'il y a une limite à la colonisation interstellaire. Cette limite implique une solution interne : toute civilisation qui veut survivre doit tôt ou tard maîtriser son taux de croissance, voire même le réduire.

Une autre crise qui nous menace de façon beaucoup plus imminente est l'autodestruction. A moins que l'instinct de survie ne se développe au niveau, non plus individuel, mais à celui de notre civilisation, nous risquons de faire usage d'ici peu de temps

des armes nucléaires que nous avons accumulées ou de nous empoisonner en polluant notre environnement. Dans ce cas, notre durée de vie en tant que civilisation technologique aura été de quelques centaines d'années.

Autre problème : les progrès de la médecine. Ils peuvent avoir des conséquences désastreuses sur notre évolution future parce que les effets secondaires des traitements médicaux sont difficiles à prévoir à l'échelle de plusieurs générations ; l'affaiblissement de la sélection naturelle peut, à long terme, mener à une dégénérescence génétique de notre espèce.

Ce sont là quelques unes des crises internes qui menacent notre civilisation en particulier. Il y en aura probablement d'autres que nous ne pouvons pas anticiper. En arrêtant le progrès, en nous stabilisant, nous pouvons les éviter, mais cette solution cache un piège : elle peut conduire à la stagnation de notre société.

Ces crises sont dues à notre activité intelligente : nous modifions notre environnement sans pouvoir en prévoir les conséquences à long terme parce que notre intelligence est limitée.

Pour survivre à toutes les crises possibles, une civilisation doit assurer un équilibre précaire entre progrès et stabilité, entre son activité et celle de la nature. Nous ne sommes pas en mesure de chiffrer la probabilité pour qu'une civilisation passe à travers tous les écueils de son histoire sans sombrer, parce que nous ne connaissons qu'un seul cas : le nôtre. Il est possible que la longévité des civilisations présente deux valeurs moyennes : l'une autour de cent ou deux cents ans, la durée de vie des civilisations rapidement dépassées par les conséquences de leurs progrès techniques, l'autre beaucoup plus grande, quelques millions d'années, pour les civilisations plus sages.

## **LE NOMBRE N**

Notre essai de démographie galactique ne nous a pas permis d'aboutir à une valeur précise pour N, le nombre de civilisations intelligentes dans notre Voie Lactée. La raison en est simple : nous connaissons un seul système solaire et une seule forme de vie sur une de ses planètes. Toute extrapolation à partir de cet échantillon minimum reste donc très incertaine. Cet exercice nous a tout de même permis de faire le point de nos connaissances dans ce domaine.

Anticipant sur la deuxième partie de l'exposé, nous pouvons dire que les astronomes à l'écoute de l'Univers n'y ont détecté aucun signe de vie. Pouvons-nous réconcilier ce fait que la vie intelligente extraterrestre soit très discrète, voire occulte, avec la possibilité qu'elle soit très répandue dans notre Voie Lactée, ou, au contraire, l'absence de preuve est-elle une preuve d'absence ?

Nous allons examiner quelques activités intelligentes assez universelles pour être celles de toutes civilisations et voir si les conséquences de ces activités sont en conflit avec ce silence.

## **EXPLORATION ET COLONISATION DE NOTRE VOIE LACTÉE**

La curiosité est l'une des qualités d'un être intelligent. Au niveau d'une civilisation, cela se traduit par le besoin de connaître et donc d'explorer son environnement. C'est ce que les hommes ont fait, en explorant la Terre, en scrutant le ciel avec des télescopes, puis en envoyant des sondes exploratrices vers la Lune, Mars et les autres planètes du système solaire. Seule la lenteur relative de nos sondes (une sonde comme Voyager met douze ans

pour atteindre Neptune, quatre ans pour atteindre Saturne) nous empêche, pour l'instant, d'aller plus loin.

Une sonde spatiale a un avantage évident sur l'exploration au télescope : elle va «in situ» recueillir l'information adaptant, si nécessaire, son programme de mesures aux conditions particulières et aux résultats préliminaires, sans nécessiter d'aller et retours de l'information avec la station pilote. Ce dernier aspect est particulièrement important quand il s'agit d'entrer en contact avec d'autres civilisations. On peut concevoir qu'une sonde automatisée réalise le premier contact, élabore un langage commun pour communiquer, puis nous envoie les informations utiles. Le gain de temps est considérable par rapport au cas de deux civilisations qui communiquent directement à des centaines ou des milliers d'années lumière.

Si donc l'une des activités principales de toute civilisation intelligente et techniquement avancée est d'explorer systématiquement la Voie Lactée, notre société bruyante (surtout dans le domaine des ondes radio) devrait attirer les sondes extraterrestres. L'absence évidente, dans notre système solaire, d'un essaim de sondes d'origines variées cherchant le contact est le point crucial du débat actuel entre astronomes. Les uns soutiennent que cette absence est une preuve que nous sommes seuls. Les autres répondent qu'ils n'ont statistiquement pas eu le temps matériel de nous rendre visite. Nous reviendrons sur ce point.

Il suffit d'être intelligent pour explorer la Voie Lactée. Par contre, pour la coloniser il faut des motivations plus profondes que nous allons passer en revue.

La colonisation est une tendance naturelle de la vie sur Terre, végétale, animale et humaine. La vie occupe progressivement tout son espace vital à la manière d'un gaz qui se dilate pour occuper tout le volume qui lui est donné. Mais ceci n'est pas une propriété indispensable de toute forme de vie.

Une raison plus pratique de coloniser est que l'écosphère naturelle n'est plus favorable à la vie. Plusieurs causes peuvent être à l'origine de cette émigration forcée. La pollution peut avoir dégradé l'environnement au point d'y rendre la vie difficile. L'épuisement des ressources énergétiques est aussi possible. Une autre cause d'émigration serait une modification naturelle de l'environnement, normale ou catastrophique. Le Soleil va devenir une étoile géante rouge dans 4 milliards d'années englobant Mercure, Vénus et la Terre. Nous avons évoqué tout à l'heure la disparition des dinosaures peut-être à la suite de la collision d'une comète avec la Terre.

La colonisation ne résoudrait que temporairement les problèmes de surpopulation. Un taux net d'accroissement de la population entraîne une diminution de l'espace vital de chacun et un accroissement des tensions sociales. Pour que cet espace vital individuel ne se réduise pas, il faut que la civilisation se répande dans la Voie Lactée. Mais si le taux d'accroissement reste constant, cela signifie que la population s'accroît de plus en plus vite, et cela nécessite aussi qu'elle se répande de plus en plus vite dans l'espace interstellaire, jusqu'à ce que la vitesse d'expansion de la civilisation atteigne la vitesse de la lumière. Cette limite infranchissable impose à toute civilisation de maîtriser tôt ou tard sa démographie.

Il y a beaucoup d'obstacles à la colonisation de la Voie Lactée du point de vue humain. Les distances considérables entre étoiles nécessitent des voyages interstellaires très longs, pouvant durer plusieurs générations, même en voyageant à des vitesses proches (à 1 ou 10 %) de celle de la lumière. Et, au bout du voyage, les colons ne sont pas assurés de trouver un milieu parfaitement adapté à leurs besoins physiologiques : ils devront

probablement vivre dans un milieu artificiel. Enfin, les contraintes imposées par ces longs voyages (vie dans un espace limité, taux de croissance réduit) sont précisément celles auxquelles certains colons veulent échapper en partant coloniser. Les avantages de la colonisation peuvent alors apparaître trop lointains pour motiver de tels voyages.

D'un point de vue plus universel, les voyages interstellaires peuvent être envisagés comme un processus non contraignant mais au contraire dynamique, une activité «naturelle» pour des êtres évolués, habitués depuis des générations à vivre en apesanteur dans l'espace interstellaire. La distance qui nous sépare de l'homme des cavernes est sans doute plus grande que celle qui nous sépare de «l'homo astris», citoyen non plus de la Terre, mais de la Galaxie.

D'autres extrapolations hardies de notre évolution sociale et physiologique peuvent, au contraire, fournir des motivations pour ne pas coloniser. La disparition de l'instinct de territorialité chez l'homme est en bonne voie. L'élimination du vieillissement biologique par les progrès de la médecine peut amener les vivants à éviter les risques de mort accidentelle pour préserver leur immortalité et, par conséquent, s'abstenir d'entreprendre de hasardeux voyages interstellaires.

En conclusion, la colonisation n'apparaît pas comme une activité inévitable de toute civilisation intelligente.

## **POURQUOI NE LES VOYONS-NOUS PAS ?**

Nous n'avons pas de raisons majeures de nous étonner de l'absence de colonies extraterrestres à portée de nos télescopes. Ce qui est plus troublant, c'est l'absence de sondes exploratrices, d'émissions électromagnétiques porteuses de signaux, de bouées phares interstellaires et autres signes d'activité intelligente dans l'Univers. Nous allons tenter de trouver quelques explications possibles de cet état de fait.

### **1 - Nous sommes seuls.**

Nous sommes seuls et nous l'avons toujours été parce que la vie est un phénomène unique. L'immensité de l'Univers a depuis toujours été un argument en faveur de la pluralité de la vie. Cette immensité, peut-être même cette infinitude, de l'Univers n'est pas en contradiction avec l'unicité de la vie parce qu'un univers plus petit n'aurait pas pu se condenser en galaxies, puis en étoiles et donner naissance à la vie. Une autre raison possible de notre solitude est que les autres civilisations se sont éliminées à la suite de crises internes. Notre Voie Lactée pourrait aussi passer périodiquement par un cycle d'activité exterminant toute forme de vie complexe, comme l'intense rayonnement non thermique des galaxies de Seyfert d'origine inconnue.

### **2 - Nous n'avons pas encore regardé au bon endroit, au bon moment, avec les bons instruments.**

La recherche de civilisations extraterrestres vient à peine de commencer et nous sommes très loin d'avoir exploré toute la Voie Lactée. Les quelques milliers d'étoiles observées sporadiquement jusqu'à présent nous permettent d'estimer, en nous reportant au tableau 4, que N est probablement inférieur à un million à condition qu'ils ne se cachent pas. Cette précision nous amène à une autre possibilité.

### **3 - Ils ne se montrent pas.**

Pour scruter les raisons possibles d'une telle attitude, nous allons adopter à nouveau une attitude anthropomorphique et prêter aux civilisations extraterrestres un comportement humain.

- *Hypothèse de la contemplation.* « Ils sont tournés vers un monde intérieur dont nous sommes absents et ne sont pas motivés pour explorer et communiquer.

- *Hypothèse écologique.* Malgré l'intérêt qu'ils portent à l'exploration et à la communication, ils ne veulent pas modifier leur environnement, ni gaspiller leur énergie en envoyant sondes et émissions, dans un souci écologique parfaitement compréhensible.

- *Hypothèse de l'horizon mental.* Nous sommes, selon leur point de vue, une civilisation primitive dont l'horizon mental est très limité et qui ne présente que peu d'intérêt. Ils communiquent par des techniques dont la physique nous dépasse complètement. Nous sommes comme ces peuples primitifs qui vivent dans leur jungle, ignorant tout de la civilisation moderne et incapables de capter nos émissions radio.

- *Hypothèse du zoo.* Nous sommes une civilisation primitive parquée dans une sorte de réserve naturelle à l'échelle galactique. Ils se gardent d'y pénétrer pour les mêmes raisons que nous ne pénétrons dans les réserves naturelles sur Terre. Dans cette hypothèse, les OVNI sont des gardes de la réserve qui se manifestent à nous par accident.

- *Hypothèse de la méfiance.* Nos progrès technologiques et notre histoire mondiale tourmentée de ces dernières décennies, nous ont rendus suspects à leurs yeux. Les OVNI sont, dans ce cas, des sentinelles chargées de surveiller nos activités. Il est certain que notre exubérance dans divers domaines (émissions radio tous azimuts, explosions nucléaires erratiques, pollutions diverses) incite à la circonspection.

Toutes ces hypothèses pour expliquer qu'ils ne se montrent pas souffrent du même défaut : pour être correctes, il faudrait qu'elles s'appliquent à toutes les civilisations de notre Voie Lactée. Or, nous faisons exception. Nous pourrions envisager d'autres hypothèses pour expliquer qu'ils se cachent tous, des hypothèses non anthropomorphiques celles-ci. Elles auraient quand même le défaut que nous sommes une exception. Ainsi, le simple fait que nous soyons engagés dans un effort d'exploration et de communication rend, a priori, caduque toute hypothèse pour justifier qu'aucune civilisation extraterrestre ne veuille se montrer. Dans le cas contraire, nous sommes exceptionnels et il devient alors inutile de tenter de détecter nos semblables. Ces hypothèses peuvent cependant s'appliquer à une certaine proportion de civilisations de notre Voie Lactée, réduisant ainsi le nombre d'entre elles qui sont détectables, et plus disposées à communiquer avec nous que les autres.

#### 4 - Nous ne les avons pas reconnus comme tels.

Il est fort possible que nous ayons détecté des signaux venus d'autres civilisations, mais que nous les ayons interprétés en termes de phénomènes naturels connus. La réaction normale du chercheur devant une observation nouvelle est d'abord de consulter son répertoire de phénomènes connus et plus ou moins bien compris, avant d'avoir recours à une interprétation nouvelle, souvent qualifiée d'exotique. Un nombre considérable d'étoiles de notre Voie Lactée sont variables en intensité à des échelles allant de la fraction de seconde (pulsars) à plusieurs années (étoiles de type Mira). Le mécanisme physique produisant la variation de luminosité n'est pas toujours connu. On pourrait très bien imaginer que certaines de ces étoiles variables sont en fait des sources artificielles de lumière dont la variation constitue un message. Ce ne serait pas la première fois qu'un phénomène astronomique est mal interprété : le prototype des lointaines galaxies lacertides a longtemps été pris pour une étoile, répertoriée sous le nom de BL Lacerta.

Ils peuvent très bien exister sans que nous les ayons identifiés. Nous sommes loin d'avoir terminé l'inventaire de notre Voie Lactée et de l'Univers : chaque génération d'instruments astronomiques amène des découvertes importantes à un rythme qui ne cesse de

s'accélérer depuis vingt-cinq ans, révélant ainsi la complexité de l'Univers. Nous aborderons les problèmes plus spécifiques de la détection des civilisations extraterrestres dans la deuxième partie de notre exposé.

## **POURQUOI NE SONT-ILS PAS VENUS SUR TERRE ?**

Nous venons de donner un éventail assez large de raisons pour lesquelles leur présence ne nous a pas encore sauté aux yeux. La plupart de ces raisons supposent qu'ils existent. Un point reste à élucider : s'ils existent et si, comme nous l'avons déjà montré, ils ont la vocation d'explorer la Voie Lactée par des sondes automatiques sinon habitées, pourquoi ces sondes ne sont-elles pas venues sur Terre chercher le contact ? Plusieurs explications se présentent.

Ils sont déjà venus. Cela expliquerait les OVNI et un certain nombre de prouesses architecturales ou connaissances scientifiques ou techniques chez des civilisations passées et qui dépassent nettement leur niveau de développement. Mais il faudrait alors expliquer pourquoi ils ne sont pas restés. Ou encore, ils sont venus à une époque où l'homme n'existait pas, mais dans ce cas pourquoi n'ont-ils pas laissé une sonde en orbite pour surveiller l'évolution de la Terre qui, selon leur propre expérience, doit être un milieu favorable à l'éclosion d'une nouvelle civilisation.

Ils sont installés ailleurs dans notre système solaire et nous observent à distance. Comme le montre le tableau 7, il n'est pas nécessaire de pénétrer jusqu'au centre du système solaire pour trouver les éléments de base pour une colonie. La fragmentation de la ceinture des astéroïdes pourrait être le résultat de travaux miniers de civilisations colonisatrices pour en extraire matériaux structurels ou nécessaires à leur subsistance. Mais, dans ce cas, pourquoi ne se montrent-ils pas ?

L'environnement du système solaire est hostile à leurs sondes. Dans la mesure où nous n'occupons pas une place privilégiée dans l'Univers (hypothèse post-copernicienne), cela signifie qu'une bonne partie de l'Univers leur est hostile et qu'ils n'ont donc pas maîtrisé les difficultés inhérentes aux voyages interstellaires.

Ils n'ont pas eu le temps de venir sur Terre. C'est l'explication la plus simple et autour de laquelle les astronomes multiplient leurs efforts depuis quelques années. Les différents modèles de colonisation de notre Voie Lactée partent de notre expérience humaine de colonisation de la Terre, l'extrapolent aux voyages interstellaires en l'adaptant aux conditions particulières de la Voie Lactée. Ces modèles contiennent beaucoup de paramètres inconnus : la vitesse des vaisseaux colonisateurs, la durée des poses entre vagues de colonisations, le taux de croissance interne des colonisateurs, les distances entre sites colonisables. Les plus optimistes prétendent qu'il faut entre cinq et soixante millions d'années pour qu'une civilisation colonise la Voie Lactée. Par contre, une civilisation sans croissance démographique mettrait un temps infini à coloniser la Voie Lactée. Le cas des sondes automatiques est différent : il dépend essentiellement du niveau de développement technologique de la civilisation exploratrice. Des sondes exploratrices semblables aux machines de Von Neumann voyageant à 30 000 km/s (1/10e de la vitesse de la lumière) devraient pouvoir explorer la Galaxie en 4 millions d'années. Cependant les calculs ne tiennent pas compte des délais encourus si les sondes exploitent chaque nouvelle découverte avant de repartir.

## **A LA RECHERCHE DES CIVILISATIONS EXTRATERRESTRES**

Nous avons tenté d'estimer le nombre probable de civilisations intelligentes dans notre Voie Lactée et les chiffres auxquels nous avons abouti sont très incertains parce que nos connaissances astronomiques, mais aussi sociologiques et biologiques sont limitées.



Nous avons ensuite testé l'hypothèse «ils existent mais nous ne les voyons pas». Un point important semble se dégager : s'ils existent et qu'ils ne sont pas venus explorer la Terre, c'est probablement parce qu'ils n'en ont pas eu le temps.

Cependant la question essentielle reste ouverte et les polémiques entre astronomes optimistes et pessimistes abondent. Pour trancher le débat des civilisations extraterrestres, il faut développer des programmes d'observations même si la probabilité de les détecter est faible. Si nous ne faisons rien, cette probabilité est exactement nulle.

## **COMMUNICATION AVEC LES CIVILISATIONS EXTRATERRESTRES**

Dans la première partie de cet exposé, nous nous sommes assurés qu'il y a une chance, faible certes, pour que nous ne soyons pas les seuls êtres intelligents dans l'Univers. La suite logique de notre démarche est d'essayer de détecter effectivement les autres civilisations de notre Voie Lactée et de communiquer avec elles. C'est la seule façon de confirmer leur existence.

Tenter de communiquer avec des êtres dont nous ne savons rien a priori pose un certain nombre de problèmes. Après les avoir énumérés, nous décrivons les différentes stratégies envisagées par les astronomes, et nous discuterons plus longuement la réception de signaux extraterrestres. Qu'ils soient positifs ou négatifs, les résultats des efforts des astronomes pour détecter des civilisations extraterrestres auront des conséquences importantes que nous évoquerons en conclusion.

## **COMMUNICATION OU SOLITUDE**

Le problème majeur de la communication avec des civilisations extraterrestres est celui d'établir le contact. Sans connaissance a priori sur le moyen de communication, sur le lieu et l'heure du rendez-vous, nous avons toutes les chances de le manquer, à moins d'optimiser la probabilité de rencontre. Il est donc nécessaire d'élaborer une stratégie, c'est-à-dire de faire un choix judicieux parmi les différents paramètres techniques et spatio-temporels des modes de détection.

Une fois le contact réalisé, il faudra établir une stratégie post-détection : d'abord décoder le message, puis élaborer un langage commun fondé sur des concepts à la portée de l'autre, opérer un choix dans l'information transmise (s'il y a des délais temporels importants). Il faudra aussi apprendre à communiquer au-delà des messages formels. Mis à part le décodage, ce dernier aspect de la détection est bien sûr inutile s'ils n'ont aucune intention de communiquer avec nous.

## **MODES DE DÉTECTION**

Plusieurs options se présentent pour le choix d'un mode de détection. Nous pouvons aussi émettre des signaux dans tous les azimuts ou dans des directions privilégiées en espérant qu'ils seront captés et qu'on nous répondra. Enfin, nous pouvons envoyer des sondes exploratrices automatiques ou habitées. La meilleure stratégie consiste à adopter le mode le plus efficace à moindres frais.

La stratégie la plus simple et la plus économique est de tenter de capter des signaux émis par une civilisation extraterrestre, soit à notre intention pour manifester sa présence (par exemple au moyen d'une bouée-phare interstellaire), soit en direction d'une sonde ou à l'intention d'une autre civilisation avec laquelle le contact est établi et une conversation en cours, soit enfin naturellement par les «bruits» qu'elle émettrait dans ses activités propres. Ce

mode de détection peut aussi avoir des retombées intéressantes dans des domaines plus traditionnels de l'astronomie. Nous reviendrons sur ce point particulier. Cependant, si c'est la meilleure stratégie, elle aura le défaut d'être probablement adoptée par toutes les civilisations, et aucune n'émettra de signaux. C'est en fait la stratégie utilisée par la quasi totalité des astronomes concernés par cette recherche.

La deuxième possibilité, émettre *et* capter des signaux résoud l'objection soulevée plus haut et permet des «semi-contacts» par opposition à des dialogues où les temps de réponse sont très longs. Chaque civilisation émet des informations spontanément sans tenter le dialogue, en même temps qu'elle se met à l'écoute des autres.

L'efficacité des sondes automatiques pour explorer le système solaire n'est plus à démontrer. Si nous avons envoyé des messages plutôt que les sondes Viking vers Mars, nous serions encoire à nous demander si il y a de la vie sur Mars. Cependant notre niveau technologique en informatique et dans une moindre mesure en propulsion de fusées n'est pas assez élevé pour mettre au point des fusées de von Neumann capables d'explorer rapidement toute notre Voie Lactée. Par ailleurs, le coût de telles sondes serait prohibitif. C'est cependant la méthode d'avenir que nous adopterons dans quelques centaines d'années.

En attendant nous allons discuter la détection de civilisations extraterrestres par émissions/détection de signaux.

## **LE PRINCIPE D'ANTICRYPTOGRAPHIE**

Pour des partenaires désireux d'établir le contact, les deux aspects émissions et réceptions sont liés et nous les discuterons ensemble. Celui qui émet les signaux doit tenir compte des difficultés de capter un signal artificiel dont l'autre ignore tout, dans un univers qui rayonne à toutes les fréquences. Pour avoir une chance d'être capté et compris, un tel signal doit obéir au principe d'anticryptographie. Ce principe consiste à se mettre à la place d'un observateur, qu'il soit à la recherche de signaux artificiels ou bien simplement en train de faire de l'astrophysique classique, à se demander quelles méthodes, quels paramètres de détection (fréquence, heure, orientation, ...) l'observateur choisira le plus probablement et à adopter ces paramètres pour l'émission.

*Vous trouverez la suite de cet article dans notre prochain numéro.*



Société Astronomique de Lyon  
69230 — Saint-Genis-Laval

## S O M M A I R E

- 1 — Saint-Genis-Laval et la recherche astronomique lyonnaise  
*par Monsieur Gilles Adam, astronome à l'Observatoire de Lyon*
  
- 6 — Les astronomes à la recherche des civilisations extraterrestres  
*par Monsieur E. Davoust, le 13 mars 1982 - Observatoire de Besançon*

PRIX : 10 F