

VOYAGE DANS L'ESPACE

Épisode

178

**La terre
une planète pas très hospitalière**



Le balado et les fascicules

En janvier 2018, Claude Lafleur et Mathieu Rancourt ont entrepris de produire un balado consacré à l'exploration de l'espace. Intitulé *Voyage dans l'espace*, il est diffusé sur la plateforme 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, de cosmologie, etc.

Pour la plupart des balados, nous préparons un exposé détaillé. Ces exposés sont publiés sous forme de fascicules, comme celui-ci.

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

En couverture



La Terre, perdue dans l'immensité de l'espace, photographiée par les Astronautes d'Apollo 8.

L'équipe de *Voyage dans l'espace* se compose de: **Claude Lafleur**, journaliste scientifique qui suit au quotidien depuis plus de 50 ans les péripéties de l'exploration spatiale; **Florent Meunier**, ingénieur de son, **Laurent Runigo**, gestionnaire en santé, **Dylan Bergeron**, informaticien et **Cédric Cailleau**, gestionnaire.

L'équipe de *Voyage dans l'espace*:

Claude Lafleur, contenu
Florent Meunier, animation et montage
Laurent Runigo, médias sociaux
Dylan Baillargeon, chaîne YouTube
Cédric Cailleau, coanimation

Amis et collaborateurs :

Mathieu Rancourt
Jean-Pierre Lessard
Frédéric Baril
Laurent Fieux
Sébastien Pronier

L'équipe des fascicules:

Rédaction: Claude Lafleur
Couverture: Dylan Baillargeon
Illustrations: NASA et extraits vidéos:
La naissance de la Terre et de la vie et The History of Earth - How Our Planet Formed

© Copyright, Claude Lafleur, 2026

ISBN 978-2-925384-68-7 (pdf)

ISBN 978-2-925384-69-4 (kindle)

Dépôt légal:

Bibliothèque nationale du Québec, 2026
Bibliothèque nationale du Canada, 2026



La Terre, le joyau du Système solaire...

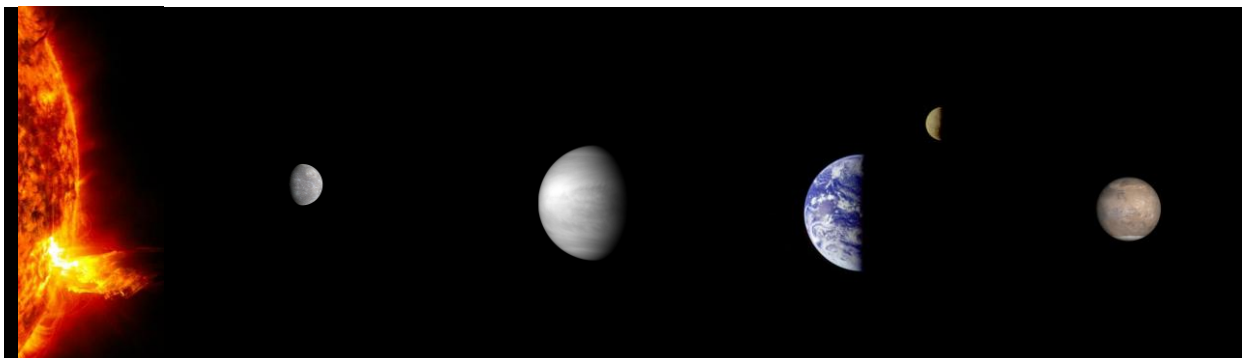
La Terre, une planète pas très hospitalière

Écoutez le balado 178, *La Terre, une planète pas très hospitalière*, diffusé le 19 avril 2026. Texte de Claude Lafleur.

Tel que nous le rapportons dans nos balados depuis plus de huit ans, nous sommes intrigués et fascinés par les mondes qui nous entourent, à commencer par la Lune et Mars. On est aussi intrigué par les autres planètes au sujet desquelles on cherche à en apprendre toujours plus. Il y a même certains petits astres, notamment des lunes de Jupiter et de Saturne, qui nous intriguent particulièrement puisqu'ils pourraient héberger des océans contenant de la vie. Et que dire des mille et une exoplanètes qu'on a repérées un peu partout dans notre galaxie?

Il y a cependant une planète dont on a peu conscience, dont on n'a guère parlé dans nos balados: celle sur laquelle nous avons les deux pieds, celle à qui nous devons notre existence et celle qui recèle tant de merveilles: la Terre. On a tendance à la prendre pour acquise, presque que comme un monde banal. Il faut dire que ce n'est que depuis quelques siècles seulement qu'on a conscience que nous habitons sur une planète qui circule autour du Soleil.

Néanmoins, au cours des derniers siècles, et surtout ces dernières décennies, on a découvert quantité de notions et de phénomènes étonnants à son sujet, notamment à propos de l'apparition et du développement de la vie. De fait, on se figure mal la position de la Terre, à la fois parmi les autres planètes et de tout ce qu'on a appris d'elle en regard du phénomène de la vie à travers notre galaxie.



Notre petit coin d'Univers: le Soleil, Mercure, Vénus, la Terre et la Lune, et Mars.

1 - La troisième planète

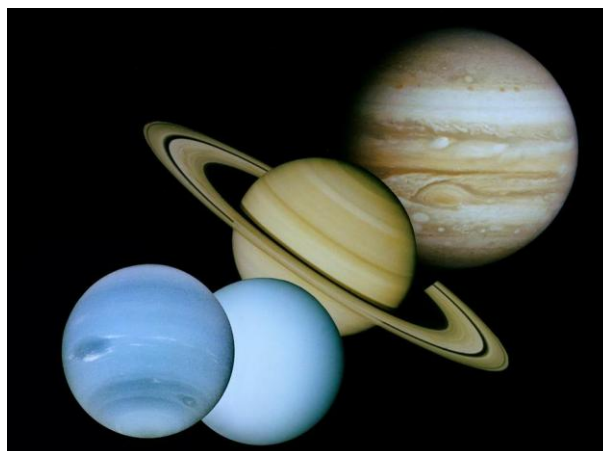
Comme nous l'avons appris à la petite école, la Terre est la troisième planète la plus proche du Soleil, après Mercure et Vénus. (Au moins, ça, ça n'a pas changé!)

Il s'agit d'une planète rocheuse, c'est-à-dire d'un astre composé essentiellement de matière dense et solide, comme Mercure, Vénus, la Lune et Mars. On dit aussi qu'il s'agit d'une planète *tellurique*, du latin tellus, qui signifie terre ou sol, un astre qui présente une surface solide.



Les cinq mondes telluriques du Système solaire.

Il y a aussi dans nos parages d'immenses boules de gaz, que sont le Soleil, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, ou encore des astres de glace, comme Pluton et plusieurs des satellites qui gravitent autour des grosses planètes, sans compter les rochers que sont les astéroïdes et les comètes.



Les quatre géantes gazeuses du Système solaire.

Une «poire» plus lisse qu'une boule de billard

À première vue, la Terre a la forme d'une belle sphère. En réalité, elle a plutôt la forme d'une poire, l'hémisphère sud étant légèrement plus bombé que l'hémisphère nord. Toutefois, cette différence ne s'observe d'aucune façon, sur aucune photo prise depuis l'espace. C'est pourquoi les globes terrestres qu'on retrouve en classe sont sphériques.

Cette sphère mesure en moyenne 12 750 kilomètres de diamètre, étant légèrement aplatie aux pôles et légèrement

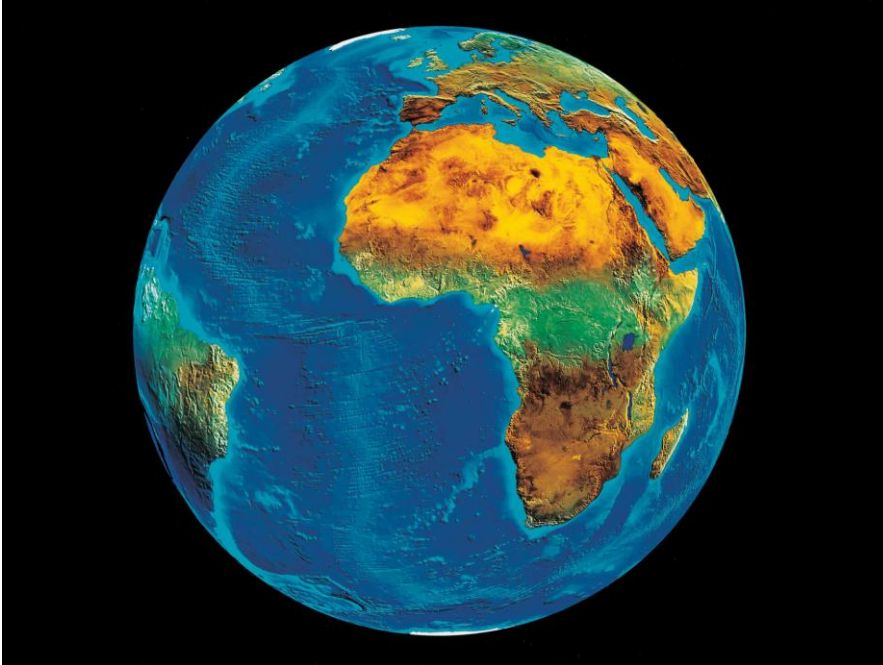


Photo-montage de la Terre dénuée de tous ses nuages, qui donne l'impression d'une sphère parfaite avec reliefs, alors qu'en réalité, notre planète a la forme d'une poire plus lisse qu'une boule de billard. (Source: [ESA](#))

ce, celle-ci étant recouverte aux deux-tiers par des océans.

Mais il s'agit là d'une notion toute relative puisque nos océans ne font que quelques kilomètres d'épaisseur. Or, cette épaisseur n'équivaut même pas à celle d'une surface mouillée sur une table. Il s'agit tout bonnement de flaques d'eau à la surface de la Terre – ce qui, comme on le verra, fait toute une différence.

bombée à l'équateur. Encore là, des différences qui ne s'observent pas.

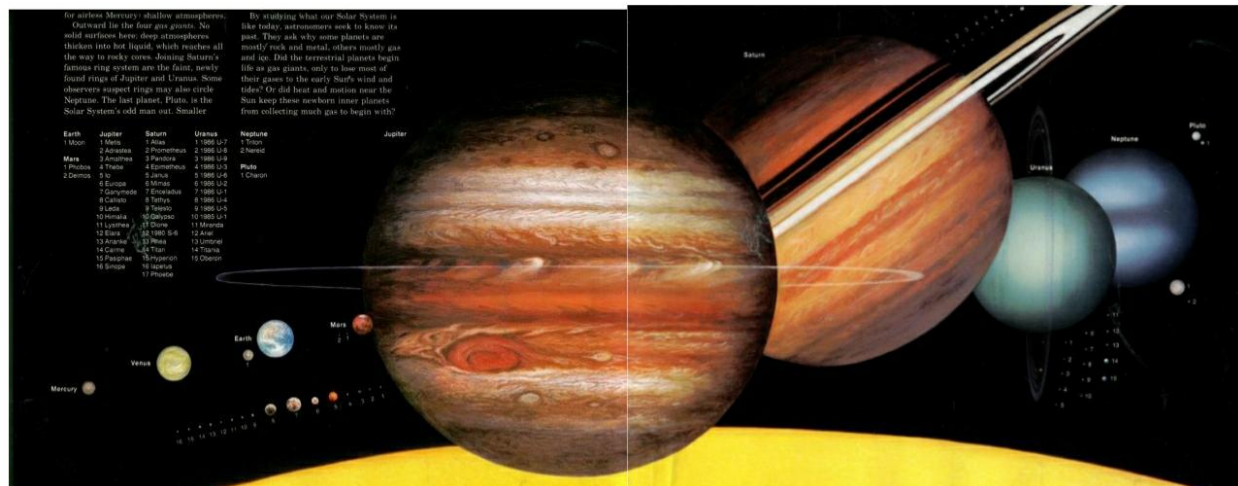
Une autre particularité étonnante de la Terre, c'est à quel point sa surface est dénuée de relief. En effet, la plus haute montagne de notre planète, le Mont Everest, mesure 9 kilomètres de haut, tandis que la plus grande profondeur que l'on connaisse dans les océans – la Fosse des Mariannes – fait 11 kilomètres de profondeur. C'est dire que la Terre est une sphère de 12 750 km avec un relief maximal de plus ou moins 10 kilomètres, ce qui ne représente que 0,08% de son diamètre. Si on réduisait la taille de notre planète à celle d'une boule de billard, elle serait plus lisse que la plus parfaite boule qu'on pourrait fabriquer. La Terre est en réalité extrêmement lisse, contrairement au relief qu'on représente souvent sur nos globes terrestres.

Ce qui distingue notre planète des autres mondes rocheux, c'est la présence d'importantes quantités d'eau à sa surfa-

D'une taille exquise

En termes de taille, on considère la Terre comme une planète de taille moyenne, Jupiter étant 1300 fois plus volumineuse, le Soleil 1,3 million de fois, tandis que Mars et Mercure sont six à vingt fois plus petites. C'est là une caractéristique déterminante car, comme nous l'expliquons dans le balado 117, Planètes: des plus petites aux plus gigantesques, c'est la taille qui détermine la nature et le sort que connaît tout astre.

En effet, tout corps céleste qui mesure plusieurs dizaines de milliers de kilomètres sera nécessairement une boule de gaz. Ce peut être des planètes gazeuses – qui mesurent entre 50 000 et 120 000 kilomètres, comme Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune – ou, si elles sont encore plus grandes, devenir des étoiles, des naines jusqu'à d'inimaginables étoiles deux mille fois plus grosses que le Soleil.



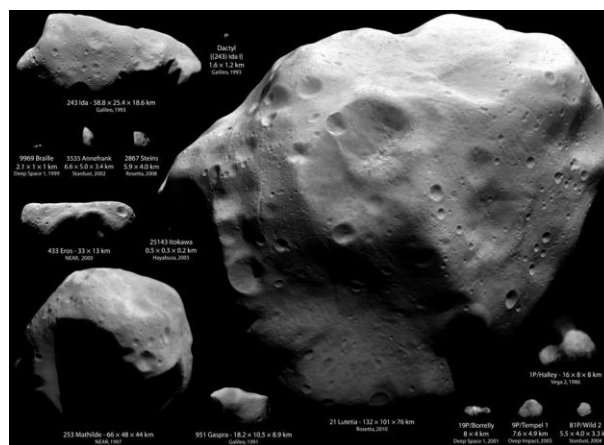
Taille relative des astres du Système solaire: les petites planètes, à gauche, sont des astres rocheux, tandis que les grosses planètes sont des boules de gaz... comme le Soleil (au bas de l'illustration).

Dans des conditions normales, tout astre d'une dizaine de milliers de kilomètres, comme la Terre, sera doté d'une atmosphère plus ou moins épaisse. Par contre, un astre de quelques milliers de kilomètres, comme la Lune, n'en possèdera aucune. Notons que Mars, avec ses 7000 kilomètres de diamètre, se trouve à la limite des planètes capables de retenir une atmosphère gazeuse.

En réalité, ce n'est pas tant une question de taille, mais plutôt de masse — ces deux facteurs étant toutefois liés. C'est ainsi qu'à partir d'une certaine masse, un astre sera capable de retenir une couche de gaz au-dessus de sa surface. Ce n'est pas le cas de la Lune, dont la force de gravité générée par sa masse est insuffisante; tout gaz libéré à sa surface se perd immédiatement dans l'espace. Ce fut le cas des astronautes d'Apollo, qui ont libéré sur le sol lunaire quantité d'air, qui s'est immédiatement dispersé dans l'espace. Dans le cas de la Terre, sa force de gravité suffit à retenir une couche d'air d'une centaine de kilomètres d'épaisseur tout au plus.

Néanmoins, les petits astres, comme la Lune et Mercure, génèrent une force de gravité suffisante pour prendre la forme d'une sphère, comme tous les astres plus

gros (plus massifs). Par contre, les corps de moins de mille kilomètres génèrent une force de gravité si faible qu'ils ont une forme quelconque; ce sont des rochers aux formes indéterminées.



Exemples de petits astres aux formes bizarres.

Mais plus la masse augmente, plus l'astre se transforme. Normalement, des astres deux fois plus massifs que la Terre seront entourés par une couche d'eau qui atteint des centaines de kilomètres d'épaisseur. Mais passé une certaine taille (ou masse), l'objet devient une boule de gaz, comme c'est le cas d'Uranus et de Neptune, des planètes quatre fois plus grosses que la Terre.

C'est dire que si la Terre avait été un peu plus grosse, un peu plus massive, les conditions qui règnent à sa surface auraient été assez différentes de celles qu'on connaît. On peut imaginer que si notre planète avait possédé une force de gravité disons 5 ou 10% plus intense, elle aurait eu davantage d'eau et une atmosphère plus épaisse.

Bref, en ce qui nous concerne, la Terre présente une taille exquise, soit suffisamment massive pour posséder à sa surface des océans entourés par une belle couche d'air, mais pas trop pour être ensevelie sous un épais océan, sinon même pour n'être qu'une boule de gaz.

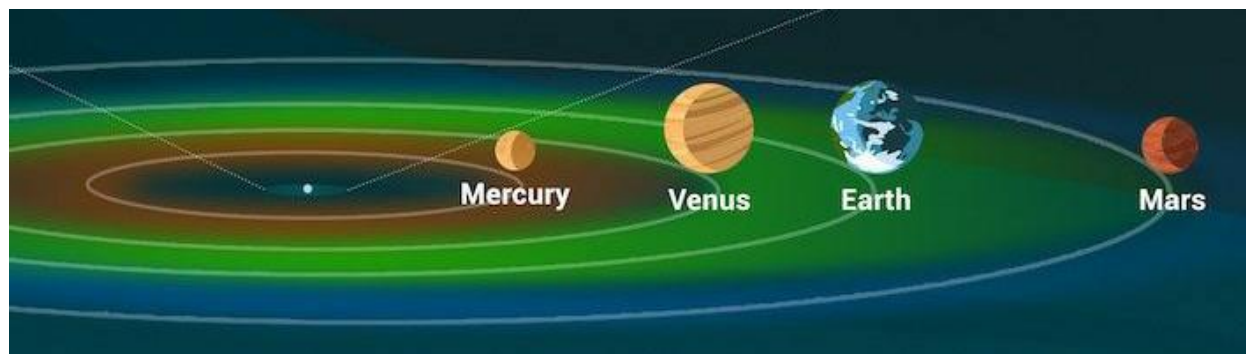
Dans la zone habitable du Soleil

De surcroît, la Terre est située à une distance optimale du Soleil: ni trop proche

de lui, où il fait trop chaud, ni trop loin, où il fait trop froid. Cette région tempérée est dite la *zone habitable* de notre Soleil. Elle est définie par le fait que de l'eau se trouvant en surface d'une Terre ne s'évaporerait pas sous une intense chaleur ni ne gèlerait en permanence à cause du froid intense. Or, la présence d'eau liquide à la surface d'une planète est essentielle à la vie telle qu'on la connaît.

Ô bel hasard, considérant les conditions qu'offre le Soleil, la Terre semble se trouver exactement au cœur de la zone habitable. Vénus serait plus ou moins à la limite où il fait trop chaud, tandis que Mars semble avoisiner la limite où il fait trop froid – ces deux planètes se trouvant quand même en zone habitable.

De notre point de vue, la Terre paraît posséder juste la bonne quantité d'eau



La zone habitable autour du Soleil englobe Vénus, la Terre et Mars (mais pas Mercure).

pour favoriser la vie. En effet, selon notre compréhension des choses, la vie est apparue dans les océans puis elle a émergé sur les continents, ce qui fait que nous sommes là. C'est dire que si la Terre avait retenu bien davantage d'eau – si elle avait été plus massive et donc entourée par des centaines de kilomètres d'eau –, il n'y aurait pas eu de continent. Notre monde aurait été une belle planète-océan, sans aucune surface solide habitable.

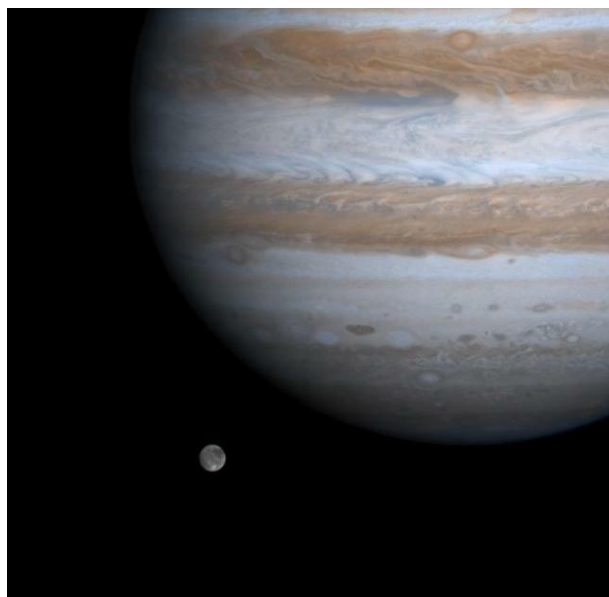
La vie existerait certes sur une telle planète – elle serait même probablement formidablement abondante –, mais elle ne serait pas terrestre. Adieu oiseau, dinosaure, insecte, humain et quoi d'autres encore!

Notre chance: posséder la Lune

Qui plus est, il semble même que nous ayons bénéficié d'une circonstance exceptionnelle: la présence autour de notre

monde d'un astre assez massif pour exercer une influence notable sur les océans.

En effet, on observe que les planètes qui gravitent autour du Soleil sont des milliers de fois moins massives que celui-ci. Même chose pour les lunes qui gravitent autour de Mars, de Jupiter, d'Uranus et de Neptune.



Jupiter avec, au premier plan, Ganymède, l'une de ses principales lunes.

En revanche, la masse de la Lune correspond au $1/80^e$ de celle de la Terre. Or, cela suffit pour engendrer le brassage des océans qu'on appelle les marées. Et on pense que celles-ci ont joué un rôle déterminant dans l'émergence de la vie sur la terre ferme.

En résumé, la Terre semble posséder toutes les caractéristiques idéales pour l'apparition et le développement de la vie telle qu'on la connaît.

Toutefois, peut-être pourrait-on dire l'inverse: c'est-à-dire que la vie a su pro-



La Terre et la Lune, parfois considérées comme une «planète double».

fiter et s'adapter aux conditions que lui a offert la Terre. Autrement dit, la vie telle qu'on la connaît est taillée sur mesure aux conditions qui prévalent sur Terre, et non l'inverse.

Et c'est là une nuance fort importante. En effet, on a fortement tendance à imaginer que la vie ailleurs doit forcément ressembler à celle de la Terre — les conditions étant si parfaites ici-bas! —, alors que c'est probablement le contraire.

Sur d'autres planètes hospitalières, d'autres formes de vie pourraient s'y être développées en étant tout aussi bien adaptées à des conditions et à un environnement différents, peut-être même très différents des nôtres.



Il était une fois, il y a cinq milliards d'années, une nébuleuse, faite de matière et de gaz, qui flottait quelque part dans la galaxie...

2 - Comment tout a commencé

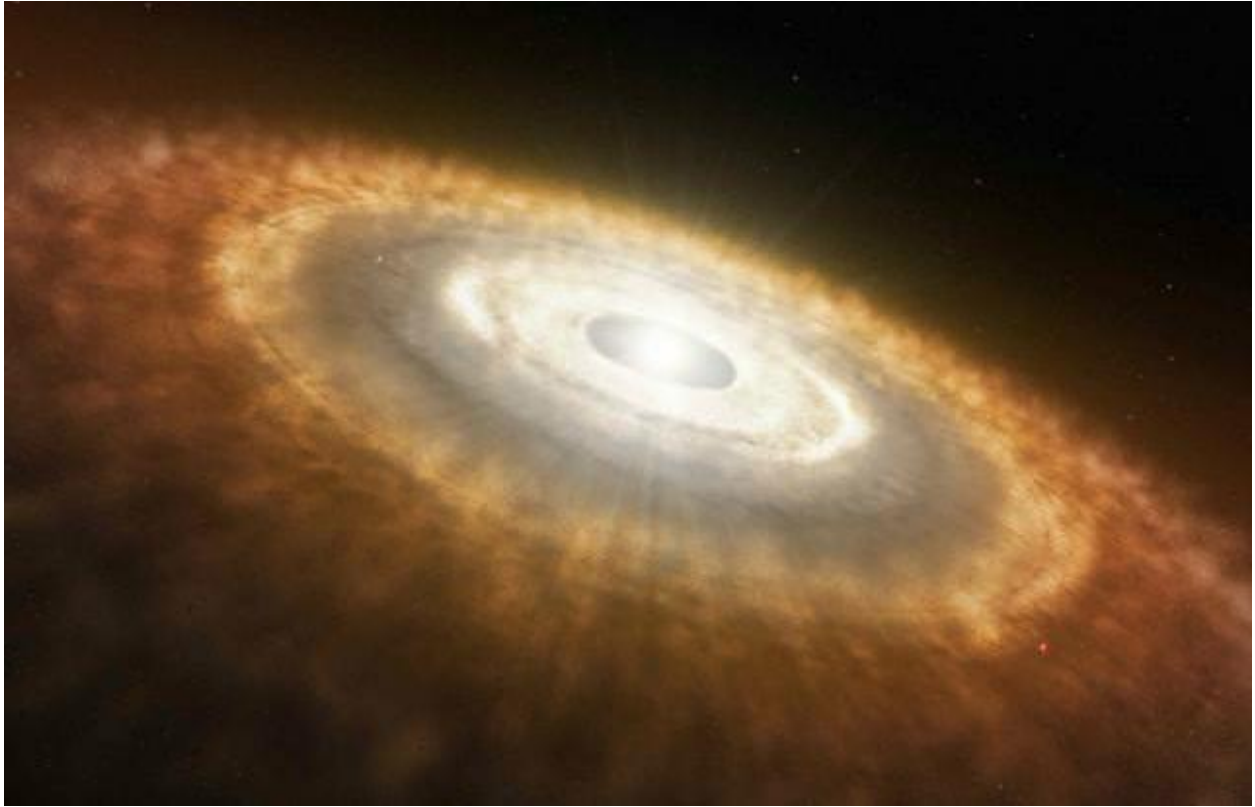
Selon ce qu'on a appris au cours du dernier siècle, le Système solaire s'est formé à partir d'un vaste nuage de poussière et de gaz interstellaires appelé une nébuleuse. Ce nuage était constitué en très grande partie d'hydrogène et d'hélium, les atomes créés peu après le Big Bang il y a 13,8 milliards d'années.

Il s'agit des deux premiers atomes inscrits au *Tableau périodique des éléments chimiques*. Ce sont les deux types d'atomes les plus abondants dans l'Univers. La nébuleuse contenait également des traces de tous les autres atomes: oxygène, carbone, fer, calcium, etc. Ces atomes ont été créés au cœur d'étoiles qui ont explosé des milliards d'années avant la naissance du Système solaire, explosions qui les a dispersés à travers notre galaxie et enrichis notre nébuleuse.

Il y a environ 4,5 milliards d'années, cette nébuleuse a commencé à se contracter sur elle-même, probablement sous l'effet d'une onde de choc produite par l'explosion d'une grosse étoile — ce qu'on appelle une supernova. Cette explosion a

de plus dispersé quantité d'atomes dans l'espace, enrichissant davantage notre nébuleuse.

Cette onde de choc a inculqué à la nébuleuse un mouvement de rotation sur elle-même. Ce mouvement a à son tour aplani le nuage qui a pris la forme d'un disque — un peu à la manière d'un cuisinier qui lance en l'air une pâte à pizza en la faisant tourner. À l'intérieur de ce disque, de petites perturbations ont commencé à se former, engendrées par la collision des atomes entre eux. C'est ainsi que très progressivement se sont constitués de petits grumeaux de matière. Ces grumeaux ont ensuite attiré de plus en plus de matière à eux, créant un effet boule de neige. Puis, lorsqu'un corps devient assez massif, sa gravité attire davan-



La nébuleuse solaire s'est peu à peu condensée pour prendre la forme d'un disque.

tage de matière, accentuant encore plus l'effet boule de neige. Cet enchaînement a mené à la formation de blocs de matière de plus en plus gros et massifs, ce qu'on appelle des *protoplanètes*.

Mais c'était là un phénomène très secondaire, puisqu'il n'englobait même pas 1% de la matière qui constituait la nébuleuse solaire.

Naissance du Système solaire

Car, pendant ce temps, 99% de la matière de la nébuleuse se concentrait au centre. Cette concentration était si grande que, bientôt, le centre de la nébuleuse s'est effondré sur lui-même. Cet effondrement a créé une compression si grande que les atomes d'hydrogène se sont mis à se fusionner les uns aux autres pour donner des atomes d'hélium. C'est ainsi qu'apparait une réaction thermo-nucléaire, notre Soleil venait de naître.



Bientôt, une étoile se forme au centre de la nébuleuse.

Parallèlement, autour de cette étoile, le disque de matière commençait à se constituer en anneaux (comme les anneaux de Saturne). Au cœur de ces anneaux se trouvaient des protoplanètes. Grâce à leur force de gravité, celles-ci se sont agglomérées les unes aux autres pour former des objets de plus en plus massifs, jusqu'à constituer quantité de petits astres. Progressivement, ces astres ont attiré à eux toute la matière se trouvant



Des protoplanètes, puis de petits astres et des planètes se forment un peu partout dans la nébuleuse.

autour d'eux pour former les planètes que nous connaissons. Néanmoins, un certain nombre d'entre eux ont échappé à ce carnage, pour finalement devenir les satellites naturels qui gravitent autour de ces planètes.

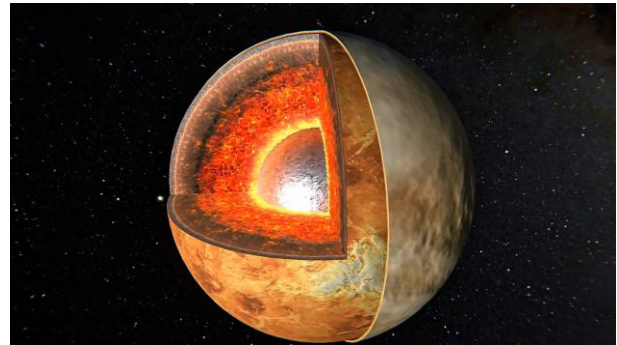
Et de tout cela, aujourd'hui encore, il subsiste quelques parcelles de la matière originelle, ce sont les astéroïdes et les comètes, les résidus de la formation du Système solaire.

Une planète en formation

C'est dans ce contexte cataclysmique que s'est constituée la Terre à partir d'un nombre effroyable de collisions entre protoplanètes. Étonnamment, on estime qu'elle s'est construite en seulement quelques dizaines de millions d'années seulement. C'est là un processus extrêmement rapide.

Chaque collision génère de l'énergie et chauffe la planète naissante, ce qui fait fondre la matière qui la compose. Résultat: les matériaux lourds, comme le fer et le nickel, se concentrent vers le centre, tandis que les matériaux plus légers demeurent en surface. C'est ainsi qu'un noyau métallique se forme au cœur de la

Terre et se met en rotation (comme une dynamo). Autour de lui se développent un manteau rocheux ainsi qu'une croûte fine en surface faite de silicate, donc de roche.

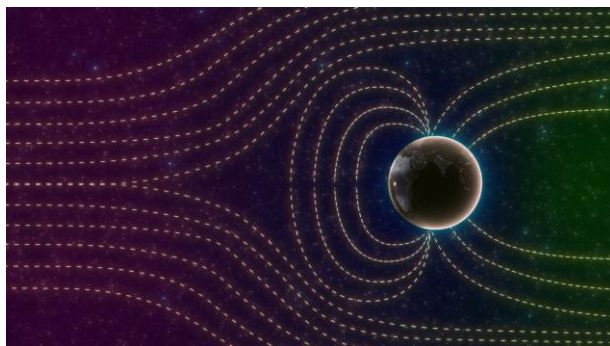


Structure interne de la Terre.

Le fait que le noyau métallique soit en rotation va engendrer un champ magnétique. Ce dernier joue un rôle vital puisqu'il agit comme un bouclier qui dévie une grande partie du vent solaire, évitant que l'atmosphère de gaz qui commence à se former autour de la Terre ne soit balayée dans l'espace.



Le champ magnétique qui protège la Terre.



Le champ magnétique qui entoure la Terre dévie une bonne partie du vent solaire.

Si on reprend l'analogie de compresser l'histoire de l'Univers en une année, comme nous l'avons fait dans le balado 137, *L'espace à échelle humaine*,¹ le Big Bang étant survenu le 1^{er} janvier à minuit, le Système solaire et la Terre sont apparus vers le 2 septembre. À cette échelle, notre planète se serait constituée en quelques heures seulement.



La Terre, peu après sa formation.

À ce moment-là, la surface terrestre était un effroyable enfer de matière en fusion, bombardée par une myriade de protoplanètes et soumise à une activité volcanique intense. Ces volcans ont probablement créé une première atmosphère. Les températures dépassent alors le millier de degrés et l'atmosphère est composée de gaz toxiques. Pourtant, il est possible que des étendues d'eau liquides aient

existé, et même des océans primitifs. En revanche, aucune vie ne pouvait apparaître dans un tel enfer. Cette atmosphère était presque dépourvue d'oxygène.

Une collision bouleversante

Environ 200 millions d'années après sa formation, la Terre a connu un effroyable événement: une collision avec un astre de la taille de Mars. Nous l'appelons Théia, du nom de la mère de Séléné, la déesse de la Lune dans la mythologie grecque.



La petite planète Théa s'approchant de la Terre.

Sous le choc, Théia et une partie de la croûte terrestre ont été pulvérisées et projetées en orbite. C'est à partir de cette matière que la Lune s'est constituée – en un temps très court, probablement de l'ordre d'un siècle, sinon même beaucoup moins. L'anneau à partir duquel s'est assemblé notre satellite naturel se trouvait à quelques milliers de kilomètres de la Terre.

À la suite de cet impact, la surface terrestre était un océan de magma. C'est alors que s'est constituée une atmosphère faite de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone, d'azote, de soufre. Cette atmosphère n'était pas respirable, mais elle a joué un rôle crucial en permettant de conserver une certaine chaleur en surface

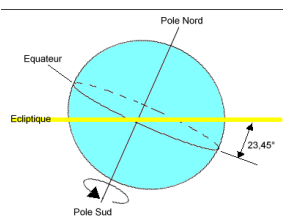
¹ Claude Lafleur, *L'espace à échelle humaine*, Fascicule 137 de *Voyage dans l'espace*, 2024, p. 15-6.



La Terre dotée d'une atmosphère et d'océans primitifs.

(contrairement à la Lune, qui ne possède aucune atmosphère).

On suppose également que la collision avec Théia a fait pencher notre planète sur son axe de rotation de $23,5^\circ$, créant ainsi le mécanisme des saisons. Si on imagine qu'à l'origine, la Terre tournait bien droite, à la verticale, sur elle-même comme une toupie, il n'y avait alors pas de saison. Mais suite à la collision avec Théia, la Terre aurait été bousculée et son axe de rotation s'est incliné de $23,5^\circ$. C'est ainsi qu'en début d'année, le Soleil réchauffe moins l'hémisphère nord, engendrant l'hiver, mais davantage l'hémisphère sud, où c'est l'été. Et vice et versa en milieu d'année.



De plus, à l'origine, la Terre tournait sur elle-même beaucoup plus rapidement qu'aujourd'hui — en quelques heures seulement —, tandis que la Lune gravitait tout près d'elle. Mais au fur et à mesure que les deux astres se sont éloignés l'un de l'autre, notre planète s'est mise à tourner de plus en plus lentement.

Une chimie étonnante

Entre-temps, au fil du temps, la Terre se refroidit, entraînant la formation d'une croûte solide qui permet la présence d'eau

liquide en surface. Des océans se créent un peu partout.

Phénomène remarquable: à peine l'environnement est-il hospitalier — quelques centaines de millions d'années après la formation de notre planète — que la vie apparaît immédiatement. C'était il y a environ 4 milliards d'années, alors que l'atmosphère se compose de gaz volcaniques et de gaz à effet de serre — une mixture irrespirable de nos jours. Pourtant, on a retrouvé des traces de vie dans des roches vieilles de 4,1 milliards d'années.



La Terre au début de la vie.

Pour commencer, il se produit dans les océans un phénomène qu'on a peine à imaginer: des atomes tendent à se lier les uns aux autres pour former des molécules de matière de plus en plus complexes.



Des atomes commencent à s'assembler pour former des molécules plus complexes.

Puis, certaines molécules s'entourent d'une fine membrane; elles se constituent

en de minuscules gouttes de matière. Cette membrane est très fragile, mais elle suffit pour créer un dedans et un dehors.



Des gouttes s'entourent d'une fine membrane.

Voilà donc qu'à l'intérieur de ces gouttes se produisent des réactions chimiques. Un cycle commence. Une très grande variété de réactions chimiques surgit; des molécules se brisent, d'autres se lient entre elles, se séparent et recomencent de nouvelles liaisons, etc. Ce bouillonnement se produit simultanément dans des milliers d'endroits dans les océans et durant des millions d'années.



Des composés plus complexes apparaissent.

Parmi ces milliards de gouttes, certaines réussissent à franchir un pas de plus; elles parviennent à se reproduire, à former des gouttes plus ou moins semblables à elles-mêmes. Ce processus n'est pas parfait, loin de là, quantité de petites erreurs se glissent. Certaines erreurs sont bénéfiques, elles aident la goutte à demeurer intacte un peu plus longtemps ou

à se refaire un peu plus rapidement. Les gouttes qui fonctionnent bien perdurent et se multiplient. Les autres disparaissent. C'est le début d'un processus de sélection naturelle favorisant ce qui est le plus efficace en matière de reproduction et d'utilisation des ressources.



Des molécules de plus en plus complexes.

Il s'agit d'un processus si lent et si long qu'on a du mal à se l'imaginer. Le succès est très rare, mais la planète a le temps et l'énergie pour le poursuivre longtemps. Voilà sans doute les clés du hasard: un nombre incalculable d'essais et erreurs sur une très, très longue période.

C'est ainsi que les océans deviennent un bouillon de culture.

Une vie balbutiante

Vers 3,8 milliards d'années apparaît une vie très primitive, à commencer par des bactéries unicellulaires. Suivent ensuite les premières formes de vies multi-cellulaires, notamment des stromatolithes qui produisent de l'énergie par photosynthèse. C'est là un mécanisme formidable qui convertit les rayons du Soleil en énergie alimentant le fonctionnement de ces organismes.

De plus, durant deux milliards d'années, ces stromatolithes transforment l'atmosphère terrestre en y injectant de l'oxygène en quantité.



Les stromatolithes sont des structures rocheuses calcaires abritant des colonies de micro-organismes, principalement des cyanobactéries. Il s'agit de véritables «usines à oxygène». Ils constituent les plus anciennes traces de vie fossiles connues, datant de plus de 3,5 milliards d'années.

Cet oxygène a créé, à haute altitude, une couche d'ozone, des molécules constituées de trois atomes d'oxygène (O_3). Or, cette couche d'ozone s'est avérée extrêmement bénéfique à la vie puisqu'elle absorbe la plus grande partie du rayonnement solaire ultraviolet néfaste aux organismes. Elle joue donc un rôle protecteur pour l'ensemble des êtres vivants à la surface de la Terre.

En même temps, l'oxygène est un composé toxique puisqu'il oxyde tout, les atomes d'oxygène ayant fortement tendance à se lier à tout. Cependant, avec le temps, le vivant apprend à l'utiliser à son avantage, à se servir de ses propriétés oxydantes.

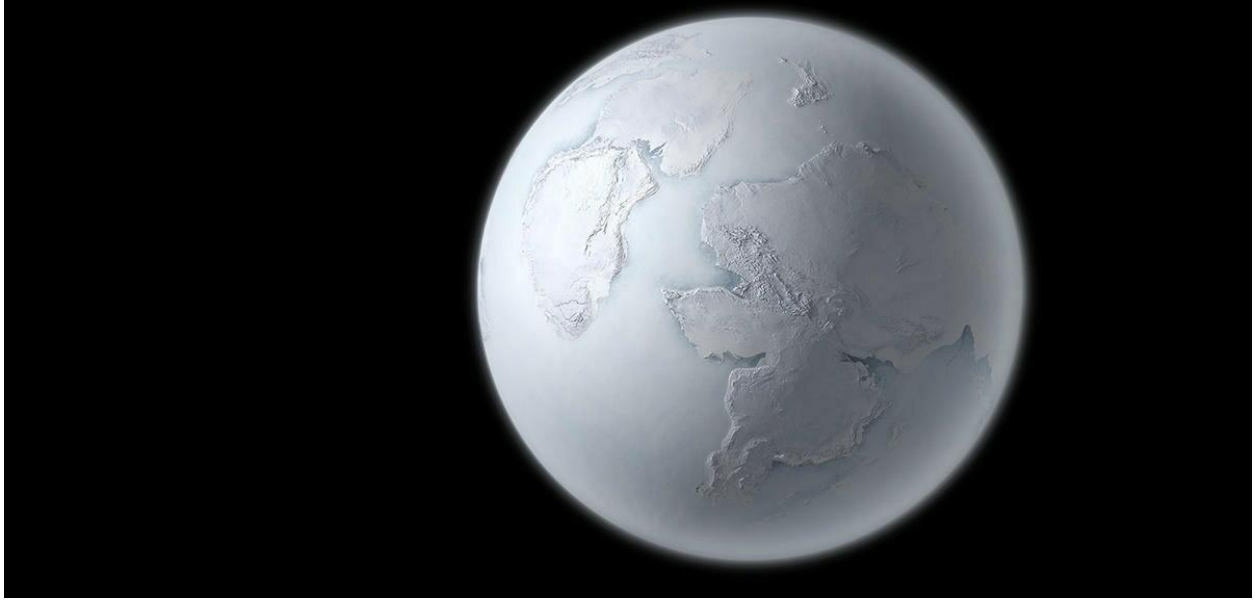
Il y a environ 2,5 milliards d'années surgit une autre innovation révolutionnaire: des organismes dont les cellules renferment un noyau. C'est le début du règne

des eucaryotes, c'est-à-dire des organismes généralement capables de respiration. Ils remplissent efficacement trois fonctions fondamentales: maintenir leur intégrité par rapport à l'environnement, assurer un métabolisme cohérent par des réactions chimiques en son sein et des échanges avec l'extérieur, et se répliquer en produisant d'autres individus semblables.

Ce n'est que depuis 1,3 milliard d'années que notre atmosphère est riche en oxygène, ce qui marquera une autre étape importante dans l'éclosion de la vie.

À l'échelle de notre calendrier, nous sommes déjà rendus au 26 novembre depuis le Big Bang.

Suivront éventuellement les plantes, diverses créatures marines et peut-être les premières formes de champignon.



Il y a 750 millions d'années, la Terre était complètement ensevelie sous une couche de glace de trois kilomètres d'épaisseur. C'était une «boule de neige» sur laquelle il faisait -60° .

En attendant le «Big Bang» écologique

Malheureusement, il y a environ 750 millions d'années (soit vers le 10 décembre), une intense activité volcanique injecte d'énormes quantités de CO_2 dans l'atmosphère. Mélangé à l'eau, ce CO_2 crée des pluies acides. Résultat, les températures chutent dans les -60° , les mers gèlent et les continents se couvrent d'une épaisse couche de neige. La Terre devient une immense «boule de neige», ensevelie sous une couche de glace de trois kilomètres d'épaisseur durant 50 millions d'années. C'est la plus longue période glaciaire que connaîtra notre monde, alors que la vie s'éteint presque complètement.

Mais sans cesse celle-ci rebondit, franchissant même d'autres étapes déterminantes. Ainsi, il y a environ 580 millions d'années, la vie multicellulaire complexe apparaît, se développe au fil du temps et culmine avec l'*explosion cambrienne*.

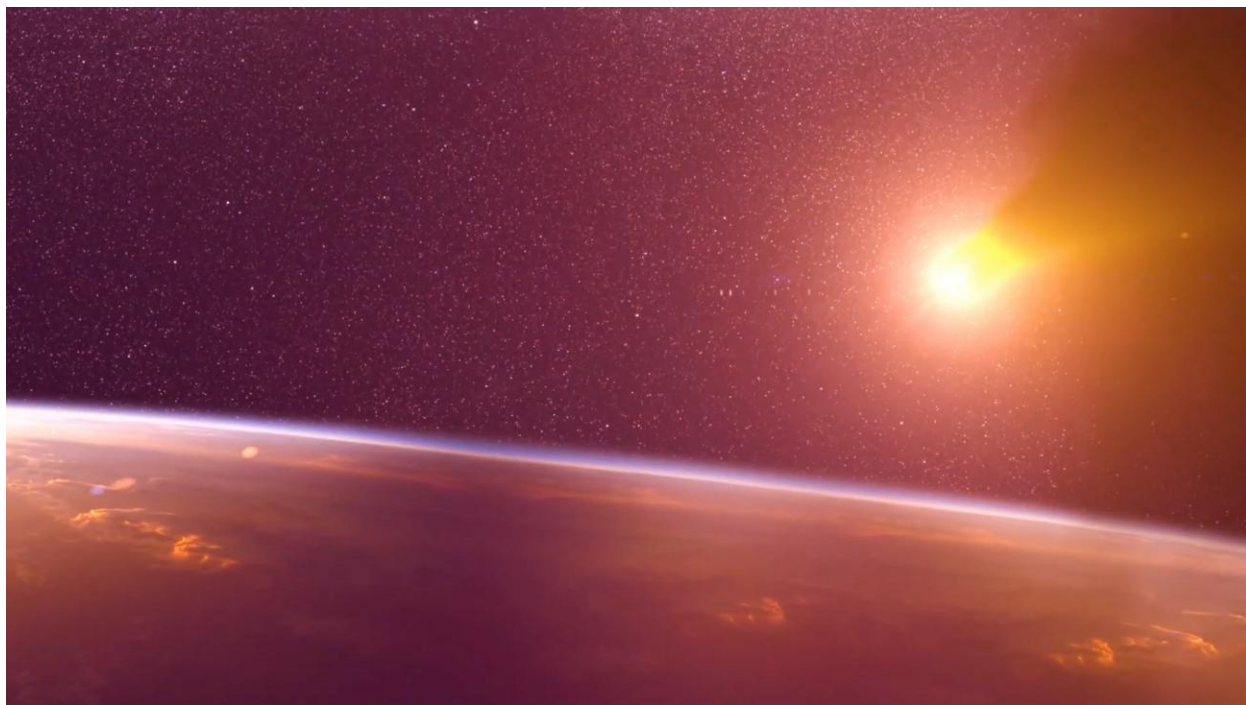
Ce terme désigne l'époque au cours de laquelle apparaît, en une dizaine de mil-



Le cambrien, l'explosion de la vie.

lions d'années seulement, la plupart des espèces animales, végétales et bactériennes que nous connaissons. Certains spécialistes qualifient cette période de «Big Bang zoologique», avec l'apparition de la quasi-totalité des formes de vie connues actuellement.

C'est à cette époque fabuleuse que la vie complexe, notamment les vertébrés, commence à dominer les océans. De même, les continents actuels se forment. Progressivement, la vie s'étend à la terre ferme et des formes familières de plantes, d'animaux et de champignons apparaissent, parmi lesquelles les insectes et les reptiles.



Notre planète est soumise à une foule d'agressions en provenance de l'espace: astéroïdes, radiations cosmiques, tempêtes solaires, explosions de supernova...

3 - Une cascade de cataclysmes

On a tendance à imaginer l'apparition et le développement de la vie comme une progression lente mais continue, celle-ci passant d'une étape à l'autre. Mais c'est loin d'être le cas. C'est même tout le contraire. Non seulement la vie s'est-elle développée à la suite d'un lent processus d'essais et d'erreurs, mais sans cesse elle a été remise en cause par des bouleversements cataclysmiques, sinon même quasiment rayée de la surface terrestre plusieurs fois.

La vie a en effet subi un nombre incroyable d'extinctions et elle a dû recommencer parfois pratiquement à zéro. Nous connaissons cinq extinctions massives, c'est-à-dire la disparition d'au moins 50% des espèces animales et végétales en quelques millions d'années seulement.

La première extinction massive connue survient il y a environ 445 millions d'années — probablement à la suite d'une autre grande glaciation — qui fait disparaître 85% des espèces.

Puis, entre 380 et 360 millions d'années, survient l'extinction du Dévonien qui élimine 75% des espèces.

Suit, entre 252 et 245 millions d'années, une extinction qui fait disparaître près de 80% de la vie marine et 70% des espèces terrestres.

S'ensuit, il y a 200 millions d'années, une extinction qui marque la disparition de 75% des espèces marines et de 35% des familles d'animaux. Cette extinction élimina une forte proportion des reptiles mammaliens alors dominants, laissant le champ libre aux dinosaures.

Notons qu'on ignore la cause de ces grandes extinctions. Il pourrait s'agir de bouleversements inhérents à la planète elle-même — comme par exemple des

épisodes d'intense volcanisme ou de changements draconiens dans les températures ou dans l'atmosphère —, ou à des causes externes telles que la chute d'astéroïdes, de fortes tempêtes solaires, l'explosion d'étoiles voisines, ou quoi d'autre encore?

Par contre, on sait que les dinosaures ont disparu il y a 66 millions d'années à la suite de l'impact d'un astéroïde d'une dizaine de kilomètres. Il s'agit de l'astéroïde dit de Chicxulub, nommé d'après la localité mexicaine qui se trouve aujourd'hui près de l'endroit où il s'est écrasé, sur la péninsule du Yucatan.



Il y a 66 millions d'années, un astéroïde de dix kilomètres s'abat sur la péninsule du Yucatan.

Une extinction bénéfique

On ignore exactement comment les choses se sont passées, mais on imagine que cet impact a soulevé d'énormes quantités de poussière dans l'atmosphère. Le ciel s'est alors obscurci sur l'ensemble de la Terre durant de longues années. Privé des rayons du Soleil, la végétation a disparu, entraînant avec elle l'effondrement de la chaîne alimentaire. Les herbivores se sont éteints, entraînant avec eux la perte des prédateurs, et ainsi de suite.

En revanche, les omnivores, les insectivores et les charognards ont survécu à l'extinction, peut-être grâce à leur alimentation variée. Les mammifères et les oiseaux se sont nourris d'insectes, de vers et d'escargots, qui eux-mêmes se nourris-

saient de matière végétale ou animale morte.

En particulier, cette extinction massive a laissé la place à un petit mammifère qu'on assimile à une souris. C'est l'ancêtre de tous les mammifères, dont les humains.



Voici comment on se représente notre ancêtre à tous, une créature timide qui tentait de survivre tant bien que mal à l'époque des dinosaures.

L'apparition de nos lointains ancêtres, la famille des hominidés (les «grands singes»), remonte à seulement 20 millions d'années. Viendra par la suite les premiers représentants du genre Homo — c'est-à-dire le genre qui regroupe toutes les espèces humaines —, il y a environ 2,4 millions d'années. Enfin surgit l'Homo sapiens, nous, il y a quelques 300 000 ans.

Cette évolution est survenue durant la journée du 30 décembre de notre calendrier. (Voir nos origines illustrées par [IA.](#))

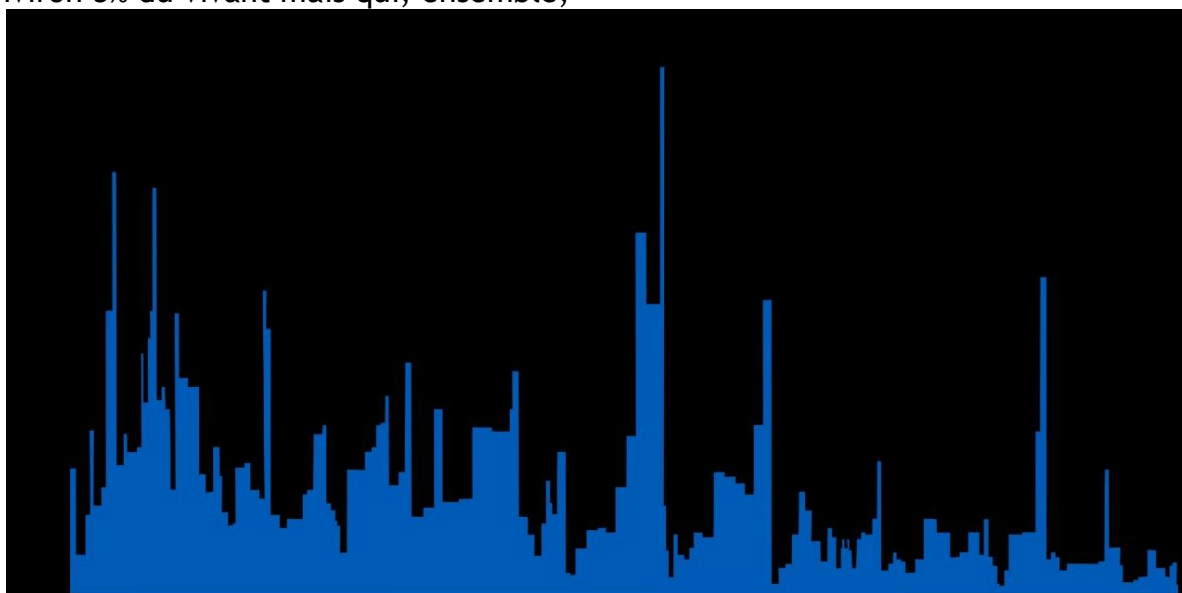
99% des espèces exterminées

Mais qui sait, sans la chute de l'astéroïde de Chicxulub, nous ne serions probablement pas là. Autrement, que seraient devenus les dinosaures, eux qui peuplaient la Terre depuis 165 millions d'années, s'ils avaient bénéficié d'un 66 millions d'années additionnelles?

Mais ce n'est pas tout, loin de là, puisque la vie terrestre a subi tout au long

de son évolution quantité d'autres extinctions. On calcule que les cinq grandes extinctions connues n'auraient fait disparaître que 4% de toutes les espèces ayant vécu sur Terre. Il y a également eu un nombre incalculable d'extinctions moins sévères qui, chacune faisait disparaître environ 5% du vivant mais qui, ensemble,

a entraîné la perte de 40% de toutes les espèces. À cela s'ajoutent des extinctions plus importantes qui sont responsables de l'éradication de plus de 50% du vivant. Tout compte fait, on estime que 99% de toutes les espèces ayant jamais vécu sur Terre ont disparu de cette façon.



La multitude d'extinctions survenues au cours des dernières 500 millions d'années. (Source: [Wikipédia](#))

Si on reporte les cinq extinctions massives à l'échelle de notre calendrier de l'histoire de l'Univers résumées en une année, on observe qu'elles se sont produites entre le 19 et le 29 décembre — donc *très* récemment. C'est dire aussi qu'on ignore tout ce qui s'est passé auparavant, c'est-

à-dire au cours des mois d'octobre, de novembre et dans la première moitié de décembre. Combien d'autres cataclysmes, et de quelles ampleurs, a dû subir la vie terrestre avant de parvenir jusqu'au «Big Bang» du cambrien?

4 - Une question qu'on ne se posait pas

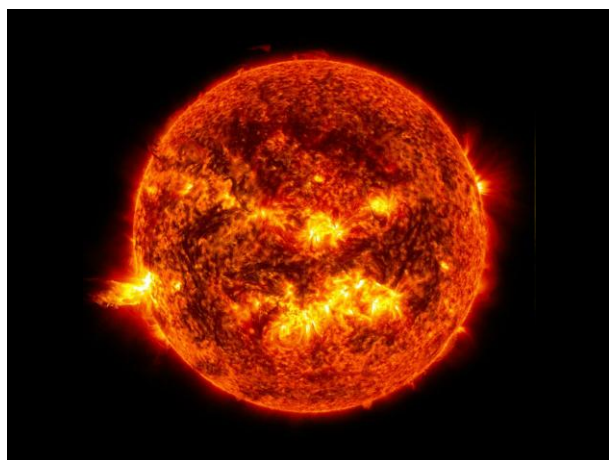
Ajoutons une autre notion qui laisse songeur.

L'idée d'extinctions massives est une notion très récente. Elle remonte, pour l'essentiel, aux années 1960 et surtout à la suite des travaux de Walter Alvarez qui, au début des années 1980, a découvert la cause de la disparition des dinosaures. Par la suite, on a réalisé que la Terre pourrait avoir subi de nombreuses autres

cataclysmes, notamment la grande période de glaciation qui a transformé notre planète en «boule de neige».

Ce n'est donc que peu à peu qu'on a pris conscience que la Terre est vulnérable à d'autres types de catastrophes, notamment à de violentes tempêtes solaires. On a ainsi réalisé que nous avons la chance de

vivre auprès d'une étoile très calme, une étoile qui connaît très peu de soubresauts, contrairement à quantité d'autres étoiles bouillonnantes d'activités. Mais qui sait si, par le passé, la vie n'a pas été victime de tempêtes en provenance de notre jeune étoile?

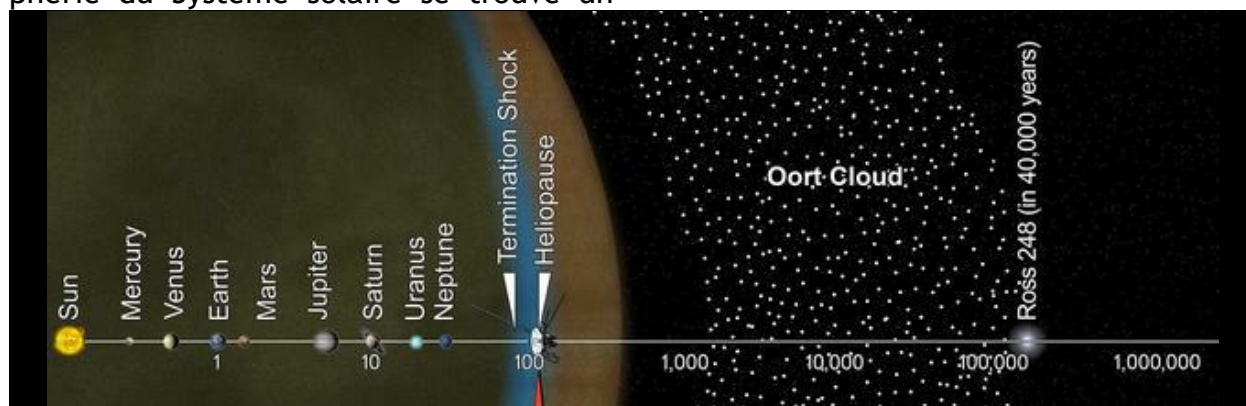


Le Soleil, une étoile très calme, malgré tout.

Par ailleurs, on a découvert qu'en périphérie du Système solaire se trouve un

immense réservoir de comètes qu'on appelle le Nuage de Oort — du nom de l'astronome néerlandais Jan Oort qui a émis cette hypothèse. Ce nuage se situerait aux limites du Système solaire, à plus de 20 000 fois la distance Terre-Soleil et il pourrait contenir plusieurs milliers de milliards de comètes.

On imagine donc que ce Nuage de Oort pourrait être parfois perturbé par le passage d'une étoile ou d'une explosion d'étoiles dans nos parages. De telles perturbations, qui pourraient s'être produites par le passé, déclencheraient la chute d'un très grand nombre de comètes en direction du Soleil. Chemin faisant, un certain nombre d'entre elles pourraient s'abattre sur Terre, notre planète subissant alors un véritable bombardement cosmique. On ignore si un tel cataclysme s'est déjà produit — probablement, pense-t-on — ou s'il se produira un jour ou l'autre.



Par-delà l'orbite de Neptune se trouvent la Ceinture de Kuiper et le Nuage de Oort, deux immenses réservoirs de comètes qui pourraient être perturbés par le passage ou l'explosion d'une étoile.

Un autre risque dont on a pris conscience ces dernières années est l'explosion d'une étoile, et particulièrement d'une supernova, dont les radiations bombarderaient notre planète. Qui sait quels effets un tel déchainement de radiations pourrait avoir sur la vie terrestre?

En résumé, nous avons pris conscience

ces derniers temps à quel point la vie terrestre est fragile, à quel point elle est vulnérable à plusieurs menaces venues de l'espace. Se pourrait-il qu'un jour, nous subissions le même sort que les dinosaures? C'est là une question que l'on ne se posait pas il y a quelques décennies à peine.



La très, très mince couche d'air qui entoure la Terre photographiée par des astronautes.

Conclusion: les grandes leçons du passé

Ce que nous enseigne le passé, c'est que la vie sur Terre est fragile, et même terriblement fragile.

Or, cette fragilité est en bonne partie due au fait que notre planète n'est entourée que par une très mince atmosphère. En effet, cette couche d'air ne s'étend tout au plus qu'à une centaine de kilomètres, sinon même qu'à quelques dizaines de kilomètres seulement. À l'échelle d'un globe terrestre de trente centimètres de diamètre, elle est plus mince que l'épaisseur d'un papier collant!

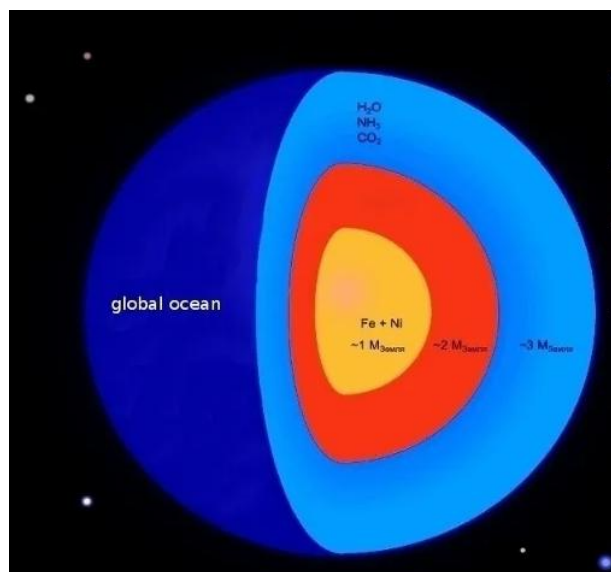
Notre atmosphère est si mince que si nous observons une exoplanète semblable à la Terre à l'aide du puissant télescope Webb, on ne verrait pas cette atmosphère. Autrement dit, si des extraterrestres observaient notre Système solaire à l'aide d'un télescope semblable, ils risqueraient de considérer la Terre aussi dénudée que la Lune et Mercure.

De surcroît, notre planète possède de très minces océans. C'est-à-dire que, si seulement nos océans avaient été beaucoup plus profonds, disons de quelques dizaines de kilomètres, l'impact d'un astéroïde comme celui qui a entraîné la perte des dinosaures mais tombant à l'eau, n'aurait provoqué qu'un gros «plouf» sans soulever une tempête de poussière dévastant la planète entière. Un tel impact ne bouleverserait pas la vie. De même, une grande glaciation à la surface de ces océans ne perturberait pas autant la vie sous-marine que le gel quasi-total de nos flaques d'eau terrestres.

Qui sait, si la Terre avait été disons 5, 10 ou 15% plus massive, elle aurait été entourée par de profonds océans et possiblement même par une atmosphère beaucoup

plus importante, deux caractéristiques qui auraient protégé la vie tels des boucliers.

C'est dire aussi qu'aux yeux d'extraterrestres qui regarderaient la Terre, ils la considéreraient possiblement comme un monde où la vie peut marginalement exister, alors qu'il existe tant d'autres mondes beaucoup plus hospitaliers.



Imaginez une planète entourée par un gigantesque océan mettant à l'abri la vie contre les cataclysmes cosmiques.

Songez simplement aux planètes-océan, entourées par des centaines de kilomètres d'eau. Ne seraient-elles pas les véritables mondes habitables, ces océans protégeant la vie contre les aléas cosmiques qui ne manquent pas de survenir au fil des milliards d'années?

Imaginons si la Terre avait été entourée par de profonds océans et par une épaisse atmosphère mettant la vie à l'abri de la plupart des cataclysmes cosmiques. Imaginons que la vie s'y soit développée et prospérée sans grande perturbation durant des milliards d'années, sans avoir à recommencer des milliers de fois. À quel stade d'évolution serait-elle rendue? Où en serait la vie «intelligente» si elle s'était développée sur des milliards d'années?

Mais rien de telle que la vie!

Une autre grande leçon qui semble se dégager des découvertes que nous faisons présentement, c'est que la vie semble extraordinairement résiliente.

C'est le cas de la vie terrestre qui s'est relevée d'une multitude de cataclysmes. Il semble aussi de plus en plus probable que la vie soit apparue sur Mars, dans des conditions nettement moins favorables que celles que nous connaissons ici sur Terre. Il apparaît même vraisemblable que la vie pourrait exister sur certains des gros satellites naturels de Jupiter et de Saturne. Et peut-être même dans l'atmosphère de Vénus. Et tout cela, uniquement dans notre Système solaire.

Ce sont là des découvertes qu'on a faites ces dernières décennies, alors qu'on n'en est qu'au début de nos recherches de vie dans l'Univers. Et il nous reste des milliers d'autres exoplanètes habitables à étudier à travers l'immensité de la galaxie!

L'ultime désillusion...

Une dernière leçon que l'on peut retirer de tout ce qu'on a appris, c'est que nous, homo sapiens, sommes le fruit d'un processus évolutif qui a été extrêmement perturbé. Nous ne sommes pas l'aboutissement inévitable de la vie, comme on aime tant le croire. Qui sait s'il n'y avait pas eu des milliers d'extinctions à quoi aurait abouti la vie après quatre milliards d'années d'évolution?

C'est dire aussi que lorsque la vie apparaîtrait sur une planète légèrement différente que la nôtre, ne serait-ce qu'en termes de masse, le résultat final risque d'être très différent. De même, si les conditions qui règnent sur Terre avaient été légèrement différentes — s'il avait fait un peu plus chaud, si la composition de l'atmosphère

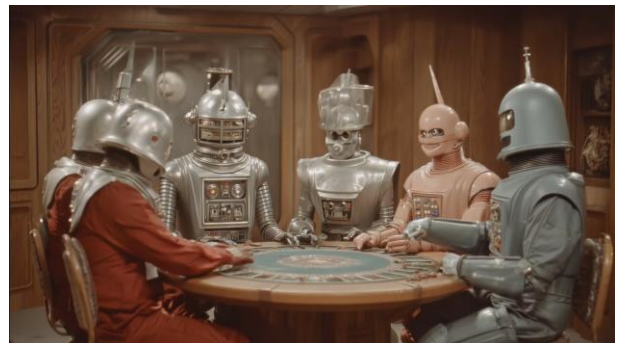


Imaginez une planète semblable à la Terre, mais différente... Une planète où la force de gravité est légèrement supérieure à la gravité terrestre, une planète possédant davantage d'eau et une atmosphère plus épaisse, où la composition de cette atmosphère diffère, où les températures et les saisons sont différentes, etc. Quel type de vie évoluerait sur un tel monde? C'est ce qu'on espère un jour découvrir.

avait été légèrement différente, si la Terre avait posséder davantage d'eau, si nous n'avions pas bénéficié de la présence d'une belle grosse Lune, si, si et si —, la vie terrestre aurait été sans doute fort différente.

Imaginons maintenant une planète où les conditions sont encore plus différentes, une planète une fois et demie plus massive, une planète possédant beaucoup d'eau, ou dotée d'un autre type d'atmosphère, une planète sans lune d'importance et quoi d'autres encore? Quel pourrait être le résultat de l'évolution de la vie?

Mais de penser que nous ne sommes pas l'aboutissement inévitable de l'évolution de la vie s'avère très difficile à concevoir, à accepter. Comment ne pas imaginer



Peut-on imaginer des extraterrestres fondamentalement différents de nous?

que tout être intelligent ne ressemble pas nécessairement à nous? Comment imaginer des extraterrestres fondamentalement différents de nous? Difficilement imaginable. Et pourtant, c'est probablement la réalité. ●

Les balados de *Voyage dans l'espace* (soundcloud.com/voyagedanslespace)

*** 2018 ***

- Balado 1, *Destination Mars*, diffusé le 4 février 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 2, *La Lune au temps d'Apollo*, diffusé le 18 février 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 3, *Sommes-nous seuls dans l'Univers?*, diffusé le 4 mars 2018.
- Balado 4, *A quoi sert d'explorer le Système solaire?*, diffusé le 18 mars 2018.
- Balado 5, *Satellites militaires, la face cachée du spatial*, diffusé le 1^{er} avril 2018.
- Balado 6, *TESS : à la recherche des terres du voisinage*, diffusé le 15 avril 2018.
- Balado 7, *Planètes et exoplanètes*, diffusé le 29 avril 2018.
- Balado 8, *Voyage, voyage dans l'espace*, diffusé le 13 mai 2018.
- Balado 9, *Déchets spatiaux*, diffusé le 27 mai 2018.
- Balado 10, *Homme dans l'espace*, diffusé le 10 juin 2018.
- Balado 11, *La Voie lactée, notre terrain de jeu*, diffusé le 24 juin 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 12, *Espace 2068, les 50 prochaines*, diffusé le 8 juillet 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 13, *Le jeu des dates*, diffusé le 22 juillet 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 14, *Pluton, la reine des petites planètes*, diffusé le 5 août 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 15, *12 hommes sur la Lune, 1ère partie*, diffusé le 26 août 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 16, *12 hommes sur la Lune, 2ème partie*, diffusé le 9 septembre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 17, *Vivre à bord de la Station spatiale*, diffusé le 23 septembre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 18, *Un automne planétaire*, diffusé le 7 octobre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

- Balado 19, *Les extraterrestres nous ressemblent-ils?*, diffusé le 21 octobre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 20, *Voyage dans l'espace au cinéma*, diffusé le 4 novembre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 21, *Quelles traces laisserons-nous dans l'espace?*, diffusé le 18 novembre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 22, *Mystères planétaires*, diffusé le 2 décembre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 23, *Noël 1968*, diffusé le 16 décembre 2018 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

*** 2019 ***

- Balado 24, *Demain la Lune*, diffusé le 10 février 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 25, *À quoi sert l'espace?*, diffusé le 24 février 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 26, *Alexei Leonov*, diffusé le 10 mars 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 27, *Parlons de... capsules spatiales*, diffusé le 24 mars 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 28, *Viking, la fascinante découverte de la vie sur Mars*, diffusé le 7 avril 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 29, *La Grande peur de 1910*, diffusé le 5 mai 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 30, *Vingt ans d'exploration spatiale: les astéroïdes*, diffusé le 19 mai 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 31, *Des idées pas comme les autres*, diffusé le 2 juin 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 32, *Préludes à Apollo 11*, diffusé le 16 juin 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 33, *Astronomie 101*, diffusé le 30 juin 2019.
- Balado 34, *Apollo 11: dans les coulisses de l'histoire*, diffusé le 14 juillet 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 35, *Notre Univers époustouflant #1*, diffusé le 28 juillet 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 35, *Notre Univers époustouflant #2*, diffusé le 11 août 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 36, *Robert Lamontagne: le métier d'astronome*, diffusé le 25 août 2019.

Balado 37, Les surprises de l'été 2019, diffusé le 8 septembre 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 38, Pourquoi Mars nous obsède-t-elle autant?, diffusé le 6 octobre 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 39, Où en serons-nous en 2044?, diffusé le 3 novembre 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 40, L'astronomie par l'image, diffusé le 1^{er} décembre 2019 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

*** 2020 ***

Balado 41, La Lune, cette inconnue, diffusé le 5 janvier 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 42, La grande aventure des Voyager #1, diffusé le 2 février 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 43, La grande aventure des Voyager #2, diffusé le 1^{er} mars 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 44, Matière et énergie «noires», diffusé le 5 avril 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 45 Voyage dans le Système solaire, diffusé le 3 mai 2020.

Balado 46, Et si ça c'était passé autrement..., diffusé le 7 juin 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 47, A l'assaut de la planète Mars, diffusé le 5 juillet 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 48, Exoplanètes, de nouvelles planètes incroyables, diffusé le 2 août 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 49, La grande aventure des Voyager #3, diffusé le 6 septembre 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 50, Le 50e balado: bilan et perspectives, diffusé le 4 octobre 2020.

Balado 51, Prochains lancements d'astronautes... et de touristes, diffusé le 18 octobre 2020.

- Balado 52, Les galaxies: aux frontières de la cosmologie, diffusé le 1^{er} novembre 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 53, Le Système solaire n'est plus ce qu'il était..., diffusé le 15 novembre 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 54, Le métier d'astronaute, diffusé le 6 décembre 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 55, L'étrange monde des étoiles, diffusé le 20 décembre 2020 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

***** 2021 *****

- Balado 56, Le monde méconnu des étoiles, diffusé le 17 janvier 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 57, Les faits saillants de 2020 et de 2021, diffusé le 7 février 2021.
- Balado 58, Georges Lemaître: le père du Big Bang, diffusé le 21 février 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 59, Vie et mort du Soleil, diffusé le 7 mars 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 60, Paul Houde, chasseur d'éclipses, diffusé le 21 mars 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 61, Pourquoi le futur n'est jamais comme on l'imagine?, diffusé le 4 avril 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 62, Dans les secrets de la cosmonautique soviétique, diffusé le 18 avril 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 63, L'ultime destin du Soleil: un trou noir?, diffusé le 2 mai 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 64, Qu'est-ce que ce serait que de vivre sur Mars?, diffusé le 16 mai 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 65, Carte blanche, diffusé le 6 juin 2021.
- Balado 66, Dormir en apesanteur, diffusé le 20 juin 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 67, Les trous noirs, de la fiction à la réalité, diffusé le 9 juillet 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 68, Le tourisme spatial: la nouvelle course à l'espace, diffusé le 18 juillet 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 69, Ciel nocturne, diffusé le 1^{er} août 2021.

Balado 70, A-t-on déjà repéré des extraterrestres?, diffusé le 5 septembre 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 71, Artemis: le rêve du retour sur la Lune, diffusé le 19 septembre 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 72, Espace 101, diffusé le 2021.

Balado 73, La Lune et Mars: pourquoi est-ce si long?, diffusé le 17 octobre 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 74, Un petit pas pour l'homme, diffusé le 7 novembre 2021.

Balado 75, Mystères vénusiens, diffusé le 21 novembre 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 76, Questions de nos auditeurs, diffusé le 5 décembre 2021.

Balado 77, Le télescope spatial Webb, diffusé le 19 décembre 2021 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

***** 2022 *****

Balado 78, Bilan 2021, perspectives 2022, diffusé le 2 janvier 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 79, Big Bang 101, diffusé le 16 janvier 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 80, Notre place dans l'Univers 2500 ans d'histoire, diffusé le 6 février 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 81, Les lunes du Système solaire, diffusé le 20 février 2022.

Balado 82, La Relativité, diffusé le 6 mars 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 83, La Navette spatiale 1ère partie, diffusé le 20 mars 2022.

Balado 84, La Navette spatiale, 2ème partie, diffusé le 3 avril 2022.

Balado 85, Le fantôme des grosses fusées, diffusé le 17 avril 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 86, Les soucoupes volantes existent-elles?, diffusé le 1er mai 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 87, L'année 1972, 1ère partie, diffusé le 15 mai 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 89, Sagittarius A*: comprendre ce que l'on voit, diffusé le 29 mai 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 88, L'année 1972, 2ème partie, diffusé le 19 juin 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 90, L'actualité commentée, diffusé le 3 juillet 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 91, L'astrophotographie, diffusé le 17 juillet 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 92, Les mystères de nos origines, diffusé le 21 août 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 94, Spécial Artemis 1, diffusé le 2022.

Balado 93, Homme ou robot?, diffusé le 18 septembre 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 95, Destins d'astronaute... des années 1960, diffusé le 2 octobre 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 96, Destins d'astronaute... d'aujourd'hui, diffusé le 16 octobre 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 97, L'année spatiale 1962, 1e partie, diffusé le 6 novembre 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 98, L'année spatiale 1962, 2e partie, diffusé le 20 novembre 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 99, L'astrologie, une croyance passée date, diffusé le 4 décembre 2022 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 100, Le Centième balado, diffusé le 18 décembre 2022.

*** 2023 ***

Balado 101, En temps réel, l'alunissage d'Apollo 11, diffusé le 8 janvier 2023.

Balado 102, L'actualité 2022 commentée: homme dans l'espace, diffusé le 22 janvier 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 103, L'actualité commentée: l'exploration du Système solaire, 1ère partie, diffusé le 5 février 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 104, L'actualité commentée: l'exploration du Système solaire, 2ème partie, diffusé le 19 février 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 105, Webb, les premiers pas..., diffusé le 5 mars 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

- Balado 106, Wernher von Braun, l'époque allemande, diffusé le 19 mars 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 107, Wernher von Braun, l'époque américaine, diffusé le 2 avril 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 108, La reconquête de la Lune, diffusé le 16 avril 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 109, Nous cache-t-on des choses?, diffusé le 7 mai 2023.
- Balado 110, La recherche de vie dans notre galaxie, diffusé le 21 mai 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 111, Saliout-Skylab, l'ultime course à l'espace, diffusé le 4 juin 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 112, Que penser de tous ces beaux rêves d'espace?, diffusé le 18 juin 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 113, Qu'advient-il de tout ce qu'on lance dans l'espace?, diffusé le 2 juillet 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 114, L'astronomie participative, diffusé le 16 juillet 2023.
- Balado 115, Un certain regard sur l'actualité, diffusé le 20 août 2023.
- Balado 116, Que voit-on depuis l'espace?, diffusé le 3 septembre 2023.
- Balado 117, Planètes: des plus petites aux plus gigantesques, diffusé le 17 septembre 2023).
- Balado 118, Les objets «bizarres» du Système solaire, diffusé le 1^{er} octobre 2023.
- Balado 119, Introduction au programme spatial chinois, diffusé le 15 octobre 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 120, Des Chinois sur la Lune?, diffusé le 6 novembre 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 121, Cosmologie, des concepts hallucinants..., diffusé le 20 novembre 2023.
- Balado 122, Les objets bizarres de notre Univers, diffusé le 3 décembre 2023.
- Balado 123, La science en marche, 1e partie, diffusé le 17 décembre 2023 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

*** 2024 ***

- Balado 124, La science en marche, 2e partie, diffusé le 7 janvier 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 125, Comment nomme-t-on les astres du firmament?, diffusé le 21 janvier 2024.
- Balado 126, Actualité: stations orbitales et tourisme spatial, diffusé le 4 février 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 127, Actualité: l'année du retour à la Lune, diffusé le 18 février 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 128, Sergueï Korolev, comment tout a commencé, diffusé le 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 129, Sergueï Korolev: triomphes et misères..., diffusé le 17 mars 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 130, 1924, l'année où l'Univers a «éclaté», diffusé le 7 avril 2024.
- Balado 132, Éclipse solaire: l'expérience d'une vie, diffusé le 21 avril 2024
- Balado 131, Vingt découvertes qui changent tout, diffusé le 5 mai 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 133, Musées aérospatiaux, des idées de vacances?, diffusé le 19 mai 2024.
- Balado 134, Des exoplanètes aussi méconnues qu'abondantes, diffusé le 2 juin 2024.
- Balado 135, Les grands de l'espace, diffusé le 16 juin 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 136, L'astrophysicien Olivier Hennandez: d'Hubert Reeves au Planétarium de Montréal, diffusé le 7 juillet 2024.
- Balado 137, L'espace à échelle humaine, diffusé le 21 juillet 2024 (Fascicule: PDF, Kindle).
- Balado 138, La Grande aventure d'Apollo 11, 1^{ère} partie: départ vers la Lune, diffusé le 19 août 2024, chapitres 1 à 3 de l'ouvrage du même titre disponible en format Kindle.
- Balado 139, Droit spatial, les enjeux de l'heure, diffusé le 1^{er} septembre 2024.
- Balado 140, La Grande aventure d'Apollo 11, 2^e partie: l'arrivée à la Lune, diffusé le 16 septembre 2024, chapitres 4 à 6 de l'ouvrage du même titre disponible en format Kindle.

Balado 141a, Dans les coulisses d'une mission spatiale, 1^e partie, diffusé le 29 septembre 2024.

Balado 141b, Dans les coulisses d'une mission spatiale, 2^e partie, diffusé le 6 octobre 2024.

Balado 142, La Grande aventure d'Apollo 11, 3^e partie: le petit pas, diffusé le 20 octobre 2024, chapitres 7 et 8 de l'ouvrage du même titre disponible en format Kindle.

Balado 143, Exoplanètes 101: comment s'y retrouver?, diffusé le 3 novembre 2024.

Balado 144, La Grande aventure d'Apollo 11, 4^e partie: sur la Lune, diffusé le 17 novembre 2024, chapitres 9 à 11 de l'ouvrage du même titre disponible en format Kindle.

Balado 145, L'exposition «Mission spatiale» de la Cité des sciences et de l'industrie, diffusé le 1^{er} décembre 2024.

Balado 146, La Grande aventure d'Apollo 11, 5^e partie: retour sur Terre, diffusé le 15 décembre 2024, chapitres 12 à la Conclusion de l'ouvrage du même titre disponible en format Kindle.

*** 2025 ***

Balado 147, La Conquête de l'espace, 1957-1963: la domination soviétique, diffusé le 5 janvier 2025 (Fascicule: PDF, Kindle).

Balado 148, La Conquête de l'espace, 1964-1967: les Américains en marche, diffusé le 19 janvier 2025 (Fascicule: PDF, Kindle).

Balado 149, 2024, une année charnière, diffusé le 2 février 2025 (Fascicule: PDF, Kindle).

Balado 150, Présentation d'Orionis, le planétarium du Douaisis, diffusé le 9 février 2025.

Balado 151, Questions simples, réponses amusantes ou déconcertantes, diffusé le 23 février 2025.

Balado 152, La conquête de l'espace, 1968-1969: Le triomphe d'Apollo, diffusé le 2 mars 2025 (Fascicule: PDF, Kindle).

- Balado 153, Les p'tits à-côtés moins glorieux de la vie à bord d'ISS, diffusé le 16 mars 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 154, La Conquête de l'espace, 1970-1972: les années de la Lune. Diffusé le 6 avril 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 155, L'actualité sur le vif, 1^e partie, diffusé le 20 avril 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 156, L'actualité sur le vif, 2^e partie, diffusé le 4 mai 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 157, Questions/réponses au sujet des stations orbitales, diffusé le 18 mai 2025.
- Balado 158, Rêvons un brin... le récit de mon époque, diffusé le 1^{er} juin 2025.
- Balado 159, Quel avenir pour SpaceX?, diffusé le 15 juin 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 160, La Conquête de l'espace, 1973-1974: début d'une nouvelle ère, diffusé le 6 juillet 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 161, De drôles d'objets dans le ciel..., diffusé le 20 juillet 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 162, Retour sur l'actualité, une ère de confusion, diffusé le 17 août 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 163, 163, Questions/réponses: Pourquoi plus de Navette spatiale? Et y en aura-t-il une autre un jour?, diffusé le 7 septembre 2025.
- Balado 164, Comment la Chine se prépare à dominer le monde. Diffusé le 21 septembre 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 165, La fabuleuse histoire de la découverte de la première exoplanète. Diffusée le 5 octobre 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 166, La Conquête de l'espace, 1975: L'année des grands rendez-vous, diffusé le 19 octobre 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).
- Balado 167, Questions/réponses sur différentes notions d'espace, diffusé le 9 novembre 2025.
- Balado 168, Ariane, l'étonnante histoire d'une fusée, diffusé le 23 novembre 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 169, La Conquête de l'espace, 1976: le temps des rêves, diffusé le 7 décembre 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 170, À la recherche d'une neuvième planète..., diffusé le 21 décembre 2025 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

***** 2026 *****

Balado 171, Rêvons un brin... la suite!, diffusé le 4 janvier 2026

Balado 172, Les grands noms de l'espace, diffusé le 18 janvier 2026

Balado 173, Artemis: la nouvelle course à la Lune, diffusé le 1^{er} février 2026 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 174, Questions/réponses : satellite et lancement, diffusé le 15 mars 2026

Balado 175, Dans les coulisses de l'actualité, diffusé le 1^{er} mars 2026 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 176, Des nouvelles du Système solaire, diffusé le 15 mars 2026 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#)).

Balado 177, L'archéoastronomie, un voyage à travers les âges, diffusé le 5 avril 2026 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#))

Balado 178, La Terre, une planète pas très hospitalière, diffusé le 19 avril 2026 (Fascicule: [PDF](#), [Kindle](#))