

BONNES NOUVELLES DES ETOILES¹



JEAN-PIERRE LUMINET & ELISA BRUNE

Nous avons accumulé plus de connaissances nouvelles en trente ans que sur les trois millénaires précédents. Non pas que Ptolémée et Copernic se soient tournés les pouces, mais ils ne disposaient tout simplement ni des instruments, ni des concepts qui leur auraient permis de voir un peu plus loin que les faubourgs de la Terre. Au pays des galaxies, les fourmis sont aveugles.

Selon Pierre Dac : « *A l'éternelle triple question demeurée sans réponse : Qui sommes-nous ? D'où venons-nous ? Où allons-nous ? Je réponds : Je suis moi, je viens de chez moi et j'y retourne.* »

Ce livre ne répond à aucune de ces trois questions. Mais il atteindra son but s'il vous convainc (sans se départir de l'humour nécessaire en toutes choses) que les avancées récentes des sciences de l'univers ouvrent de nouvelles pistes de réflexion, de nouvelles façons de penser le monde auxquelles les générations précédentes n'avaient même pas songé.

¹ Bonnes feuilles extraites de l'ouvrage « Bonnes nouvelles des étoiles » de Jean-Pierre Luminet et Elisa Brune, Éditions Odile Jacob, Paris, 2009.

Sur Terre, la vie est apparue très tôt. Elle est apparue dans l'eau, un solvant universel, le plus simple, et à partir de la chimie organique, c'est-à-dire l'ensemble des réactions chimiques que permet le carbone.

On s'attache donc à repérer, dans ce petit village sympathique qu'est le système solaire, toutes les résidences, tous les pied-à-terre, toutes les poches qui, à un moment ou un autre, ont pu présenter à la fois de l'eau liquide et du carbone.

Débat aussi vieux que la pensée : la vie est-elle un phénomène unique et singulier, ou au contraire un phénomène banal qui s'enclenche chaque fois que certaines conditions sont réunies ?

Dans le premier cas, nous serions seuls, tirés du néant par on ne sait quel concours extraordinaire de circonstances inimitables, à moins que ce ne soit par le doigt tendu de Dieu qui s'ennuyait ferme. Dans l'autre cas, nous aurions des voisins quelque part, et même en grand nombre. Car en cette matière, il n'y a que deux façons de compter : un ou beaucoup. Soit l'exception, soit la règle. Si la vie peut apparaître deux fois, c'est qu'elle peut apparaître mille fois, ou un milliard de fois, c'est du pareil au même. Et d'un seul coup, nous voici soulagés de l'indigeste honneur de ramer seuls dans cette immensité laiteuse, où notre angoisse clignote comme un fanal dans le brouillard.

Un petit tour sur Mars. Température moyenne : -60°C , avec un maximum de 20 et un minimum de -140 . Et pas une trace d'eau à la ronde ! Difficile d'imaginer vision plus déprimante pour l'explorateur sur le sentier de la vie. On est sur une fausse piste. Ce n'est pas dans cette rocaille frisquette qu'une bactérie, même peu regardante, pourrait venir pique-niquer.

Pourtant, les paysages martiens vus de loin étaient troublants. Tellement que les premiers observateurs, à la fin du XIX^e siècle, n'hésitèrent pas à parler de

« canaux ». On voyait très nettement sur la surface de la planète des nervures et des ramifications qui faisaient penser à un réseau d'irrigation.

Le premier retour d'échantillons martiens sur Terre est programmé vers 2020. Quant à l'expédition d'une mission habitée, elle coûterait cent fois plus cher qu'une mission automatique, pour un bénéfice difficile à établir, en dehors du bonheur de pouvoir s'écrier: « On a marché sur Mars! ». C'est un ravissement certes considérable mais, abstraction faite de cet argument psychologique, les robots peuvent fonctionner aussi bien sinon mieux que les humains, surtout en conditions extrêmes.

On connaît l'âge du système solaire avec une précision insolente. Il est vieux de 4,566 milliards d'années, la marge d'erreur étant de l'ordre du million d'années. Estimer un nombre de 4,566 milliards à un million près, voilà une prouesse – c'est comme si l'on devinait la date de naissance d'un homme de quarante ans à trois jours près. Comment est-ce possible ?

En 1968 est tombée au Mexique une grosse météorite près d'un village nommé Allende. La météorite a gravité pendant des milliards d'années dans le système solaire, assistant à sa naissance, à sa jeunesse, à sa maturité, aux bactéries, aux dinosaures, etc., jusqu'en 1968 après Jésus-Christ où elle a croisé par hasard le chemin de la Terre et s'est posée à Allende au Mexique – un destin bien insolite pour un restant de planète d'une autre époque, mais quel destin n'est pas insolite après tout? Une aubaine exceptionnelle, en tout cas, pour les scientifiques. La mesure des éléments radioactifs qu'elle contient a permis de dater exactement le début de leur désintégration: 4, 566 milliards d'années. Cette météorite est donc en soi une horloge de grande précision qui s'est mise en route il y a 4,566 milliards d'années, lors d'un dégagement d'énergie considérable, très probablement l'explosion d'une supernova qui a précipité la formation du système solaire. Que pourrait-on rêver de mieux comme messenger spécial ?

Si vous le souhaitez, et si vous avez quelques économies, vous pouvez acheter un morceau de la météorite Allende. Vous détiendrez un petit caillou qui ne paie pas de mine bien qu'il soit plus ancien que tout objet possible dans le système solaire.

Le diamètre du système solaire, nuage de Oort compris, est de l'ordre d'une année-lumière, soit dix mille milliards de kilomètres. Un chiffre si grand qu'il ne nous parle plus. Tâchons de nous représenter concrètement ce que cela veut dire : vous partez d'une extrémité du système solaire et vous roulez en voiture à 100 km/h, sans jamais vous arrêter. Vous devrez rouler pendant plus de onze millions d'années avant de rejoindre en ligne droite l'autre bout du système solaire. Autre chose que la route des vacances vers la Méditerranée! Et pour atteindre l'étoile la plus proche, vous ajouterez encore quarante-cinq millions d'années de voyage sans sommeil ni pause pique-nique.

Le système solaire est composé de milliards et de milliards de cailloux en plus des principales planètes. Par leur seule présence, ces corps flottants soumis à la gravitation et à rien d'autre, constituent *ipso facto* un risque de collision avec la Terre. Celle-ci, d'un strict point de vue gravitationnel, n'est en effet qu'un aimant ou un aspirateur, moins puissant certes que Jupiter ou le Soleil, mais un aspirateur quand même. Nous sommes d'ailleurs rejoints quotidiennement par quelque cinq cents tonnes de matière venant de l'espace, la grande majorité de celle-ci tombant heureusement en une pluie débonnaire de grains de poussière. C'est la preuve que notre aspirateur progresse dans un environnement remarquablement propre, constat peu étonnant puisqu'il y tourne en rond depuis plus de quatre milliards d'années.

En 1991, un événement spectaculaire est venu bouleverser nos perspectives. Cette année-là, à la stupéfaction de la communauté scientifique, une comète entière s'est précipitée sur Jupiter. Cette comète, depuis longtemps en orbite

autour du Soleil, est passée cette fois un peu trop près de la planète géante et a été déviée de sa course par sa masse énorme. Elle s'est mise à orbiter autour de Jupiter dont les forces de marée l'ont disloquée en 21 morceaux (les tensions internes entre les faces opposées de la comète étant devenues trop fortes).

Ces 21 morceaux ont continué à orbiter en cortège pendant quelques mois, mais en perdant de la vitesse, ce qui indiquait qu'ils allaient bientôt tomber sur la planète. Effectivement, au jour calculé par les astronomes, les 21 morceaux sont tombés les uns après les autres dans la gueule de Jupiter, sous l'œil de tous les grands télescopes terrestres. Les impacts observés ne ressemblaient pas à ce qui aurait pu se produire sur Terre, puisque Jupiter est une planète gazeuse. Mais les chocs ont quand même libéré une énergie phénoménale, visible sous forme de jets de feu de 3000 kilomètres de haut et de tourbillons et boursouflures qui ressemblaient à des champignons atomiques. Cet événement a fasciné le monde entier et a prouvé par l'exemple que les risques de collision importante ne sont pas négligeables, même après 4,5 milliards d'années de nettoyage.

Dans l'histoire de la Terre, on connaît plusieurs épisodes d'extinctions massives d'espèces vivantes. Le dernier en date remonte à 65 millions d'années. On retient surtout la disparition des dinosaures, mais ce sont en réalité 90% des espèces animales qui ont tiré leur révérence. Seuls les petits animaux ont survécu, tandis que tous ceux dépassant quelques kilos ont péri. Nul n'était en mesure d'expliquer pourquoi. Dans les années 1970, le physicien Luis Alvarez a proposé une thèse extravagante: ce serait la chute d'une météorite qui aurait provoqué le cataclysme. Un corps de dix kilomètres aurait suffi.

Les progrès techniques nous permettent aujourd'hui de surveiller au télescope des tout petits astéroïdes de cinq mètres de diamètre. On s'est aperçu ainsi qu'il y avait beaucoup de corps susceptibles de passer à proximité de la Terre. De temps en temps, les journaux annoncent qu'un bolide nous a frôlé. En général, il est passé à

quelques centaines de milliers de kilomètres – ce qui, à l'échelle astronomique, correspond à une distance très courte il est vrai, mais enfin, il n'y a pas de quoi s'alarmer.

Que ferait-on si un astéroïde menaçait réellement la Terre ?

La première idée qui vient à l'esprit serait de le détruire, en envoyant un missile nucléaire par exemple. Mais cela risquerait d'être encore pire, car l'explosion produirait plusieurs morceaux, donc plusieurs projectiles dangereux prenant des trajectoires imprévisibles. Il serait nettement plus judicieux de dévier la trajectoire du bolide pour l'éloigner de la Terre. On pourrait par exemple faire exploser un missile dans le voisinage de l'astéroïde, en s'y prenant suffisamment tôt pour que la rencontre ait lieu avant que le bolide soit capturé par la gravitation terrestre.

Certains proposent des voies plus douces encore: faire fondre en la chauffant une partie du corps (si c'est une comète), en concentrant la lumière sur lui au moyen de vastes miroirs gonflables, pour changer sa trajectoire; diriger sur lui de puissants lasers qui pourraient bombarder sa surface pour vaporiser des roches – le jet résultant servant à dévier le bolide; envoyer un projectile sur le corps afin de le dévier (mais de nouveau se poserait le risque de fragmentation); asperger une partie du corps de talc blanc pour qu'elle réfléchisse les rayons solaires, ce qui modifierait aussi sa trajectoire. Une solution très élégante consisterait à faire du remorquage gravitationnel: on envoie un vaisseau spatial à proximité de l'astéroïde, et on les fait naviguer côte à côte pendant des mois, en imprimant régulièrement une infime modification de direction au vaisseau. La masse de celui-ci suffirait à exercer une légère force gravitationnelle sur l'astéroïde qui serait ainsi remorqué comme par un filin invisible et serait finalement dévié de sa trajectoire.

Sommes-nous seuls dans l'univers ? Depuis des millénaires, cette question agite de nombreux cerveaux et se résout en termes d'opinion: certains pensent que oui, certains pensent que non. Il en est qui ont payé cher le fait de penser que non.

Giordano Bruno, montant sur son bûcher en l'an de grâce 1600, devait regretter on ne plus amèrement de n'avoir aucune preuve pour étayer sa vision d'une multitude de mondes habités.

Depuis octobre 1995, il y a enfin quelque chose que nous *savons* pour de bon: il existe d'autres planètes dans l'univers. Le Soleil n'est pas la seule étoile entourée d'une petite cour de corps fidèles. Cela ne répond certes pas encore à la question de la vie extraterrestre, mais en fournit au moins les prémisses indispensables.

On sait que le rayonnement émis par la Terre présente des signatures marquées qui lui sont imprimées par la biosphère (présence d'oxygène et d'ozone principalement), si bien que des astronomes extraterrestres pourraient certainement détecter la vie terrestre depuis des distances astronomiques (sans parler de nos émissions radio qui quittent la Terre en permanence, mais depuis moins d'un siècle seulement, ce qui rend leur détection possible uniquement par des voisins très proches). On a toutes les chances, dès lors, de débusquer l'existence d'êtres vivants extraterrestres rien qu'en analysant le rayonnement provenant de leur planète.

Dans le monde astronomique, il y a trois niveaux d'agrégation marquants: les systèmes stellaires, les galaxies et l'univers.

Les *systèmes stellaires* contiennent une ou deux étoiles assorties de planètes – nous venons de faire le tour du nôtre, le système solaire.

Les *galaxies* rassemblent des systèmes stellaires par dizaines ou centaines de milliards. Au télescope, elles se distinguent des étoiles par leur forme étendue et non pas ponctuelle, ainsi que par leur éloignement. La galaxie qui nous héberge est la Voie lactée.

L'univers dans son ensemble collectionne les galaxies comme des timbres dans un album.

Le jour n'est peut-être pas très éloigné où nous nous apercevrons que l'univers lui-même n'a rien de spécial et n'en est qu'un parmi d'autres. La formulation semble paradoxale, car l'univers est par définition l'ensemble de tout ce qui existe. Mais rien n'interdit d'imaginer des univers qui auraient précédé le nôtre et se seraient succédés avant le Big Bang, ou bien des univers qui se dérouleraient dans des dimensions sans lien avec les nôtres, ou dans des ordres de grandeur qui nous échappent totalement.

Comment les galaxies s'organisent-elles dans l'espace ? Sont-elles réparties au hasard, comme des raisins dans un cake ? Sont-elles réparties selon une grille et de façon homogène, comme les cristaux dans un sel ou les arbres dans un verger ? Ou bien sont-elles réunies en grappes, à la manière des étoiles regroupées en elles ? Et dans ce cas, les grappes sont-elles à leur tour réparties de façon aléatoire, ordonnée, ou par paquets ?

C'est une question qui demande des moyens d'investigation énormes. Et de nouveau, c'est d'abord en lorgnant ailleurs, en répertoriant et en cartographiant les galaxies lointaines, qu'on a pu recueillir des indices sur ce qu'il en est pour nous. Le résultat de ces enquêtes titanesques a le mérite d'être très clair : les galaxies ne sont pas réparties au hasard. Elles forment des grappes appelées *amas de galaxies*. Et ces amas eux-mêmes forment des groupes d'amas appelés *superamas*. Tout ce qui est petit est joli, et tout ce qui est grand est super.

Les amas n'ont pas de forme ni de structure marquée. Ce sont des groupes sans rangement interne, comme des attroupements de badauds dans la rue. Les amas peuvent compter jusqu'à 10 000 galaxies et les superamas plus de 100 000, qui s'étendent sur des zones de quelques centaines de millions d'années-lumière. Il est

possible, avec les instruments actuels, d'assister en direct à l'accouchement d'une étoile, ou plutôt d'une nichée d'étoiles, car celles-ci naissent souvent par paquets. Typiquement, on trouve des zones où cinquante étoiles naissent d'un coup.

Quand la température critique de 10 millions de degrés est atteinte, les atomes d'hydrogène commencent à fusionner pour former des atomes d'hélium. Cette réaction aboutit à une légère diminution de la masse totale des atomes et à la libération d'une énergie énorme. Celle-ci est émise sous deux formes distinctes: du rayonnement (de la lumière) et des particules (des neutrinos). Le fantastique débit d'énergie du Soleil provient entièrement de ces réactions de fusion nucléaire. Chaque seconde, six cents millions de tonnes d'hydrogène sont consommées, dont cinq cents tonnes environ sont converties en énergie et tout le reste en hélium.

Que se passera-t-il ensuite, lorsque le Soleil aura consommé toute sa réserve d'hydrogène, dans cinq milliards d'années ? Son cœur entièrement constitué d'hélium, il entrera dans une nouvelle phase de sa vie où l'hélium lui-même deviendra le nouveau combustible. Lorsque la combustion de l'hydrogène finissante ne compensera plus l'attraction gravitationnelle, le Soleil recommencera à se contracter, comme au début de son existence. Ce faisant, il va encore monter en température, et lorsque le cœur atteindra cent millions de degrés, l'hélium entrera en fusion. Trois atomes d'hélium qui fusionnent forment un atome de carbone avec un fort dégagement d'énergie. Ce sera l'apothéose du Soleil, son chant du cygne. Son cœur se transformera progressivement en carbone. Sous l'effet de cette nouvelle combustion, des changements de structure interne se produiront, qui modifieront l'équilibre de l'étoile. Ses zones périphériques se mettront à gonfler comme un soufflé au four.

L'étoile à neutrons, cadavre central de la supernova, est un corps d'une densité inimaginable. Ces étoiles à neutrons qui nous envoient des « bips » à une cadence

infernale avec une régularité de métronome ont été baptisées *pulsars*, étoiles pulsantes (c'est leur luminosité qui pulse, pas leur taille). Le tout jeune pulsar de la nébuleuse du Crabe, dont la supernova a explosé en l'an de grâce terrestre 1054.

En 1968, lorsqu'on détecta pour la première fois une pulsation régulière venant du ciel dans les ondes radio, les astronomes ont pu se demander un moment s'il s'agissait de signaux provenant d'une intelligence extraterrestre. La régularité mathématique de la pulsation semblait impossible à expliquer par des phénomènes naturels. Toutefois, quand un deuxième signal pulsant s'est manifesté dans une tout autre direction du ciel, puis un troisième, puis un quatrième, l'hypothèse d'une avalanche de messages extraterrestres devenait intenable. Par humour, les premiers pulsars ont quand même été baptisés LGM1 et LGM2, pour *little green men*, les « *petits hommes verts* ».

À long terme, le pulsar perd de l'énergie, il ralentit doucement, son champ magnétique diminue. Un beau jour, le phare s'éteint. Les pulsars les plus jeunes peuvent tourner à six cents tours par seconde. Un pulsar âgé de dix mille ans tourne encore à environ dix tours par seconde. À l'heure actuelle, on connaît plus de mille sept cents pulsars, qui sont autant de métronomes cosmiques dont chacun bat sa propre mesure. On peut en « écouter » certains sur internet. Les meilleurs batteurs ont même été incorporés en « live » dans des œuvres musicales.

Le trou noir fait la charnière entre une astrophysique de père de famille, qui étudie de proche en proche les objets physiques rencontrés au bout du télescope, et une astrophysique beaucoup plus spéculative et en pleine effervescence, qui tente de résoudre les mystères ultimes de l'univers par une approche théorique et globale.

Le trou noir n'est plus l'objet purement hypothétique qu'il a été pendant quelques décennies. On observe aujourd'hui les indices de la formation de trous

noirs dans des restes d'hypernovæ ainsi que la présence de trous noirs géants au centre des galaxies. Celui qui se trouve au centre de la Voie lactée pèse 3,5 millions de masses solaires. Et en 2004, on a observé une grande première: une étoile qui s'est fait déchiqueter et engloutir par un trou noir.

Qu'y a-t-il dans le trou noir ? Aucun type d'observation ne semble accessible, puisqu'un trou noir ne prête le flanc à aucune détection, aucune mesure. Incolore, inodore, insipide, inaudible, invisible, le trou noir est l'être le plus introverti de l'univers. Pour en avoir le cœur net, il faudrait aller voir sur place, avec une sonde par exemple, ce qui, outre la durée du trajet, ne nous avancerait guère, puisque aucun retour de matière ou d'information n'est par principe possible. Les questions sont pourtant légion. Où va la matière qui tombe dans un trou noir? Y a-t-il un fond? De quelle nature est cette déformation radicale du tissu élastique? S'agit-il d'une courbure infinie?

Nous parlons des galaxies comme s'il s'agissait d'une évidence, mais rappelons que leur découverte ne remonte pas plus loin que 1925. L'espace, après cette date charnière, s'est agrandi des milliards de fois par rapport à ce qu'on tenait pour l'univers entier, c'est-à-dire le petit carrousel de notre Voie lactée.

Le jour où l'on a voulu estimer la vitesse de ces nouveaux objets qu'étaient les galaxies extérieures, ce fut la stupeur. Toutes s'éloignaient de nous. On aurait dit un essaim de moineaux au milieu duquel on avait tiré un coup de feu. Nous étions à l'endroit du coup de feu. C'est ce qu'on a appelé la « fuite des galaxies ».

Il n'est pas certain que s'il existe dans l'univers des milliards de planètes comparables à la Terre, autour d'étoiles semblables au Soleil, et contenant de l'eau liquide, du carbone et toutes les épices nécessaires, la vie y soit apparue automatiquement. C'est seulement très probable. Il n'est pas certain non plus que si la vie se développe sur une planète, elle évolue et débouche nécessairement sur la

conscience. On aurait pu en rester au stade des bactéries. On y est d'ailleurs resté pendant très longtemps. Des vaisseaux extraterrestres auraient pu passer au voisinage de la Terre pendant des milliards d'années et ne rien remarquer que du volcan, du désert et de l'eau.

Il n'empêche qu'on a très envie de savoir si, oui ou non, « il y a quelqu'un ». Cette curiosité est aussi ancienne que l'humanité, mais pour la première fois dans l'histoire, il est possible de mettre en œuvre des tentatives de communication. Il se trouve même un astronome pour avoir voulu calculer le nombre de civilisations avancées existant à un moment donné dans notre galaxie. La formule mise au point en 1961 par Frank Drake est assez inattaquable du point de vue de la logique.

Suivant les estimations, plus ou moins solidement fondées, que l'on prend pour chacun des paramètres, l'équation fournit des prévisions allant de 1 à 10 000 civilisations contactables dans notre galaxie (on fait l'impasse sur les quelque cent milliards d'autres galaxies dans l'univers). Ce qui nous laisse dans le flou, c'est le moins qu'on puisse dire.

En 1974, un premier message radio émis à grande puissance a quitté le radiotélescope d'Arecibo, à Porto Rico, en direction de l'amas globulaire Messier 13, où il arrivera dans... 24 000 ans ! Un autre message a été envoyé en 1987 depuis le radiotélescope de Nançay vers le centre de notre galaxie (temps de voyage: 28 000 ans). Nous pouvons dormir longtemps avant de recevoir une réponse.

Alors pourquoi ne pas prendre un raccourci et commencer par écouter les questions ? Enfin, les éventuels messages que certaines civilisations, piaffant de curiosité, auraient pu envoyer à tout va voici quelque temps – ou tout simplement les émissions radio qu'elles diffusent étourdiment? C'est l'idée de base du

programme SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence): ouvrons les oreilles et écoutons ce que l'espace nous dit.

Toute l'astronomie des temps modernes tient à quelque chose qui n'a pas plus de force qu'une goutte de pluie...

ICONOGRAPHIE : « *Les Pléiades, un amas ouvert d'étoiles jeunes situées dans la constellation du Taureau* » Source Wikimedia Commons.