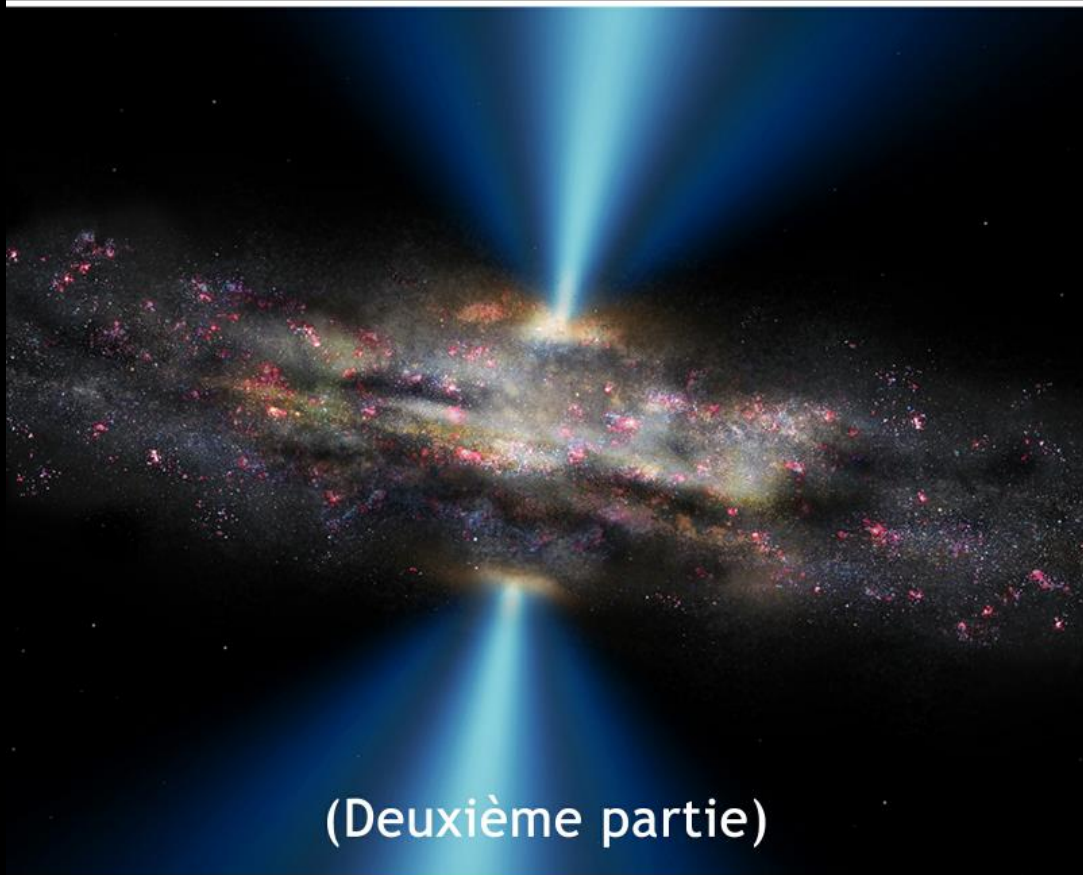


**VOYAGE
DANS
L'ESPACE**

Épisode

35

**NOTRE UNIVERS:
BIZARRE, MYSTÉRIEX ET... ÉPOUSTOUFLANT!**



(Deuxième partie)

**À la frontière de nos connaissances...
et même par-delà!**

Le balado et les fascicules

Depuis janvier 2018, Claude Lafleur, Mathieu Rancourt et Richard Massicotte produisent un balado consacré à l'exploration de l'espace. Intitulé *Voyage dans l'espace*, il est diffusé sur la plate-forme soundcloud.com. Chaque épisode vous fait parcourir une dimension particulière, qu'il s'agisse de l'exploration d'une planète, de la recherche de vie dans l'Univers ou de l'aventure des astronautes et de ceux et celles qui rêvent d'espace.

Pour chaque balado, ils préparent un exposé détaillé, sous forme de questions/réponses. Ils publient ces exposés sous forme de fascicules pdf, comme celui-ci. Il s'agit donc d'une conversation entre l'animateur de *Voyage dans l'espace*, Richard, et le passionné d'espace, Claude.

Notez que le balado diffusé s'inspire librement des questions/réponses préparées à cet effet. Le texte qui suit n'est pas un verbatim de l'émission, mais plutôt une autre version; le balado et ce fascicule se complètent l'un et l'autre.

Tous les fascicules sont offerts aux abonnés du balado *Voyage dans l'espace*, abonnement au coût de 5\$/mois, via la plate-forme patreon.com.

Mathieu Rancourt est géographe et professionnel de recherche.
Claude Lafleur est journaliste scientifique qui suit au quotidien depuis cinquante ans les péripéties de l'exploration spatiale. **Richard Massicotte** a été journaliste à la radio de Radio-Canada, notamment aux *Années lumière*.

L'équipe des fascicules:
Rédaction: Claude Lafleur
Couverture: Mathieu Rancourt
Illustrations: NASA, [David Taylor](#)

Courriel: claudelafleur1@videotron.ca

© Copyright, Claude Lafleur, 2019

Balado: <https://soundcloud.com/voyage-danslespace/>

ISBN 978-2-923275-76-5 (pdf)
ISBN 978-2-923275-77-2 (kindle)

Abonnement:
<https://www.patreon.com/voyagedanslespace>

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec, 2019

Facebook: <https://www.facebook.com/voyagedanslespace/>

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Canada, 2019

Une coïncidence époustouflante



Une éclipse de Soleil est le fruit d'une coïncidence exceptionnelle: le diamètre de la Lune est 400 fois plus petit que celui du Soleil, mais notre Lune se trouve 400 fois plus proche de nous que le Soleil. Il s'agit là d'une formidable coïncidence puisqu'au moment où la Lune passe exactement devant le Soleil (photo), son disque recouvre parfaitement celui du Soleil. Autrement dit, si la Lune avait été un peu plus loin de la Terre, ou un peu plus petite, ou si le Soleil avait été un peu plus gros ou un peu plus proche..., nous n'aurions jamais assisté à des éclipses aussi parfaites. Nulle part ailleurs dans le Système solaire retrouve-t-on une si belle concordance... et probablement très rarement, sinon même nulle part ailleurs dans l'Univers. Et cette coïncidence nous permet d'observer et d'étudier l'atmosphère autour du Soleil, telle que l'illustre cette photo.

Table des matières

VI – L'ultime fin du Soleil: nébuleuse planétaire

VII – Troublants trous noirs

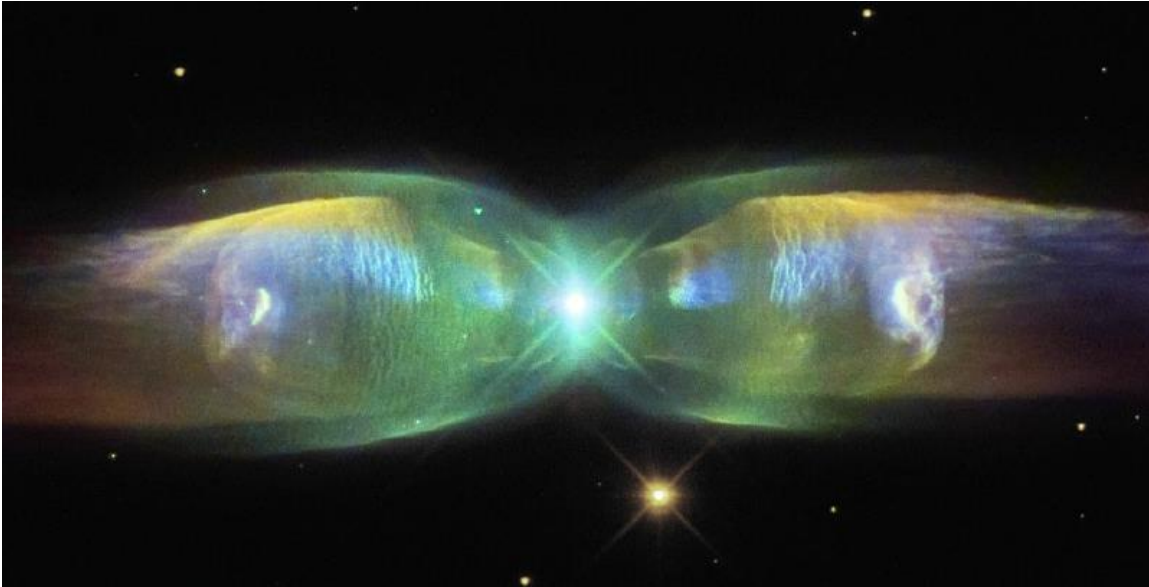
VIII – De fabuleuses balises extraterrestres?

IX – Quelques découvertes renversantes

X – L'incroyable Big Bang

XI – L'œuf... ou la poule?

Conclusion: poussières d'étoiles



Voici le sort qui attend notre Soleil dans 7½ milliards d'années: une nébuleuse planétaire.

VI – L'ultime fin du Soleil: nébuleuse planétaire

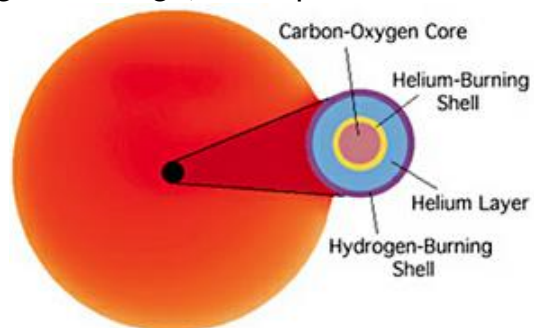
Dans la section précédente, nous avons vu que dans sept milliards d'années environ, le Soleil va «exploser», c'est-à-dire que ses couches périphériques se seront détachées du noyau de l'étoile pour former une gigantesque boule de gaz diffus dite *géante rouge*, tandis que son noyau se sera contracté sur lui-même jusqu'à déclencher un foudroyant *flash de l'hélium*. Et bien entendu, entre temps, notre petite planète bleue aura été pulvérisée.

Mais que deviendra ensuite ce qui reste de notre étoile? Connaîtra-t-elle le sort réservé à certaines, soit devenir l'ultime bizarrerie du cosmos: un trou noir?

Comme le décrit si admirablement bien le professeur David Taylor, «les dernières 140 millions d'années d'existence du Soleil seront extrêmement compliquées.»ⁱ

Notre étoile sera alors constituée d'un minuscule noyau d'atomes d'oxygène et de carbone, enrobé sous une couche d'hélium se transformant progressivement en carbone, le tout en-

touré d'une large enveloppe d'hydrogène se convertissant en hélium. (!) Notre étoile sera alors devenue ce que les astronomes appellent une *sous-géante rouge*, telle qu'illustrée ici:



Le Soleil sera, dans sept milliards d'années, une sous-géante rouge.

Cette sous-géante rouge demeurera stable durant une centaine de millions d'années, brillant d'un éclat relativement modeste, c'est-à-dire de 45 à 110 fois l'éclat actuel du Soleil, ce qui est peu comparé à ce qu'il était lorsqu'il se trouvait au stade de géante rouge (brillant alors 2300 fois plus qu'aujourd'hui). Un exemple de sous-géante rouge nous est donné par l'étoile Acturus.

Puis, au terme de cette stabilité de cent millions d'années, le Soleil éclatera à nouveau, redevenant pour un temps une géante rouge 3000 fois plus lumineuse qu'il l'est actuellement. Mais il va alors connaître une série d'explosions colossales – quatre ou cinq explosions survenant à 100 000 ans d'intervalle environ – pour finir par s'étouffer complètement, puis s'éteindre. Ce qui reste du cœur de l'étoile deviendra de la matière ultra-chaude et super-condensée, tandis que les

couches périphériques s'éparpilleront dans l'espace interstellaire pour donner lieu à une magnifique *nébuleuse planétaire*.

Notons que cette appellation est trompeuse, puisqu'une *nébuleuse planétaire* n'a rien à voir avec des planètes. Jadis, les astronomes ont cru qu'il s'agissait de nuages à partir desquels se formaient les planètes – d'où le qualificatif de planétaire – mais nous savons à présent qu'il n'en est rien, puisque ce sont en réalité les restes d'étoiles mortes.

Néanmoins, les nébuleuses planétaires figurent parmi les plus beaux objets célestes photographiés par le télescope spatial Hubble. En voici d'ailleurs quatre exemples qui nous donnent une idée de ce à quoi pourrait ressembler notre petit coin d'Univers (le Système solaire) dans sept milliards et demi d'années:



La forme remarquable de la nébuleuse du Sablier serait due à l'expansion de vents stellaires à l'intérieur du nuage de débris provenant de l'explosion de l'étoile.



La nébuleuse de la Lyre (Messier 57) est un bel anneau qui mesure 2,4 années-lumière de diamètre. Au centre se trouve une naine blanche, une étoile un peu plus grosse que le Soleil qui a explosé en fin de vie.

La nébuleuse du Spirographe est surnommée de la sorte en raison des filaments en arc de cercle semblables à ce qu'on peut dessiner grâce à un spirographe.



NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/ESA)
Acknowledgment: Dr. Magdalena Sobral (UPV), and Dr. Armin P. Heger (SDSS)

Ultimement, tout ce qui restera du Soleil, ce sera une *naine blanche*, un objet un peu plus gros que la Terre mais 200 000 fois plus massif.ⁱⁱ Or, les naines blanches ont une durée de vie extraordinaire: des centaines de milliards d'années. Or, comme l'Univers n'existe que depuis 13,7 milliards d'années, c'est dire que les plus vieilles naines blanches sont encore dans leur prime jeunesse et n'ont pas fini de s'éteindre complètement.

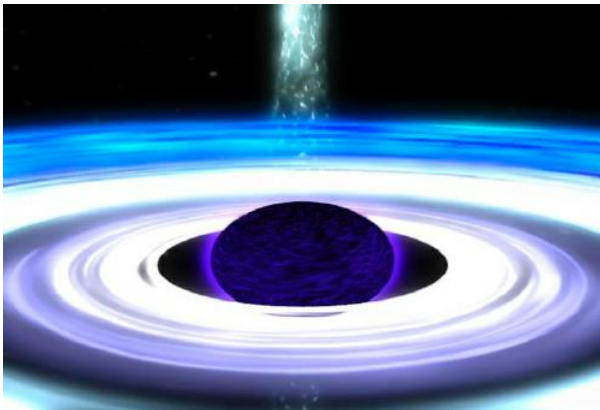
Notre Soleil ne deviendra donc pas un trou noir pour la bonne et simple raison que, dès le départ, sa masse était insuffisante. Pour devenir un trou noir, il aurait fallu qu'il soit de trois à dix fois plus massif.ⁱⁱⁱ

Ces incroyables neutrinos

Les neutrinos sont des particules subatomiques produites en énorme quantité au cœur des étoiles. Ce sont des particules incroyablement légères: deux millions de fois plus légère qu'un électron – ce qui n'est pas peu dire (voir encadré p. 16).

Par conséquent, rien ne peut stopper des particules aussi infimes; les neutrinos passent à travers la Terre comme s'il s'agissait d'un nuage très diffus de gaz. Et le temps que vous lirez cette phrase, mille milliards de neutrinos vous auront traversé le corps!

Mais comme il s'agit de particules électriquement neutres (ni positives comme le proton, ni négatives comme l'électron), les neutrinos n'ont aucun effet. Une chance pour nous!



Représentation d'un trou noir

Un trou noir est en soit invisible et est *symbolisé* ici par une sphère noire que les cosmologistes appellent l'*horizon des événements*, au-delà duquel il est impossible d'apercevoir quoi que ce soit. Heureusement que la matière qui s'agglutine autour du trou noir, avant d'être avalée, émet d'énormes quantités de radiations et d'énergie, tel qu'illustré. (En savoir plus.)

VII – Troublants trous noirs

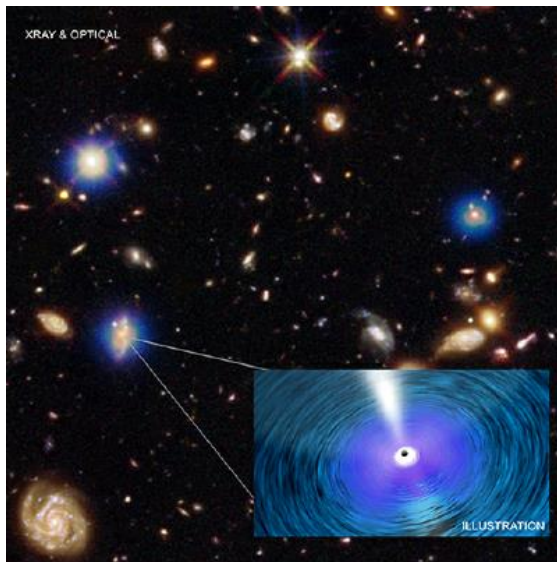
Un trou noir, c'est l'un des objets les plus intrigants qu'on connaisse. Toutefois, en réalité, c'est tout simplement une énorme et inimaginable concentration de matière.

Un trou noir, pourrait-on dire, ce n'est qu'une certaine quantité de matière qui s'est tant contractée sous le poids de sa masse qu'elle a atteint une densité prodigieuse. Ainsi, la Terre

pourrait être transformée en trou noir si on la compressait suffisamment, au point où elle n'aurait plus que la taille d'une bille d'un centimètre de diamètre! Le Soleil serait un trou noir si

on le réduisait à la taille d'un astre de quelques kilomètres de diamètre. Cependant, ni l'un ni l'autre ne possède la masse nécessaire pour exercer sur lui-même l'énorme pression requise pour atteindre une telle concentration de matière.

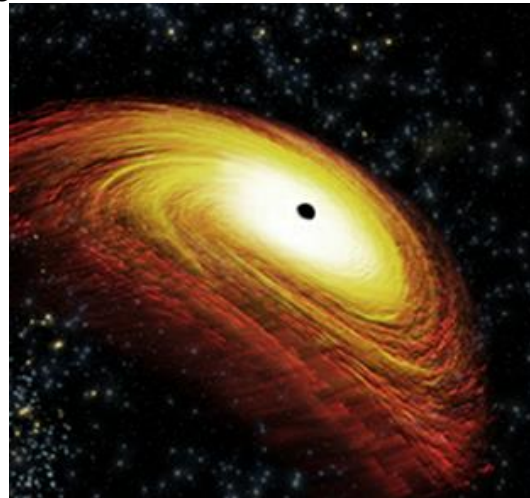
Mais cela signifie aussi qu'on peut trouver des trous noirs de toute taille. On imagine généralement qu'un trou noir est quelque chose de gigantesque, bien davantage qu'une étoile. Mais c'est plutôt le contraire: les trous noirs sont avant tout des objets très compacts de matière et peuvent par conséquent n'avoir la taille que de quelques kilomètres ou quelques milliers de kilomètres tout au plus.



La plupart des galaxies, qu'importe leur taille et leur forme (telle qu'illustrée ici) renferme en leur centre un trou noir.

Ce qu'il y a de gigantesque à leur sujet, c'est leur masse. La masse de certains trous noirs équivaut à celle de centaines ou de milliers de Soleil, voir des milliards!^{iv} Il va de soi que la force gravitationnelle qu'exercent de si gigantesques trous noirs agit sur un vaste domaine... et qu'il ne fait pas bon de

s'aventurer dans les parages de ces géants.



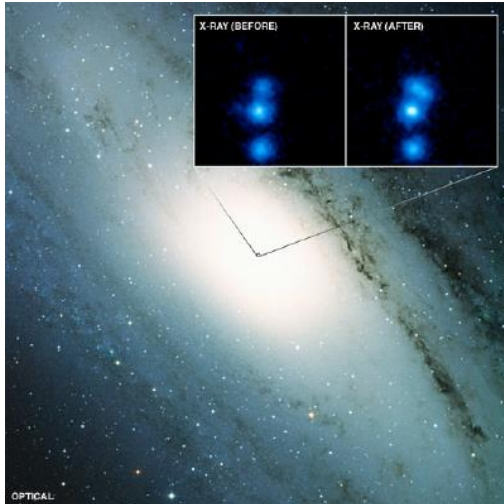
Un trou noir 160 000 fois plus massif que le Soleil se cacherait au centre de cette galaxie située à 3,9 milliards d'années-lumière de nous.

Curieusement, les astronomes ont repéré deux catégories bien distinctes de trous noirs. Il semble en effet exister des trous noirs de masse dite stellaire, c'est-à-dire dont la masse avoisine les 10 à 24 fois la masse du Soleil, tandis qu'il existerait aussi des trous noirs dit super-massifs, dont la masse correspond à des millions, voire à des milliards de masses solaires. Et peut-être rien entre les deux.^v En effet, si certaines théories semblent indiquer qu'il existerait des trous noirs de classe intermédiaire, on n'en a cependant pas encore trouvés.

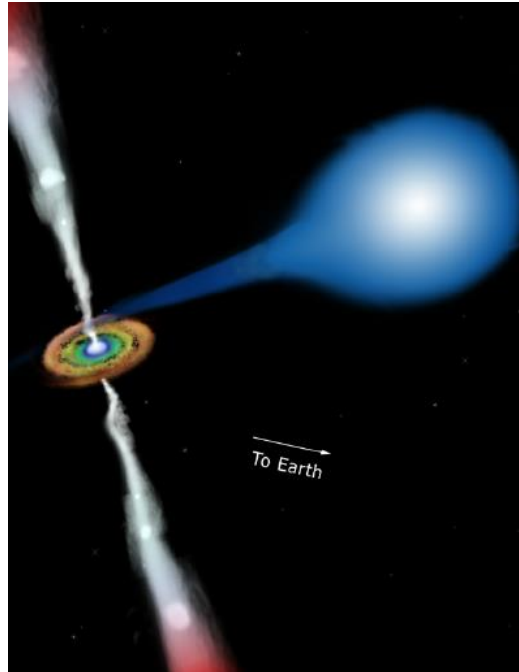


Gros plan sur ce qui se passerait dans les environs d'un trou noir.

Des trous noirs pas faciles à débusquer



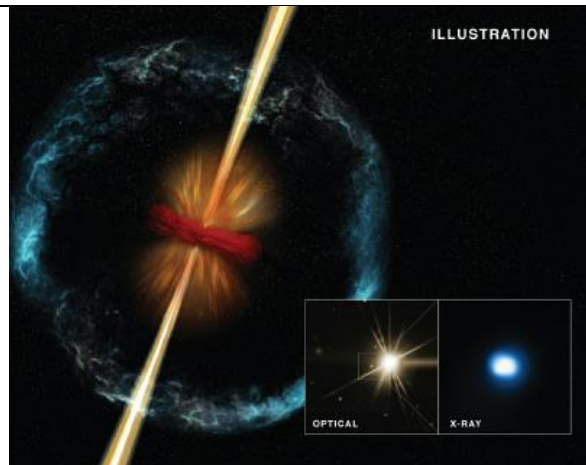
Les trous noirs se cachant au sein des galaxies sont difficiles à repérer; on ne peut les voir directement mais seulement détecter leur présence. C'est ainsi qu'on a repéré un trou noir au cœur de la galaxie d'Andromède (ci-dessus). (En [savoir plus.](#))



Comme il est impossible de les photographier, on a généralement recours à des dessins pour illustrer ce qu'on détecte autrement. C'est le cas du dessin de droite qui montre le fait que certains trous noirs, à proximité desquels se trouve une étoile en train d'être dévorée, émettent de puissants jets de matière. (En [savoir plus.](#))



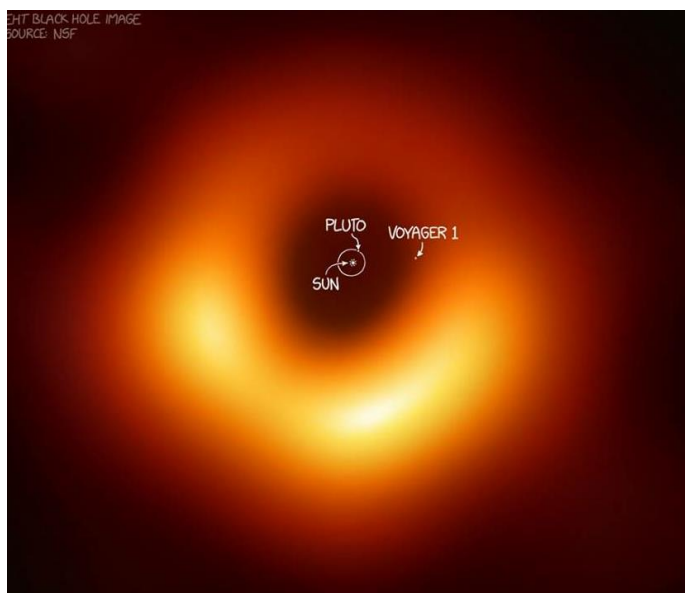
Deux scènes impressionnantes. À gauche, représentation artistique d'un trou noir, situé au cœur d'une galaxie et qui dévore d'énorme quantité de matière plus rapidement que ne se développe la galaxie; s'agit-il d'une galaxie en train d'être dévorée? (En [savoir plus.](#))



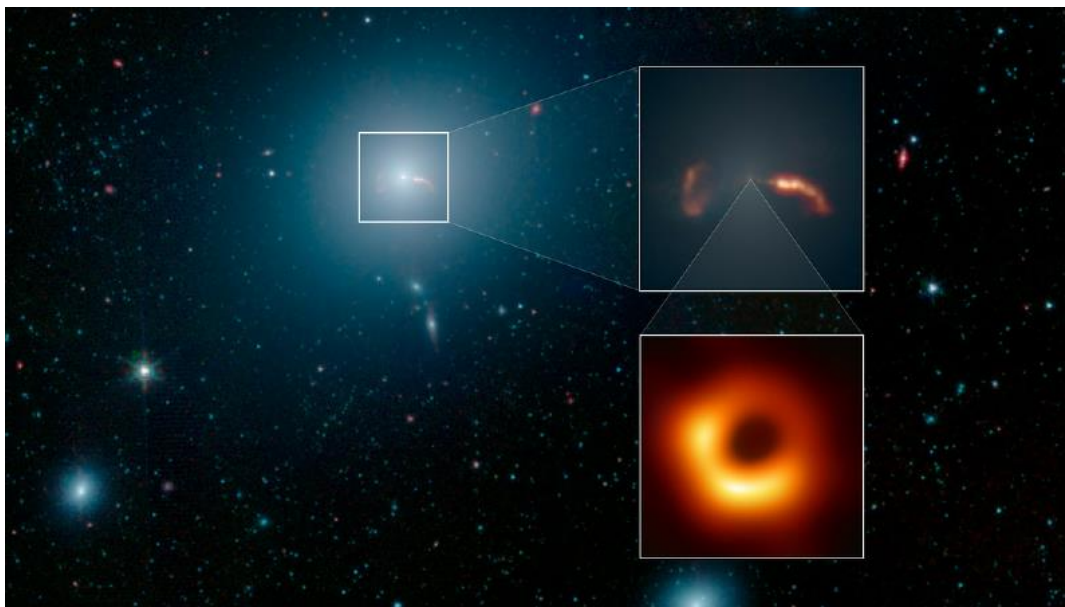
À droite, représentation artistique de la collision d'un trou noir et d'une étoile à neutrons (ou de deux étoiles à neutrons) qui génère un formidable jet de rayons gamma. (En [savoir plus.](#))

Première photographie d'un trou noir

Le 10 avril 2019, une nouvelle étonnante est diffusée: des astronomes sont parvenus à photographier un trou noir. Mais comment est-ce possible si, comme nous l'avons dit, un trou noir est impossible à voir? En fait, ce qu'on voit sur l'image ci-dessous, ce n'est pas le trou noir comme tel, mais plutôt la matière qui l'encercle avant d'être absorbée par celui-ci.



Il s'agit d'un gigantesque trou noir, qui réside au cœur de la galaxie elliptique Messier 87 (M87), située à 55 millions d'années-lumière de nous. La masse de ce trou noir est énorme: 6,5 millions de fois celle du Soleil. Par conséquent, l'objet est immense, nettement plus vaste que le Système solaire, tel qu'esquissé au centre de la photo. (En [savoir plus.](#))



Ce montage photos nous montre la galaxie M87 (à gauche) au centre de laquelle se cache le trou noir. (En [savoir plus.](#))

Des milliers de trous noirs au sein de notre galaxie!

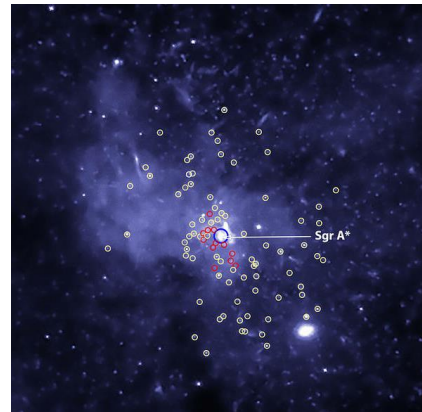
Notre galaxie, la Voie lactée, est un immense disque plat composé de deux bras recourbés sur eux-mêmes, telle qu'illustrée ci-contre.

Ce disque mesure environ 100 000 années-lumière de diamètre mais n'a qu'une épaisseur de 1000 années-lumière. Il s'agit donc d'une structure circulaire aussi mince, toutes proportions gardées, qu'un CD. On estime qu'elle comporte au moins 200 milliards d'étoiles, peut-être même 400 milliards ou plus. (En [savoir plus.](#))

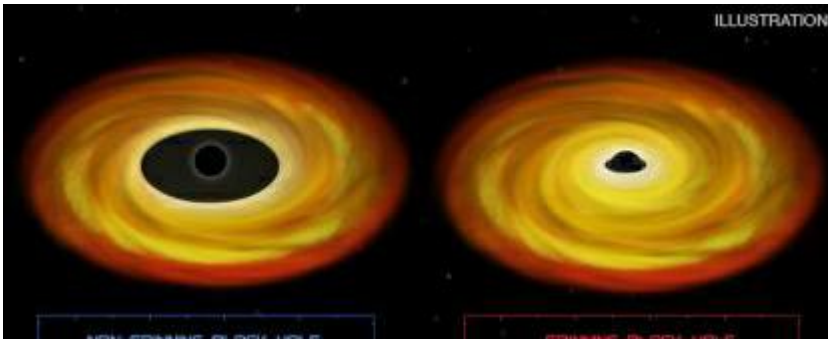
Nous habitons en périphérie de ce disque, à environ 27 000 années-lumière du centre. Et au cœur se trouve justement un trou noir.



Il est impossible de voir ce qui se cache au centre de la galaxie puisqu'entre nous et celui-ci se trouvent quantité de poussière et de gaz qui obscurcit tout. On y parvient toutefois en utilisant des télescopes observant le ciel à l'infrarouge, aux rayons-X ou qui captent les ondes radio. Ces télescopes nous ont fait découvrir la présence d'un gigantesque trou noir baptisé Sagittaire A* («Sagittaire A étoile»).



À gauche, voici à quoi ressemble le centre de notre galaxie, tel qu'observé aux rayons X par le télescope spatial Chandra. Un trou noir super-massif (2,6 millions de fois la masse du Soleil) se situe sous la tache blanche au centre de cette image en fausses couleurs. (En [savoir plus.](#)) De surcroît, nos plus récentes observations ont détecté la présence de milliers de mini trous noirs autour du gigantesque trou noir (petits cercles sur la photo de droite). Il s'agit de trous noirs dont la masse équivaut à quelques dizaines de fois celle du Soleil. (En [savoir plus.](#))



Les trous noirs, au centre des galaxies, tournent sur eux-mêmes à grande vitesse, ce qui génère un mouvement de tourbillon dans la matière qui tombe vers eux.

Autre fait inusité: contrairement à ce qu'on pense, un trou noir n'exerce pas une force d'attraction extraordinaire, une force qui aspirerait tout autour de lui. Ainsi, si on réduisait d'un coup le Soleil en un trou noir, il exercerait la même force de gravité qu'actuellement puisqu'il s'agit de la même quantité de matière. C'est dire que tous les astres du Système solaire continueraient de graviter autour de ce trou noir solaire... comme si rien n'avait changé!

De même, si on transformait la Terre en un trou noir, la Station spatiale internationale et les milliers de satellites qui gravitent autour d'elle (y compris la Lune) continueraient leur petit bonhomme de chemin. Le problème se poserait lorsque viendrait le temps pour les astronautes de revenir sur la terre ferme!

Ce qui nous donne l'image de trous noirs monstrueux qui aspirent tout autour d'eux, ce sont les trous noirs super-massifs, dont la masse correspond à des millions ou à des milliards de fois la masse du Soleil. Il va sans dire que de tels trous noirs exercent une forte capacité d'attraction sur un très vaste territoire et il ne fait pas bon se trouver dans leurs parages.

Quoi qu'il en soit, c'est en s'approchant d'un trou noir – qu'importe sa

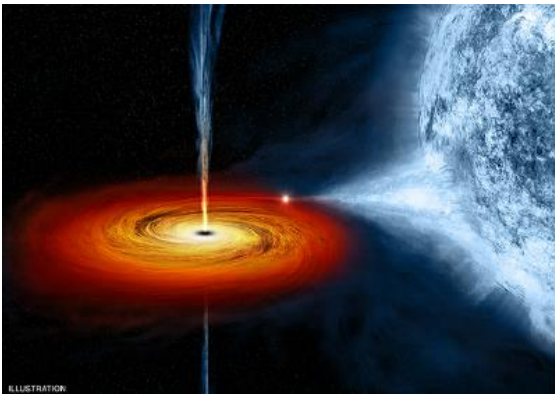
masse – que les choses deviennent terribles. C'est ainsi qu'un trou noir exerce une telle force d'attraction que toute la matière est absorbée, y compris même la lumière (c'est-à-dire les photons de lumière). C'est donc dire que si on remplaçait notre Soleil par un trou noir, rien ne changerait dans le déplacement des astres du Système solaire, mais que ce trou noir solaire garderait pour lui toute la lumière, la chaleur et autres radiations que le Soleil nous prodigue actuellement. Tout s'éteindrait à travers le Système solaire!

Notons au passage que l'appellation trou noir est trompeuse à plus d'un égard – eh oui, encore une fois! D'abord, comme on l'aura compris, il ne s'agit pas d'un trou – un vide à travers lequel on imagine parfois qu'il serait possible de passer pour accéder quelque part ailleurs dans l'Univers. En réalité, c'est tout le contraire d'un vide, puisqu'il s'agit en fait de l'objet le plus massif, le plus dense qu'on puisse concevoir. Ce n'est pas non plus un objet de couleur noir; il est dit noir parce qu'il absorbe toute la lumière et qu'il est de ce fait impossible à voir.

On parvient néanmoins à détecter leur présence à cause des effets gravitationnels qu'ils génèrent autour

d'eux. Ainsi, un trou noir trahit sa présence en dévorant goulûment la matière qui vient à sa portée. C'est le cas, notamment, lorsqu'une étoile vient à passer trop près d'un trou noir; elle est alors dévorée littéralement de façon si terrifiante que l'étoile émet l'équivalent de cris de terreur... sous forme d'intenses émissions de rayons X. Or, nous possédons à présent les télescopes capables de capter ces ultimes émissions de rayons X.

Par contre, si un trou noir n'a pas de matière à sa portée, il demeure indétectable. Ce serait le cas, par exemple, si on transformait le Soleil ou la Terre en trou noir.



Un trou noir avalant une étoile...

Et comme on l'a dit plus haut, il existe deux types de trous noirs. Selon ce que les astronomes sont parvenus à observer, il semble qu'au centre de la majorité des galaxies – y compris la nôtre – se trouverait un gigantesque trou noir (de type super massif). Et nos découvertes récentes nous amènent à penser qu'il y aurait aussi abondance de trous noirs de masse stellaire disséminés un peu partout à travers notre galaxie. Certains sont repérables du fait qu'ils dévorent de la matière mais la plupart passerait inaperçue; on estime ainsi que notre galaxie pourrait

compter entre dix millions et un milliard de trous noirs!^{vi}

Les trous noirs nous fascinent tous, et avec raison. C'est ainsi que de nombreuses œuvres de fiction s'en servent pour nous faire rêver de voyages aux confins de l'Univers. L'idée est séduisante puisque ce sont des objets si bizarres, des objets qui dépassent notre compréhension et qui nous permettent par conséquent de fabuler aisément.

Cependant, en réalité – et contrairement à ce qu'on nous présente souvent –, il ne ferait vraiment pas bon s'aventurer à proximité de l'un d'eux, particulièrement auprès d'un trou noir super massif. Dans les faits, ce que les astronomes observent, c'est qu'aux abords d'un trou noir règne l'environnement le plus dangereux et néfaste qu'on puisse imaginer puisque la matière y subit une décomposition jusqu'au dernier de ses atomes, avec émissions de formidables doses de radiation de toutes sortes. À côté de cela, le cœur d'une centrale nucléaire s'assimile à un paradis terrestre!

Quant à plonger au cœur d'un trou noir pour espérer en ressortir on ne sait où, l'idée est aussi fantastique que farfelue. Non seulement serions-nous broyés par une effroyable force gravitationnelle, mais même le dernier de nos atomes serait pulvérisé.

Quant à ressortir, vivant ou non, d'un trou noir, rappelons-nous simplement que même la lumière ne peut s'en échapper – d'où l'appellation de trou noir.

Mais fort heureusement pour nous, les trous noirs ne sont pas les seules bizarreries du cosmos susceptibles d'exciter notre imagination. Loin de là.

VIII – De fabuleuses balises extraterrestres?

Le 10 mars 1968, une nouvelle sensationnelle apparaît, celle qu'on attend ou qu'on espère depuis si longtemps. Ce jour-là, le *New York Times* annonce que: «La semaine dernière, des radioastronomes américains ont capté des signaux provenant de très loin dans l'espace, et ils croient, comme leurs collègues britanniques, que ces signaux pourraient provenir d'une autre civilisation.» Mais le quotidien s'empresse d'ajouter que ces astronomes se refusent pour le moment de prioriser une telle hypothèse tant que toute autre explication d'origine naturelle n'aura pas été exclue.^{vii}

Précisons que ces signaux ont d'abord été captés par des radioastronomes britanniques à l'été de 1967. Ceux-ci ont ainsi repéré en provenance de l'espace lointain quatre sources émettrices de signaux radio aussi réguliers que rapides. Le *New York Times* précise qu'il s'agit de signaux radio de très courte durée (1,3 seconde), en provenance de quatre sources différentes et qui varient selon une régularité plus parfaite que pourrait le produire nos meilleures horloges atomiques. Bizarrement, ces signaux varient d'intensité durant une minute, puis disparaissent durant trois ou quatre minutes avant de recommencer à nouveau.

«Notre première impression, indique sir Martin Ryle, de l'Université Cambridge d'où émane la découverte, a été d'imaginer qu'il pourrait s'agir d'une intelligence qui tenterait de communiquer avec nous.» Il s'empresse cependant d'ajouter que, si on ne peut exclure une telle possibilité, il faut d'abord tenter de trouver une explication de source naturelle.

Mais comment expliquer un phénomène aussi complexe et bizarre de façon naturelle? Ce genre de signaux fait penser à ceux émis par les balises maritimes qui servent à guider les naviga-

Astronomers Hear Signals From Space

By WALTER SULLIVAN

American radio astronomers during the last week have been recording radio signals from beyond the earth that they and their British colleagues believe could be from other civilizations.

They are, however, unwilling to give this idea prominence until all possibilities of a natural origin can be eliminated.

The British, who discovered the signals but could only observe them for about one minute each day, proposed that they might be from neutron stars—stars of high density believed formed by collapsed atoms squeezed together. How-

Continued on Page 92, Column 4

La nouvelle sensationnelle du *New York Times*, coiffée d'un titre plutôt laconique.

teurs. C'est d'ailleurs pourquoi les radioastronomes britanniques les ont baptisée LGM-1, LGM-2, LGM-3 et LGM-

4 – LGM pour *Little Green Men*, petits hommes verts!

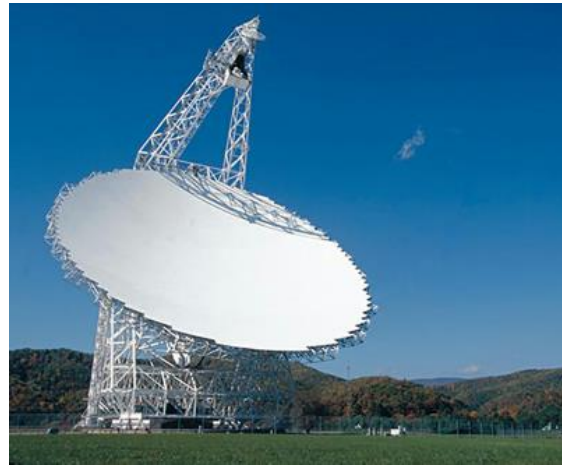
Dans son compte-rendu publié dans le très respecté magazine scientifique *Nature* du 24 février^{viii}, l'équipe britannique précise que: «La nature très particulière de ces signaux pourrait faire penser à la transmission de signaux de conception humaine émanant soit d'un vaisseau spatial se trouvant dans l'espace lointain, soit d'un radar planétaire ou encore de signaux terrestres ayant rebondi sur la Lune.» Par contre, leurs caractéristiques très particulières en font une source idéale pour des balises cosmiques servant à guider des voyageurs interstellaires – ce qui dépasse, et de très loin, nos capacités.

«C'est la découverte la plus excitante depuis cinquante ans», lance avec enthousiasme un astronome qui, bizarrement, a requis l'anonymat auprès du *New York Times*!

Nous relatons en détail cette histoire car, depuis 1968, il arrive fréquemment que des cas semblables sont rapportés dans les médias... comme si c'était la toute première fois qu'on captait de «*mystérieux signaux* d'origine extraterrestre». Eh bien non! Il y a donc là quelques leçons à retirer.

Ajoutons que l'existence de civilisations extraterrestres nettement plus avancées que la nôtre et qui échangeaient entre elles était à la mode dans les années 1960. Ainsi, à l'époque, le radioastronome Ronald Bracewell, de l'Université Stanford, envisageait sérieusement la possibilité qu'il existe des «communautés galactiques avan-

cées» (au pluriel!) qui communiqueraient entre elles. Puis, en avril 1960, Frank Drake, de l'Université Cornell, s'est servi du radiotélescope de Green Bank pour tenter de capter des signaux radio émis par une intelligence extraterrestre. Il s'agit du célèbre projet Ozma, la première tentative de détection de signaux d'origine artificielle, tentative qui n'a bien sûr pas porté fruit. Mais cette fois-ci, en 1968, aurait-on enfin repéré une telle communauté?



Un radiotélescope, comme celui de Green Bank, en Virginie occidentale, est une grande antenne parabolique conçue pour capter les ondes radio.

Selon Drake, dont l'équipe étudie avec soin les signaux repérés par les Britanniques, ceux-ci sont si inusités qu'ils semblent devoir échapper à toute explication d'origine naturelle.^{ix}

Les signaux en provenance de quatre sources différentes ont entre autres la forme de triplé qui varie d'un cycle à l'autre, comme on s'attendrait s'il s'agissait de messages



Frank Drake
(1930-)

codés, rapportent certains spécialistes. D'autres estiment que le rythme d'émission de ces ondes est extraordinairement stable; il ne varierait pas d'une seconde sur une période de 30 millions d'années, soit une précision qui dépasserait de loin toute horloge qu'on pourrait imaginer. Voilà donc ce qui en ferait des balises idéales pour la navigation interstellaire.^x

«L'humanité a-t-elle enfin repéré un réseau de communication spatiale d'une civilisation galactique très avancée?», se demandait sérieusement en éditorial le *New York Times* du 28 mars (ci-contre).^{xi}

«Il y a quelques semaines à peine, poursuit le quotidien, les astronomes auraient balayé du revers de la main une telle question. Mais voilà qu'à présent, non seulement certains d'entre eux se posent-ils la question mais quelques-uns, au moins, envisagent que la réponse pourrait bien être positive.» L'éditorial ajoute néanmoins qu'on ne peut toutefois exclure qu'un mécanisme naturel, encore inconnu, pourrait être à l'origine de ce phénomène sensationnel.

Incidemment, dès le départ, les astronomes soupçonnent la possibilité que ces émissions proviennent d'une sorte très particulière d'objet céleste imaginé par des théoriciens mais non encore repéré: les restes d'étoiles palpitantes, justement appelées «*pulsating star*», ou *pulsar*. C'est ainsi que l'appellation *Little Green Man* fait bientôt place à *Pulsating Radio Source*, les astronomes parlant désormais des PRS-1, 2, 3 et 4 en lieu et place des LGM-1, 2, 3 et 4.

En conséquence, progressivement, l'idée de balises de navigation mises en

Beacons in Space?

Has mankind finally made contact with the space communications network of the advanced galactic civilizations whose existence has long been suspected though never demonstrated? Until a few weeks ago astronomers would have dismissed even the asking of this question as fantastic nonsense. Today these same astronomers not only are themselves asking this question, but some, at least, suspect the answer may well be yes. Certainly no astronomical development in decades has produced such astonishment as the evidence of a new category of celestial objects, the amazing pulsars which some astronomers call LGM's for "Little Green Men."

The pulsars—more technically, the Pulsating Radio Sources—have confounded the conventional wisdom in astronomy by the almost incredible pattern of radio signals they generate. Thus, one source broadcasts radio pulses of such extraordinary regularity that their period has been determined to seven decimal places, the recurrence being every 1.3372795 seconds. These repeated signals are heard for a minute at a time, vanish for about three minutes and then recur. Yet the intensity of the signals varies sharply and unpredictably from pulse to pulse.

It cannot be excluded, of course, that some hitherto unknown natural mechanism is responsible for this strange pattern, and much debate is now under way as to whether such exotic objects as the hypothetical neutron stars may be responsible. But the possibility that the pulsars are beacons in space—coded controllers of intergalactic traffic among civilizations to whom the people of earth might seem a species of neolithic cavemen—cannot be ruled out. No more fascinating possibility has been opened up by any discovery in terrestrial science.

L'éditorial du *New York Times* du 28 mars 1968.

place par des extraterrestres apparaît de moins en moins plausible. Frank Drake fait d'ailleurs remarquer que, si on a repéré quatre PRS, cela doit indiquer qu'il devrait y en avoir des centaines. Or, les spécialistes estiment que l'énergie nécessaire pour émettre de tels signaux en provenance de l'espace lointain équivaldrait à dix milliards de fois toute l'énergie que nous produisons ici sur Terre — et ce pour alimenter une seule de ces centaines de «balises»! Voilà qui fait dire à Drake qu'il est peu probable qu'on retrouve autant de super-civilisations dans notre secteur de l'Univers... même si, pour l'instant, on n'a pas encore trouvé une explication naturelle à ce phénomène très surprenant.^{xii}

Ultimement, bien sûr, on a trouvé l'explication tout à fait naturelle au

phénomène. Mais on peut imaginer le retentissement que l'annonce de signaux extraterrestres aussi bizarres qu'inexplicables a eu à l'époque, et surtout, qu'elle aurait si elle survenait de nos jours. Il n'y a qu'à voir ce qui s'est passé ces dernières années, lorsque de semblables annonces ont été faites, notamment en juillet 2017, en septembre 2018, en janvier 2019 et en juin 2019. L'espace d'une journée ou deux, les médias, traditionnels comme sociaux, s'«emballent» ... avant de passer à autre chose. Mais dans le cas de la découverte des PRS de 1968, l'effervescence a duré plusieurs semaines.

La source d'émissions de signaux extraterrestres qui ont tant intrigué les astronomes en 1967-68 est, comme

certain l'avaient envisagée dès le départ, un corps céleste presque aussi bizarre qu'un trou noir.^{xiii}

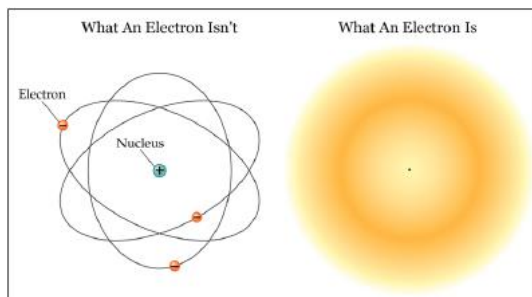


Un pulsar, tel qu'on l'imagine.

Il s'agit en effet de pulsars, des objets de la taille d'une ville (une vingtaine de kilomètres seulement) mais dont la masse équivaut à 430 000 fois celle de la Terre. Une seule cuillerée de la matière qui compose cet objet pèserait des *milliards* de tonnes sur Terre! Les pulsars sont essentiellement faits de neutrons issus de la fusion de protons et d'électrons.^{xiv}

Proton, électron et neutron

Comme on l'a appris à la petite école, la matière est constituée d'atomes, eux-mêmes composés d'un noyau fait d'un ou plusieurs protons et neutrons, autour duquel gravite un nuage d'un ou plusieurs électrons.



À gauche, ancienne représentation d'un atome: un noyau autour duquel orbitent des électrons. À droite, représentation actuelle d'un atome: un noyau entouré d'un nuage d'électrons. (Source: [David Taylor](#).)

Le proton et le neutron sont des particules lourdes assez semblables l'un à l'autre, à la différence près que le proton porte une char-

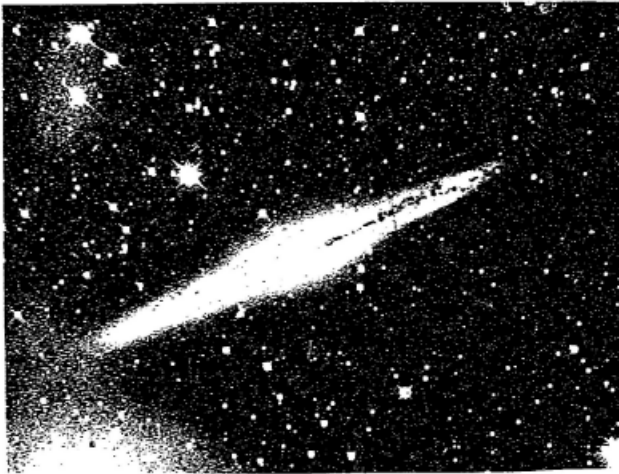
ge électrique positive, tandis que le neutron, comme son nom l'indique, est neutre. Et en périphérie se trouve un ou plusieurs électrons, une particule dix mille milliards de fois moins massives que le proton et le neutron. Les électrons portent une charge électrique négative.

Les atomes, de même que les molécules qu'ils forment, par exemple l'eau (H₂O), sont gouvernés par des forces atomiques dites fortes et faibles.

Le noyau de l'atome renferme 99,9% de la masse de l'atome, tout comme le Soleil compte pour 99,9% de la masse du Système solaire. Les électrons forment un nuage de dix mille à cent mille fois plus étendu que le noyau, de sorte que le volume d'un atome est à toute fin pratique vide, comme c'est le cas dans le Système solaire. Un nombre égal de protons et d'électrons dans un atome donne un atome électriquement neutre.

Les pulsars tournent extrêmement rapidement sur eux-mêmes: plusieurs fois par seconde dans bien des cas. (Rappelons-nous que la Terre tourne sur elle-même en 24 heures et le Soleil en une trentaine de jours.) Ils émettent aussi de forts rayonnements électromagnétiques, dont des signaux radio périodiques allant de quelques di-

zaines de seconde à des millisecondes. C'est ce type de signaux qu'ont justement capté les astronomes britanniques en 1967 et qui les a si étonnés. Comme le spécifiait le *New York Times* du 26 mai 1968: «Peu de découvertes en ce siècle ont tant enthousiasmé et déconcerté les chercheurs que celles des pulsars.»^{xv}



Il y a cent ans, les astronomes pensaient que l'Univers se résumait à une galaxie, un gigantesque amas d'étoiles rassemblées au sein d'un disque plat et diffus, un peu comme l'illustre cette gravure du *New York Times* du 23 août 1925.

IX – Quelques découvertes renversantes

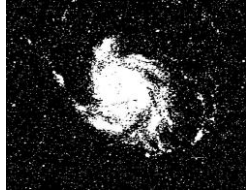
Le *New York Times* du 26 mai 1968 affirmait que peu de découvertes du XX^e siècle n'auront autant enthousiasmé et déconcerté les astronomes que celle des pulsars. C'est exact si on considère que, durant quelques semaines, on a cru avoir débusqué des extraterrestres – et qui plus est, des civilisations nettement plus avancées que la nôtre! Pourtant, ce siècle n'a pas manqué de découvertes astronomiques qui ont profondément bouleversé notre perception de l'Univers et de la place qu'on s'y accorde.

L'Univers, notre Galaxie

Si on recule de cent ans à peine, on vivait alors dans un Univers aussi simple que méconnu. On pensait en effet que celui-ci se limitait à un immense amas de milliards d'étoiles as-

sez semblables au Soleil et qu'on appelait la Galaxie (avec un G). Cette Galaxie mesurait environ 300 000 années-lumière de diamètre, ce qui pour l'époque apparaissait comme gigantesque.

Les astronomes avaient néanmoins repéré un certain nombre de «nébuleuses» çà et là à travers la Galaxie, c'est-à-dire des taches floues qui n'avaient pas l'apparence d'étoiles. Même aux yeux des plus puissants télescopes de l'époque, on n'arrivait pas à distinguer ce qu'étaient au juste ces nébuleuses.



Exemple de nébuleuse dont on ne savait pas trop de quoi il s'agissait.

En 1777, l'astronome Charles Messier les avait répertoriées soigneusement. Cet astronome français s'intéressait avant tout aux nouvelles comètes et, souvent, on confondait les nébuleuses avec elles – toutes deux

ayant des apparences floues. Messier a donc conçu une liste d'une centaine de nébuleuses afin d'éviter toute méprise car, pour lui, c'était une nuisance... de simples objets *nébuleux* et sans intérêt!^{xvi}

Or, en 1923, l'astronome américain Edwin Hubble s'intéresse à l'une d'elles: la nébuleuse numéro 31 du catalogue de Messier située dans la constellation d'Andromède. À cette fin, il dispose du plus puissant télescope au monde, celui de 2,50 mètres de diamètre situé sur le Mont Wilson, en banlieue de Los Angeles.

Hubble détermine que la nébuleuse Messier 31 se situerait à 700 000 années-lumière de nous – soit bien en dehors de l'Univers connu.^{xvii} Il constate qu'il s'agit en fait d'une *autre galaxie*, semblable à la nôtre; l'Univers venait du coup de doubler de taille!



La galaxie d'Andromède, qui se situe en réalité à 2,5 millions d'années-lumière de nous. Il s'agit de notre plus proche voisine galactique.



Edwin Hubble
(1889-1953)

L'astronome américain se met ensuite à étudier de près les nébuleuses connues et découvre de nouvelles galaxies. On commence alors à parler d'«îles cosmiques perdues dans l'immensité de l'espace». Du coup, Hubble bouleverse complètement l'idée qu'on se faisait des dimensions de l'Univers.

«Que l'espace sidéral soit parsemé de milliers d'univers isolés, comparables en taille à notre galaxie, est désormais accepté par la plupart des astronomes, écrivait en 1925 l'astronome Willem Luyten.^{xviii} Éparpillées sur des distances incommensurables, ces soi-disant îles-univers sont les plus vastes structures célestes que les plus récents progrès de l'astronomie nous font découvrir.»

On sait à présent que le nombre total de galaxies se chiffre à 200 milliards... sinon même à dix fois plus. Si un astronome entreprenait d'observer chacune de ces 200 milliards de galaxies en n'y accordant qu'une seule seconde à chacune, il lui faudrait plus de 6300 ans pour en faire le tour!

Edwin Hubble se met ensuite à mesurer la vitesse à laquelle se déplacent les galaxies par rapport à nous. Or, en 1929, il fait une découverte déconcertante: toutes semblent s'éloigner.

Qui plus est, elles s'éloignent d'autant plus rapidement qu'elles sont distantes de nous. De toute évidence, l'Univers est en expansion – sa taille est de plus en plus grande au cours du temps –, et non pas figée, comme on le croyait jusqu'alors. Il établit même une relation mathématique entre la vitesse d'éloignement des galaxies et

leur distance, ce qu'on appelle la *loi de Hubble*:

La loi de Hubble-Lemaître

La loi de Hubble – plus tard rebaptisée loi de Hubble-Lemaître – rend compte du fait que les galaxies s'éloignent les unes des autres à une vitesse proportionnelle à leur distance: plus une galaxie est loin de nous, plus elle s'éloigne rapidement. Cette loi s'énonce tout simplement comme suit:

$$v = H_0 d$$

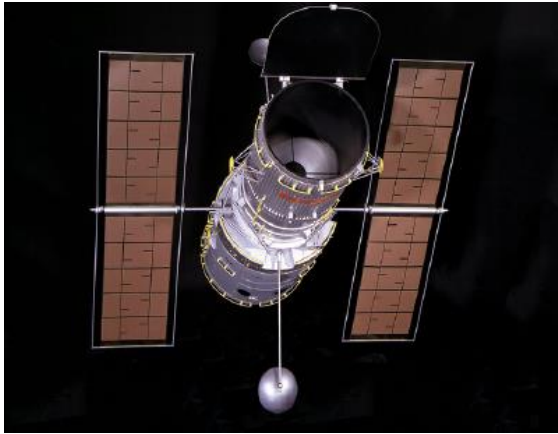
où v est la vitesse d'éloignement d'une galaxie,
 H_0 est la *constante de Hubble et*
 d est la distance de la galaxie.

Notons qu'établir de façon très exacte la valeur de la constante de Hubble est très important, car cela détermine la vitesse d'expansion de l'Univers.

Or, depuis bientôt un siècle, les astronomes s'affairent à établir et à valider cette valeur qui a de grands impacts sur notre compréhension de l'évolution de l'Univers.

On réalise donc dans les années 1920 que l'Univers est nettement plus vaste et plus complexe qu'on le percevait jusqu'alors. Edwin Hubble bouleverse véritablement nos perceptions. Pourtant, malgré ces découvertes extraordinaires, on ne lui décerne pas un prix Nobel, comme il l'aurait amplement mérité. Cependant, le grand astronome recevra, à titre posthume, le meilleur hommage qui soit puisque le

plus célèbre de tous les télescopes spatiaux – celui qui révolutionne l’astronomie depuis les années 1990 – porte son nom. Aujourd’hui, personne ignore le télescope spatial Hubble et, par le fait même, connaît le nom de l’illustre astronome.^{xix}



Le télescope spatial Hubble, à l’œuvre depuis trente ans, a révolutionné l’image qu’on se fait de l’Univers.

Un Univers foisonnant d’ondes

À la même époque, une nouvelle technologie fait son apparition: les communications radio sur de très longues distances. Les opérateurs-radio avaient en effet découvert qu’il est possible de faire rebondir des ondes radio sur une couche de l’atmosphère située à très haute altitude pour leur faire franchir de grandes distances. C’est ainsi qu’un pinceau d’ondes radio envoyé depuis l’Amérique du Nord peut rebondir sur l’ionosphère au-dessus de l’Atlantique pour aboutir en Europe. Pour l’époque, c’était un moyen révolutionnaire de communiquer. Toutefois, ces communications étaient souvent brouillées par un phénomène statique dont on ignorait la nature.

En 1928, les Laboratoires de la société Bell Telephone engage un physi-

icien et ingénieur radio, Karl Jansky, pour élucider l’énigme.^{xx} À cette fin, celui-ci fabrique une grande antenne directionnelle avec laquelle il espère débusquer la source des



Karl Jansky
(1905-1950)

interférences statiques. Après des mois d’observation, il conclut qu’une part de la statique provient des orages électriques environnants, mais il observe aussi une autre source de brouillage qui, étrangement, semble provenir de l’espace lointain. Après de minutieuses observations, Jansky finit par découvrir que, bizarrement, cette source d’interférence provient de... la constellation du Sagittaire.^{xxi}

Cette curieuse découverte motive un jeune ingénieur et opérateur radio, Grote Reber, à tenter de localiser plus précisément cette source. Reber rêvait de travailler pour Bell, mais puisque celle-ci se refuse à l’embaucher, il



Grote Reber
(1911-2002)

mène ses propres travaux depuis sa cour arrière.

En fait, ce que Reber découvre, c’est que l’Univers regorge d’émissions radio, ce qu’aucun astronome n’avait imaginé auparavant.^{xxii} Les étoiles, comme tout le reste de l’Univers d’ailleurs, ne font pas que briller d’un éclat lumineux mais, comme on le découvrira plus tard, émettent sur pratiquement toutes les longueurs d’onde.

Plus spécifiquement, Jansky et Reber mettent au jour le fait qu’on reçoit des émissions radio en provenance de l’espace lointain et, par le fait même,



L'un des plus impressionnants radiotélescopes au monde est celui d'Arecibo, à Porto Rico. Il s'agit d'une coupole de 305 mètres de diamètre construite à même une vallée.

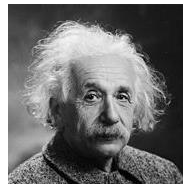
ils donnent naissance à une nouvelle discipline: la radioastronomie.

Cette branche de l'astronomie permet entre autres de percer les mystères au cœur de notre galaxie – justement situé dans la direction de la constellation du Sagittaire – et qu'on ne peut observer puisqu'il y a trop de nuages de matière et de gaz entre nous et ce centre pour qu'on puisse voir quoi que ce soit au télescope. La radioastronomie permet d'ailleurs de sonder une foule de phénomènes impossibles à observer au télescope, y compris la structure du Soleil, la naissance et la mort des étoiles, sinon même, qui sait un jour, peut-être de capter des émissions radio en provenance d'extraterrestres.

C'est donc une découverte fortuite – les origines de la statique qui brouille nos communications radio longue distance – qui nous a menés

vers l'un des plus puissants outils pour étudier l'Univers.^{xxiii}

Un Univers figé ou pas?



Albert Einstein
(1879-1953)

En 1915, Albert Einstein présente sa théorie de la relativité générale, selon laquelle l'attraction gravitationnelle entre deux corps célestes est

provoquée par une déformation de l'espace et du temps. Or, cette théorie a pour conséquence d'impliquer que l'Univers ne peut pas demeurer immobile ou stable; soit qu'il est en expansion, soit en contraction.

Mais cette idée déplait souverainement à Einstein, qui est convaincu que l'Univers est statique. Par conséquent, il considère cette prédiction comme erronée et il va jusqu'à «corriger» sa théorie en y ajoutant une «constante

cosmologique» qui fait que l'Univers conserve les mêmes dimensions.

Mais très rapidement, son idée est contestée par d'autres, dont un prêtre



George Lemaître
(1894-1966)

catholique belge, George Lemaître. Celui-ci a étudié les mathématiques avancées et s'intéresse de près aux travaux d'Einstein.

En 1927, il entreprend même de défier le grand maître en avançant ses propres idées sur la création de l'Univers.^{xxiv} Selon Lemaître, l'Univers aurait commencé en un instant précis et, depuis ce temps, il se propagerait; l'Univers serait donc en expansion. Le mathématicien ne dispose toutefois pas d'une preuve tangible pour appuyer ce qu'il avance.

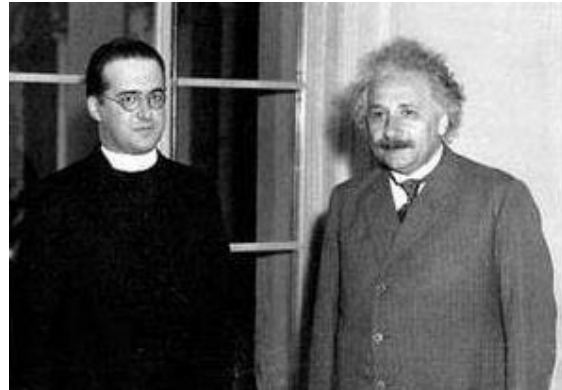
Évidemment, lorsqu'il entend parler des découvertes de Hubble — le simple fait que toutes les galaxies s'éloignent de nous —, Lemaître sait qu'il tient là la preuve dont il rêve.

En 1931, Albert Einstein rend visite à Edwin Hubble, et George Lemaître décide de se rendre à leur rencontre. Tandis qu'Einstein ne veut toujours pas croire que l'Univers serait en expansion, Hubble est pour sa part prudent et ne veut pas sauter trop vite à cette conclusion. Lemaître doit donc insister et insister auprès d'eux.

Mais la conjugaison des arguments mathématiques de Lemaître et des observations faites par Hubble finissent par convaincre Einstein. Celui-ci réalise alors qu'il a commis une bourde monumentale en imposant sa fameuse constante cosmologique à sa théorie de la Relativité.

On rapporte qu'au terme de leur rencontre, Einstein se serait levé pour s'exclamer: «Mais c'est la chose la plus

formidable que j'ai vue!» Et, à partir de ce jour, il considérera que l'ajout d'une constante cosmologique à sa théorie générale de la relativité aura été la plus grande bévue de sa carrière.

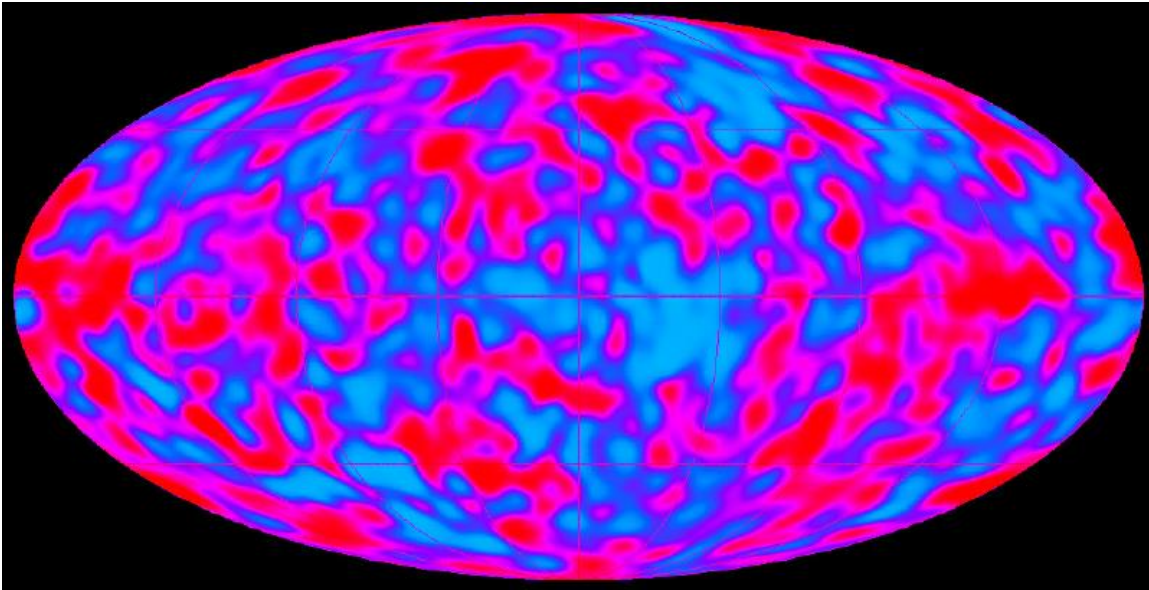


George Lemaître et Albert Einstein.

N'empêche que les travaux d'Einstein, de Hubble et de Lemaître ont provoqué un *immense* bouleversement dans notre conception de l'Univers.

est apparu un jour — il n'a donc pas toujours existé tel qu'on l'observe à présent — et il est depuis en expansion. Et s'il a un début, y aurait-il une fin? Voilà les fondements de la cosmologie moderne.

Le début foudroyant de l'Univers en expansion que proposait Lemaître est ce que nous appelons à présent le *Big Bang* — le commencement de l'Univers il y a quelques 13,7 milliards d'années. Mais durant des décennies, jusque dans les années 1960, nombre d'éminents savants ont rejeté cette idée. On doit d'ailleurs l'expression *Big Bang* à l'un d'eux, Fred Hoyle, qui cherchait à se moquer du concept d'une incroyable explosion originelle — un «gros n'importe quoi» en quelque sorte. Mais ce terme a si bien collé à la réalité des faits qu'il est utilisé de nos jours sans dérision — et au grand dam de Hoyle!



Le *Big Bang*, survenu il y a 13,7 milliards d'années, a laissé une sorte de bruit de fond que les astronomes appellent le *fond diffus cosmologique* (en anglais *Cosmic Microwave Background*) que des satellites spécialisés parviennent à cartographier. Cette carte couvre l'ensemble de l'Univers en retraçant cet «écho» du passé. (En [savoir plus.](#))

X – L'incroyable Big Bang

L'Univers aurait donc eu un commencement, il y a environ 13,7 milliards d'années. Voilà une idée pas facile à accepter, surtout que la croyance en un Univers immuable est ancrée en nous depuis des millénaires. Même le grand Albert Einstein, ainsi que de très nombreux éminents savants de son temps ont eu beaucoup de mal à l'accepter. C'est pourquoi cette idée avancée dès les années 1920 ne s'est finalement imposée que dans les années 1960.

On constate ainsi que nous vivons ces derniers siècles une série de bouleversements profonds quant à la place que nous croyons occuper dans l'Univers. Alors qu'on a cru durant des millénaires que nous nous trouvons naturellement au centre de la Création, voilà que Copernic, Galilée, Kepler et Newton ont montré que nous habitons en réalité une petite planète qui gravite autour du Soleil, une étoile ordinaire. Puis les grands navigateurs – Colomb, Magellan, Gama, etc. – nous ont montré que la Terre est ronde. Et

puis Charles Darwin a montré que nous sommes issus d'un long processus d'évolution biologique. Et voilà qu'Einstein, Hubble et Lemaître (entre autres) nous montrent que nous habitons dans un Univers qui, non seulement s'est un jour formé, mais continue d'évoluer depuis ses débuts. On vit donc dans un monde en constants changements.

Or, dans tous les cas, ce sont des idées difficiles à accepter puisqu'aujourd'hui encore, certains s'y refusent. Pourtant, ces idées, qui ont



d'abord fait l'objet de théories scientifiques, ont amplement été confirmées par quantité d'observations incontournables. N'empêche que notre conviction que l'Homme serait au cœur de l'Univers – et des préoccupations d'une divinité – a la vie dure!

Aux frontières de notre ignorance

Pour sûr que l'idée que l'Univers soit un jour apparu comme ça et à partir de «rien», n'est pas facile à concevoir. Cependant, il faut savoir que même si ce commencement est quelque chose de très complexe – et qui échappe par conséquent à la compréhension de la plupart d'entre nous –, les cosmologistes et astrophysiciens comprennent bien ce qui s'est passé à partir de quelques milliardièmes de seconde après l'apparition de l'Univers et jusqu'à nos jours. C'est-à-dire qu'à la lumière de toutes les connaissances acquises depuis qu'Edwin Hubble a observé que les galaxies s'éloignent toutes les unes des autres, ils expliquent *assez bien* la formation des premiers atomes, puis de la matière, éventuellement celle des étoiles et des galaxies, de même que des planètes jusqu'à l'apparition de la vie sur Terre et son évolution jusqu'à nous.

S'expliquent «assez bien», disons-le, car s'il existe quantité de «détails»

encore à élucider, nous possédons à coup sûr une excellente vision de ce qui s'est réellement passé depuis le jour où s'est déclenché le *Big Bang*.

Pour raconter les débuts de l'Univers en termes simples, disons ceci: il y a 13,7 milliards d'années est survenu un événement inimaginable, un événement qui, à vrai dire, dépasse notre entendement. (Ça commence mal, direz-vous!) Imaginez: dans un espace infiniment petit a surgi tout à coup une prodigieuse quantité d'énergie, de l'énergie à l'état pur. Cette énergie s'est très rapidement dissipée pour donner lieu à l'Univers. Voilà le *Big Bang*.

On imagine alors une fulgurante explosion, la plus grande qui soit. Souvent, d'ailleurs, pour illustrer le *Big Bang*, on nous montre des feux d'artifice. Mais ce n'est pas ce qui s'est passé puisqu'un feu d'artifice, c'est de la matière qui se transforme en énergie – une explosion. Or, dans le cas du *Big Bang*, c'est tout le contraire: de l'énergie qui se fait matière!

Une autre notion aussi incompréhensible, pour ne pas dire inimaginable, c'est qu'au moment où survient le *Big Bang*, le temps n'existe pas. Il n'y a donc pas eu un compte à rebours – 5, 4, 3, 2, 1, Big, Bang! Non. Tout est apparu soudainement, y compris le

temps, sans qu'on puisse dire d'où et comment. Au moment du *Big Bang*, l'«Univers» n'est pas contenu dans un autre espace plus grand; *il est* la totalité de l'espace!

Étonnamment, les cosmologistes s'expliquent très bien tout ce qui s'est passé à partir d'une fraction infime de temps après le *Big Bang*, qu'on appelle la picoseconde (voir encadré ci-dessous). Ils s'expliquent en détail (mais dans leur langage et leurs concepts pas faciles à comprendre) la création de l'Univers à partir des premières billionnièmes de seconde, sans pouvoir expliquer ce qui s'est passé juste avant.

Un instant s.v.p.: une picoseconde!

Une picoseconde, c'est un billionnième de seconde ou, si vous préférez: un millionième de millionième de seconde, c'est-à-dire $1/1\,000\,000\,000\,000^e$ de seconde. Autrement dit, une fraction infinitésimale de temps, une picoseconde étant à la seconde ce qu'une seconde est à 32 000 ans.

Quand on me demande ce qu'il y avait avant le *Big Bang* – question très pertinente –, j'ai coutume de répondre «Dieu!» Car, de tout temps, on recourt à dieu pour expliquer ce qu'on ne comprend pas. Dieu se trouve toujours commodément aux frontières de notre ignorance, et notre ignorance concernant les origines de l'Univers se situe justement à quelques billionnièmes de seconde après le *Big Bang*. Ce n'est tout de même pas si mal...

Big Bang 101

Les spécialistes du *Big Bang* (les cosmologistes) expliquent – tenez-vous

bien – que dans les premières picosecondes suivant le *Big Bang* sont apparus les quatre interactions fondamentales de la physique, à savoir: la gravité, puis la force forte et la force faible à l'œuvre au sein des atomes, et la force électromagnétique.

Pour rédiger cette section, je me suis *inspiré* de nombreux documents et vidéos (foisonnant sur YouTube) qui cherchent à décrire à leur manière les débuts de l'Univers. Citons comme excellentes sources d'introduction le *Big Bang* de Vikidia («L'encyclopédie des 8-13 ans») ainsi que *Big Bang* et *Chronology of the universe* de Wikipedia (en anglais), en plus de quantité d'autres sources plus avancées.

Mais tout juste avant que ne surgisse le *Big Bang*, les cosmologistes considèrent que ce qui compose l'Univers d'alors était dans «un état infiniment dense et infiniment chaud», ce qu'ils appellent l'*ère de Planck*, en hommage au physicien allemand Max Planck. À ce stade, les lois connues de la physique sont incapables de décrire l'Univers; on se bute au *mur de Planck*.

L'Univers a alors connu une prodigieuse dilatation, une expansion incroyablement rapide que les cosmologistes appellent l'*inflation cosmique*.

Trois minutes après le début de l'Univers se trouvait déjà une mer de protons, d'électrons et de neutrons. Et à mesure que l'Univers se refroidissait, les protons et les neutrons se sont combinés pour former le noyau des premiers atomes, principalement de l'hydrogène, un peu d'hélium et un brin de lithium. Mais il s'est ensuite écoulé 380 000 ans pour que les électrons s'assemblent aux noyaux atomiques pour former les atomes que nous connaissons.

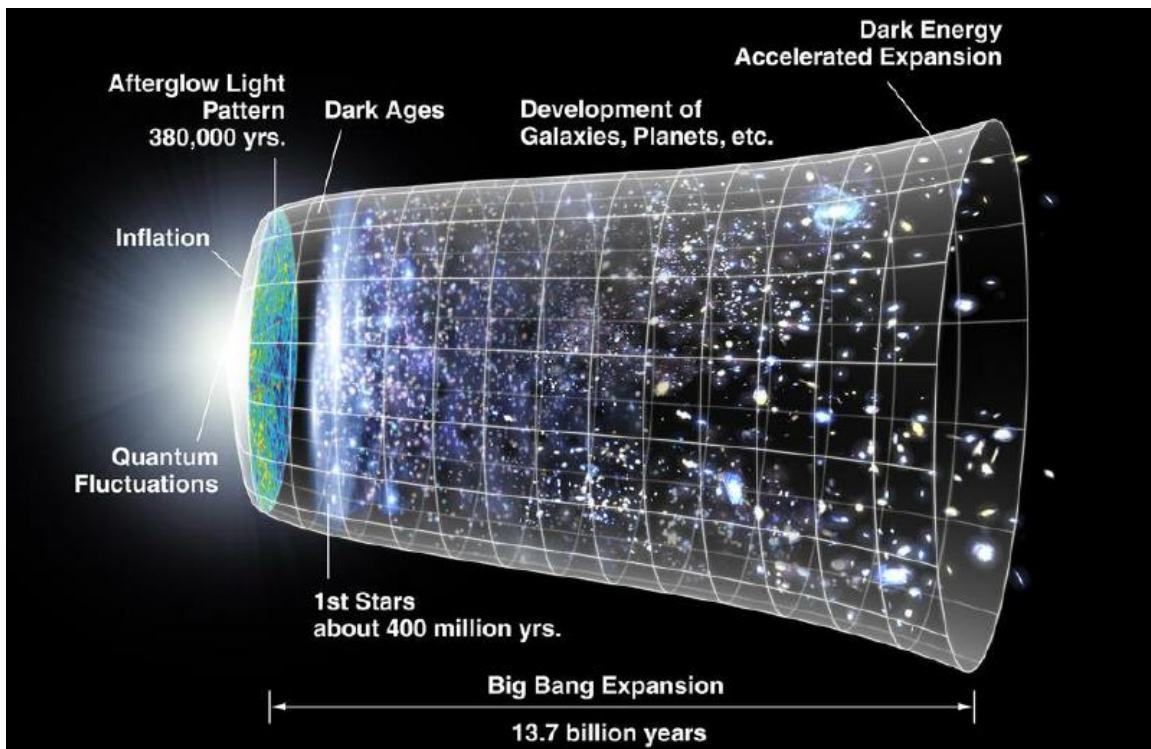
Parallèlement d'immenses «vagues» se sont constituées, «vagues» qui allaient éventuellement donner naissance aux superstructures que constitueront les filaments de super-enchaînements d'amas de galaxies – l'«ossature» inimaginablement vaste de l'Univers.

Par la suite, l'Univers a traversé un «âge des ténèbres» durant lequel les grandes structures qui le forment à présent se sont constituées. Cet âge prend fin un milliard d'années après le *Big Bang*. C'est à cette époque que sont nées les premières étoiles et les galaxies au sein de nuages d'hydrogène et d'hélium, nuages qui ont obscurci

complètement l'Univers – d'où l'appellation d'âge des ténèbres.

Les premières étoiles étaient énormes, peut-être mille fois plus massives que le Soleil. Au cœur de ces étoiles, de nouvelles sortes d'atomes furent créés, notamment du carbone, du fer, etc. Ces premières étoiles explosèrent en supernovæ, disséminant leurs atomes à travers l'Univers; ce sont les atomes dont nous sommes faits.

Et par la suite – c'est-à-dire depuis 12,7 milliards d'années –, l'Univers tel qu'on le connaît s'est développé graduellement, comme l'illustre cette représentation:



Cette illustration, assez complexe, résume les 13,7 milliards d'années de l'Univers. Le tout commence sous le règne de la physique quantique. Puis survient le *Big Bang*, suivi immédiatement d'une prodigieuse inflation. Durant 380 000 ans, l'Univers brille d'un certain éclat avant de sombrer dans l'ère des ténèbres. À cause de ce mur, on ne peut rien voir de ce qui s'est passé auparavant. Puis, l'Univers redevient lumineux, les étoiles et les galaxies se forment. Enfin, l'Univers se développe comme nous l'observons à présent à l'aide de nos plus puissants télescopes. Si on imagine que nous nous trouvons à l'extrême droite de ce graphique, lorsqu'on regarde vers l'«arrière» – c'est-à-dire de plus en plus au loin vers la gauche –, on effectue un véritable voyage dans le temps et l'espace.

XI – L’œuf... ou la poule?

Mais la question que se pose tout le monde est: «C’est bien beau tout ça, mais qui y avait-il *avant*, avant le *Big Bang*, avant l’Univers?» Tout astronome se fait nécessairement poser cette question. La véritable réponse est: «On n’en sait rien et on ne possèdera probablement jamais les informations qui nous permettront d’y répondre.» Hélas, une telle réponse ne satisfait personne – y compris les astronomes, certains se prêtant volontiers au jeu de la spéculation.

Ainsi devant un tel mur (le «mur de Planck»), toutes les spéculations sont possibles. On peut entre autres supposer qu’avant notre Univers, il y en a eu un autre, un Univers qui aurait un jour connu son *Big Bang*, pour ensuite vivre «sa vie» puis se contracter pour se terminer dans un fracassant *Big Crunch* et redevenir une infinitésimale particule d’énergie qui aurait un jour donné naissance à notre Univers. (!) Mais une telle spéculation ne fait que reporter la question: qu’y avait-il avant cet Univers? Un autre Univers? Et avant cet autre Univers...?

On peut aussi imaginer qu’il existe plusieurs Univers, certains plus âgés que le nôtre, d’autres plus récents, dans une sorte de cosmos infini. Mais là encore, on élude la question: qu’y avait-il avant le tout premier de ces Univers d’un cosmos aux Univers... infinis?!

Pour ma part, je préconise une autre approche: se demander «Qui y avait-il avant le *Big Bang*?», c’est mal poser la question.

C’est un peu comme lorsque, dans l’Antiquité, on se demandait d’où vient la vie sur Terre, comment sommes-nous apparus? Certains posèrent la question en des termes on ne peut plus concret: l’œuf ou la poule! C’est-à-dire: y a-t-il d’abord eu une poule qui a pondu un œuf, ou un œuf qui a donné

naissance à une poule? Lequel des deux est arrivé en premier? (Eh oui, ce fut une véritable question dont on a discuté intensément il y a quelques millénaires.)

Des penseurs comme Aristote et autres ont tenté d’y répondre en la manipulant dans tous les sens. Mais d’autres encore ont trouvé une réponse toute simple: dieu. Dieu a créé toute vie, tout simplement! Mais qu’y avait-il avant dieu?, pourrait-on leur demander. Autrement dit, dieu et le *Big Bang*, même problème!

Or, nous savons à présent que la réponse à la question des origines de la vie sur Terre est celle d’un long processus évolutif qui s’est amorcé il y a trois milliards d’années dans les océans. Autrement dit, il n’y a jamais eu ni un œuf ni une poule, mais un tout autre processus. Gageons cependant que ce serait peine perdue que de tenter d’expliquer ce long processus évolutif à nos ancêtres de l’Antiquité, puisque ceux-ci ne possédaient pas le bagage scientifique nécessaire pour appréhender un tel concept – comme vous et moi vis-à-vis du *Big Bang*!

Je pense donc que la question: «Qui y avait-il avant le *Big Bang*?» est aussi erronée que de se demander qui de l’œuf ou de la poule est venu en premier. En fait, pour répondre à notre

interrogation, il faudrait la formuler autrement. Mais de quelle façon?, me demanderez-vous. Ah ça, je n'en sais rien, pas plus que les grands penseurs de l'Antiquité auraient pu formuler la question qui les auraient amenés à concevoir l'évolution universelle selon Charles Darwin.

Dans quelques siècles, peut-être, saurons-nous poser la question de l'origine de l'Univers d'une façon qui nous permettra d'y répondre.

En attendant, on peut expliquer tout l'Univers à partir de quelques picosecondes après le *Big Bang* et placer dieu juste avant. Voilà qui n'est pas si mal, si on songe à toutes les connaissances, à tout le chemin parcouru en moins d'un siècle grâce à messieurs Einstein, Hubble, Lemaitre et tant d'autres.

Conclusion: poussières d'étoiles

Peut-être y a-t-il enfin une ultime découverte, encore plus extraordinaire que toutes celles qu'on a faites au cours du dernier siècle et dont on a parlé?

En effet. On sait que 99% de la masse de notre corps se compose en grande partie de six éléments chimiques: oxygène, carbone, hydrogène, azote, calcium et phosphore. Or, l'une des plus formidables découvertes que nous avons faite au cours du XX^e siècle, c'est que tous ces éléments chimiques (à l'exception de l'hydrogène) ont été fabriqués au sein d'étoiles disparues depuis fort longtemps.

Comme nous l'avons relaté à la par-

tie V de cet exposé, notre Système solaire s'est formé il y a 4,5 milliards d'années à partir d'un nuage de gaz et de poussière composé à 74% d'hydrogène, à 25% d'hélium et à 1% de d'autres atomes. On a aussi vu qu'au point de départ, les étoiles sont essentiellement composées d'hydrogène et d'hélium et que c'est seulement au terme de leur vie, lorsqu'elles «explo-sent», que sont créés tous les autres éléments du tableau périodique.

Tableau périodique des éléments

Le tableau périodique des éléments est présenté avec les informations suivantes :

- Numéro atomique:** Position du nombre d'électrons (sur une trajectoire en spirale).
- Symbole de l'élément:** C.
- Masses atomiques:** (C: 12,011).
- Protons et Neutrons:** (C: 6 protons, 6 neutrons).
- Nom:** Carbone.
- État:** Solide.
- Classification:** (C) Non métallique, (C) Non métallique.
- Propriétés:** (C) Non métallique, (C) Non métallique.
- Autres informations:** (C) Non métallique, (C) Non métallique.

Le formidable *Tableau périodique des éléments*: les 94 premiers éléments ont été fabriqués naturellement dans l'Univers, les deux premiers lors du *Big Bang* et les 92 autres au cœur d'étoiles disparues depuis des milliards d'années.

C'est donc dire qu'à l'exception de l'hydrogène, tout ce qu'il y a autour de nous – nous y compris – est constitué d'atomes qui ont jadis été fabriqués au sein d'étoiles, et des étoiles qui ont explosé bien avant la formation du Système solaire.

C'est dire aussi que toute la matière qui nous entoure – y compris nous-même – est faite d'atomes bien plus âgés que 4,5 milliards d'années. C'est dire aussi que toute la matière qui nous entoure – y compris nous-même – est faite d'atomes qui sont constamment recyclés depuis des milliards d'années!

Pour faire image, on pourrait imaginer que certains de nos atomes ont possiblement appartenu à des dinosaures... sinon même à une multitude de plantes et d'animaux disparus depuis fort longtemps. En fin de compte, toute la matière qui nous entoure – y compris nous-même – a un jour été au cœur d'étoiles disparues il y a des milliards d'années.

Nous sommes, selon la célèbre formule consacrée, de la *poussière d'étoiles*.

En outre, nos plus récentes connaissances scientifiques nous amènent à penser que l'essentiel de l'eau dont

nous disposons sur Terre aurait été apportée par des comètes, il y a trois ou quatre milliards d'années (environ). Et vous l'aurez sans doute déjà deviné: ces molécules d'eau (H₂O) existent depuis probablement bien plus longtemps que la Terre.

La prochaine fois que vous vous apprêtez à boire une gorgée d'eau, arrêtez-vous un instant pour songer au fait que vous vous apprêtez à ingurgiter des molécules qui existent depuis des milliards d'années... et qu'il nous est impossible d'imaginer par où chacune de ces molécules d'eau est passée avant d'aboutir en nous!

Même chose pour l'air que nous respirons: l'oxygène et l'azote de notre atmosphère ont préalablement été fabriqués dans des étoiles il y a des milliards d'années. Même chose pour tous les objets qui nous entourent, souvent faits de carbone, de fer, de cuivre, d'argent, etc. Et tous ces atomes poursuivront leur petit bonhomme de chemin bien longtemps après notre disparition.

Voilà ce qu'est véritablement l'immortalité! Des poussières d'étoiles qui sont simplement de passage dans nos vies.

Référence:

ⁱ David Taylor, *The End Of The Sun* (section intitulée: «The End Of The Sun»), Northwestern University, 2012.

ⁱⁱ David Taylor, *The End Of The Sun* (avant-dernier paragraphe).

ⁱⁱⁱ NASA, *If the Sun became a black hole, would Earth get pulled inside?*

^{iv} NASA, *Black Holes*.

^v NASA, *Black Holes*.

^{vi} NASA, *Black Holes*.

-
- ^{vii} Walter Sullivan, «Astronomers Hear Signals From Space», *The New York Times*, 10 mars 1968, p. 1.
 - ^{viii} A. Hewish, S. J. Bell, J. D. H. Pilkington, P. F. Scott & R. A. Collins, Observation of a Rapidly Pulsating Radio Source, *Nature*, 24 février 1969, p. 709-713.
 - ^{ix} Walter Sullivan, «Spooky Signals From Space», *The New York Times*, 17 mars 1968, p. E11.
 - ^x Walter Sullivan, «Pulsars Found to Be Highly Rhythmic Phenomena», 8 août 1968, p. 30.
 - ^{xi} Editorial, «Beacons in Space?», *The New York Times*, 28 march 1968.
 - ^{xii} «Listening to Signals in Space», *The New York Times*, A4 avril 1968, p. 49.
 - ^{xiii} Walter Sullivan, «Neutron Stars May Be the Origin of Signals Pulsars Are Called Dense Bodies With High Rate of Spin», *The New York Times*, 12 avril 1968, p. 16.
 - ^{xiv} David Taylor, Stellar Evolution For Large Stars , Northwestern University, 2012.
 - ^{xv} Walter Sullivan, «Science: Message of the Pulsars», 26 mai 1968, p. E12.
 - ^{xvi} AP, Another Universe Seen By Astronomer, *The New York Times*, 22 janvier 1926.
 - ^{xvii} AP, Another Universe Seen By Astronomer, *The New York Times*, 22 janvier 1926.
 - ^{xviii} W.J. Luyten, Island Universes Charted By Scientists, *The New York Times*, 23 août 1925, p. SM8.
 - ^{xix} NASA, Edwin Powell Hubble: The man who discovered the cosmos.
 - ^{xx} Wikipedia, Karl Guthe Jansky,
 - ^{xxi} NASA, History of Radio Astronomy.
 - ^{xxii} Arthur C. Clarke, Messages From The Invisible Universe, *The New York Times*, 30 Novembre 1958, p. SM29.
 - ^{xxiii} Arthur C. Clarke, Messages From The Invisible Universe, *The New York Times*, 30 Novembre 1958, p. SM29.
 - ^{xxiv} NASA, Big Bang.