

VOYAGE DANS L'ESPACE

Épisode

135

Les grands de l'espace



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 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; il peut s'agir d'une conversation entre l'animateur de *Voyage dans l'espace* (à l'origine Mathieu et à présent Florent Meunier), et Claude, le passionné d'astronautique, ou d'une entrevue avec un spécialiste (souvent un astronome).

Ces exposés sont publiés sous forme de fascicules, comme celui-ci. Notez que 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 plateforme patreon.com.

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**, infirmier et **Dylan Bergeron**, préposé.

En couverture



Décollage d'une fusée chinoise Chang Zheng.

L'équipe de *Voyage dans l'espace*:
Claude Lafleur, contenu
Florent Meunier, animation et montage
Laurent Runigo, médias sociaux

Amis et collaborateurs :
Mathieu Rancourt
Jean-Pierre Lessard
Frédéric Baril

L'équipe des fascicules:
Rédaction: Claude Lafleur
Couverture: Dylan Baillargeon
Illustrations: NASA, China Daily, TASS, ESA, ISRO, JAXA, SpaceX.

© Copyright, Claude Lafleur, 2023
ISBN 978-2-925384-21-2 (pdf)
ISBN 978-2-925384-22-9 (kindle)

Dépôt légal:
Bibliothèque nationale du Québec, 2024
Bibliothèque nationale du Canada, 2024



Depuis le premier Spoutnik, il y a 65 ans, on a lancé plus de 6600 fusées qui ont expédié dans l'espace plus de 19 000 engins spatiaux.

Les Grands de l'espace

Écoutez le balado *Les Grands de l'espace* diffusé le 16 juin 2024.

Texte de Claude Lafleur.

Depuis 65 ans, nous lançons des satellites et explorons l'espace. Au départ, le domaine spatial a été dominé par deux super puissances: l'Union soviétique et les États-Unis. Mais voilà qu'à partir des années 1970, de nouveaux joueurs se sont ajoutés: l'Europe, la Chine, le Japon et l'Inde. Et depuis les années 2000, ceux-ci prennent une part de plus en plus active dans le spatial.

Dans ce balado, nous nous proposons de faire un tour d'horizon des pays les plus actifs dans le domaine spatial. Ce survol nous donnera une bonne idée de qui fait quoi et, surtout, de ce qui se fait dans le domaine.

Trois chiffres à retenir

Pour situer l'ampleur des activités spatiales, nous vous proposons de retenir trois

chiffres que nous arrondissons (le tableau de la page suivante donne les chiffres précis). Retenons donc que:

- depuis le début de l'ère spatiale, en 1957, nous avons lancé 19 000 engins spatiaux;
- les différents gouvernements en ont lancé près de 9000;
- les entreprises privées plus de 9000.

- auquel s'ajoute près d'un millier de petites satellites «éducatifs».

Ajoutons que SpaceX, l'entreprise d'Elon Musk, a orbité plus de 6000 satellites Starlink, qui servent aux liaisons Internet. C'est dire qu'à eux seuls, les Starlink comptent pour le tiers de tous les engins spatiaux lancés à ce jour!

Nous allons donc survoler les activités spatiales des six principaux «joueurs de l'espace», à savoir: les États-Unis, la Chine, la Russie, l'Europe, l'Inde et le Japon. Nous allons également inclure la Corée du Sud et les Émirats arabes unis, qui se dotent de leur propre programme spatial. Et nous allons aussi inclure SpaceX, un joueur à présent incontournable.

Pour illustrer l'ampleur de l'activité spatiale des différents joueurs, voici le nombre d'engins spatiaux lancés l'an dernier pour le compte de chacun:

• États-Unis	54
• Chine	209
• Russie	29
• Europe	27
• Inde	8
• Japon	6
• Autres pays	44
• Commercial + Starlink	458 1983
• Universités/amateur	82
Total	2900

Source: données compilées par l'auteur

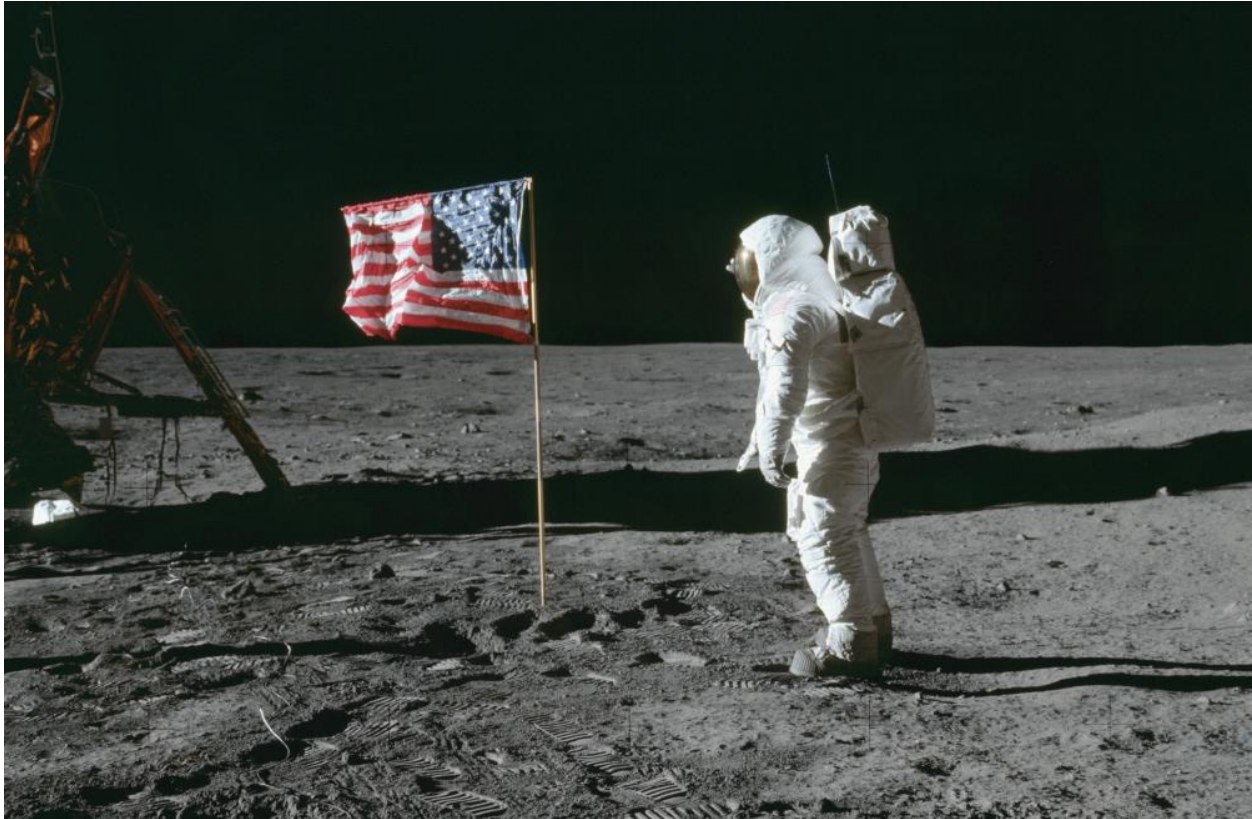
Nombre d'engins spatiaux lancés depuis 1957 (en date du 30 avril 2024)

• Russie	3 904	20,5 %
• États-Unis	2 328	12,2 %
• Chine	1 118	5,9 %
• Europe	538	2,8 %
• Japon	216	1,1 %
• Inde	158	0,8 %
• Autres pays	469	2,5 %
Total gouvernements	8 731	45,8 %
• Entreprises privées dont 6302 Starlink	9 456	49,6 % (33,1 %)
• Amateur/universités	876	4,6 %
Total	19 063	

Notes:

- Par engins spatiaux, nous incluons les satellites (placés sur orbite terrestre), les sondes spatiales (qui s'aventurent au-delà de l'orbite terrestre) et les vaisseaux habités.
- Près de 900 petits satellites ont été lancés pour le compte d'universités et d'organisations «amateurs» (entre autres scolaires) à des fins éducatives, de formation, de recherche et à l'usage des radio-amateurs.
- Ces données incluent les échecs — les engins spatiaux qui n'ont pas atteint l'espace — mais pas les vols touristiques suborbitaux (en New Shepard et en SpaceShipTwo).

Source: données compilées par l'auteur.



Les Américains passeront à l'Histoire comme ayant été les premiers à marcher sur la Lune.

1 – Les États-Unis, première puissance spatiale

D'entrée de jeu, nous pourrions dire qu'à eux seuls, les États-Unis sont à l'origine de la moitié de toutes les activités spatiales, tant l'ampleur de leur programme spatial est vaste.

Ce pays a été le premier à lancer des satellites scientifiques (Explorer et Vanguard), le premier à lancer des satellites militaires (Discoverer), le premier à lancer des satellites d'applications, c'est-à-dire qui nous sont utiles, comme par exemple les satellites météo et de communication. Les Américains ont aussi mis en place le premier réseau de satellites assurant les communications à l'échelle de la planète – le réseau Intelsat – instituant une véritable révolution sociale où tout ce qui se passe sur Terre est diffusé instantanément.

Ce pays a en outre abondamment exploré la Lune et les planètes du Système solaire, et tout particulièrement la planète Mars. Les Américains sont même les seuls à avoir exploré les planètes lointaines, de Jupiter jusqu'à Pluton (et même au-delà) ainsi que les seuls à avoir marché sur la Lune.

Ils ont également scruté en détail l'Univers grâce à une panoplie de télescopes spatiaux, dont les célèbres télescopes Hubble et maintenant Webb.



Les États-Unis possèdent la plus imposante flotte de satellites militaires.

Programmes militaires

Les Américains mènent également le plus vaste programme militaire, s'étant dotés de la gamme complète des satellites au service de leurs forces armées. Comme nous l'expliquons dans le balado 5, *Satellites militaires, la face cachée du spatial*, la très grande majorité de ces satellites (de tous les pays) a pour fonction de surveiller et d'espionner ce qui se passe sur Terre; il s'agit des satellites qui photographient tout ce qu'il y a à voir ou qui font de l'espionnage électronique. Ces satellites surveillent également le mouvement des troupes et le déplacement des flottes de navires et d'avions militaires. D'autres satellites assurent les communications ultrasécurisées ainsi que le guidage des engins militaires, etc.

Les Américains possèdent actuellement la plus importante flotte de satellites assurant tous ces services. Il s'agit dans bien des cas de satellites qui coûtent particulièrement cher (des centaines de millions \$ pièce), puisqu'ils sont conçus pour résister à toute éventualité (y compris à toute forme de brouillage) que pourraient tenter des pays ennemis.

On peut ainsi estimer que les forces armées américaines ont la capacité de savoir tout ce qui se passe n'importe où sur Terre en tout temps. Ils sont proba-

blement les seuls à posséder une telle capacité.

Ajoutons enfin qu'en plus d'assurer une certaine paix sur Terre — comme nous l'expliquons dans le balado 5 —, les satellites militaires américains nous ont donné le réseau GPS dont on se sert tous les jours pour se repérer.

Notons qu'on observe ces dernières années un accroissement considérable des activités spatiales militaires. C'est ainsi que, à titre indicatif, les budgets alloués aux activités spatiales du Pentagone ont triplé en dix ans, tandis que ceux du programme civil (NASA) n'ont augmenté que de 30%, tel que l'indique le tableau suivant:

Budgets spatiaux américains, 2016-2025

Année	NASA	Pentagone	Autres
2016 ¹	19,3	7,0	3,2
2017 ¹	19,6	10,3	3,0
2018 ¹	20,7	7,9	2,9
2019 ¹	21,5	10,0	2,6
2020 ¹	22,6	11,9	2,4
2021 ¹	23,3	17,7 ³	2,5
2022 ¹	24,0	21,8 ³	2,5
2023	25,4 ²	26,3 ³	--
2024	25,4 ²	29,0 ³	--
2025	25,4 ²	29,4 ³	--

Sources:

1 *Aeronautics and Space Report of the President, 2022.*

2 *NASA FY 2025 Budget Request.* 11 mars 2024.

3 *Space News:* 16 février 2023, 13 mars 2023, 11 mars 2024.

Il est à retenir que, pour la première fois en 65 ans d'activités spatiales, le budget du Pentagone a dépassé en 2023 celui de la NASA.

On observe ainsi que pendant que les militaires américains «dépensent tous azimuts» en se procurant une foule de nouveaux types de satellites, la NASA fait face à des restrictions de plus en plus sévères.

Notons enfin que l'accroissement des activités militaires ne s'observe pas qu'aux États-Unis mais également dans plusieurs autres pays.

Les activités civiles

Parmi les grands projets civils que réalise actuellement la NASA, hormis l'opération de la Station spatiale internationale (ISS), elle s'active à retourner des astronautes sur la Lune dans le cadre du programme Artemis. Elle opère en outre plusieurs sondes qui explorent divers astres du Système solaire, notamment Mars et Jupiter, en plus d'étudier le Soleil et d'opérer les télescopes Hubble, Webb et autres. La NASA a également comme projet de rapporter sur Terre des échantillons de Mars, la mission Mars Sample Return qu'elle prépare conjointement avec l'agence spatiale européenne ESA.

Elle mène également de vastes programmes d'étude de la Terre, s'intéressant tout particulièrement aux effets des bouleversements climatiques, dont l'augmentation des températures à l'échelle de la planète et du niveau des océans. Et depuis les années 1960, les Américains fournissent au monde entier les données météo recueillies par les satellites de la NOAA — la *National Oceanic and Atmospheric Administration*.

Enfin, les États-Unis mènent une foule de projets en coopération, la plus importante étant bien entendu l'opération d'ISS en cours depuis vingt-cinq ans. Une multi-

tude de projets de satellites, de sondes spatiales et de télescopes est également réalisée en coopération, ainsi que le programme de la Navette spatiale et, à présent, celui du retour sur la Lune (Artemis).

Quelques moments mémorables



1966: Gemini 6 en orbite terrestre.



1968: lever de Terre depuis la Lune.



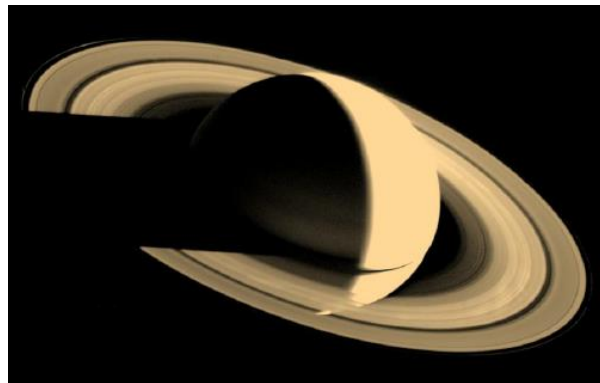
1976: Viking pose le pied sur Mars.



1979: Voyager nous fait découvrir Jupiter et ses lunes.



1995: Les «pilliers de la création» photographiés par le télescope Hubble.



1981: Voyager à Saturne.



2000: La Station spatiale internationale.



1981: Premier lancement d'une Navette spatiale.



2015: New Horizons photographie Pluton.

Les 54 engins spatiaux américains lancés en 2023

	Satellite	Lancement	Lanceur	Mission
1)	CBAS 2 (USA 342)	15 jan 23	Falcon Heavy	M-Communication
2)	LPDE-3A	15 jan 23	Falcon Heavy	M-«Expérimental»
3)	Navstar GPS III-6	18 jan 23	Falcon 9	M-Navigation
4)	Dragon Crew-6	2 mar 23	Falcon 9	C-Transport d'équipage
5)	Dragon CRS-27	15 mar 23	Falcon 9	C-Ravitaillement d'ISS
6-15)	10 x Transport Layer	2 avr 23	Falcon 9	M-Technologie
16-17)	2 x TROPICS	8 mai 23	Électron	C-Science
18-19)	2 x TROPICS	26 mai 23	Électron	C-Science
20)	Dragon CRS-28	5 jun 23	Falcon 9	C-Ravitaillement d'ISS
21-24)	4 x Aces	12 jun 23	Falcon 9	M-Communication
25=26)	2 x MISR	12 jun 23	Falcon 9	M-Écoute électronique
27)	Orion 11 (USA 345)	22 jun 23	Delta IV	M-Espionnage électronique
28-31)	4 x Starling	18 jul 23	Electron	C-Technologie
32)	Cygnus NG-19	2 août 23	Antares	C-Ravitaillement d'ISS
33)	Crew Dragon 7	26 août 23	Falcon 9	C-Transport d'équipage
34-46)	13 x Transport Layer	2 sep 23	Falcon 9	M-Alerte avancée
47-49)	3 x Silent Barker	10 sep 23	Atlas V	M-Observation de satellites
50)	Victus Nox	15 sep 23	Alpha	M-Technologie
51)	Psyche	13 oct 23	Falcon Heavy	C-Sonde spatiale
52)	Dragon CRS-29	10 nov 23	Falcon 9	C-Ravitaillement d'ISS
53)	FalconSat X	11 nov 23	Falcon 9	M-Technologie
54)	X-37B OTV-7	29 déc 23	Falcon Heavy	M-Technologie



Prochaine destination: des astronautes au pôle sud de la Lune d'ici 2030?



D'année en année, la Chine lance de plus en plus d'engins spatiaux et se dote d'un programme spatial de plus en plus élaboré.

2 – La Chine, deuxième puissance spatiale

À l'heure actuelle, la Chine occupe le deuxième rang des pays les plus actifs dans l'espace. On pourrait estimer que ce pays réalise environ 20% des activités spatiales gouvernementales. (Les États-Unis étant à l'origine de 50% de ces activités, on peut considérer que ces deux pays assument à eux seuls plus des deux-tiers de toutes les activités spatiales gouvernementales.)

Tel que relaté dans le balado 119, Introduction au programme spatial chinois, ce pays mène un vaste éventail d'activités depuis une cinquantaine d'années, et plus particulièrement ces dernières années (tableau ci-contre).

Comme les États-Unis, mais dans une moindre mesure, la Chine est active dans pratiquement toutes les sphères du spatial, opérant une station orbitale, explorant la Lune et utilisant des satellites météo, de communication, d'observation de la Terre, etc.

Comme nous l'expliquons dans le balado 119, il est cependant difficile de dé-

**Nombre d'engins spatiaux
lancés par la Chine**

Période	Nombre d'engins	Moyenne annuelle
• 1970-2009	130	3
• 2010-2017	194	24
• 2018-2023	739	123
Total	1063	20

Source: données compilées par l'auteur.

partager les activités civiles et militaires. On peut cependant dire que ces dernières occupent une large part des activités spatiales chinoises. (Voir ci-dessous à titre d'exemple, la liste des 209 satellites lancés par ce pays en 2023.) On n'a toutefois aucune idée des budgets qu'alloue la Chine à ses activités spatiales.

On constate cependant une nette augmentation de ces activités, surtout depuis 2018 (voir tableau page précédente). La Chine développe en outre une gamme de fusées conçues pour répondre à de multiples besoins, certaines fusées dites privées viseraient même à faire concurrence aux lanceurs occidentaux.

Ce pays a même de fortes ambitions sur la scène internationale, tel que relaté dans le balado 120, Des Chinois sur la Lune?, dont l'envoi d'astronautes sur la Lune d'ici 2030. Elle opère en outre sa station orbitale Tiangong 3 en espérant même que celle-ci pourrait prendre la relève de la Station spatiale internationale au tournant de 2030.

Le fait que la Chine lance de plus en plus de satellites de toute sorte inquiète au plus haut point certains observateurs. D'une part, les Américains redoutent que les Chinois se dotent de réseaux de satellites militaires aussi complets que les leurs. Les États-Unis pourraient ainsi perdre l'hégémonie qu'ils exercent en cette matière.

La Chine a aussi l'ambition d'offrir des services commerciaux, tels que le positionnement par satellites GPS, l'observation de la Terre à des fins civiles (télédétection), les télécommunications par satellites, etc. Elle envisage même mettre sur pied un réseau concurrent aux Starlink de SpaceX.

Ce pays projette en outre de mener un ambitieux programme d'exploration du

Système solaire. Déjà, elle est la seule à pouvoir rapporter sur Terre des échantillons de la Lune. Elle est aussi la seule, au côté des États-Unis, à explorer la surface de la planète Mars. Elle vise aussi à court terme à explorer des astéroïdes et à se rendre étudier Jupiter. Elle lancera sous peu un télescope qui, dit-elle, sera du calibre du télescope Hubble. À plus long terme, la Chine vise à utiliser les ressources naturelles de la Lune, sinon même celles de certains astéroïdes.

De fait, la Chine professe de très grandes ambitions pour les 25 prochaines années, soit d'ici 2049, année qui marquera le centenaire de la prise du pouvoir par le Parti communiste chinois.



Les Chinois ont mis au point d'élégantes fusées, dont la Chang Zheng 2F qui lance leurs astronautes.

Les 209 engins spatiaux chinois lancés en 2023

Satellite	Lancement	Lanceur	Mission civile (C) ou militaire (m)
1) Shi Jian 23	8 jan 23	Chang Zheng 7A	C - Technologie
2) Keji-1	9 jan 23	Gushenxing 1	C - Technologie
3-4) Tianmu-1 01 et 02	9 jan 23	Gushenxing 1	C - Météorologie
5) Tianqi-17	9 jan 23	Gushenxing 1	P - Communication internet
6) Nantong Zhongxue	9 jan 23	Gushenxing 1	C - Éducation
7) Apstar 6E	12 jan 23	Chang Zheng 2C	C - Communication
8) Yaogan 37	13 jan 23	Chang Zheng 2D	M - Reconnaissance?
9-10) Shiyang 22A et 22B	13 jan 23	Chang Zheng 2D	M - Technologie?
11-12) Qilu 2 et 3	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
13) Luoja-3-01	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
14-17) 4 x Jilin-1	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
18) Haihe-1	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
19) Wofuman	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
20) Beiyu-1	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Technologie
21-23) 3 x Jin Zijing	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
24) Tianzhi-2D	15 jan 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
25) Zhongxing-26	23 fév 23	Chang Zheng 3B	C - Communication
26-27) 2 x Tianhui-6	9 mar 23	Chang Zheng 4C	C - Observation de la Terre
28) Shiyang 19	15 mar 23	Chang Zheng 11	M - Technologie
29) Gao Fen 13-02	17 mar 23	Chang Zheng 3B	C - Télédétection
30-33) 4 x Tianmu-1	22 mar 23	Kuaizhou-1A	C - Météorologie
34-37) 4 x Hongtu 1-01	30 mar 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
38) Yaogan 34 04	31 mar 23	Chang Zheng 4C	C - Observation de la Terre
39) Jinta	2 avr 23	Tianlong 2	C - Technologie
40) Ai Taikong Kexue	7 avr 23	Shuang Quxian 1	C - Technologie
41) Fengyun 3-07	16 avr 23	Chang Zheng 4B	C - Météorologie
42) Tianzhou 6	10 mai 23	Chang Zheng 7	C - Ravitaillement de station
43) Beidou DW56	17 mai 23	Chang Zheng 3B	C - Navigation (GPS)
44-45) Aomen Kexue 1A et 1B	21 mai 23	Chang Zheng 2C	C - Science
46) Luoja-2 01	21 mai 23	Chang Zheng 2C	C - Observation de la Terre
47) Shenzhou 16	30 mai 23	Chang Zheng 2F	C - Transport d'équipage
48) Fucheng	7 jun 23	Lijian-1	C - Télédétection
49-50) Shiyang-24a et 24B	7 jun 23	Lijian-1	M - Technologie?
51) Xi'an Hangtuo 8	7 jun 23	Lijian-1	C - Technologie
52) Tianyi 26	7 jun 23	Lijian-1	P - Communication Internet
53) Xingshidai 16	7 jun 23	Lijian-1	P - Télédétection
54-73) + 20 satellites?	7 jun 23	Lijian-1	Missions inconnues
74) Longjiang-3	9 jun 23	Kuaizhou-1A	C - Communication
75-114) 40 x Jilin-1	15 jun 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
115) Huoerguosi-1	15 jun 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
116) Shiyang 25	20 jun 23	Chang Zheng 6	M - Technologie
117) WHJSW	9 jul 23	Chang Zheng 2C	C - Technologie
118-21) 4 x Tianmu 1	12 jul 23	Kuaizhou-1A	C - Météorologie
122) Qiankun-1	22 jul 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre

123)	Xingshidai-16	22 jul 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre
124-26)	3 x Sixiang	23 jul 23	Chang Zheng 2D	C - Observation de la Terre
127)	Lingxi-03	23 jul 23	Chang Zheng 2D	C - Communication
128-30)	3 x Yaogan 36-05	23 jul 23	Chang Zheng 2D	M - Espionnage électronique?
131)	Fengyun 3-06	3 août 23	Chang Zheng 4C	C - Météorologie
132)	Huanjing Jianzai 2-06	8 août 23	Chang Zheng 2C	C - Télédétection
133)	Xiguang 1-01	10 août 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre
134)	Xingchi-1B	10 août 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre
135)	Henan Ligong 1	10 août 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre
136-39)	4 x Xi'an Hangtou	10 août 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre
140)	Ludi Tance 4A	12 août 23	Chang Zheng 3B	C - Télédétection
141-45)	5 x Jiaotong	14 août 23	Kuaizhou-1A	C - Communication
146)	Gao Fen 12-04	30 août 23	Chang Zheng 4C	C - Télédétection
147)	Jilin-1 Kuanfu 02A	25 août 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre
148-50)	3 Yaogan 39-01	31 août 23	Chang Zheng 2D	M - Espionnage électronique?
151-154)	4 Tianqi	5 sep 23	Gushenxing-1	C - Communication
155)	Yaogan 33-03	6 sep 23	Chang Zheng 4C	M - Reconnaissance
156-58)	3 x Yaogan 40-01	10 sep 23	Chang Zheng 6A	M - Espionnage électronique?
159-161)	3 x Yaogan 39-02	17 sep 23	Chang Zheng 2D	M - Espionnage électronique?
162)	Jilin-1 GF04B	21 sep 23	Gushenxing-1	C - Observation de la Terre
163)	Yaogan 33-04	26 sep 23	Chang Zheng 4C	M - Reconnaissance
164-66)	3 x Yaogan 39-03	5 oct 23	Chang Zheng 2D	M - Espionnage électronique?
167)	Yunhai 1-04	13 oct 23	Chang Zheng 2D	M - Météorologie?
168-70)	3 x Yaogan 39-04	23 oct 23	Chang Zheng 2D	M - Espionnage électronique?
171)	Shenzhou 17	26 oct 23	Chang Zheng 2F	C - Transport d'équipage
172-73)	Tianhui-5-01 et 02	31 oct 23	Chang Zheng 6A	C - Reconnaissance?
174)	TJS-10	3 nov 23	Chang Zheng 7A	M - Technologie?
175)	Zhongxing-6E	9 nov 23	Chang Zheng 3B	C - Communication
176)	Haiyang 3-01	16 nov 23	Chang Zheng 2C	C - Observation des océans
177-79)	XQG-02A, B et C	23 nov 23	Chang Zheng 2D	P - Communication Internet
180-81)	Xingchi-1 02A et 02B	23 nov 23	Chang Zheng 2D	P - Technologie
182)	Xingchi-1A	4 déc 23	Gushenxing-1	P - Observation de la Terre
183)	Jiheng-1	4 déc 23	Gushenxing-1	P - Observation de la Terre
184)	WHJSW 03?	5 déc 23	Jielong-3	P - Communication Internet
185-86)	Honghu-1 et 2	8 déc 23	Zhuque-2	P - Technologie
187)	Tianyi-33	8 déc 23	Zhuque-2	P - Technologie
188-90)	3 x Yaogan 39-05	10 déc 23	Chang Zheng 2D	M - Écoute électronique?
191)	CSSHQ 3	14 déc 23	Chang Zheng 2F	M - Technologie/espionnage?
192)	Yaogan 41	15 déc 23	Chang Zheng 5	M - Reconnaissance?
193)	Dier-1-Liangxi Shuang	17 déc 23	Quxian 1	P - Expériences en microgravité
194-7)	4 x Tianmu 1	25 déc 23	Kuaizhou-1A	P - Météorologie
198-200)	3 x Shiyao 24C	25 déc 23	Chang Zheng 11	M - Technologie
201-02)	Beidou DW57 et DM58	26 déc 23	Chang Zheng 3B	C - Navigation
203-06)	4 x Tianmu 1	27 déc 23	Kuaizhou-1A	P - Météorologie
207-09)	3 x WHJSW 04	30 déc 23	Chang Zheng 2C	P - Communication?



Au début des années 1960, les Russes ont fait rêver le monde en lançant les premiers hommes...

3 – Russie, déclin de la grande puissance spatiale

Jadis première puissance spatiale au monde, la Russie n'est plus que l'ombre d'elle-même. Du temps de l'Union soviétique, elle lançait une centaine d'engins spatiaux par année, tandis qu'à la suite du démantèlement de l'URSS dans les années 1990, elle n'en lance plus qu'une vingtaine.

Nombre d'engins spatiaux
lancés par la Russie

Période	Nombre d'engins	Moyenne annuelle
• 1957-1994	3168	86
• 1995-2024	735	26
Total	3903	60

A noter qu'entre 1970 et 1990, l'URSS lançait en moyenne 118 engins spatiaux par année.
Source: Données compilées par l'auteur.

Du temps de l'Union soviétique, la Russie a été la première à accomplir une foule d'exploits spatiaux, à commencer par le lancement du premier satellite artificiel, du premier chien, des premières sondes vers la Lune, du premier homme et de la première femme, etc. (Écoutez les balados 128, Sergueï Korolev, comment tout a commencé et 129, Sergueï Korolev: triomphes et misères...) Elle a en outre exploré attentivement la Lune et Vénus, en plus d'opérer plusieurs stations orbitales Saliout. Elle est aussi parvenue à maintenir des équipages à bord de son complexe

orbital Mir sans interruption durant dix années — ce qui constitue un exploit remarquable pour l'époque.

Aujourd'hui, la Russie participe à la Station spatiale internationale en expédiant chaque année deux équipages et des vaisseaux de ravitaillement Progress; trois cosmonautes se relaient continuellement à bord d'ISS depuis 25 ans. Elle lance occasionnellement des satellites météo et de communication, en plus de maintenir un minimum de satellites d'espionnage et de services militaires. Incidemment, les deux-tiers de tous les engins spatiaux russes portent l'étiquette Cosmos généralement attribuée aux satellites militaires.

À présent, la Russie rêve de redevenir la puissance spatiale qu'elle était, en voulant se doter de sa propre station orbitale

et prendre une part active dans le projet chinois de base lunaire ILRS. (Écoutez les balados 126, Actualité: stations orbitales et tourisme spatial et 120, Des Chinois sur la Lune?)

Néanmoins, tout le secteur aérospatial russe est fortement affecté, pour ne pas dire dévasté, depuis l'agression russe contre l'Ukraine. C'est ainsi que de multiples contributions russes à divers projets de collaboration avec l'Occident ont pris abruptement fin, de même que toutes les activités commerciales (lancements de satellites occidentaux, envolées touristiques, ventes de moteurs-fusée et autres équipements, etc.). La Russie est désormais à la remorque de la Chine — une situation inimaginable du temps de l'URSS.



Les années 1990: le complexe orbital Mir, l'apothéose du programme spatial russe.

Les 29 engins spatiaux russes lancés en 2023

	Satellite	Lancement	Lanceur	Mission
1)	Elektro-L 4L	5 fév 23	Proton	C-Météorologie
2)	Progress MS-22	20 fév 23	Soyouz	C-Ravitaillement d'ISS
3)	Soyouz MS-23	24 fév 23	Soyouz	C-Transport d'équipage
4)	Luch-5Kh	13 mar 23	Proton	M-Écoute électronique
5)	Kosmos-2567	23 mar 23	Soyouz	M-Cartographie
6)	Kosmos-2568	29 mar 23	Soyouz	M-Inconnue
7)	Progress MS-23	24 mar 23	Soyouz	C-Ravitaillement d'ISS
8)	Kondor-FKA No. 1	26 mai 23	Soyouz	C-Télédétection
9)	Zorkiy-2M	27 jun 23	Falcon 9	C-Météorologie
10)	Meteor-M 2-3	27 jun 23	Soyouz	C-Technologie
11-13)	3 x Rassvet-1	27 jun 23	Soyouz	C-Technologie
14)	Avion-Kaluga-650	27 jun 23	Soyouz	C-Technologie
15-16)	2 x Khors	27 jun 23	Soyouz	C-Technologie
17)	Impul's-1	27 jun 23	Soyouz	C-Technologie
18)	SATURN	27 jun 23	Soyouz	C-Technologie
19)	Kosmos 2569	7 aoû 23	Soyouz	M-Navigation
20)	Luna 25	10 aoû 23	Soyouz	C-Sonde lunaire
21)	Progress MS-24	23 aoû 23	Soyouz	C-Ravitaillement d'ISS
22)	Soyouz-MS 24	15 sep 23	Soyouz	C-Transport d'équipage
23)	Kosmos-2570	27 sep 23	Soyouz	M-Écoute électronique
24)	Kosmos 2571	29 sep 23	Soyouz	M-Inconnue
25)	Kosmos 2572	28 nov 23	Soyouz	M-Reconnaissance?
26)	Progress MS-25	1 déc 23	Soyouz	C-Ravitaillement d'ISS
27)	Arktika-M 2	16 déc 23	Soyouz	C-Météorologie
28)	Kosmos 2574	21 déc 23	Soyouz	M-Reconnaissance
29)	Kosmos 2575			



Les deux chefs-d'œuvre soviétiques: la fusée Soyouz et le vaisseau Soyouz.



L'Europe photographiée de nuit par un satellite météo (image composite).

4 – L'Europe, les difficultés de s'organiser

Le moins que l'on puisse dire, c'est que le programme spatial européen a connu une évolution pour le moins chaotique.

C'est ainsi qu'au début de l'ère spatiale, le Vieux continent, reconnaissant l'importance stratégique qu'allait prendre ce champ d'activités, a cherché à assurer sa place auprès des deux grandes puissances spatiales. À cette fin, elle s'est dotée de deux agences spatiales, la première chargée de concevoir un lanceur – l'ELDO, l'*European Launcher Development Organisation* – et la seconde pour développer des satellites scientifiques – l'ESRO, l'*European Satellite Development Organisation*. De surcroît, plusieurs pays se sont dotés de leur propre agence spatiale, à commencer par la France avec le CNES, le

Centre national d'études spatiales. Et pour compliquer encore un peu plus les choses, chaque pays finançant le programme spatial européen tenait à obtenir en retour sa juste part. Il s'agissait pour chacun de s'assurer de développer ce secteur technologique hautement stratégique.

Dans un premier temps, les Européens ont développé des satellites scientifiques lancés par des fusées américaines. S'ajoutaient à ces satellites ceux des agences spatiales britannique, française, allemande, italienne, etc.

Les premiers satellites européens

	Satellite	Lancement	Lanceur	Pays	Mission
1)	Ariel 1	26 avr 62	Delta	Angleterre	C-Science
2)	Ariel 2	27 mar 64	Scout	Angleterre	C-Astronomie
3)	San Marco 1	5 déc 64	Scout	Italie	C-Science
4)	A-1 / Asterix	26 nov 65	Diamant	France	C-Technologie
5)	FR 1	6 déc 65	Scout	France	C-Science
6)	D-1A / Diapason 1	17 fév 66	Diamant	France	C-Géodésie
7)	D-1C / Diadème 1	8 fév 67	Diamant	France	C-Géodésie
8)	D-1D / Diadème 2	15 fév 67	Diamant	France	C-Géodésie
9)	San Marco 2	26 avr 67	Scout	Italie	C-Science
10)	Ariel 3 / UK-3	5 mai 67	Scout	Angleterre	C-Science
11)	ESRO 2A	30 mai 67	Scout	Europe	C-Astronomie
12)	ESRO 2B / IRIS	17 mai 68	Scout	Europe	C-Technologie
13)	ESRO 1A / Aurorae	3 oct 68	Scout	Europe	C-Science
14)	STV 1	29 nov 68	Europa	Europe	C-Technologie
15)	HEOS 1	5 déc 68	Delta	Europe	C-Science
16)	STV 2	2 jul 69	Europa	Europe	C-Technologie
17)	ESRO 1B / Boreas	1 oct 69	Scout	Europe	C-Science
18)	Azur 1 / GRS-A	8 nov 69	Scout	Allemagne	C-Science
19)	Skynet 1A	22 nov 69	Delta	Angleterre	M-Communication

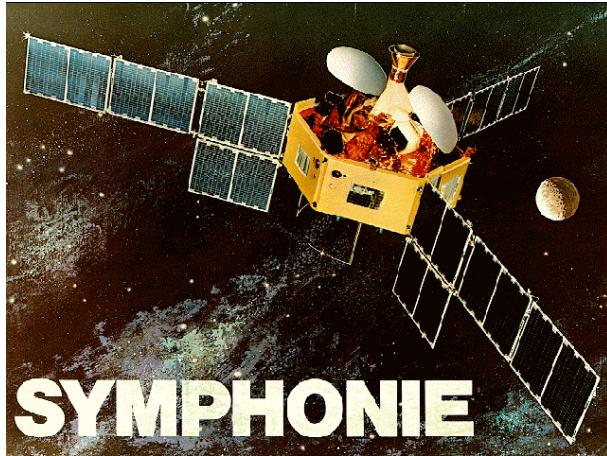
La grande leçon des Symphonie

En parallèle, l'ELDO a tenté de mettre au point une fusée dite Europa constituée d'un premier étage fourni par la Grande-Bretagne (dérivé de son missile Blue Streak), d'un deuxième étage fourni par la France (dérivé de sa petite fusée Coralie) et d'un troisième étage conçu par l'Allemagne (Astris). De son côté, la France développait sa propre fusée Diamant. Hélas, Europa a connu quatre échecs en autant de tirs, entraînant par le fait même son abandon. Pour sa part, la petite fusée Diamant a réussi dix de ses douze tirs. Toutefois, sa faible capacité de charge l'a menée à un cul de sac.



La fusée européenne Europa et la française Diamant. (Elles ne sont pas à échelle.)

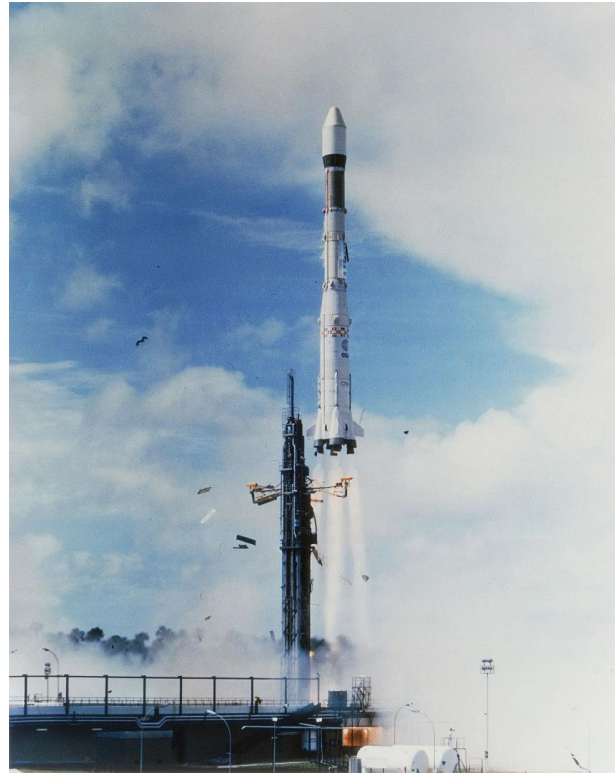
Au début des années 1970, l'Allemagne et la France ont entrepris de mettre au point un premier satellite de communication, Symphonie, qui, faute de fusée Europa, devait être lancé par les Américains. Cependant, ce duo s'attaquait alors au



monopole américain en matière de communication par satellite. En conséquence, ceux-ci ont accepté de lancer les Symphonie... mais à condition qu'ils ne servent d'aucune façon à des opérations commerciales. Les Américains jetaient donc à la face des Européens leur vulnérabilité en matière d'accès à l'espace.

La réaction européenne ne s'est pas faite attendre: l'Europe s'est dotée d'une agence spatiale fonctionnelle, l'ESA (*European Space Agency*) qui a reçu comme mandat prioritaire de concevoir une fusée qui assurerait l'autonomie spatiale à l'Europe. Le projet Ariane a ainsi vu le jour en 1973, avec un premier tir (réussi) le 24 décembre 1979. On connaît la suite: en 45 ans, 261 Ariane ont été lancées, la fusée ne subissant qu'une dizaine de revers. Surtout, Ariane a expédié dans l'espace quelques 500 engins spatiaux; le haut fait d'arme de ce lanceur est sans contredit d'avoir expédié le télescope spatial Webb plus que parfaitement dans l'espace.

Ironie du sort, grâce à Ariane, l'Europe s'est même emparée, au début des années 2000, de l'essentiel du marché des lancements commerciaux, damant le pion aux fusées américaines! Toutefois, avec la venue de la Falcon 9 de SpaceX il y a une dizaine d'années, la situation s'est inversée.



24 décembre 1979: décollage de la première fusée Ariane, un grand jour pour l'Europe.



Les cinq versions de la fusée Ariane: d'Ariane 1, d'une hauteur de 47,4 mètres et capable de placer deux tonnes sur orbite, à Ariane 5, d'une hauteur de 55 mètres et capable de placer de 18 à 21 tonnes sur orbite.



Le laboratoire Spacelab, dans la soute de la Navette, qui a mené au laboratoire Columbus d'ISS.

Spacelab et Columbus

En parallèle, l'Europe s'est jointe au programme de la Navette spatiale américaine en fournissant un module laboratoire installé dans la soute de celle-ci. On envisageait alors, tant du côté américain qu'européen, un brillant avenir pour cet ensemble modulaire tout usage. Hélas, devant les déboires de la Navette spatiale, seule une vingtaine de missions Spacelab ont été réalisées.

Cependant, l'expertise acquise par l'Europe lui a valu de prendre part au projet de la Station spatiale internationale en fournissant l'un des principaux modules scientifiques, Columbus. Cette contribution fait en sorte que des astronautes européens séjournent régulièrement à bord d'ISS.

Un vaste programme spatial

L'Europe a en outre mis en œuvre une foule d'autres projets, notamment le lancement de satellites de communication exploités commercialement, des satellites météo, une panoplie de satellites scientifiques, etc. Elle s'est en outre dotée de son propre système de positionnement par satellites (GPS), le réseau Galileo.

Elle explore également le Système solaire et l'Univers. Ainsi, en 1985, l'Europe a lancé la sonde Giotto qui est allée à la rencontre de la comète de Halley lors de son passage en 1986. Pour sa part, la sonde Rosetta a longuement ausculté la comète Tchouri alors que Huygens s'est posée sur Titan, la principale lune de Saturne. L'Europe étudie la planète Mars à l'aide de plusieurs sondes orbitales, de même que Vénus et Mercure. Par ailleurs, les sondes SOHO et Ulysse se sont consacrées à l'étude du Soleil, cette dernière étant même la seule à l'avoir observé en passant au-dessus des deux pôles. Enfin, l'Europe a opéré plusieurs télescopes spatiaux d'importance, dont Newton, Herschel, Planck et Gaia. Récemment, elle a lancé le télescope Euclid qui est sur le point d'entrer en service.

Le Vieux continent dispose en outre de ses propres satellites de surveillance militaire, en plus de mener un très important programme d'observation des bouleversements climatiques.

Panne d'accès à l'espace

Hélas, l'Europe se trouve actuellement dans une fâcheuse position, étant dans l'incapacité de lancer des satellites. Elle

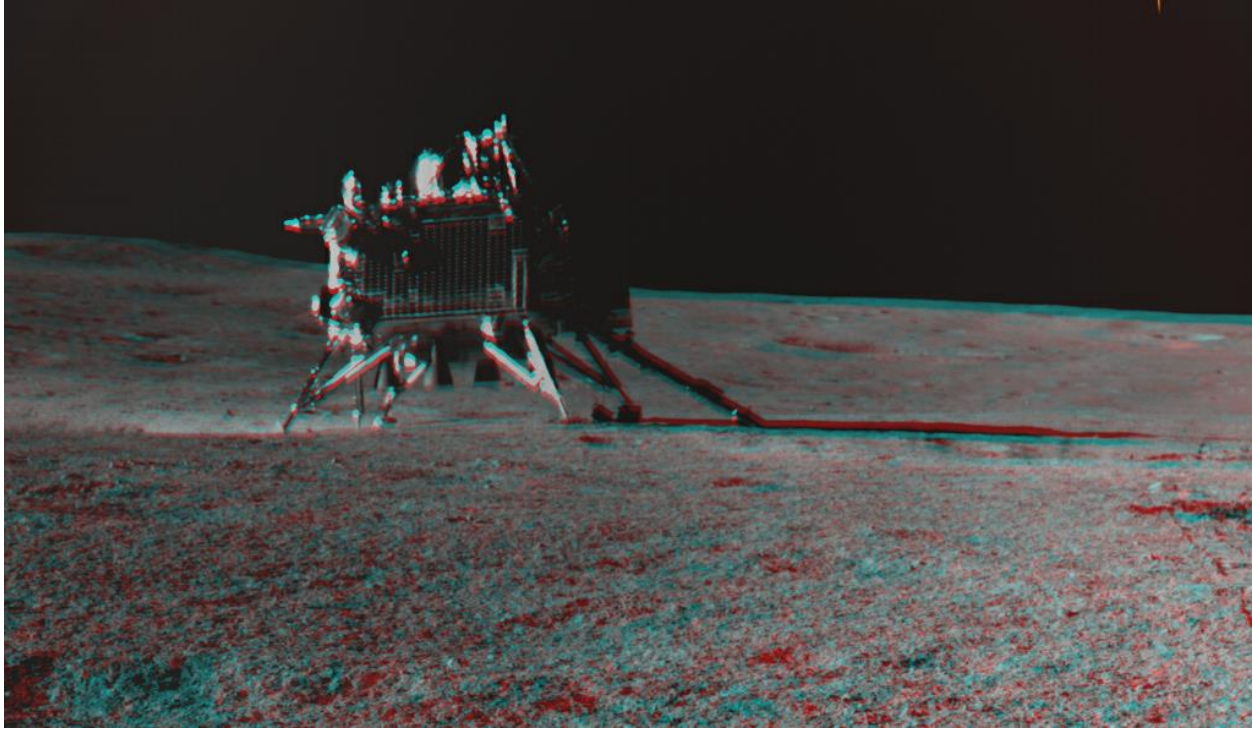
est en fait victime d'un malencontreux concours de circonstances.

En effet, alors qu'il était prévu que la nouvelle version d'Ariane, Ariane 6, entre-rait en service bien avant la fin des vols d'Ariane 5, la mise au point de ce lanceur a pris énormément de retard, de sorte qu'il s'écoulera encore une année ou plus avant que l'Europe puisse assurer à nouveau le lancement régulier de satellites lourds.

Elle dispose en outre d'un lanceur de satellites légers, Vega, mais celui-ci est cloué au sol depuis un accident de lancement survenu en 2022. Et comble de malheur, quelques mois plus tôt, tous les lancements de fusée Soyouz à partir du Centre spatial de Kourou ont été suspendus par suite de l'agression russe en Ukraine. Il est cependant à prévoir que, si tout va bien, l'Europe retrouvera sous peu le chemin de l'espace.

Les 27 engins spatiaux européens lancés en 2023

	Satellite	Lancement	Lanceur	Mission
1)	BRO 6	3 jan 23	Electron	M-Écoute électronique
2-3)	CIRCE 1 et 2	9 jan 23	LauncherOne	M-Technologie
4)	STORK 6	9 jan 23	LauncherOne	C-Observation de la Terre
5)	Amazonas Nexus	7 fév 23	Falcon 9	C-Communication
6)	Inmarsat-6 F2	18 fév 23	Falcon 9	C-Communication
7-8)	SES 18 et 19	17 mar 23	Falcon 9	C-Communication
9)	JUICE	14 avr 23	Ariane 5	C-Sonde spatiale (Jupiter)
10)	NORSAT TD	15 avr 23	Falcon 9	C-Technologie
11-12)	O3b mPower 3 et 4	28 avr 23	Falcon 9	C-Communication
13)	Euclid	1 jul 23	Falcon 9	C-Astronomie
14)	Heinrich-Hertz-Satelli	5 jul 23	Ariane 5	C-Technologie
15)	Syracuse 4B	5 jul 23	Ariane 5	M-Communication
16)	PROBA V-CC	9 oct 23	Vega	C-Science
17-19)	3 x ANSER	9 oct 23	Vega	C-Observation de la Terre
20)	N3SS	9 oct 23	Vega	C-Technologie
21)	PRETTY	9 oct 23	Vega	C-Technologie
22)	MANTIS	11 nov 23	Falcon 9	C-Technologie
23-24)	O3b mPower 5 et 6	12 nov 23	Falcon 9	C-Communication
25)	μHETSat	1 déc 23	Falcon 9	C-Technologie
26-27)	2 x SARah	12 déc 23	Falcon 9	M-Reconnaissance



La sonde Vikram (Chandrayaan 3) sur la Lune; le plus bel exploit indien... en attendant l'envoi d'astronautes à bord de la capsule Gaganyaan.

5 – L'Inde, l'espace au service du pays

Depuis 45 ans, l'Inde mène un programme spatial unique en son genre. Ce pays en développement conçoit ses propres fusées et fabrique ses satellites. Surtout, dès le départ, il s'est intéressé à l'espace non pas pour des motifs de prestige national – comme c'est généralement le cas – mais pour l'utilisation pratique qu'on peut faire des satellites. C'est ainsi que ce pays s'est rapidement doté de satellites de communication, de télédétection et de météo – des usages vitaux pour ce vaste pays-continent. Plus récemment, l'Inde s'est aussi dotée de son propre système de navigation par satellites (GPS).

C'est en fait le seul pays en développement à avoir non seulement recouru si tôt et systématiquement aux applications spatiales mais à avoir développé ses fusées. De la sorte, les Indiens cherchent à s'inscrire dans la modernité en mettant l'accent sur le développement des hautes technologies. (Dans cet esprit, l'Inde est devenue la sixième puissance nucléaire en

faisant détonner une bombe atomique en 1974.)

En 1979, l'Inde a été la sixième nation à placer un satellite sur orbite à l'aide de sa fusée SLV (pour *Satellite Launch Vehicle*). En 45 ans, ce pays a lancé 91 SLV, tout en opérant quelques 158 engins spatiaux domestiques. (Il fait également appel aux lanceurs étrangers, notamment à Ariane, pour compléter ses besoins.)

Les dix premiers satellites indiens

	Satellite	Lancement	Lanceur	Mission
1)	Aryabhata	19 avr 75	Kosmos C	C-Science
2)	Bhaskara	7 jun 79	Kosmos C	C-Télédétection
3)	Rohini 1A	10 août 79	SLV-3	C-Technologie
4)	Rohini 1	18 jul 80	SLV-3	C-Télédétection
5)	Rohini 2	31 mai 81	SLV-3	C-Technologie
6)	Apple (Insat 1)	19 jun 81	Ariane 1	C-Communication
7)	Bhaskara 2	20 nov 81	Kosmos C	C-Télédétection
8)	Insat 1A	10 avr 82	Delta	C-Communication et météo
9)	Rohini 3	17 avr 83	SLV-3	C-Télédétection
10)	Insat 1B	30 août 83	Space Shuttle	C-Communication et météo

L'expertise développée par ce pays lui permet à présent d'entrer sur le marché des lancements commerciaux et d'offrir ses services dans le cadre de projets de coopération.

L'Inde ne mène pas un programme spatial militaire proprement dit, bien que ses satellites civils servent à n'en point douter à ses forces armées. Toutefois, à la surprise générale, les Indiens ont procédé le 27 mars 2019 à la destruction de l'un de leurs satellites à l'aide d'un missile. Cette opération a fait grand bruit, et des centaines de débris spatiaux, l'Inde devenant la quatrième nation à réaliser une opération dite antisatellite. (On se questionne sur les motifs de ce test, le gouvernement indien voulant possiblement se faire valoir en tant que puissance militaire dans l'espace, à la manière de son essai nucléaire de 1974.)

Autre tendance nouvelle: ces dernières années, ce pays développe un intérêt pour l'explora-

tion du Système solaire. C'est ainsi qu'en 2008, il a entrepris d'explorer la Lune à l'aide de sondes Chandrayaan, devenant l'été dernier la quatrième nation à se poser en douceur sur la Lune. Aussi, en novembre 2013, il a lancé une sonde Mangalyaan qui s'est placée en orbite autour de Mars – l'Inde devenant la quatrième nation à réussir l'exploit.

Et voilà qu'à présent, elle se dote de la capacité d'envoyer des humains dans l'espace. Les premiers astronautes indiens pourraient s'envoler à bord d'une capsule Gaganyaan l'an prochain – l'Inde deviendra une fois de plus la quatrième nation à disposer d'une telle capacité.

Les huit engins spatiaux indiens lancés en 2023

	Satellite	Lancement	Lanceur	Mission
1)	EOS-07	10 fév 23	SSLV	C-Technologie
2)	POEM-2	22 avr 23	PSLV	C-Technologie
3)	NVS-01	29 mai 23	GSLV	C-Navigation
4)	ABA First Runne	12 jun 23	Falcon 9	C-Technologie
5)	Chandrayaan-3	14 jul 23	LVM3	C-Sonde lunaire
6)	Vikram 2	14 jul 23	LVM3	C-Atterrisseur
7)	Pragyan	14 jul 23	LVM3	C-Astromobile
8)	Aditya-L1	2 sep 23	PLSV	C-Étude du Soleil



La grande réalisation spatiale nippone: le laboratoire scientifique Kibo, rattaché à la Station spatiale et muni d'une plate-forme extérieure et d'un bras télémanipulateur.

6 – Japon: sous le signe de la modestie

Le Japon réalise depuis cinquante ans un modeste programme spatial, en lançant généralement trois ou quatre engins spatiaux par année. En 1970, ce pays est devenu le quatrième à orbiter un satellite à l'aide de sa propre fusée (après l'Union soviétique, les États-Unis et la France), devançant même la Chine par deux mois.

Notons qu'à cette occasion, le Japon a su faire preuve de persévérance puisqu'il a mis quatre années et s'y est pris par cinq fois avant de réussir:

- Osumi #1: 26 septembre 1966: échec
- Osumi #2: 20 décembre 1966: échec
- Osumi #3: 26 septembre 1967: échec
- Osumi #4: 22 septembre 1969: échec
- Osumi: 11 février 1976: réussite.

Une caractéristique propre aux engins spatiaux nippons est qu'avant leur lancement, ils portent une appellation techni-

que, tandis qu'une fois dans l'espace, on leur attribue un nom plus évocateur. Quelques exemples:

- MS-T1 qui devient Tansei 1 (bleu pâle), lancé le 16 février 1971;
- MS-F2 qui devient Shinsei (nouvelle étoile), lancé le 28 septembre 1971;
- REXS qui devient Denpa (onde radio), lancé le 19 août 1972;
- SRATS qui devient Talyo (le Soleil), lancé le 24 février 1975;
- ETS 1 qui devient Kiku 1 (chrysanthème), lancé le 9 septembre 1975.

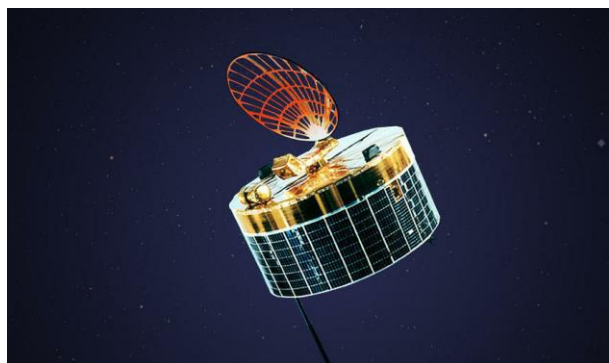
Le Japon a depuis opéré plus de 200 engins spatiaux, principalement des satellites scientifiques et d'applications spatiales (communication, météo et GPS).

On pourrait dire que la caractéristique première du programme spatial nippon est sa modestie, puisque ce pays a essentiellement lancé des satellites technologiques et scientifiques en plus d'opérer des satellites d'applications – rien de comparable avec la plupart des autres pays qui cherchent souvent à impressionner et à relever leur prestige.

Par contre, le pays du Soleil levant réalise un programme d'exploration du Système solaire dont on parle peu... mais qui le mériterait amplement.

Sauvetage de sondes en perdition: une spécialité japonaise

En effet car, voici que les Japonais ont acquis une expertise unique au monde: celle de parvenir à sauver d'une perte certaine leurs sondes spatiales. Ils ont à ce chapitre accompli plusieurs exploits inégalés.

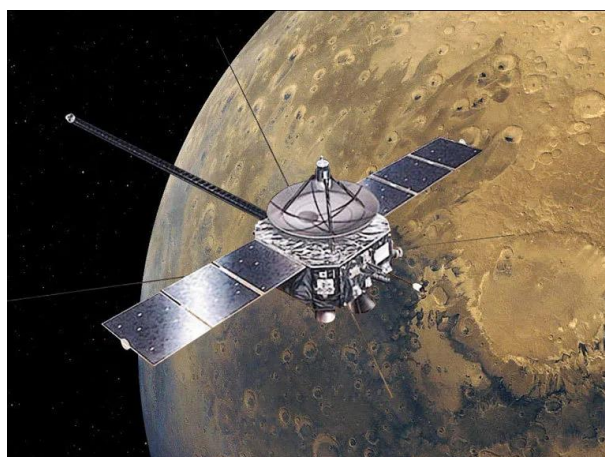


La modeste sonde Suisei à la rencontre de la comète de Halley

Dans un premier temps, en 1985, les Japonais ont lancé deux sondes en direction de la comète de Halley – Sakigake et Suisei –, cette dernière s'approchant à seulement 150 000 kilomètres de la célèbre comète. Puis, douze ans plus tard, Suisei

est allée à la rencontre d'une seconde comète, Giacobini-Zinner, ce qui n'était pas prévu au départ. Déjà là, une belle réussite.

En 1990, le Japon a été le premier pays à lancer à nouveau une sonde vers la Lune, après quinze ans de pause à la suite des missions Luna soviétiques et Apollo américaines. À cette occasion, deux sondes technologiques, Hiten et Hagoromo, inauguraient le retour à la Lune qu'ont par la suite emprunté les États-Unis, l'Europe et autres pays.



La sonde Nozomi destinée à étudier Mars.

En 1998, le Japon devient le troisième pays à s'élancer vers Mars. Malheureusement, une défaillance du système de propulsion de leur sonde Nozomi a empêché celle-ci d'atteindre son objectif. Néanmoins, en se servant de façon astucieuse de l'assistance gravitationnelle de la Terre, les contrôleurs nippons ont mis quatre années pour manœuvrer leur sonde jusqu'à Mars – un exploit remarquable. Malheureusement, chemin faisant, Nozomi a été sévèrement endommagée par une tempête solaire, ce qui l'a rendue incapable de se placer en orbite autour de la planète rouge.

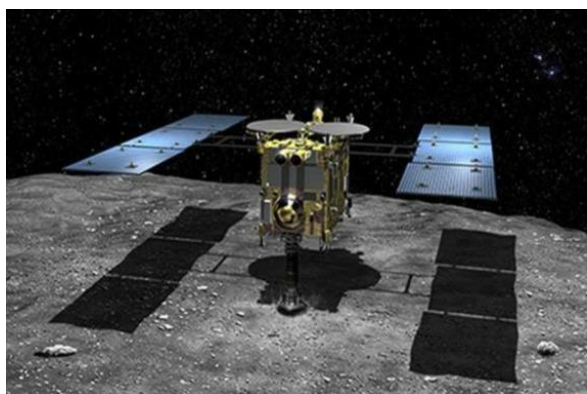
En mai 2003, le Japon lance la sonde Hayabusa avec pour mission de rapporter sur Terre des échantillons d'un astéroïde.



La sonde Hayabusa à la rencontre de l'astéroïde Itokawa.

Le plan de vol prévoyait qu'elle atteindrait l'astéroïde Itokawa en 2005 pour revenir sur Terre en 2007.

En cours de route, Hayabusa est victime elle aussi d'une violente tempête solaire, mais elle parvient tout de même à se placer comme prévu en orbite autour d'Itokawa. Le 19 novembre 2005, elle se pose brièvement sur l'astéroïde, avant d'en repartir immédiatement — accomplissant du coup deux premières spatiales. Puis, à la suite d'une série d'incidents — la sonde est d'abord endommagée lors d'un second atterrissage, elle perd ensuite une part importante de son carburant, avant de cesser tout contact radio avec la Terre —, Hayabusa semble définitivement perdue.



Hayabusa au moment de toucher Itokawa.

Pourtant, contre toute attente, un an plus tard, les contrôleurs rétablissent les

communications avec la sonde et parviennent même à la faire revenir sur Terre, au prix d'une incroyable série de manœuvres improvisées. C'est ainsi qu'en juin 2010, Hayabusa nous rapporte quelques microgrammes d'échantillons d'Itokawa, couronnant un exploit inégalé dans les annales de l'exploration spatiale.



La sonde Akatsuki abordant Vénus.

De même, en 2010, le Japon lance la sonde Akatsuki vers Vénus. Cependant, après six mois de vol, celle-ci rate sa mise en orbite autour de la planète voilée à cause de la défaillance de son moteur-fusée principal. Qu'à cela ne tienne, les contrôleurs laissent Akatsuki graviter autour du Soleil durant cinq ans. Mais encore une fois contre toute attente, ils sauvent la mission en parvenant en 2015 à insérer Akatsuki autour de Vénus. C'est là un autre exploit inédit.



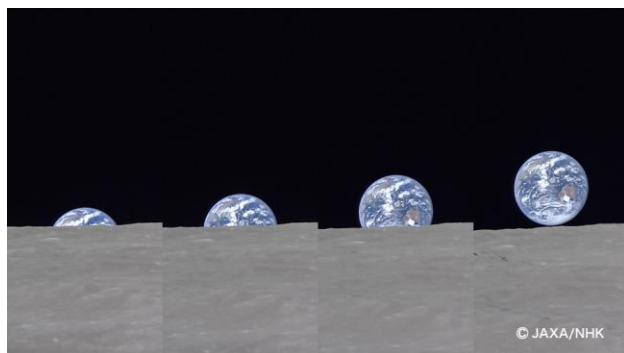
La sonde Kaguya ausculte la Lune.

Entre-temps, en 2007, le Japon place en orbite lunaire la sonde Kaguya qui prend les premières photos haute-définition de la surface. Elle nous transmet

aussi de splendides photos du lever de Terre depuis l'horizon lunaire; il s'agit en fait de photos de bien meilleure qualité que celles prises par les astronautes d'Apollo.

Enfin, en début d'année, le Japon de-

vient le cinquième pays à poser une sonde sur la Lune. Toutefois, leur sonde SLIM rencontre quelques difficultés de dernières minutes mais réussit tout de même à se poser. Encore là, une autre première inusitée.



Lever de Terre photographié par la sonde lunaire nipponne Kaguya.

Les douze sondes spatiales nipponnes

	Appellation d'avant-vol	Appellation de vol	Cible	Lancement
1)	MS-T5	Sakigake (éclaireur)	Comète de Halley	7 janvier 1985
2)	Planet-A	Suisei (comète)	Comète de Halley	18 août 1985
3)	MUSES-A	Hiten (ange musical)	Lune	24 janvier 1990
4)	Subsatellite	Hagoromo (petit fils (de Hiten))	Lune	24 janvier 1990
5)	Planet-B	Nozomi (espace profonde)	Mars	3 juillet 1998
6)	MUSES-C	Hayabusa (faucon pèlerin)	Astéroïde Itokawa	9 mai 2023
7)	SELENE	Kaguya (princesse lunaire)	Lune	14 septembre 2007
8)	PLANET-C	Akatsuki (aube)	Vénus	20 mai 2010
9)	Hayabusa 2		Astéroïde	3 décembre 2014
10)	BepiColombo-MMO		Mercure	20 octobre 2018
11)	Hakuto-R M1		Lune	11 décembre 2022
12)	SLIM		Lune	6 septembre 2023

IGS, ISS et Artemis

Par ailleurs, étant voisin de la Chine et de la Corée du Nord (cette dernière tirant de temps à autres des missiles en direction

du Japon), ce pays s'est doté de son propre système de satellites militaires dits IGS, pour *Information Gathering Satellite*. C'est ainsi que depuis 2003, il opère deux types de satellites-espion; certains photo-



Les deux types de satellites d'observation militaire IGS: photographique et radar.

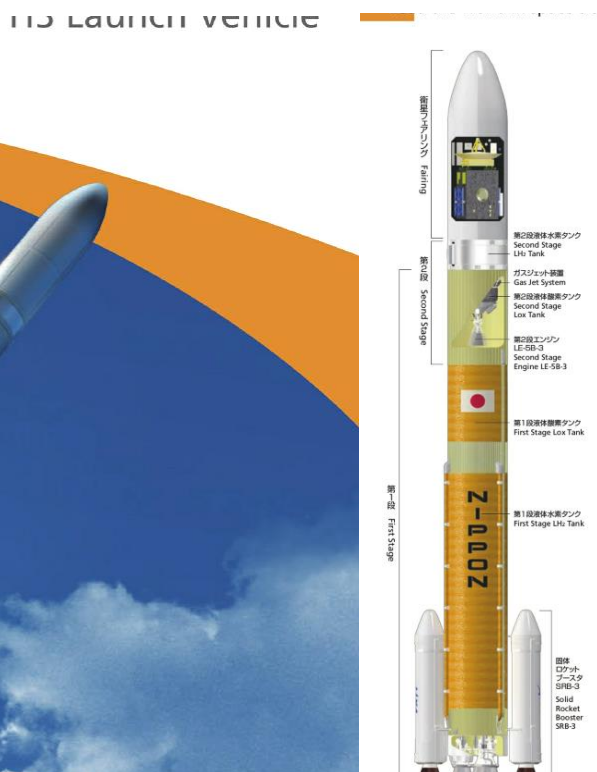
graphient la surface terrestre tandis que d'autres l'auscultent au moyen de radar — ces derniers scrutant le sol de jour comme de nuit, beau temps/mauvais temps. Fait particulier, ces satellites IGS relèvent directement du Cabinet du premier ministre nippon.

D'autre part, le Japon contribue au programme de la Station spatiale internationale en fournissant l'un des principaux modules scientifiques, Kibo (espoir), ce qui vaut à ses astronautes de séjourner régulièrement à bord d'ISS.

Toutefois, contrairement à l'Inde, le Japon n'ambitionne pas de se doter de la capacité d'envoyer des astronautes dans l'espace, mais il prend part au programme Artemis, ce qui devrait valoir un jour à un Japonais de fouler le sol lunaire



Le Japon s'est doté d'une nouvelle fusée, dite H3.





La sonde lunaire sud-coréenne Danuri.

7 – Corée du Sud et Émirats arabes unis: les deux p'tits nouveaux

Aux six principaux «joueurs» que nous venons d'évoquer s'ajoutent maintenant deux pays qui se dotent de leur propre programme spatial d'importance. Il s'agit de la Corée du Sud qui, en plus d'opérer des satellites depuis une trentaine d'années, a récemment lancé une sonde lunaire et mis au point deux lanceurs de satellites. De son côté, les Émirats arabes unis (ÉAU) ont expédié une sonde jusqu'à Mars en plus de participer activement aux programmes ISS et Artemis.

Troisième puissance spatiale asiatique

La Corée du Sud utilise des satellites de communication et de télédétection depuis déjà une trentaine d'années. Au fil du temps, elle a fait affaire avec tous ceux qui lancent commercialement des satellites — États-Unis, Russie, Europe, Inde et Japon — sauf avec la Chine.

En 2022, ce pays s'est notamment servi d'une Falcon 9 de SpaceX pour expédier vers la Lune une première sonde. Baptisée

Danuri, alias *Korean Pathfinder Lunar Orbiter* (KPLRO), elle s'est placée en orbite, d'où elle cartographie la surface (tel que nous le relatons dans le balado 108).

La Corée du Sud vient en outre de mettre au point une fusée qui lui permettra d'accéder par elle-même à l'espace, une fusée dite KSLV pour *Korean Satellite Launch Vehicle*. Si elle n'a pas pris part au programme ISS, ce pays participe à présent au projet Artemis de retour sur la Lune.

Comme voisin immédiat de la Corée du Nord, ce pays s'est aussi doté de satellites d'observation de la Terre à des fins civiles et militaires, et tout indique que ce volet

est appelé à croître puisque les militaires sud-coréens ont récemment fait l'essai de leur propre fusée (dite G.Y.U.B.).

Les satellites sud-coréens

	Engin spatial	Lancement	Lanceur	Mission
1)	Koreasat 1 / Mugunghwa 1	5 août 95	Delta	Communication
2)	Koreasat 2 / Mugunghwa 2	14 jan 96	Delta	Communication
3)	KITSAT	26 mai 99	PSLV	Observation de la Terre
4)	Koreasat 3 / Mugunghwa 3	4 sep 99	Ariane 4	Communication
5)	Arirang 1 / KOMPSAT 1	20 déc 99	Taurus	Technologie
6)	STSat-1 (KAISTSAT-4)	27 sep 03	Kosmos-3	Astronomie
7)	KOMPSAT 2 / Arirang-2	25 jul 06	Rokot	Observation de la Terre
8)	Koreasat 5 / Mugunghwa 5	22 août 06	Zenit	Communication
9)	STSat 2	25 août 09	KSLV-1 / Naro 1	Technologie
10)	STSat 2B	10 jun 10	KSLV-1 / Naro 1	Technologie
11)	COMS 1 / Chollian	26 jun 10	Ariane 4	Communication
12)	Koreasat 6	29 déc 10	Ariane 5	Communication
13)	Kompsat 3 / Arirang 3	17 jan 12	H-2A	Télédétection
14)	STSat 2C	30 jan 13	KSLV-1 / Naro 1	Technologie/géodésie
15)	Arirang-5 / Kompsat 5	22 août 13	Dnepr	Télédétection
16)	STSat-3	21 nov 13	Dnepr	Astronomie/télédétection
17)	Arirang 3A / KOMPSat 3A	25 mar 15	Dnepr	Science
18)	Koreasat 7	4 mai 17	Ariane 5	Communication
19)	Koreasat 5A / Mugunghwa 5A	30 oct 17	Falcon 9	
20)	KAUSAT-5	12 jan 18	PLSV	Observation de la Terre
21)	NEXTSat-1	2 déc 18	Falcon 9	Observation de la Terre
22)	VisionCube	2 déc 18	Falcon 9	Observation de la Terre
23)	K2SAT	2 déc 18	Falcon 9	Éducatif
24)	Kompsat-2A	4 déc 18	Ariane 5	Météorologie
25)	GEO-Kompsat 2B	18 fév 20	Ariane 5	Météorologie
26)	ANASIS	20 jun 20	Falcon 9	Communication militaire
27)	CAS500-1	22 mar 21	Soyouz	Télédétection
28)	Ballaste	21 oct 21	KSLV-2 / Nuri	1 ^{er} essai de la fusée
29)	Sejong-1	25 jan 22	Falcon 9	Observation de la Terre
30)	Ballaste	21 jun 22	KSLV-2 / Nuri	2 ^e essai de fusée
31)	SCOOB-1	jun 22	PLSV	Science

32)	Danuri / KPLO	4 août 22	Falcon 9	Sonde lunaire
33)	NEXTSAT-2	25 mar 23	KSLV-2 /Nuri	Technologie
34)	JinjuSat-1	11 nov 23	Falcon 9	
35)	Observer-1A	11 nov 23	Falcon 9	
36)	Intuition-1	11 nov 23	Falcon 9	
37)	Kafasat	11 nov 23	Falcon 9	
38)	Project 425 EO/IR Sat 1	1 déc 23	Falcon 9	Reconnaissance (militaire)
39	Hanwha	4 déc 23	G.Y.U.B.	Technologie / essai de fusée

Notons qu'il n'y pas d'engins spatiaux numéroté 4 car, dans la culture coréenne, ce chiffre est associé à la mort (un peu à l'image de notre chiffre 13).



L'astronaute émirati Sultan Saif Alneyadi à bord de la Station spatiale internationale.

Une entrée dans la modernité

Depuis vingt ans, les Émirats arabes unis ont pris part à l'utilisation de l'espace et même à l'exploration spatiale. Dans un premier temps, ils se sont dotés de satellites de communication.

En 2020, les ÉAU ont fait lancer par une fusée japonaise leur sonde martienne

Al'Amal, ce qui signifie espoir. Cette sonde avait avant tout pour but de stimuler la jeunesse émiratie à s'intéresser aux hautes technologies et à rêver de jouer un rôle dans le domaine spatial. Du coup, le 9 février 2021, les Émirats sont devenus le quatrième pays à insérer une sonde autour de Mars (devançant la Chine par 5 jours).



La sonde martienne émiratie Al-Amal.

Par ailleurs, ce pays a recruté quatre astronautes, dont deux ont joint les rangs des astronautes de la NASA. De mars à septembre 2023, l'un d'eux a séjourné six mois à bord d'ISS tandis qu'en mai, deux autres l'ont rejoint pour une semaine. C'était la première fois que trois citoyens d'un pays autre que la Russie et les États-Unis se retrouvaient en même temps dans l'espace.

Les Émirats avaient aussi placé à bord de la sonde Hakuto-R, de la firme japonaise ispace, le petit astromobile Rashid (10 kilos). Malheureusement, cette sonde a raté son alunissage, tel que relaté dans le balado 127.



L'astromobile lunaire émirati Raschid.

Et voilà que tout récemment, ce pays s'est engagé à fournir le sas pour les sorties à l'extérieur de la passerelle Lunar Gateway du programme Artemis.

Les Émirats mènent également une série de petits projets de satellites qui permettent à ses ingénieurs et à ses scientifiques de développer leurs expertises en matière spatiale.

8 — SpaceX, ni blanc, ni noir

À ces principaux joueurs du domaine spatial s'ajoute le cas très particulier de la société SpaceX d'Elon Musk. Fondée en mars 2002, la *Space Exploration Technologies Corporation* est la seule entreprise privée capable de lancer par elle-même des humains dans l'espace — ce qu'elle fait d'ailleurs dans le cadre de vols touristiques vers ISS (missions Axiom) ou en solo (missions de Jared Isaacman).

En outre, depuis 2020, grâce à ses fusées Falcon 9, SpaceX orbite la majorité des engins spatiaux lancés à travers le monde. Qui plus est, son réseau de 6000 satellites Starlink constitue à lui seul le

tiers de tous les engins spatiaux lancés à ce jour! Grâce à eux, SpaceX cherche à nous offrir une connexion Internet à haut débit où que l'on soit sur terre ou en plein océan.

Domination de SpaceX sur la scène internationale

	2020	2021	2022	2023	2024*
Satellites lancés par SpaceX	855 (65 %)	1235 (67 %)	2017 (80 %)	2502 (86 %)	745 (87 %)
Nombre de Starlink lancés	835 (63 %)	989 (49 %)	1722 (69 %)	1983 (68 %)	653 (77 %)
Total des satellites lancés	1318	1834	2510	2900	852

* En date du 30 avril. Données compilées par l'auteur.

SpaceX a ainsi développé une capacité de lancement inégalée. Grâce à ses fusées Falcon 9, elle a abaissé considérablement le coût des lancements, livrant par le fait même une féroce compétition aux autres lanceurs américains et européens. De plus, SpaceX offre à prix imbattable de lancer de petits satellites, ouvrant la voie à une foule de nouveaux utilisateurs, dont des universités et divers organismes de recherche ainsi qu'à de *jeunes pousses* (startup) qui désirent faire leurs premiers pas dans l'espace ou qui mettent à l'essai des technologies et applications innovatrices. Tout compte fait, SpaceX révolutionne le domaine en donnant accès à l'espace à de nouvelles générations d'utilisateurs.

Ces dernières années, SpaceX a par ailleurs démontré qu'elle peut répondre rapidement à tout besoin qui surgit. Et c'est là un service remarquable car, d'ordinaire, lorsqu'un utilisateur de l'espace désire faire lancer l'un de ses satellites, il doit conclure *des années à l'avance* un contrat de lancement avec un fournisseur (ULA, Arianespace, etc.). Mais voilà qu'à la suite du retrait des lanceurs russes en 2022, SpaceX a rapidement répondu aux besoins des gouvernements et entreprises laissés en plan. Mieux encore, elle n'a pas hésité à lancer les satellites de son concurrent OneWeb qui met en place un réseau semblable à Starlink – ce qui a agréablement surpris les observateurs.



Une fusée Falcon 9 en pleine ascension; depuis 1990, plus de 325 ont été lancées.

Même si les performances de SpaceX sont éblouissantes, on s'inquiète néanmoins du monopole qu'exerce l'entreprise. Comme en tout autre domaine d'activités commerciales, un monopole est toujours à redouter. S'ajoute en plus aux inquiétudes habituelles la possibilité qu'un jour, pour une raison ou une autre, les fusées de SpaceX se trouvent clouées au sol. Voilà qui serait dévastateur pour le spatial à l'échelle mondiale. Il y a aussi le risque qu'un jour SpaceX profite de sa position dominante pour exercer certaines pressions indues. Bref, dans le spatial comme dans tout autre domaine, il n'est jamais bon d'être à la merci d'un monopole ou d'un quasi-monopole.

Rêves et cauchemars

Pour l'avenir, comme chacun sait, Elon Musk a de grandes ambitions. Grâce à son vaisseau Starship, il rêve de pouvoir lancer chaque année autant d'engins spatiaux que tout ce qu'on a lancé en 65 ans ! Il rêve même de coloniser la planète Mars.

Cependant, tel que le font valoir de plus en plus d'observateurs, les activités de Musk génèrent de sérieux inconvénients. Ainsi, les quelques milliers de Starlink déjà lancés – et il pourrait y en avoir jusqu'à 40 000 d'ici 2030 – entravent nos observations astronomiques. Sans compter qu'un si grand nombre de satellites placés à la même altitude autour de la Terre pose des risques élevés de collisions. Celles-ci pourraient finir par provoquer des cascades de débris spatiaux qui, à terme, créeraient un Effet Kessler, c'est-à-dire un nuage de débris spatiaux si dense qu'il rendrait inaccessible l'orbite terrestre.



Lancement d'une fusée Falcon 9.

Les lanceurs de SpaceX

Lanceur	Capacité sur orbite basse	Nombre de lancements
Falcon 1	670 kg	5 lancements entre 2006 et 2009
Falcon 9	23 tonnes	325 lancements depuis 2010
Falcon Heavy	64 tonnes	9 lancements depuis 2018
Starship	100 à 150 tonnes	3 vols d'essai depuis 2023

Le 10 février 2022, Elon Musk déclarait qu'en une année, sa super-fusée Starship pourra placer sur orbite plus de charge que tout ce qu'on a lancé depuis le Spoutnik de 1957. «La masse orbitée par

Starship, après une seule année de service, sera égale à celle placée en orbite terrestre à ce jour», affirma-t-il.

Mais aura-t-on besoin d'une telle capacité de lancement ?

Comme nous le démontrons dans le bado 85, Le fantôme des grosses fusées, chaque fois qu'on dispose de fusées superpuissantes (tels que Saturn V, Titan-Centaur, Delta Heavy, etc.), on ne les utilise guère. Musk lui-même en fait la démonstration avec sa Falcon Heavy. Cette fusée est capable de placer trois fois plus de charge qu'une Falcon 9. Pourtant, depuis son entrée en service en 2018, elle n'a été utilisée que neuf fois. Étonnamment, SpaceX, qui doit orbiter des milliers de Starlink chaque année, ne l'utilise pas non plus! (Une Falcon Heavy pourrait satelliser d'un coup 85Starlink, tandis qu'une Starship, jusqu'à 200.)

À l'évidence, il n'y a pas de marché, ni de besoin, pour une fusée capable d'orbiter des centaines de satellites à la fois. Starship n'a pas d'avenir commercial.

Quant à savoir si des gouvernements seront prêts à déboursier les sommes astronomiques nécessaires pour coloniser la planète Mars, disons qu'il est fortement permis d'en douter.

Pourquoi pas des «version 2.0»?

Le fait demeure que la société SpaceX a mis au point d'excellents véhicules spatiaux — notamment sa fusée Falcon 9 et son vaisseau de transport d'équipage Crew Dragon — qui ont tout pour connaître un brillant avenir. C'est dire que SpaceX, fort de l'expérience acquise dans l'opération de ces véhicules, pourrait maintenant se consacrer à concevoir des «versions 2.0» de ceux-ci. Hélas, au lieu de cela, elle se lance dans l'aventure d'un super-lanceur dont nul n'a besoin.

Conclusion: le spatial, c'est bien plus que...

Nous venons de faire un bref tour d'horizon des programmes spatiaux réalisés par les principaux «joueurs» du domaine spatial. Bien entendu, il y aurait beaucoup plus à dire; preuve étant qu'on a récemment consacré deux balados au programme spatial chinois... sans même tout dire à ce sujet!

Ce que ce tour d'horizon illustre, c'est le fait que par-delà les grands projets spatiaux dont on parle tant — ISS, Artemis, l'exploration des planètes, etc. —, le spatial comprend une foule d'autres activités.

Ironiquement, celles dont on parle le moins jouent pourtant des rôles essentiels dans nos vies. On n'a qu'à penser aux télécommunications par satellites, aux données météo que l'on voit chaque jour s'afficher autour de nous, aux services GPS, à l'observation de la Terre à des fins de surveillance des incendies de forêt et des inondations, pour l'urbanisme, l'agriculture, la protection de l'environnement, etc.

Et voilà que bientôt s'ajouteront de

nouvelles applications spatiales, dont les liaisons par téléphones cellulaires directement branchées sur satellites — ce qui nous donnera accès aux services dont on ne peut se passer même dans les régions les plus reculées. On prépare également le téléguidage des automobiles par satellites. Sans oublier les services de connexion Internet à l'échelle de la planète que nous offrent déjà Starlink et OneWeb.

Bref, le spatial, c'est énormément plus que ce dont on parle habituellement. Si un jour, on devait éteindre d'un coup tous nos satellites, on se retrouverait au même point que lorsqu'on subit une panne d'électricité. Notre monde ne peut plus fonctionner sans eux. ●

Les balados de *Voyage dans l'espace*

2018

- Balado 1, [*Destination Mars*](#), diffusé le 4 février 2018.
- Balado 2, [*La Lune au temps d'Apollo*](#), diffusé le 18 février 2018.
- 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 11*](#)).
- Balado 12, [*Espace 2068, les 50 prochaines*](#), diffusé le 8 juillet 2018 ([*Fascicule 12*](#)).
- Balado 13, [*Le jeu des dates*](#), diffusé le 22 juillet 2018 ([*Fascicule 13*](#)).
- Balado 14, [*Pluton, la reine des petites planètes*](#), diffusé le 5 août 2018 ([*Fascicule 14*](#)).
- Balado 15, [*12 hommes sur la Lune, 1^{ère} partie*](#), diffusé le 26 août 2018 ([*Fascicule 15*](#)).
- Balado 16, [*12 hommes sur la Lune, 2^{ème} partie*](#), diffusé le 9 septembre 2018 ([*Fascicule 16*](#)).
- Balado 17, [*Vivre à bord de la Station spatiale*](#), diffusé le 23 septembre 2018 ([*Fascicule 17*](#)).
- Balado 18, [*Un automne planétaire*](#), diffusé le 7 octobre 2018 ([*Fascicule 18*](#)).
- Balado 19, [*Les extraterrestres nous ressemblent-ils?*](#), diffusé le 21 octobre 2018 ([*Fascicule 19*](#)).
- Balado 20, [*Voyage dans l'espace au cinéma*](#), diffusé le 4 novembre 2018 ([*Fascicule 20*](#)).
- Balado 21, [*Quelles traces laisserons-nous dans l'espace?*](#), diffusé le 18 novembre 2018 ([*Fascicule 21*](#)).
- Balado 22, [*Mystères planétaires*](#), diffusé le 2 décembre 2018 ([*Fascicule 22*](#)).
- Balado 23, [*Noël 1968*](#), diffusé le 16 décembre 2018 ([*Fascicule 23*](#)).

2019

- Balado 24, [Demain la Lune](#), diffusé le 10 février 2019 ([Fascicule 24](#)).
- Balado 25, [À quoi sert l'espace?](#), diffusé le 24 février 2019 ([Fascicule 25](#)).
- Balado 26, [Alexeï Leonov](#), diffusé le 10 mars 2019 ([Fascicule 26](#)).
- Balado 27, [Parlons de... capsules spatiales](#), diffusé le 24 mars 2019 ([Fascicule 27](#)).
- Balado 28, [Viking, la fascinante découverte de la vie sur Mars](#), diffusé le 7 avril 2019 ([Fascicule 28](#)).
- Balado 29, [La Grande peur de 1910](#), diffusé le 5 mai 2019 ([Fascicule 29](#)).
- Balado 30, [Vingt ans d'exploration spatiale: les astéroïdes](#), diffusé le 19 mai 2019 ([Fascicule 30](#)).
- Balado 31, [Des idées pas comme les autres](#), diffusé le 2 juin 2019 ([Fascicule 31](#)).
- Balado 32, [Préludes à Apollo 11](#), diffusé le 16 juin 2019 ([Fascicule 32](#)).
- 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 34](#)).
- Balado 35, [Notre Univers époustouflant #1](#), diffusé le 28 juillet 2019 ([Fascicule 35](#)).
- Balado 35, [Notre Univers époustouflant #2](#), diffusé le 11 août 2019 ([Fascicule 35](#)).
- 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 37](#)).
- Balado 38, [Pourquoi Mars nous obsède-t-elle autant?](#), diffusé le 6 octobre 2019 ([Fascicule 38](#)).
- Balado 39, [Où en serons-nous en 2044?](#), diffusé le 3 novembre 2019 ([Fascicule 39](#)).
- Balado 40, [L'astronomie par l'image](#), diffusé le 1^{er} décembre 2019 ([Fascicule 40](#)).

2020

- Balado 41, [La Lune, cette inconnue](#), diffusé le 5 janvier 2020 ([Fascicule 41](#)).
- Balado 42, [La grande aventure des Voyager #1](#), diffusé le 2 février 2020 ([Fascicule 42](#)).
- Balado 43, [La grande aventure des Voyager #2](#), diffusé le 1^{er} mars 2020 ([Fascicule 43](#)).
- Balado 44, [Matière et énergie «noires»](#), diffusé le 5 avril 2020 ([Fascicule 44](#)).
- 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 46](#)).
- Balado 47, [A l'assaut de la planète Mars](#), diffusé le 5 juillet 2020 ([Fascicule 47](#)).

- Balado 48, [Exoplanètes, de nouvelles planètes incroyables](#), diffusé le 2 août 2020 ([Fascicule 48](#)).
- Balado 49, [La grande aventure des Voyager #3](#), diffusé le 6 septembre 2020 ([Fascicule 49](#)).
- 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 52](#)).
- Balado 53, [Le Système solaire n'est plus ce qu'il était...](#), diffusé le 15 novembre 2020 ([Fascicule 53](#)).
- Balado 54, [Le métier d'astronaute](#), diffusé le 6 décembre 2020 ([Fascicule 54](#)).
- Balado 55, [L'étrange monde des étoiles](#), diffusé le 20 décembre 2020 ([Fascicule 55](#)).
- 2021**
- Balado 56, [Le monde méconnu des étoiles](#), diffusé le 17 janvier 2021 ([Fascicule 56](#)).
- 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 58](#)).
- Balado 59, [Vie et mort du Soleil](#), diffusé le 7 mars 2021 ([Fascicule 59](#)).
- Balado 60, [Paul Houde, chasseur d'éclipses](#), diffusé le 21 mars 2021 ([Fascicule 60](#)).
- Balado 61, [Pourquoi le futur n'est jamais comme on l'imagine?](#), diffusé le 4 avril 2021 ([Fascicule 61](#)).
- Balado 62, [Dans les secrets de la cosmonautique soviétique](#), diffusé le 18 avril 2021 ([Fascicule 62](#)).
- Balado 63, [L'ultime destin du Soleil: un trou noir?](#), diffusé le 2 mai 2021 ([Fascicule 63](#)).
- Balado 64, [Qu'est-ce que ce serait que de vivre sur Mars?](#), diffusé le 16 mai 2021 ([Fascicule 64](#)).
- Balado 65, [Carte blanche](#), diffusé le 6 juin 2021.
- Balado 66, [Dormir en apesanteur](#), diffusé le 20 juin 2021 ([Fascicule 66](#)).

Balado 67, [Les trous noirs, de la fiction à la réalité](#), diffusé le 9 juillet 2021 ([Fascicule 67](#)).

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

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 70](#)).

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

Balado 72, [Espace 101](#), diffusé le 2021.

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

Balado 74, [Un petit pas pour l'homme](#), diffusé le 7 novembre 2021.

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

Balado 76, [Questions de nos auditeurs](#), diffusé le 5 décembre 2021.

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

2022

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

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

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

Balado 81, [Les lunes du Système solaire](#), diffusé le 20 février 2022.

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

Balado 83, [La Navette spatiale 1^{ère} partie](#), diffusé le 20 mars 2022.

Balado 84, [La Navette spatiale, 2^{ème} partie](#), diffusé le 3 avril 2022.

Balado 85, [Le fantasme des grosses fusées](#), diffusé le 17 avril 2022 ([Fascicule 85](#)).

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

Balado 87, [L'année 1972, 1^{ère} partie](#), diffusé le 15 mai 2022 ([Fascicule 87](#)).

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

Balado 88, [L'année 1972, 2^{ème} partie](#), diffusé le 19 juin 2022 ([Fascicule 88](#)).

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

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

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

Balado 94, [Spécial Artemis 1](#), diffusé le 2022.

Balado 93, [Homme ou robot?](#), diffusé le 18 septembre 2022 ([Fascicule 94](#)).

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

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

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

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

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

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 102](#)).

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

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

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

Balado 106, [Wernher von Braun, l'époque allemande](#), diffusé le 19 mars 2023 ([Fascicule 106](#)).

Balado 107, [Wernher von Braun, l'époque américaine](#), diffusé le 2 avril 2023 ([Fascicule 107](#)).

Balado 108, [La reconquête de la Lune](#), diffusé le 16 avril 2023 ([Fascicule 108](#)).

- Balado 109, [Nous cache-t-on des choses?](#), diffusé le 7 mai 2023 (Fascicule 109).
- Balado 110, [La recherche de vie dans notre galaxie](#), diffusé le 21 mai 2023 (Fascicule 110).
- Balado 111, [Saliout-Skylab, l'ultime course à l'espace](#), diffusé le 4 juin 2023 (Fascicule 111).
- Balado 112, [Que penser de tous ces beaux rêves d'espace?](#), diffusé le 18 juin 2023 (Fascicule 112).
- Balado 113, [Qu'advient-il de tout ce qu'on lance dans l'espace?](#), diffusé le 2 juillet 2023 (Fascicule 113).
- Balado 114, [L'astronomie participative](#), diffusé le 16 juillet 2023 (Fascicule 114).
- Balado 115, [Un certain regard sur l'actualité](#), diffusé le 20 août 2023 (Fascicule 115).
- Balado 116, [Que voit-on depuis l'espace?](#), diffusé le 3 septembre 2023 (Fascicule 116).
- Balado 117, [Planètes: des plus petites aux plus gigantesques](#), diffusé le 17 septembre 2023 (Fascicule 117).
- Balado 118, [Les objets «bizarres» du Système solaire](#), diffusé le 1^{er} octobre 2023 (Fascicule 118).
- Balado 119, [Introduction au programme spatial chinois](#), diffusé le 15 octobre 2023 (Fascicule 119).
- Balado 120, [Des Chinois sur la Lune?](#), diffusé le 6 novembre 2023 (Fascicule 120).
- Balado 121, [Cosmologie, des concepts hallucinants...](#), diffusé le 20 novembre 2023 (Fascicule 121).
- Balado 122, [Les objets bizarres de notre Univers](#), diffusé le 3 décembre 2023 (Fascicule 122).
- Balado 123, [La science en marche, 1^e partie](#), diffusé le 17 décembre 2023 (Fascicule 123).
- 2024
- Balado 124, [La science en marche, 2^e partie](#), diffusé le 7 janvier 2024 (Fascicule 123).
- Balado 125, [Comment nomme-t-on les astres du firmament?](#), diffusé le 21 janvier 2024 (Fascicule 125).
- Balado 126, [Actualité: stations orbitales et tourisme spatial](#), diffusé le 4 février 2024 (Fascicule 126).

Balado 127, [Actualité: l'année du retour à la Lune](#), diffusé le 18 février 2024 (Fascicule 127).

Balado 128, [Sergueï Korolev, comment tout a commencé](#), diffusé le 2024 (Fascicule 128).

Balado 129, [Sergueï Korolev: triomphes et misères...](#), diffusé le 17 mars 2024 (Fascicule 129).

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 131).

Balado 133, Musées aérospatiaux, des idées de vacances?, diffusé le 19 mai 2024.

Balado 134, Des exoplanètes aussi méconnues qu'abondantes, diffusé le 5 juin 2024.

Balado 135, Les grands de l'espace, diffusé le 2 juin 2024. (Fascicule 135)