

sommes pas encore ! Les civilisations de type II accèdent à la totalité de l'énergie d'une étoile telle que notre soleil. Les civilisations de type III disposent et se servent de la totalité de l'énergie contenue dans une galaxie. Nous en sommes très loin !

En 1998, John Barrow, cosmologiste et astrophysicien à l'Université de Cambridge, a proposé une autre classification indépendante et complémentaire, fondée sur la taille des objets qu'une technologie donnée est en mesure de contrôler.

Il y a sept niveaux. Au niveau I, une civilisation maîtrise les objets de la taille de ses individus : habitations, véhicules, etc. Nous y sommes. Le niveau II correspond à une maîtrise des composants de base de ses individus – organes, cellules, gènes – qu'on devient capable de transplanter, remplacer, sélectionner et manipuler. Nous y arrivons. Le niveau III imagine une capacité d'action moléculaire permettant de connaître ou de créer des matériaux de toutes sortes en associant des molécules. Nous avons franchi quelques pas dans cette direction. Le niveau IV est celui du passage à l'échelle atomique : la science, devenue maîtresse des nanotechnologies, conçoit et construit des objets artificiels minuscules, atome par atome, et crée par exemple des formes artificielles de vie. Nous y pensons !

Le niveau V atteint le noyau des atomes et ses composants, qui deviennent manipulables. Le niveau VI domine les particules les plus élémentaires de la matière – quarks et leptons – permettant la création de nouveaux assemblages complexes. Nous en sommes loin. Le dernier niveau, Oméga, correspond à une domination totale de toutes les structures de base de l'espace et du temps. Nous ne savons même pas imaginer clairement ce que cela signifie.

Dans le parcours de ces deux échelles, envisageons diverses étapes. Nous en considérerons trois étudiées et décrites dans le livre de C. Vidal : les classiques sphères de Dyson ; les hypothétiques civilisations « starivores », peut-être observables dès maintenant ; les très spéculatives civilisations créatrices d'univers et sujettes à des mécanismes de sélection darwinienne à l'échelle du cosmos.

© worae.spshutterstock.com

1. La mort thermique de l'Univers



La seconde loi de la thermodynamique affirmant la croissance continue de l'entropie de l'Univers, considéré comme un système isolé, implique que l'Univers va vers un état où toute l'énergie sera uniformément distribuée et où toute vie sera impossible, un état nommé « mort thermique ». L'idée a été proposée en 1851 par Lord Kelvin qui s'appuyait sur les travaux de Sadi Carnot, James Joule et Rudolf Clausius. Les scénarios envisagés depuis par les cosmologistes sont plus

variés, mais la plupart prévoient qu'au-delà d'un certain moment, l'Univers ne pourra plus abriter la vie.

En 2000, Lawrence Krauss et Glenn Starkman expliquaient dans un article : « Les données actuelles suggèrent que la constante cosmologique est non nulle ou, ce qui revient au même, que nous vivons dans un Univers ouvert [...]. Si l'Univers reste déterminé par cette constante, notre capacité à maîtriser des structures de grandes tailles diminuera à mesure que le temps

s'écoulera. Les objets observables disparaîtront sur une durée de l'ordre de grandeur de la vie d'une étoile. De plus [...], la durée de vie de toute civilisation ne pourra qu'être finie [...]. À moins d'un improbable et très puissant effet gravitationnel, la totalité de l'information manipulable par une civilisation durant la totalité de l'histoire de l'Univers sera finie, et donc si nous admettons que la conscience et l'esprit sont fondés sur une forme de calcul physique, la vie ne peut pas être éternelle. »

2. Les sphères de Dyson

Les sphères de Dyson ont été imaginées comme un moyen pour une civilisation de profiter de toute l'énergie de rayonnement d'une étoile. Pour cela, de telles structures entourent un soleil. L'idée d'une coque immense est séduisante, mais, comme l'a précisé Freeman Dyson, elle est mécaniquement impossible : la gravitation de l'étoile conduirait à l'effondrement de la structure. Il faut plutôt imaginer une multitude d'objets en orbite autour de l'étoile, si nombreux que tout rayonnement qui s'en échappe est intercepté et capté par l'un des objets en orbite.



Une sphère de Dyson est une structure envisagée en 1960 par le célèbre physicien américain Freeman Dyson, dans un article de la revue *Science*. Il s'inspirait d'un roman de science-fiction publié en 1937 par Olaf Stapledon et intitulé *Star Maker*. Il n'a jamais prétendu être l'inventeur de l'idée, quoiqu'elle porte son nom aujourd'hui.

Capter toute l'énergie d'une étoile?

Le but de ces structures est de capturer l'essentiel de l'énergie du rayonnement d'une étoile. L'idée d'une coque sphérique creuse entourant l'étoile, retenue assez souvent dans les livres de science-fiction, est bien sûr la plus naturelle. Cependant, comme le précise F. Dyson lui-même, elle est physiquement impossible : la force d'attraction de l'étoile la ferait s'effondrer. Sans donner beaucoup de précisions, F. Dyson pense plutôt à une collection d'un grand nombre d'objets en orbite autour de l'étoile concernée, dont la totalité cache l'étoile et en capte toutes les émissions, ou au moins une partie importante.

Une civilisation réussissant la construction d'un tel ensemble serait une civilisation de type II sur l'échelle de N. Kardashev. Le spectre émis par une telle sphère, absorbant l'essentiel du rayonnement de l'étoile enveloppée, serait nécessairement très différent des spectres connus des étoiles nues. On serait donc en mesure de les détecter de très loin. Pour F. Dyson, les émissions infrarouges de ces hypothétiques sphères mériteraient d'être recherchées pour détecter d'autres civilisations éventuelles. L'idée a été suivie plusieurs fois. En particulier, des recherches menées par le Fermilab, aux États-Unis, explorant 250 000 sources d'émission, ont conduit en 2009 à repérer 17 sources infrarouges compatibles avec ce qu'on imagine que produirait une sphère de Dyson. Mais aucune n'a encore été confirmée comme provenant d'une civilisation extraterrestre.

Capter l'énergie émise par une étoile, sans en laisser s'échapper trop, c'est très bien, mais la matière d'une étoile est aussi de l'énergie. Aussi, on imagine qu'une civi-

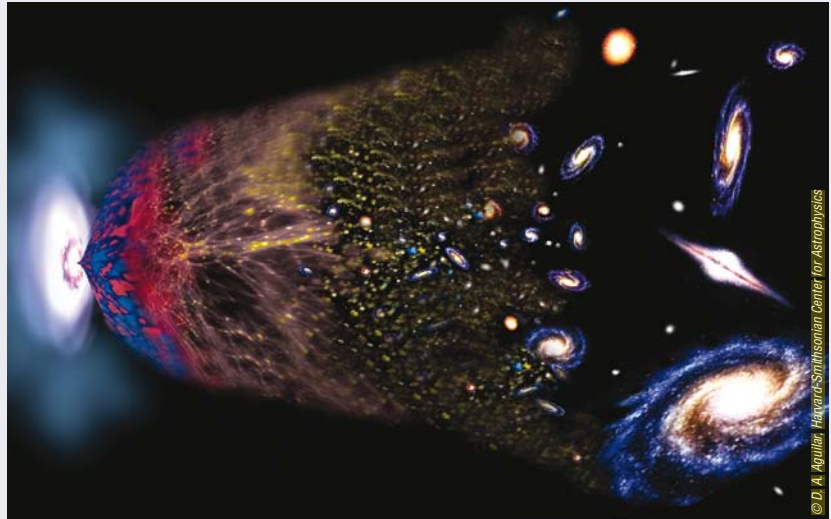
3. Les étoiles doubles starivores



Il existe trois sortes de systèmes d'étoiles doubles. Les deux corps peuvent être en contact, totalement détachés ou semi-détachés, c'est-à-dire échangeant de la matière. Cette troisième catégorie, d'après Clément Vidal, est particulièrement intéressante : « Dans les systèmes semi-détachés, on observe un flux énergétique qui pourrait être contrôlé. Des arguments thermodynamiques permettent une interprétation métabolique de ces systèmes binaires. La justesse de telles interprétations n'est pas tranchée, mais on peut envisager des tests à partir des données astrophysiques disponibles. »

4. La sélection naturelle de Lee Smolin

L'idée de la sélection naturelle a été reprise dans diverses sciences. Par exemple, les algorithmes génétiques sont un moyen de concevoir des programmes efficaces en simulant un processus de sélection entre programmes candidats. En cosmologie, l'idée a été proposée par Lee Smolin qui imagine que les trous noirs se forment dans un univers comme le nôtre sont dans certains cas assimilables à des naissances d'univers. Les univers les plus susceptibles de donner naissance à d'autres trous noirs sont favorisés et ont donc une descendance plus nombreuse. Par conséquent, on ne doit pas être étonné d'être présent dans un univers où les trous noirs se forment aisément. Une sorte de sélection naturelle se déroulerait donc à un niveau cosmique.



© D. A. Aguilar, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

lisation avancée de niveau V sur l'échelle de J. Barrow, maîtrisant les états très denses de la matière, souhaiterait s'en emparer rapidement sans avoir à attendre les milliards d'années nécessaires pour que l'émission naturelle de l'étoile la rende disponible. Peut-on concevoir d'autres moyens d'utiliser rapidement et efficacement l'énergie d'une étoile et qu'adopterait une civilisation avancée ? C'est une idée que C. Vidal étudie en détail.

Aspirer la matière de l'astre

L'observation de certains systèmes astrophysiques doubles, en particulier impliquant un trou noir et une autre étoile, suggère d'intéressantes questions sur ce thème. L'étoile y est aspirée par un mécanisme d'accrétion progressive et parfois irrégulier, comme s'il était piloté. L'ensemble permet d'accéder à une part importante de l'énergie de l'étoile sans attendre qu'elle s'en libère par émission spontanée. Par ailleurs, certains systèmes doubles émettent des jets de matière et de rayonnement comme s'ils évacuaient une sorte de déchet. La forme optimale de consommation de l'énergie d'une

étoile ne ressemblerait-elle pas à cela ? La matière serait utilisée petit à petit, et ce qui est expulsé correspondrait à l'évacuation de l'entropie. C. Vidal insiste sur l'analogie thermodynamique entre un tel système et le métabolisme des êtres vivants que nous connaissons.

Bien sûr, pour arriver à de telles formes, la vie hypothétique constituant ces systèmes doubles serait très différente de celle sur Terre, fondée sur la chimie du carbone. F. Dyson lui-même et d'autres ont depuis longtemps suggéré que la vie pourrait exister sous des formes très différentes de la nôtre. Il n'est pas absurde d'imaginer de tels types exotiques de vie, que justement des civilisations avancées sur l'échelle de J. Barrow maîtriseraient et créeraient.

L'existence de ces systèmes vivants fonctionnant sur un rythme temporel sensiblement plus rapide que le nôtre, à une température plus élevée et en utilisant une matière plus dense que celle de la Terre, est bien évidemment une spéculation. Elle mérite d'être précisée, mais pourquoi se l'interdire ? La suggestion de C. Vidal, que certains systèmes binaires observés depuis longtemps par nos télescopes ont des propriétés thermodynamiques évoquant des

systèmes vivants pourraient être des civilisations avancées, n'est donc pas plus absurde que les sphères de F. Dyson.

C. Vidal propose de nommer « stari-vores » ces civilisations qui mangent les étoiles. Un autre indice qu'il avance en faveur de l'idée que nous voyons depuis longtemps ces structures artificielles est fondé sur la grande variété des systèmes doubles connus. Aujourd'hui encore, on découvre des systèmes binaires qui se présentent sous des formes inattendues... comme lorsque nous découvrons de nouveaux êtres vivants sur Terre !

Une caractéristique de tous les êtres vivants est qu'ils manipulent de l'information. Celle-ci est au cœur de leur reproduction (l'information génétique), de leur action sur leur environnement (l'information à l'œuvre dans notre système nerveux, dans l'organisation sociale, et dans la circulation du savoir scientifique). Une preuve définitive de la découverte de civilisations extraterrestres ne sera établie que lorsque nous aurons pu prouver que de tels systèmes de traitement de l'information sont présents dans les objets célestes que nous soupçonnons être liés à des intelligences différentes de la nôtre. Pour l'instant, nous n'y sommes pas !