

**VOYAGE
DANS
L'ESPACE**

Épisode

78

**BILAN 2021,
PERSPECTIVES 2022**



L'année du tourisme spatial

Le balado et les fascicules

Depuis janvier 2018, Claude Lafleur et Mathieu Rancourt 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 la plupart des balados, ils préparent un exposé détaillé, sous forme de questions/réponses. Il peut s'agir d'une conversation entre l'animateur de *Voyage dans l'espace* Mathieu et le passionné d'espace Claude, ou d'une entrevue avec un spécialiste (souvent un astronome). Ils publient ces exposés sous forme de fascicules, comme celui-ci.

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 plus de 50 ans les péripéties de l'exploration spatiale.

L'équipe des fascicules:
Rédaction: Claude Lafleur
Couverture: Mathieu Rancourt
Illustrations: NASA, Blue Origin, Virgin Galactic, China Daily.

Balado: <https://soundcloud.com/voyage-danslespace/>
Abonnement: <https://www.patreon.com/voyagedanslespace>
Facebook: <https://www.facebook.com/voyagedanslespace/>

Courriel: claude-lafleur1@videotron.ca

© Copyright, Claude Lafleur, 2022

ISBN 978-2-925106-47-0 (pdf)

ISBN 978-2-925106-48-7 (kindle)

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec, 2022

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Canada, 2022



En 2021, la fusée *New Shepard* de Blue Origin est devenue le premier système de transport capable d'expédier sur une base régulière des touristes à 105 km d'altitude.

Bilan 2021, perspectives 2022

[Écoutez](#) le balado *Bilan 2021, perspectives 2022* diffusé le 2 janvier 2022.

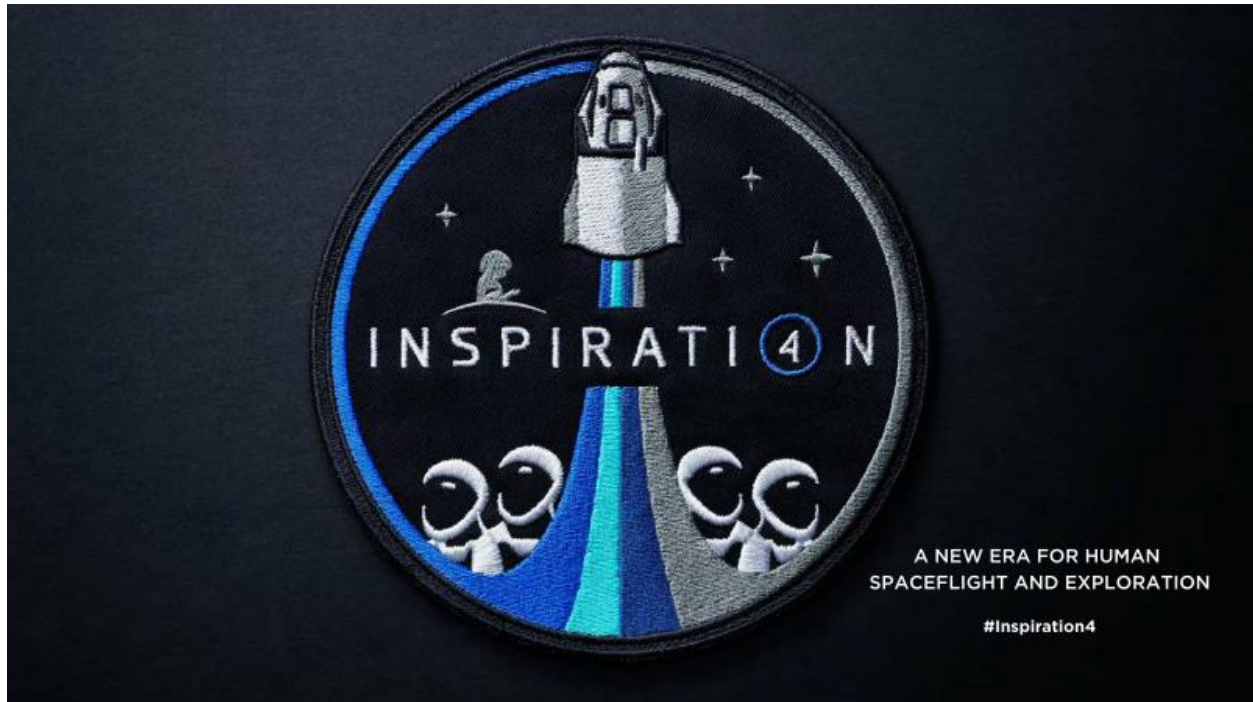
Il y a un an, à l'occasion de notre [Balado 57](#), nous faisons une revue de l'année 2020 et des perspectives pour 2021. Pour l'année à venir, nous parlions entre autres du lancement du télescope spatial Webb – alors prévu pour le 24 octobre – «l'événement qui devrait marquer 2021..., si tout allait bien», disions-nous. On parlait également des trois sondes qui allaient aborder la planète Mars en février: donc de l'astromobile *Perseverance* et de son hélico *Ingenuity*, ainsi que des sondes chinoise et arabe qui devaient se placer en orbite autour de la planète rouge.

Mais... mais c'est tout juste si nous avons mentionné le tourisme spatial, puisqu'à l'époque, seule la firme SpaceX prévoyait acheminer trois touristes à la Station spatiale internationale. Ainsi, nous évoquions l'idée qu'Elon Musk allait

devancer Richard Branson et Jeff Bezos qui développent depuis une quinzaine d'années des vaisseaux conçus pour transporter des passagers à une centaine de kilomètres d'altitude pour des envolées de très courte durée.

C'est dire qu'on était loin de se douter, il y a tout juste une année, de l'importance qu'allait prendre le tourisme spatial. Or, c'est bien sûr l'activité spatiale

qui a dominé l'année 2021; comme quoi l'avenir, même à court terme, est souvent imprévisible!



En février 2021, Jared Isaacman s'achète un vol en capsule *Crew Dragon* de SpaceX, déclenchant sans le savoir une course folle à qui sera «le premier».

1 – Le sujet de l'heure

Rappelons d'abord très brièvement la chronologie de la course folle à laquelle nous avons assisté ces derniers mois.

Comme nous le relations dans notre bado 68 – *Le tourisme spatial: la nouvelle course à l'espace* préparé en juin, la présente vague a pris naissance en mars 2020, lorsque la société Axiom a annoncé un accord commercial avec SpaceX permettant à trois passagers payants, accompagnés par un astronaute professionnel, de visiter la station ISS durant une semaine – un voyage envisagé pour l'automne 2021.¹

Mais entre-temps, en février 2021, un riche entrepreneur, Jared Isaacman, annonce qu'il se paie son propre vol en capsule de SpaceX, qu'il pilotera lui-même en

amenant avec lui trois invités.² Baptisé *Inspiration4*, ce vol orbital de trois jours a bien eu lieu du 16 au 18 septembre – tout s'étant bien passé.³

Mais en mai, Jeff Bezos annonce que la fusée *New Shepard* sur laquelle travaille Blue Origin depuis une quinzaine d'années, est fin prête à transporter des passagers. (À la suite d'un programme de 15 vols d'essai à vide, tous réussis.⁴) Un premier vol avec passagers est donc organisé pour le 20 juillet.⁵ Et c'est ce que fera Bezos, s'embarquant lui-même à bord du vol NS-16 de *New Shepard* en compagnie



Les passagers du premier vol habité en *New Shepard*: Mark et Jeff Bezos, Oliver Daemen et Wally Funk.

de deux invités (dont son frère) et d'un passager payant.⁶

Cependant, fin juin, Richard Branson annonce qu'il effectuera un premier vol touristique avec son avion-fusée *SpaceShipTwo* dès le 11 juillet.⁷ Ce jour-là, avec trois invités (assistés d'un commandant et d'un pilote), il coiffe tout le monde.⁸



Les quatre passagers du *SpaceShipTwo* secondés par deux pilotes professionnels.

Comme on le sait, cette course folle – à qui sera «le premier» – a généré un concert de critiques: «un *ego trip* pour milliardaires!» a clamé plus d'un observateurs. Certains ont aussi reproché «ces

millions \$ dépensés de façon aussi indécente qu'inutile», pendant que le «99,9% de l'humanité» est aux prises avec une pandémie planétaire, ou encore: «un gaspillage éhonté de ressources au détriment de l'environnement», etc.⁹ Ces critiques rejoignent du coup ce que nous dénonçons dans la conclusion de notre [Balado 68](#).¹⁰ Les vols touristiques ont acquis une bien mauvaise réputation.

Qui plus est, la précipitation dont a fait preuve Branson à devancer tout le monde nous faisait soupçonner que son avion-fusée n'était pas au point (section 2 de notre balado).



L'avion-fusée *SpaceShipTwo* en vol plané.

De fait, en septembre, on apprenait que le vol du 11 juillet a bien failli mal se terminer, le *SpaceShipTwo* ayant dévié de façon importante de sa trajectoire. Conséquemment, l'autorité américaine de l'aviation (la FAA), qui supervise tout ce qui vole au-dessus du territoire des États-Unis, a cloué au sol l'appareil.¹¹ Virgin Galactic a pour sa part annoncé une «révision générale» de son avion-fusée, révision qui durera une bonne année, de sorte que les vols touristiques ne reprendront pas avant l'automne prochain.

Branson a donc pris un risque énorme en cherchant à être «le premier». *Égo trip* de milliardaire?

Les envolées touristiques

| Date | Mission/vaisseau | Équipage | Commentaires |
|--------------------------|--|--|--|
| 11 juillet 2021 | Vol <i>Unity 22</i> de <i>SpaceShipTwo</i> | David Mackay (co.) Mike Masucci (pi.) Richard Branson (pa.) Beth Moses (pa.) Colin Bennett (pa.) Sirisha Bandla (pa.) | L'avion-fusée atteint l'altitude de 86 km, durant un vol de 15 minutes. |
| 20 juillet 2021 | Vol NS-16 de <i>New Shepard</i> | Jeff Bezos (pa.) Mark Bezos (pa.) Wally Funk (pa.) Oliver Daemen (pa.) | Vol suborbital de 10 minutes à 107 kilomètres d'altitude. |
| 16 au 18 septembre 2021 | <i>Inspiration4 Crew Dragon</i> (mission entièrement privée) | <u>Jared Isaacman</u> (co.) <u>Sian Proctor</u> (pi.) <u>Hayley Arceneaux</u> (pa.) <u>Chris Sembroski</u> (pa.) | Vol orbital de trois jours en orbite terrestre, à 570 km d'altitude. |
| 5 au 17 octobre 2021 | Visite à ISS Soyouz MS-19 | Anton Shkaplerov (co.) Yulia Peresild (pa.) Klim Shipenko (pa.) | Séjour à bord de la Station spatiale pour tourner des séquences d'un film. |
| 13 octobre 2021 | Vol NS-18 de <i>New Shepard</i> | William Shatner (pa.) Chris Boishuizen (pa.) Glen de Vries (pa.) Audrey Powers (pa.) | Vol suborbital de 10 minutes à 107 kilomètres d'altitude. |
| Du 8 au 20 décembre 2021 | Visite à ISS Soyouz MS-20 | <u>Aleksandr Misurkin</u> (co.) <u>Yusaku Maezawa</u> (pa.) <u>Yozo Hirano</u> (pa.) | Séjour à bord de la station spatiale de deux touristes japonais. |
| 11 décembre 2021 | Vol NS-19 de <i>New Shepard</i> | Michael Strahan (pa.) Laura Shepard (pa.) Dylan Taylor (pa.) Evan Dick (pa.) Lane Bess (pa.) Cameron Bess (pa.) | Vol suborbital de 10 minutes à 107 kilomètres d'altitude. |
| Janvier 2022 | AX-1 <i>Crew Dragon</i> | Mike Lopez-Alegria (co.) Larry Connor (pa.) Mark Pathy (pa.) Eytan Stibbe (pa.) | Séjour d'une semaine à bord d'ISS. |
| 2022 | AX-2 <i>Crew Dragon</i> | <u>Peggy Whitson</u> (co.) <u>John Shoffner</u> (pa.) Autre passager (pa.) Autre passager (pa.) | Séjour à bord de la Station spatiale. |

Note: co. = commandant; pi. = pilote; pa. = passager

Les astuces de Jeff Bezos

Entre-temps, la fusée *New Shepard* – un système réellement prêt – a poursuivi sa campagne de vols touristiques. C'est ainsi que le 13 octobre, une deuxième envolée emporta quatre touristes, dont William Shatner, le célèbre Captain Kirk de la série télé *Star Trek*.¹² Puis en décembre, un troisième vol a emporté six touristes,



À gauche, les passagers du deuxième vol *en New Shepard* (dont William Shatner) et, à droite, ceux du troisième vol, dont Laura Shepard (blonde).

Notons au passage que Bezos préconise une formule aussi inattendue qu'astucieuse; il charge des millions \$ à quelques passagers tout en offrant gracieusement une place ou deux à des invités... qui font parler de son service de vols touristiques. Ce fut particulièrement le cas avec Shatner qui, dans les minutes suivant son retour sur Terre, nous a livré un vibrant témoignage – c'est le moins qu'on puisse dire! En effet, aucun astronaute n'a jamais décrit avec autant d'éloquence les péripéties d'une envolée vers l'espace.¹³ Et nul doute aussi que le Captain Kirk est à présent le plus vibrant ambassadeur des envolées de Blue Origin.

Mais l'astuce de Bezos ne s'arrête pas là, puisqu'en mai, il avait mis aux enchères la vente de la première place à bord de sa *New Shepard*. Ce premier billet – «historique» – s'est finalement enlevé

dont la fille ainée de l'astronaute Alan Shepard – en l'honneur de qui, justement, la fusée de Blue Origin a été nommée.

C'est ainsi que Laura Shepard a réalisé un vol suborbital semblable à celui de son père effectué soixante ans plus tôt (le 5 mai 1961). Shepard père avait atteint l'altitude de 190 kilomètres et amerrit au terme d'un vol de quinze minutes, tandis que sa fille a franchi les 100 kilomètres d'altitude lors d'un vol de dix minutes.



au prix de 28 millions \$. Mais – et c'est là l'astuce – tous ceux et celles qui ont participé à l'enchère constituent à présent la banque de clients prêts à débours des millions pour un vol en *New Shepard*!

Ironiquement, celui qui aurait déboursé les 28 millions \$ (+1,7 millions \$ en commissions d'enchère) n'a pas pu prendre part au vol pour des «raisons de conflit d'horaire» (nous a-t-on dit). C'est finalement le fils de celui qui aurait été le deuxième plus haut soumissionnaire qui a finalement hérité du privilège!¹⁴ Ne se croirait-on pas dans un *soap* américain?

Et puisque le prix de chaque billet est tenu secret, il varie probablement d'un passager à l'autre. D'où l'intérêt d'être «en bons termes» avec le patron de Blue Origin.

Qui plus est, Jeff Bezos est à présent celui qui peut octroyer le fabuleux privilège d'une balade gratuite dans l'espace à

quelqu'un de son choix. La recette parfaite pour se faire «des tas d'ami(e)s»!

Entre-temps, les Russes ont entrepris de réaliser une nouvelle série de vols touristiques en Soyouz, après la dizaine qu'ils ont effectués dans les années 2000 à destination de la Station spatiale internationale. Ainsi, du 5 au 17 octobre, une actrice et son producteur ont tourné les séquences d'un film à bord d'ISS,¹⁵ tandis qu'en décembre, un homme d'affaires japonais et son assistant y ont eux aussi effectué un séjour d'une semaine.¹⁶



Les équipages des deux vols touristiques en Soyouz: celui de l'actrice Yulia Peresild et celui des touristes japonais.

Bien sûr, d'autres vols touristiques sont prévus pour 2022, dont la mission d'Axiom qui, il y a deux ans, a pavé la voie à l'actuelle série. Ironiquement, cette envoyée, qui aurait dû être la première, viendra finalement en huitième place, en février prochain... à moins d'être davantage déclassée entre-temps.

Des «astronautes» qui vont «dans l'espace»?

Les vols suborbitaux réalisés par Branson et Bezos ont soulevé un grand questionnement: ceux et celles qui dépassent le cap des 80 ou 100 kilomètres sont-ils pour autant des astronautes qui vont dans l'espace?

La réponse à cette double interrogation est pourtant simple. Aucun satellite ne

circule en-dessous de 150 kilomètres, car il y a encore beaucoup trop d'air à cette altitude. C'est dire qu'à 80 ou à 100 kilomètres, on se trouve encore dans l'atmosphère terrestre. Certes, le point de vue est sensationnel, mais on n'est pas encore dans l'espace.

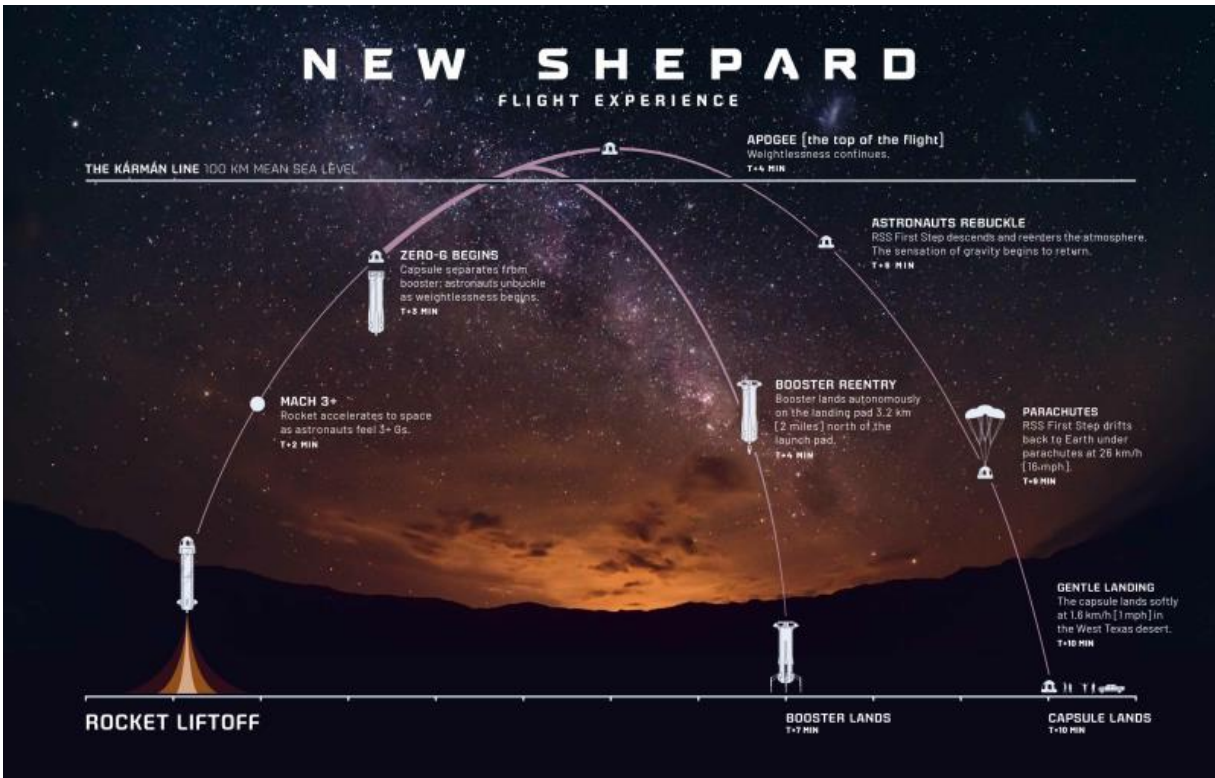
Quant à savoir si on devient astronaute après s'être entraîné des jours ou quelques semaines pour ensuite passer quelques minutes en apesanteur, il n'en est rien.

En pratique, les astronautes sont des spécialistes qui acquièrent une vaste formation qui s'étend sur de très nombreuses années d'études et d'entraînement, formation plus poussée que celle de chirurgien. Or, ce n'est pas parce que quelqu'un suit une formation de quel-

ques jours ou de plusieurs semaines en «premiers soins» que ça ferait de lui un médecin... et encore moins un chirurgien!

Même les membres de l'équipage de la mission *Inspiration4*, qui s'y sont préparés durant six mois avant de passer trois jours en orbite – puisqu'eux sont bel et bien allés dans l'espace, à plus de 570 kilomètres d'altitude – ne sont pas pour autant des astronautes. Ce n'est pas parce que quelqu'un suit une demi-année d'études en médecine qu'il deviendra médecin... et encore moins chirurgien!

Il est même un peu indécent que certains de ces touristes de passage se fassent désormais appeler «Astronaute xyz» alors que les véritables professionnels de l'espace ne se font pas appeler «Astronaute David» (St-Jacques) ou «Astronaute Thomas» (Pesquet), etc.!



Un vol en *New Shepard*, comme en *SpaceShipTwo*, est tout simple: assis dans un siège, les passagers montent jusqu'à une centaine de kilomètres d'altitude et redescendent au bout de dix minutes. Rien à voir avec ce que réalisent les astronautes en mission spatiale.

Non, il n'y a pas de Planète B!

On sait qu'Elon Musk et Jeff Bezos rêvent de coloniser l'espace, notamment, dans le cas de Musk, d'installer une colonie sur Mars dans un avenir pas si lointain. Selon certains propos qu'on leur attribue, il se pourrait même que ces deux multimilliardaires préconisent que, dans l'éventualité où on devrait un jour abandonner une Terre devenue inhabitable, il convient de faire de l'humanité une «civilisation cosmique», c'est-à-dire parvenue au stade de s'installer dans l'espace.¹⁷

Or, la course folle à l'espace à laquelle ils se livrent semble avoir donné une impulsion à une mouvance écologique qui constate que: «Non, il n'y a pas de Planète B!» (allusion au concept de Plan B). «Sauvons la Terre plutôt que de chercher à s'en



Y a-t-il quelque part une petite planète habitable qui nous «attend»? Probablement pas...

échapper», lancent ceux et celles qui réfutent l'idée d'un abandon éventuel de notre monde au profit d'une hypothétique Planète B habitable.

Incidemment, comme nous le relations dans notre balado 20 – Voyage dans l'espace au cinéma, il est insensé d'imaginer qu'un jour, il sera possible d'évacuer l'humanité vers une autre planète hospitalière (page suivante):

Migration vers une planète lointaine?

Dans notre [Balado 20](#), nous traitions de «l'éventuel transport de l'humanité d'une Terre qui se meurt vers une autre planète habitable...» en ces termes:

C'est là une idée intéressante exploitée par maints auteurs de science-fiction. Puisqu'on entrevoit que la Terre sera un jour rendue inhabitable, généralement par notre faute, on imagine (ou on espère) qu'un jour, on trouvera une autre planète vers laquelle on transportera l'ensemble de l'humanité. Ce pourrait être tout simplement Mars ou Vénus qu'on rendrait habitable, ou encore une planète lointaine, tel qu'évoqué dans le film *Interstellar*.

Or, en réalité, il est inconcevable de songer qu'un jour, on procédera à la migration de milliards d'humains et ce, pour plusieurs raisons... à commencer par des raisons strictement techniques et logistiques: comment transporterions-nous des *milliards* d'humains?

Imaginons simplement si, demain, on devait évacuer les centaines de millions de personnes qui vivent, disons, aux États-Unis vers l'Europe, ou vice versa. Même en utilisant tous nos avions et navires – qui sont en nombre incalculable – cela s'avérerait une tâche tout simplement impossible. Et c'est encore plus irréaliste d'imaginer qu'on dispo-

sera un jour d'un nombre suffisant de navettes interplanétaires pour transporter l'humanité entière de la Terre vers une destination lointaine.

Qui plus est, il existe déjà de nombreux précédents, c'est-à-dire des régions du globe rendues inhabitables par l'homme, notamment les pays dévastés par la guerre ou par la famine. Or, ce qu'on observe chaque fois, c'est que, même dans les cas les plus désespérés, ce n'est qu'une infime partie de la population qui se réfugie ailleurs.

On a aussi le bel exemple de la colonisation des Amériques par les Européens. Que ce soit au 17^e, au 18^e, au 19^e ou au 20^e siècles, lorsque des populations européennes ont été en proie à la famine ou à la guerre, ce n'est qu'une infime partie de celles-ci qui a pris la route des Amériques – terre d'accueil s'il en était une!

Si donc un jour, il fallait sauver l'humanité en procédant à une évacuation complète de la Terre vers une autre planète habitable – comme l'imagine bon nombre de personnes –, on n'assisterait pas à une migration massive de l'humanité. Au mieux, seule une poignée d'humains migrerait et ce, à condition de disposer d'une planète habitable et d'avoir les moyens techniques d'y parvenir – ce qui est loin d'être envisageable. ▫



Le micro-hélicoptère *Ingenuity* lors de son premier vol dans l'atmosphère de la planète Mars.

2 – L'exploration de Mars

Comme nous l'expliquions dans notre balado 47 – À l'assaut de la planète Mars, le grand événement spatial de 2021 a été l'arrivée à Mars de trois sondes spatiales – américaine, arabe et chinoise. On pouvait redouter, avions-nous souligné, que la pandémie de COVID-19, qui a sévèrement compliqué les préparatifs de ces missions planétaires, aurait pu avoir un impact désastreux sur la réussite de l'une ou l'autre de ces missions. Mais il n'en fut rien, fort heureusement.

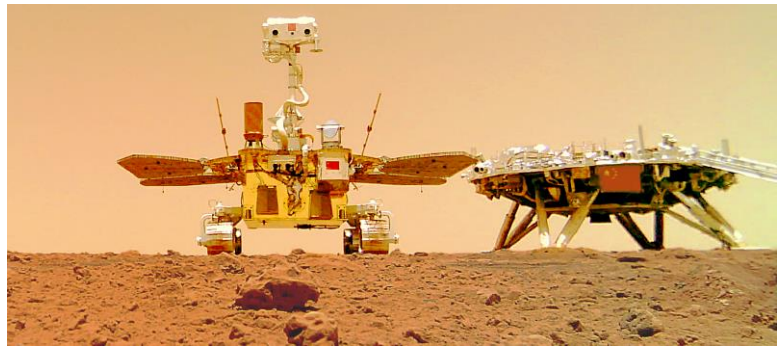
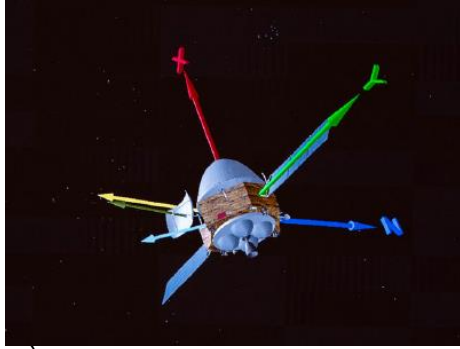
C'est ainsi que le 9 février, la sonde Al'amal (espoir) des Émirats arabes unis s'est placée tel que prévu en orbite autour de la planète rouge.¹⁸ Le lendemain, ce fut au tour de la sonde chinoise Tianwen 1 d'en faire autant.¹⁹ Les Arabes devenaient ainsi les cinquièmes à atteindre la planète rouge, surclassant par le fait même les Chinois.

Enfin, le 18 février, une sonde américaine a effectué une descente vertigineuse dans l'atmosphère martienne: les fameuses «7 minutes de terreur» dont on a déjà parlées. Et tel que prévu, à 15h55, heure de l'est d'Amérique (20h55 en temps universel), elle a déposé sur le sol rouge l'astromobile *Perseverance*.²⁰ Puis, il ne s'est écoulé que quelques minutes avant qu'on ne reçoive les premières images en direct du sol. Tout s'était donc parfaitement passé! Et comme toujours, la NASA nous a offert tout un spectacle.²¹



L'astromobile *Perseverance* sur Mars (dessin).

C'est dire que depuis dix mois maintenant, *Perseverance* explore le fond du cratère Jezero à la recherche de traces de fossiles microscopiques révélant l'existence d'une vie primitive (mais éteinte depuis des milliards d'années). Au départ de la mission, on supposait que ce cratère avait jadis été un lac et voilà que *Perseverance* nous l'a depuis confirmé.



À gauche, la sonde orbitale chinoise Tianwen 1, à droite, l'astromobile Zhurong et son atterrisseur.

Le doublé chinois

Entre-temps, le 14 mai, l'orbiteur chinois Tianwen 1 largue une capsule qui a, à son tour, livre sur le sol martien un atterrisseur (sonde fixe) ainsi qu'un mini-astromobile.²² Baptisé Zhurong et pesant 240 kilogrammes, ce dernier est descendu de sa plateforme une semaine plus tard.²³ La Chine devient ainsi la deuxième nation à réussir un atterrissage sur Mars (après les États-Unis en 1976), puis à y déposer un véhicule sur roues (ce que les USA ont fait en 1997) – un remarquable doublé réussi du premier coup. Les autorités chinoises espéraient que l'astromobile poursuivra sa mission d'exploration du sol martien durant au moins trois mois.

Très rapidement, la sonde fixe et l'astromobile se photographient mutuellement, clichés qu'ils nous font parvenir. Mi-juillet, deux mois après son arrivée sur Mars, on nous rapporte que Zhurong a parcouru plus de 400 mètres.²⁴ Tout au long de l'été, les Chinois diffusent des photos et rapportent le bon déroulement de la mission, tant à la surface de Mars que depuis l'orbite où circule l'orbiteur Tianwen 1.

Fin août, Zhurong a fait la fierté des Chinois en célébrant ses cent jours d'activité, le véhicule ayant parcouru plus d'un kilomètre.²⁵ À son 177^e jour sur Mars, le 1^{er} novembre, il avait parcouru 1,25 km.²⁶

Quant à la sonde arabe Al'amal, dont on a peu de nouvelles, il semble qu'elle poursuit sans problème majeur sa mission d'étude autour de Mars.

Toute une performance!

Mais l'opération qui a le plus marqué les esprits fut les envolées du micro-hélicoptère *Ingenuity*. Le 19 avril, pour la première fois, un aéronef prenait son envol dans l'atmosphère d'une autre planète.²⁷

Cette réussite a été d'autant plus remarquable que l'atmosphère de Mars étant cent fois plus ténue que la nôtre, il est par conséquent cent fois plus difficile d'y générer la portance aérodynamique requise pour s'élever dans les airs. Pour y parvenir, *Ingenuity*, qui ne pèse que 700 grammes sur Mars, a néanmoins besoin d'une double paire de très longues hélices (chaque pale mesure 1,2 mètre) qui tournent à 2400 tours à la minute!



Le micro-hélicoptère *Ingenuity* sur Mars.



Ingenuity dans les mains de ses concepteurs.

À l'occasion de son vol inaugural, l'hélicoptère ne s'élève que de trois mètres lors d'un vol qui ne dure que 38 secondes. (Certains comparent ce vol à celui de l'aéroplane des frères Wright qui, le 17 décembre 1903, n'a volé que 12 secondes et parcouru que 36 mètres.) De petits pas pour l'aéronautique...

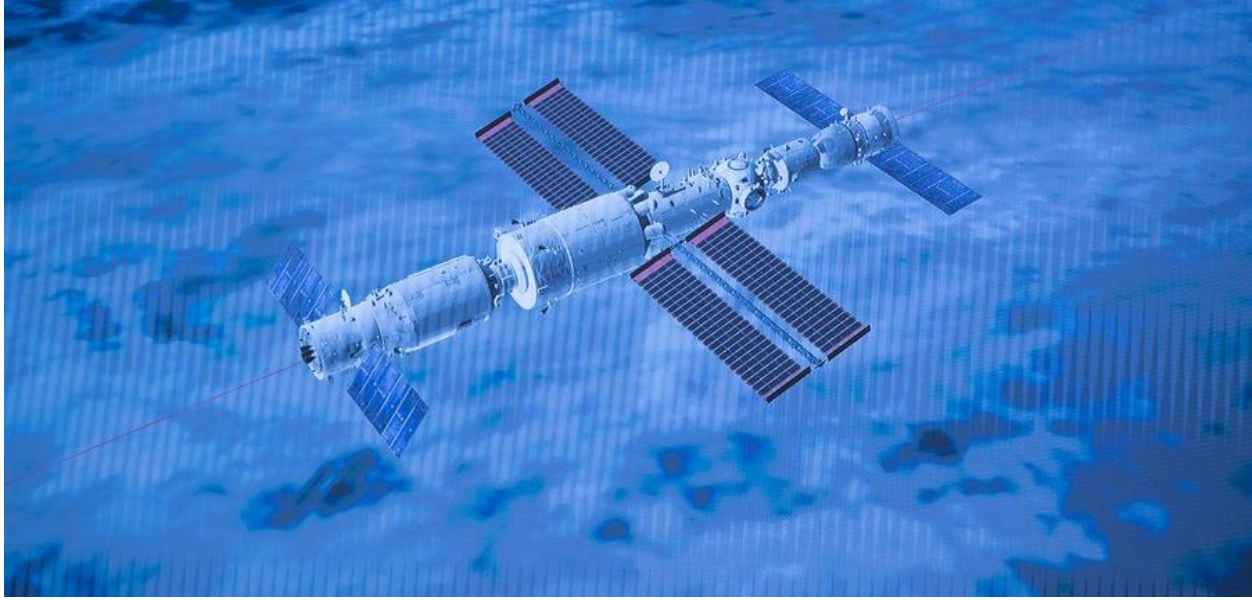
Autre fait tout aussi remarquable: la NASA n'avait prévu effectuer que cinq vols d'essai d'*Ingenuity* sur une période de trente jours. Mais voilà que l'hélicoptère a effectué seize vols en huit mois.

Qui plus est, il ne devait s'agir que de tests techniques visant à déterminer s'il est possible de voler dans l'atmosphère de Mars, sans qu'*Ingenuity* n'ait rien d'utile à accomplir. Or, ces tests sont si concluants que les pilotes de *Perseverance* utilisent à présent l'hélicoptère pour faire du repérage-terrain. Grâce aux vues aériennes prises par l'hélicoptère, ils peuvent en effet repérer les obstacles qui guettent *Perseverance* et établir le chemin à parcourir. C'est là une utilisation inattendue de l'hélicoptère martien qui ouvre des perspectives fort intéressantes pour de futures missions.

Les envolées de l'hélicoptère *Ingenuity*

| Vol | Date | Durée | Altitude | Distance |
|-----|-------------|------------|----------|--------------|
| 1) | 19 avril | 39,1 sec. | 3 m | 0 (vertical) |
| 2) | 22 avril | 51,9 sec. | 5 m | 4 m |
| 3) | 25 avril | 80,3 sec. | 5 m | 100 m |
| 4) | 30 avril | 116,9 sec. | 5 m | 266 m |
| 5) | 7 mai | 108,2 sec. | 10 m | 129 m |
| 6) | 23 mai | 139,9 sec. | 10 m | 215 m |
| 7) | 8 juin | 62,8 sec. | 10 m | 106 m |
| 8) | 22 juin | 77,7 sec. | 10 m | 160 m |
| 9) | 6 juillet | 166,7 sec. | 10 m | 625 m |
| 10) | 24 juillet | 165,4 sec. | 12 m | 230 m |
| 11) | 5 août | 130,9 sec. | 12 m | 389 m |
| 12) | 16 août | 169,5 sec. | 10 m | 450 m |
| 13) | 5 septembre | 160,5 sec. | 8 m | 210 m |
| 14) | 24 octobre | 23,0 sec. | 5 m | 2 m |
| 15) | 6 novembre | 128,8 sec. | 12 m | 407 m |
| 16) | 21 novembre | 107,9 sec. | 10 m | 116 m |

Source: [Ingenuity \(helicopter\)](#), [List of Flights](#), Wikipedia.



Le module orbital chinois Tianhe (gauche et centre) auquel est arrimé un vaisseau Shenzhou.

3 – La station spatiale chinoise

L'autre événement de l'année, c'est le début par la Chine de l'assemblage d'une mini-station orbitale et de son occupation par des équipages y séjournant durant des mois.

En janvier, les Chinois précisait qu'ils allaient lancer ce printemps le module de base Tianhe de leur station multi-modulaire Tiangong 3. Ils prévoient ensuite réaliser une dizaine d'opérations au cours des 21 mois suivants, dont le lancement de quatre équipages et de quatre vaisseaux de ravitaillement, ainsi que l'ajout de deux modules spécialisés au module de base Tianhe afin de constituer le complexe orbital Tiangong 3.²⁸

De fait, le module de base a été lancé le 29 avril et placé sur orbite à 380 kilomètres d'altitude.²⁹

Étonnamment, lors du lancement, la fusée porteuse du module passe à 290 kilomètres seulement de la Station spatiale internationale. Curieuse coïncidence ou manœuvre délibérée? Les Chinois n'ayant prévenu personne, le patron de la NASA

s'indigne: «Une telle chose ne devrait jamais survenir, dénonce Bill Nelson. On doit faire preuve de coopération et de transparence.»³⁰

Qui plus est, l'étage supérieur de la fusée porteuse menace de s'abattre quelque part sur Terre. Finalement, après dix jours de «suspens», il se désintègre au large des Maldives, ses restes tombant en mer. «De toute évidence, la Chine agit de façon irresponsable concernant ses débris spatiaux», s'indigne à nouveau Nelson.³¹

Un mois plus tard, la Chine lance un vaisseau-cargo contenant les provisions et le matériel nécessaires au séjour d'un premier équipage.³² Celui-ci est lancé le mois suivant (17 juin): trois hommes passent ainsi l'été à bord de la station – un séjour

record de trois mois pour la Chine – avant de revenir sur Terre le 17 septembre.³³

Trois jours plus tard, reprise du même scénario en lançant d’abord un vaisseau-cargo puis, un mois plus tard, un deuxième

équipage. Composé de deux hommes et d’une femme, celui-ci doit demeurer six mois dans la station avant de revenir sur Terre le printemps prochain.³⁴

Le programme Tiangong 3

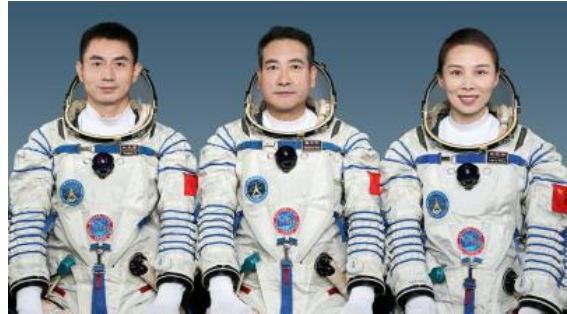
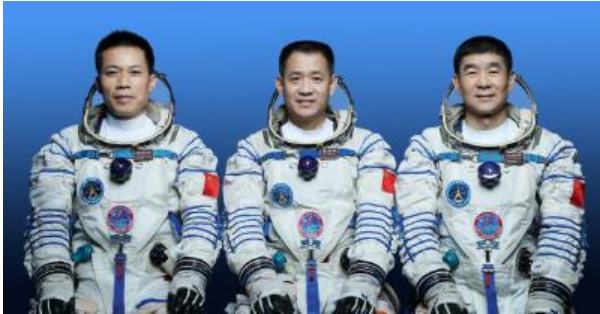
| Vaisseau | Lancement Retour sur Terre | Mission |
|-------------|------------------------------------|--|
| Tianhe | 29 avril 2021 | Mise en orbite du module de base de la station Tiangong 3. Ce module de 22½ tonnes gravite autour de la Terre à 380 kilomètres d’altitude. |
| Tianzhou 2 | 29 mai 2021 | Lancement d’un premier vaisseau cargo en prévision de l’arrivée d’un premier équipage. Tianzhou 2 s’arrime à Tianhe huit heures après son lancement. |
| Shenzhou 12 | 17 juin 2021 17 septembre 2021 | Lancement d’un premier équipage, composé de trois hommes, qui séjourne trois mois à bord de la station. |
| Tianzhou 3 | 20 septembre 2021 | Lancement d’un deuxième vaisseau de ravitaillement de la station. |
| Shenzhou 13 | 15 octobre 2021 (mi-avril 2022) | Deuxième équipage à s’installer à bord de la station, composé de deux hommes et d’une femme, pour un séjour prévu de 6 mois. |

Les Chinois prévoient répéter le même scénario tout au long de l’année 2022, avec en plus l’ajout de deux modules spécialisés – Wentian et Mengtian – équipés de sas pour les sorties dans l’espace et pour le transbordement d’équipements dont l’un est muni d’un bras robotique.

Prévue pour être opérée durant dix à quinze ans, la station Tiangong 3 se compare bien davantage au complexe orbital Mir des années 1980-1990 qu’à la Station spatiale internationale:

Les trois stations spatiales multi-modulaires

| Complexe orbital | Masse | Volume habitable | Orbite | Opération |
|------------------|------------|--------------------|----------------|------------|
| Mir | 130 tonnes | 350 m ³ | 365 km x 51,6° | 1986-2000 |
| ISS | 420 tonnes | 388 m ³ | 400 km x 51,6° | 2000-2030? |
| Tiangong 3 | 66 tonnes | 110 m ³ | 380 km x 41,5° | 2021-2035? |



Les premier et deuxième équipages à vivre à bord de la station Tiangong 3.



À gauche, fusée porteuse d'un vaisseau Shenzhou. Et vues intérieures du module Tianhe.



Retour sur Terre du premier équipage chinois à avoir séjourné trois mois dans l'espace.

4 – À quoi «jouent» les Russes?

Le 15 novembre, les Russes prennent tout le monde par surprise en abattant l'un de leurs vieux satellites Cosmos à l'aide d'un missile. L'impact de celui-ci a pour effet de générer un nuage de centaines de morceaux de satellite qui menacent à présent les satellites en opération à quelques centaines de kilomètres d'altitude. Ce test antisatellite a d'ailleurs un retentissement considérable à travers le monde – bien davantage qu'ont dû s'attendre les Russes – car il a forcé les sept résidents de la Station spatiale internationale à se réfugier dans leurs capsules.³⁵

C'est ainsi que Bill Nelson a dû expliquer le jour même: «Plus tôt dans la journée, à cause des débris générés par le test russe antisatellite, les astronautes et cosmonautes d'ISS ont dû enclencher les procédures d'urgence pour se mettre à l'abri. ... Je suis outré par ce comportement aussi irresponsable qu'offensant!» Nelson s'est aussi dit incapable de comprendre comment les Russes ont non seulement mis en danger la vie d'astronautes américains mais également celle de leurs propres cosmonautes vivant à bord d'ISS.

Non seulement le nuage de débris du satellite détruit, qui s'étendra progressivement, menacera-t-il durant des années la Station spatiale mais également les milliers de satellites qui naviguent à moins de 1000 kilomètres autour de la Terre. De surcroît, il risque d'engendrer un effet domino: s'il advenait que l'un de ces débris fracasse un autre satellite, cela créerait un nouveau nuage de débris qui à son tour pourrait entraîner des destructions additionnelles – ce qui risque de rendre à terme l'orbite terrestre basse inutilisable.

C'est d'ailleurs pourquoi on cherche tant à réduire le nombre de débris de toute sorte qui encombrant cette portion de l'orbite terrestre, notamment en procédant à la destruction contrôlée dans l'atmosphère des vieux satellites et des étages de fusée devenus inutiles. Mais voilà, c'est comme si, d'un simple «coup de missile», on encombra cet espace avec des centaines de «satellites» inutiles.

À quoi bon procéder à un nettoyage en règle si certains se permettent d'anéantir d'un coup tous les efforts déployés par un peu tout le monde?

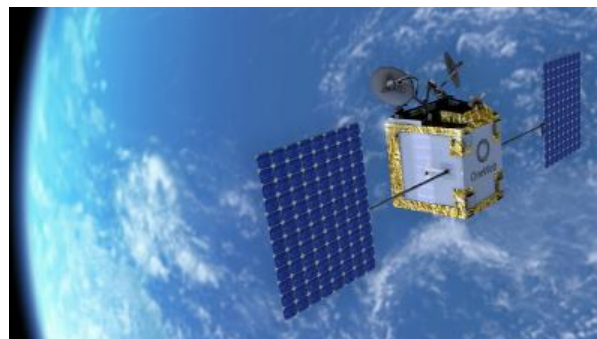
Soulignons que les Russes ne sont pas les premiers à avoir créé un risque semblable puisque, outre les tests antisatellites réalisés dans les années 1960-80 par eux-mêmes et par les Américains, les Chinois, les Américains et les Indiens ont récemment fait de même – respectivement en 2007, 2008 et 2019.

L'opération russe surprend d'autant plus que nul ne comprend sa raison d'être. En pratique, les systèmes antisatellites sont des armes inutiles puisque la destruction d'un satellite «ennemi» sera considérée comme un *acte de guerre*, au même titre que l'attaque d'un avion, d'un navire ou d'une base militaires. Du reste, rendre l'orbite basse inutilisable aux autres – par la multiplication des débris – c'est s'en priver soi-même! À quoi bon une telle arme?

Autre question de l'heure: à quoi donc «jouent» les Russes? C'est ce que se demandent de plus en plus fréquemment les analystes en affaires internationales qui constatent avec appréhension que ceux-ci soutiennent la Biélorussie qui entasse des réfugiés aux frontières de la Pologne, alors même que la Russie masse d'importantes troupes aux portes de l'Ukraine.

Il est à se demander si, face aux sanctions économiques imposées par l'Occident à la Russie à la suite de son invasion d'une portion du territoire ukrainien en

2014 – sanctions qui font apparemment très mal – les Russes ne chercheraient pas à déstabiliser l'Occident, sinon même à provoquer un conflit ouvert?



Depuis 2019, SpaceX a lancé 2021 satellites Starlink (à gauche), tandis que la société OneWeb en a placés 394 (à droite). Ces deux firmes offrent des services Internet à l'échelle de la planète.

5 – Le nouveau «Far West»?

L'année 2021 a été marquée par la mise en place de deux réseaux de satellites nous proposant une connexion haute-vitesse à Internet partout où nous nous trouvons sur terre comme en mer, même au beau milieu du Pacifique sud: le service Starlink offert par SpaceX et celui de la société OneWeb.³⁶

En particulier, le réseau Starlink est entré en fonction avec la mise en place des 1500 satellites de base, placés à 550 kilomètres d'altitude. Toutefois, pour offrir un service optimal, SpaceX aura besoin de recourir à 40 000 satellites.

C'est là un nombre effarant de satellites puisque *c'est quatre fois plus que tous les satellites* lancés à ce jour! En

fait, entre 1957 et 2019, donc sur une période de 62 ans, tous les gouvernements, organisations et entreprises du monde ont lancé 9646 satellites en tout et pour tout.³⁷

C'est ainsi qu'en 2021, 1833 satellites ont été lancés par 145 fusées, ce qui représente douze fois plus que ce qu'on lance habituellement.

Nombre de satellites lancés ces dernières années

| 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 138 | 214 | 285 | 245 | 225 | 481 | 455 | 483 | 1243 | 1833 |

Source: Claude Lafleur, «Table I - Number of Spacecraft Launched Each Year», [Spacecraft Encyclopedia](#).

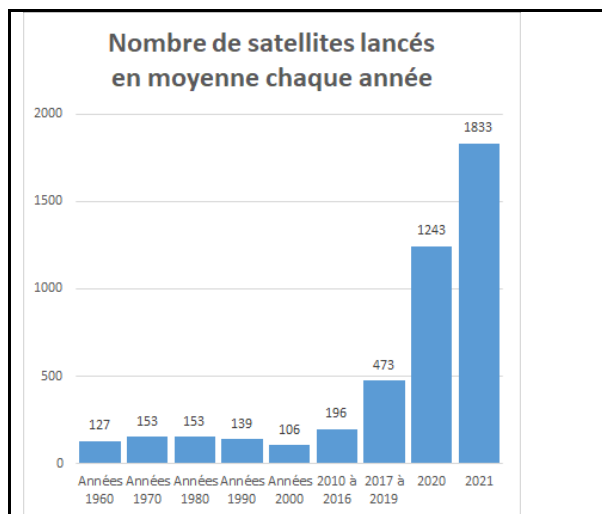
Cette croissance phénoménale du nombre de satellites lancés qu'on enregistre ces dernières années – et particulièrement depuis 2020 – est dû au fait que des entreprises privées se dotent de flottes

comptant des centaines voire des milliers de satellites. C'est ainsi qu'en 2021, SpaceX a placé 989 satellites en orbite, soit 54% de tous ceux lancés cette année-là.³⁸

(Même chose en 2020, SpaceX ayant orbité 69% des 1242 satellites lancés.³⁹⁾)

S'ajoute à ceux-ci les 284 satellites OneWeb lancés en 2021, les 48 Flock et les 76 SpaceBEE. C'est dire qu'à elles seules, quatre entreprises privées ont expédié dans l'espace les trois-quarts de tous les satellites de l'année.

Tel que l'illustre le graphique ci-contre, nous assistons à une véritable «explosion» dans le nombre de satellites lancés chaque année, d'une centaine lancée annuellement entre 1964 et 2012 à plus d'un millier par année à présent.



Principales flottes de satellites commerciaux

| Flotte | Nombre lancés | Fonction |
|------------|-----------------|---|
| • Starlink | 2021 satellites | Satellites de la société SpaceX, pesant 260 kg et placés à 550 km d'altitude, offrant un service Internet planétaire. |
| • Flock | 436 satellites | Microsatellites d'observation de la Terre de la société Planet, pesant 5 kg et placés à 410 km d'altitude. |
| • OneWeb | 394 satellites | Satellites de la société OneWeb, pesant 147 kg et placés à 1200 km d'altitude, offrant un service Internet planétaire. |
| • Lemur | 146 satellites | Microsatellites de la société Spire, pesant 4 kg et placés sur orbites basses, servant à l'observation de la Terre et du trafic maritime. |
| • SpaceBEE | 127 satellites | Picosatellites de la société Swarm Technologies, pesant 250 g. et placés sur orbites basses, assurant les communications entre ordinateurs (système M2M, <i>Machine-to-Machine</i>). |

Notons que des dizaines d'autres projets de flotte sont en préparation, de sorte que, selon certaines analyses, on pourrait assister au lancement de 10 000 satellites et plus par année d'ici peu.⁴⁰

Surtout, ces satellites s'ajoutent aux milliers d'autres qui gravitent à moins de 1000 kilomètres de la Terre et qui représentent un encombrement de plus en plus inquiétant.

Déjà, les médias ont fait état des problèmes que posent les milliers de satellites de SpaceX aux astronomes, les Starlink représentant autant de petites étoiles

brillant au firmament et qui risquent d'entraver leurs observations.

Qui plus est, le nombre croissant de satellites privés venant s'ajouter aux milliers de débris de toute sorte ainsi qu'aux restes des tests antisatellites risquent de rendre l'orbite basse inutilisable — ou du moins, très à risque de collisions.

Face à la course folle au tourisme spatial à laquelle nous assistons et à l'encombrement de l'orbite basse, il est à se demander si l'espace n'est pas en train de devenir une sorte de *Far West* où n'importe qui fait n'importe quoi, un territoire où certains se croient tout permis... au dé-

triment de tous les autres?

Une question s'impose donc: les ressources de l'espace doivent-elles demeurer à la disposition de toute l'humanité où peuvent-elles être livrées à n'importe quelle exploitation privée?

6 – Perspectives 2022

Heureusement qu'au chapitre de l'exploration de l'espace, l'avenir semble plus re-luisant. C'est ainsi que le jour de Noël, le 25 décembre, on a assisté au lancement du fameux télescope spatial Webb auquel nous avons consacré notre [balado 77](#).

Si tout se passe comme prévu au cours des six premiers mois de l'année 2022 – période au cours de laquelle les ingénieurs procéderont au déploiement du télescope et à la mise en service de ses instruments – nous pourrions assister par la suite à une autre belle révolution astronomique semblable à celle que nous a livrée le télescope Hubble ces trente dernières années. Ainsi, l'entrée en service du télescope Webb pourrait marquer l'année 2022.

Des astéroïdes visés par Lucy et DART

En outre, la NASA vient de lancer deux sondes d'exploration des petits astres du Système solaire. En octobre, elle a lancé la sonde Lucy qui, en 2027 puis en 2033, explorera deux familles d'astéroïdes qui accompagnent Jupiter sur son orbite autour du Soleil. Il s'agit d'une gamme d'astéroïdes dite «troyens» au sujet desquels on ne connaît rien et qui pourraient nous renseigner sur la naissance et la formation du Système solaire. Et fait exceptionnel: Lucy fera deux fois l'aller de la Terre à Jupiter pour accomplir sa mission.



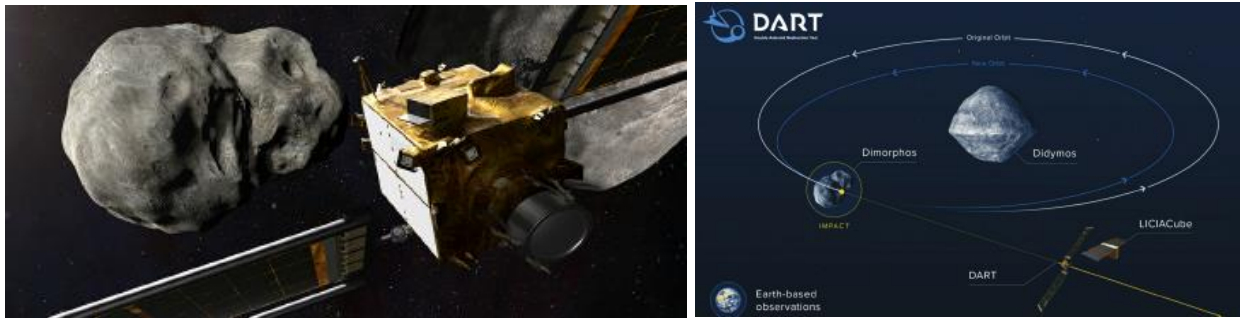
La sonde Lucy.

Déroulement de la mission Lucy

- 16 oct 22: 1^{er} survol de la Terre (1^{ère} assistance gravitationnelle. a.g. #1).
- 13 déc 24: 2^e survol de la Terre (a.g. #2).
- 20 avril 25: passage auprès de l'astéroïde Donaldjohanson.
- D'août 2027 à novembre 2028: exploration de la 1^{ère} famille d'astéroïdes qui accompagnent Jupiter.
- 26 décembre 2030: retour près de la Terre (a.g. #3).
- 3 mars 2033: exploration de la 2^e famille d'astéroïdes à Jupiter.



La sonde Lucy est dotée de deux immenses panneaux solaires circulaires.



Fin-septembre 2022, la sonde DART ira percuter l'astéroïde Dimorphos (à gauche sur l'illustration de droite) qui gravite autour de l'astéroïde Didymos.

Puis en novembre, la NASA a lancé la sonde DART qui, fin septembre prochain, devrait percuter l'astéroïde Dimorphos, qui gravite autour de l'astéroïde Didymos.

Le but premier de la mission est de mesurer les effets que génère l'impact d'un «boulet de canon» de 550 kilogrammes (DART), à la vitesse de 24 000 km/h, sur un astéroïde de 160 mètres de diamètre (Dimorphos).

Ce dernier ne sera guère affecté, sinon que son orbite autour de Dimorphos risque d'être légèrement altérée. Les scientifiques de la mission DART mesureront les changements apportés à la période de révolution de Didymos autour de Dimorphos. À l'heure actuelle, celui-ci fait le tour du second en 11 heures et 59 minutes, mais la durée de cette période pourrait changer de 73 secondes à 10 minutes, selon où et comment DART frappera.

Si tout se passe comme prévu, la collision devrait être filmée par un petit drone italien que DART larguera dix jours avant son impact.

Retour des fusées géantes?

Deux autres événements à surveiller en début d'année seront le lancement des fusées géantes *Super Heavy/Starship* de SpaceX et SLS (*Space Launch System*) du programme Artemis de la NASA (auquel



Les quatre fusées géantes: la N-1 soviétique et la Saturn V des années 1960, la SLS et la Super Heavy/Starship du présent. (Source: [Wikipédia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_fusées).)

nous avons consacré notre [Balado 71](#)).

Dans les deux cas, il s'agit de fusées géantes, plus hautes qu'un édifice de trente étages, comparables à la vénérable Saturn V du programme Apollo. Il s'agit

du calibre de fusée qu'on n'a pas vu depuis cinquante ans.

Il se pourrait même qu'on assiste à une sorte de course entre SpaceX et la NASA, puisque les deux tirs sont prévus pour février ou mars. Toutefois, on doit s'attendre à de nombreux reports dans un cas comme dans l'autre puisqu'on ne procédera au tir de ces fusées que lorsque tout paraîtra en parfait ordre.⁴¹

Soulignons que le lancement de la fusée de SpaceX présente un risque très particulier. En effet, au moment du décollage, une trentaine de moteurs-fusée doivent s'allumer en même temps et fonctionner parfaitement durant plusieurs minutes. Or, le fonctionnement simultané d'une trentaine de moteurs-fusée risque fort d'engendrer d'énormes vibrations et des phénomènes de résonance impossibles à prévoir d'avance – l'addition des uns et des autres pouvant aisément mener à la destruction de la fusée.

À ce jour, on ne connaît qu'un seul exemple de fusée ayant recouru à une trentaine de moteurs-fusée, celui de la fusée lunaire soviétique N-1. Or, les quatre tirs de N-1 réalisés entre 1969 et 1971 (dans le plus grand secret) se sont soldés par de gigantesques explosions.

Le programme de la super fusée de SpaceX n'en serait d'ailleurs pas à son premier échec puisque les neuf premiers tirs du vaisseau *Starship* – qui constitue à présent le deuxième étage de la super-fusée – ont tous échoué, certains donnant lieu à de spectaculaires destructions.

Ce n'est qu'à son dixième tir d'essai qu'un *Starship* a complété son vol (le 5 mai dernier). Mais, bizarrement, SpaceX n'a jamais répété ce test. Normalement, on s'attendrait à ce que les responsables du programme réalisent quelques tirs

d'essais, histoire de s'assurer que le *Starship* est bel et bien au point – une seule réussite (en dix tentatives) ne garantissant en rien sa fiabilité.



La première fusée *Super Heavy/Starship* sur son pas de tir.

L'imprévisible avenir...

Mais quel va être, en réalité, l'événement qui marquera l'année 2022? Bien malin qui pourrait le dire! On peut cependant penser que la «réaction» que pourrait avoir le président Biden à la suite du premier tir de la fusée SLS pourrait en être un... surtout si l'opération tourne mal. Assisterons-nous à une nouvelle remise en question du programme Artemis, comme ce fut le cas en 2010 puis en 2017 (voir notre balado #71 – *Artemis: le rêve du retour sur la Lune?*)

Où en serons-nous dans douze mois! À suivre... ▫

Les Fascicules de *Voyage dans l'espace*



Note: les fascicules ci-dessus accompagnent les balados *Voyage dans l'espace* mais ce ne sont pas tous les balados qui sont accompagnés par un fascicule. Il «manque» donc des numéros.

Les Fascicules de *Voyage dans l'espace*

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 26</p> <p>ALEXEI LEONOV</p>  <p>Le cosmonaute aux sept vies</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 27</p> <p>PARLONS DE... CAPSULES SPATIALES</p>  <p>Pourquoi sommes-nous revenus à l'ère des capsules?</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 28</p> <p>TRING, LA FACILITÉ DÉCOUVERTE DE LA VIE SUR MARS</p>  <p>Ornements et leur rôle au moment de nos prochains habitats</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 29</p> <p>LA GRANDE PEUR DE 1910</p>  <p>Quand le passé est garant de l'avenir</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 30</p> <p>FINITAS L'ESPLORATION, LES ASTÉROÏDES</p>  <p>Le petit astère qui nous surveille tout le temps</p> |
| <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 31</p> <p>DES IDÉES PAS COMME LES AUTRES...</p>  <p>Peut-être ces idées, celles des plus fous, et se réalisent pas toujours!</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 32</p> <p>PRELUDES À APOLLO 11</p>  <p>La grande Fête de la course à la Lune</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 33</p> <p>APOLLO 11 DANS LES CONGRÈS DE L'HISTOIRE</p>  <p>Et qu'il n'y ait souvent raconté...</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 34</p> <p>NOTRE UNIVERS: BEAUX, MYSTÉRIEUX... SPOUSALARIAT!</p>  <p>À la frontière de nos connaissances... et même au-delà!</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 35</p> <p>NOTRE UNIVERS: BEAUX, MYSTÉRIEUX... SPOUSALARIAT!</p>  <p>À la frontière de nos connaissances... et même au-delà!</p> |
| <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 36</p> <p>LES SURPRISES DE L'ÉTÉ 2019</p>  <p>Des idées pour les années à venir de l'espace!</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 37</p> <p>POURQUOI MARS...</p>  <p>... nous obsède-t-elle autant?</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 38</p> <p>OU EN SERONS-NOUS EN 2044?</p>  <p>Controversé depuis 610 l'histoire des astronomes amateurs du Québec</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 39</p> <p>L'ASTRONOMIE PAR L'IMAGE</p>  <p>Avec un grand télescope spatialisé</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 40</p> <p>LA LUNE, CETTE INCONNUE</p>  <p>On croit tout savoir à son sujet... Mais non!</p> |
| <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 41</p> <p>LA GRANDE EXPÉDITION DES VOYAGERS</p>  <p>1^{re} partie: le Grand Tour</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 42</p> <p>LA GRANDE EXPÉDITION DES VOYAGERS</p>  <p>2^e partie: destination Jupiter et Saturne</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 43</p> <p>LA VERTÈRE ET FINALE: HOPPER DE L'ISSUE</p>  <p>Le rôle de l'ISS dans le futur espace à destination</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 44</p> <p>ET SI ÇA C'ÉTAIT PASÉ AUTREMENT...</p>  <p>Pourquoi, en 2020, l'espace n'est-il pas en train</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 45</p> <p>ETÉ 2020 À L'ÉCHÉLON DE LA PLANÈTE MARS</p>  <p>À la recherche d'eau et de vie</p> |
| <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 46</p> <p>DE NOUVELLES PLANÈTES INCROYABLES</p>  <p>Une diversité à n'en plus finir...</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 47</p> <p>LA GRANDE EXPÉDITION DES VOYAGERS</p>  <p>3^e partie: aux confins du système solaire</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 48</p> <p>LES GALAXIES: AUX FRONTIÈRES DE LA COSMOLOGIE</p>  <p>Comment se fait-il que nous existions?</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 49</p> <p>LE SYSTÈME SOLAIRE N'EST PLUS CE QU'IL ÉTAIT</p>  <p>2^{ème} partie: Notre univers spatialement...</p> | <p>VOYAGE DANS L'ESPACE Episode 50</p> <p>LE MÉTIER D'ASTRONAUTE</p>  <p>1^{ère} partie: au-delà de la simple mission... Claude Lafleur Chapitre 3 Les multiples chemins vers l'espace</p> |

Note: les fascicules ci-dessus accompagnent les balados *Voyage dans l'espace* mais ce ne sont pas tous les balados qui sont accompagnés par un fascicule. Il «manque» donc des numéros.

Les Fascicules de *Voyage dans l'espace*



Note: les fascicules ci-dessus accompagnent les balados *Voyage dans l'espace* mais ce ne sont pas tous les balados qui sont accompagnés par un fascicule. Il «manque» donc des numéros.

Pour en savoir plus:

¹ Stephen Clark, «[Axiom strikes deal with SpaceX to ferry private astronauts to space station](#)», *Spaceflight Now*, 5 mars 2020.

² William Harwood, «[Entrepreneur books SpaceX flight to benefit children’s research hospital](#)», *Spaceflight Now*, 2 février 2021.

³ William Harwood, «[All-civilian flight to orbit blazes new trail for charity with this week’s SpaceX launch](#)», *Spaceflight Now*, 13 septembre 2021; Stephen Clark, «[Four private citizens ride SpaceX rocket into orbit on historic mission](#)», *Spaceflight Now*, 15 septembre 2021; William Harwood, «[Inspiration4 crew chats with Elon Musk, works through first full day in space](#)», *Spaceflight Now*, 16 septembre 2021; Stephen Clark, «[Inspiration4 crew describes “incredible perspective” from space](#)», *Spaceflight Now*, 17 septembre 2021; William Harwood, «[All-civilian crew prepares for Saturday evening splashdown](#)», *Spaceflight Now*, 18 septembre 2021; Stephen Clark, «[Four civilian space travelers back on Earth after landmark flight](#)», *Spaceflight Now*, 18 septembre 2021.

⁴ Claude Lafleur, *Fascicule 68 – Le tourisme spatial*, juin 2021, p. 14.

⁵ William Harwood, «[Bezos’s Blue Origin auctions seat on first New Shepard space-flight with passengers](#)», *Spaceflight Now*, May 7, 2021.

⁶ Stephen Clark, «[Bezos flies to space on Blue Origin’s first crew launch](#)», *Spaceflight Now*, July 20, 2021.

⁷ Kenneth Chang, «[Richard Branson Will Try to Beat Jeff Bezos to Space With July 11 Flight](#)», *The New York Times*, July 1, 2021.

⁸ William Harwood, «[Richard Branson rockets into space](#)», *Spaceflight Now*, July 11, 2021.

⁹ Layla Martin, «[The problem with space cowboys](#)», *The Space Review*, 13 septembre 2021.

¹⁰ Claude Lafleur, *Fascicule 68 – Le tourisme spatial*, juin 2021, p. 23-4.

¹¹ Lucie Aubourg, Agence France-Presse, «[Le vaisseau spatial de Virgin Galactic cloué au sol par les autorités américaines](#)», *La Presse*, 2 septembre 2021.

¹² William Harwood, «[Blue Origin sends William Shatner to the final frontier](#)», *Spaceflight Now*, 13 octobre 2021.

¹³ Jeff Foust, «[The normalization of space tourism](#)», *Space Review*, 18 octobre 2021.

-
- ¹⁴ Jackie Wattles, «[An 18-year-old is going to space with Jeff Bezos](#)», CNN, 15 juillet 2021; William Harwood, «[Blue Origin reveals fourth crew member for Bezos spaceflight](#)», *Spaceflight Now*, 15 juillet 2021.
- ¹⁵ William Harwood, «[Russian actress returns to Earth after space station movie shoot](#)», *Spaceflight Now*, 17 octobre 2021.
- ¹⁶ Stephen Clark, «[Japanese billionaire ready for launch to International Space Station](#)», *Spaceflight Now*, 7 décembre 2021; William Harwood, «[Japanese billionaire and assistant arrive at space station](#)», *Spaceflight Now*, 8 décembre 2021; Stephen Clark, «[Japanese space tourists return to Earth](#)», *Spaceflight Now*, 20 décembre 2021.
- ¹⁷ Écoutez à ce sujet le balado de Jill Lapore, «[Elon Musk, The Evening Rocket](#)», 6 épisodes en anglais, produit par Pushkin Industries et BBC Radio, et diffusé en octobre-novembre 2021.
- ¹⁸ Stephen Clark, «[Arab world's first interplanetary spacecraft safely arrives at Mars](#)», *Spaceflight Now*, 9 février 2021.
- ¹⁹ Stephen Clark, «[China's first Mars mission enters orbit around Red Planet](#)», *Spaceflight Now*, 10 février 2021.
- ²⁰ Stephen Clark, «[NASA rover reaches Mars on mission in search for signs of past life](#)», *Spaceflight Now*, 18 février 2021.
- ²¹ Voir [la vidéo sur YouTube](#).
- ²² Stephen Clark, «[China lands its first probe on Mars](#)», *Spaceflight Now*, 15 mai 2021; «[China's probe lands on Mars](#)» Xinhua, 15 mai 2015; Zhao Lei, «[China lifts national pride with space program's achievements](#)» *China Daily*, 15 mai 2021.
- ²³ Stephen Clark, «[Chinese rover drives onto surface of Mars](#)», *Spaceflight Now*, 25 mai 2021; «[China's first Mars rover starts exploring red planet](#)», Xinhua, 22 mai 2021.
- ²⁴ «[China's Mars rover travels over 400 meters](#)», Xinhua, 12 juillet 2021.
- ²⁵ «[China's rover travels over 1 km on Mars](#)», Xinhua, 23 août 2021; «[China's Mars rover completes 100 days on red planet's surface](#)», Xinhua, 30 août 2021.
- ²⁶ By Zhao Lei, «[Mars rover, orbiter set to resume operations](#)», *China Daily*, 5 novembre 2021; Zhao Lie, «[Martian satellite begins remote-sensing surveys](#)», *China Daily*, 10 novembre 2021.
- ²⁷ Stephen Clark, «[NASA celebrates first historic helicopter flight on Mars](#)», *Spaceflight Now*, 19 avril 2021.

²⁸ Zhao Lei, «[Launch activity to accelerate](#)», *China Daily*, 6 janvier 2021; Stephen Clark, «[China to begin construction of space station this year](#)», *Spaceflight Now*, 10 janvier 2021.

²⁹ Zhao Lei, «[Preparations underway for crewed spaceflight](#)», *China Daily*, 16 avril 2021; «[China's space station takes shared future concept to space](#)», *China Daily*, 30 avril 2021; Stephen Clark, »[Assembly of Chinese space station begins with successful core module launch](#)», *Spaceflight Now*, 29 avril 2021.

³⁰ Stephen Clark, «[Large Chinese rocket tumbling toward toward unguided re-entry this weekend](#)», *Spaceflight Now*, 7 mai 2021; Zhao Lei, «[Debris very unlikely to cause damage as rocket returns to Earth](#)», *China Daily*, 8 mai 2021.

³¹ Stephen Clark, «[NASA chief criticizes China for uncontrolled rocket re-entry](#)», *Spaceflight Now*, 10 mai 2021; «[Loaded warnings of space debris risk](#)», *China Daily Global*, 11 mai 2021.

³² «[China launches cargo spacecraft to dock with space station module](#)», *Xinhua*, 29 mai 2021; Zhao Lei, «[Tianzhou 2 cargo ship docks with Tianhe core module, becoming first visiting spacecraft to station](#)», *China Daily*, 30 mai 2021; Stephen Clark, «[Cargo ship docks with Chinese space station](#)», *Spaceflight Now*, 31 mai 2021.

³³ Zhao Lei, «[Upcoming space mission to feature longer, more complex spacewalks](#)», *China Daily*, 16 juin 2021; «[China discloses tasks of Shenzhou-12 manned spaceflight mission](#)», *Xinhua*, 16 June 2021; Stephen Clark, «[Three astronauts will be first to board new Chinese space station](#)», *Spaceflight Now*, 16 juin 2021; Stephen Clark, «[Chinese astronauts enter Tiangong space station for first time](#)», *Spaceflight Now*, 17 juin 2021; Zhao Lei, «[Astronauts arrange new 'home' in space](#)», *China Daily*, 19 juin 2021; Zhao Lei, «[Chinese astronauts step out of spacecraft](#)», *China Daily*, 5 juillet 2021; Stephen Clark, «[Chinese astronauts complete first spacewalk outside new space station](#)», *Spaceflight Now*, 7 juillet 2021; Zhao Lei, «[Astronauts start 2nd spacewalk outside space station](#)», *China Daily*, 20 août 2021; Stephen Clark, «[Chinese astronauts complete second spacewalk outside space station](#)», *Spaceflight Now*, 21 août 2021; Stephen Clark, «[Shenzhou crew departs Chinese space station, heads for Earth](#)», *Spaceflight Now*, 16 septembre 2021; Xia Yuanyi, «[China brings astronauts back, advances closer to "space station era"](#)», *Xinhua*, 17 septembre 2021; Zhao Lei, «[Shenzhou XII crew returns to Earth](#)», *China Daily*, 18 septembre 2021.

³⁴ Cui Jia, «[Supply craft sent to join space station](#)», *China Daily*, 21 septembre 2021; Stephen Clark, «[Tianzhou ship launches and docks with Chinese space station](#)», *Spaceflight Now*, 20 septembre 2021; Zhao Lei, «[Shenzhou XIII crew starts epic mission](#)», *China Daily*, 16 octobre 2021; Stephen Clark, «[Three astronauts begin half-year mission on Chinese space station](#)», *Spaceflight Now*, 15 octobre 2021; Stephen Clark, «[China's first female spacewalker helps outfit space station robotic arm](#)», *Spaceflight Now*, 9 octobre 2021.

³⁵ Joey Roulette, «[Debris From Test of Russian Antisatellite Weapon Forces Astronauts to Shelter](#)», *The New York Times*, 15 novembre 2021; Stephen Clark, «[U.S. officials: Space station at risk from ‘reckless’ Russian anti-satellite test](#)», *Spaceflight Now*, 15 novembre 2021; Joey Roulette, «[The space station just dodged debris from a 2007 Chinese weapons test](#)», *The New York Times*, 16 novembre 2021; Andrew E. Kramer, «[Russia Acknowledges Antisatellite Missile Test](#)», *The New York Times*, 16 novembre 2021.

³⁶ Stephen Clark, «[Starlink and OneWeb satellites ready for launch on opposite sides of the world](#)», *Spaceflight Now*, 23 mars 2021; Stephen Clark, «[Soyuz launch adds 36 satellites to OneWeb’s global internet network](#)».

³⁷ *Spaceflight Now*, 25 mars 2021; Stephen Clark, «[SpaceX launches 60 more Starlink spacecraft; FCC clears SpaceX to fly satellites at lower altitudes](#)», *Spaceflight Now*, 29 avril 2021.

³⁸ Gunter's Space Page, [Orbital Launches of 2021](#).

³⁹ Gunter's Space Page, [Orbital Launches of 2020](#).

⁴⁰ Stephen J. Garber & James A. Vedda, «[Déjà vu or sea change? Comparing two generations of large satellite constellation proposals](#)», *The Space Review*, 1^{er} juillet 2019.

⁴¹ Stephen Clark, «[SpaceX targets January or February for first launch of world’s largest rocket](#)», *Spaceflight Now*, 18 novembre 2021.