

# LES SACCAGEURS DE L'ESPACE

## DU MÊME AUTEUR

*Ça alors ! Histoire de ces découvertes que l'on n'attendait pas,*  
La Librairie Vuibert, 2018.

*Qu'en dit la science ? Vaccins, 5G, PMA,  
numérique, génome... pour y voir enfin clair !,*  
Buchet-Chastel, 2021.

RAPHAËL CHEVRIER

---

# LES SACCAGEURS DE L'ESPACE

Débris, exploitation, militarisation :  
comment faire pour sauver notre bien commun

BUCHET • CHASTEL

© Buchet/Chastel, Libella, Paris, 2023.

ISBN 978-2-283-03742-3

*À toutes celles et à tous ceux  
qui n'auront jamais les moyens  
de s'offrir un voyage dans l'espace*



« Mais quand je ne travaillais pas,  
j'étais généralement à une fenêtre  
en train de regarder la Terre  
tout en bas »

SALLY RIDE





## Introduction

24 décembre 2021, je passe les fêtes de fin d'année dans la chaleur et l'humidité tropicales de la Guyane. Les équipes du centre spatial de Kourou s'apprêtent à réaliser l'un des plus gros exploits de leur carrière : catapulter à un million et demi de kilomètres de la Terre le télescope spatial le plus ambitieux, le plus puissant et le plus coûteux jamais conçu. Le télescope James Webb, nommé ainsi en hommage à l'un des pères du programme Apollo, promet ni plus ni moins de révolutionner notre vision et notre compréhension du cosmos – promesse relevée haut la main depuis.

À l'heure où la France métropolitaine réveillonne dans le froid de l'hiver, les averses tropicales balayent la base de Kourou. Nous nous sommes réunis avec les autres responsables de la retransmission télévisuelle de l'évènement sous un ciel menaçant aux alentours de 16 heures pour partager un semblant de repas de Noël, mélange de rougail saucisse et de bananes flambées accompagnés de cocktails caïpirinha aux fruits de la passion – un cocktail qui restera pour moi la véritable révélation de ce voyage. Il y a autour de la table des membres des agences spatiales américaine, la NASA, et européenne, l'ESA, toutes deux chargées, avec leur semblable canadienne, de construire et d'opérer le télescope. Mes collègues d'Arianespace à qui incombent le

déploiement du télescope dans l'espace ferment ce cercle un peu spécial.

Intervenant régulièrement lors des retransmissions des lancements de fusée, j'aurai à expliquer pourquoi Ariane 5 et le site de Kourou sont parfaitement adaptés à cette mission. Tel un commentateur du tour de France, je dois également rendre compte en temps réel de la bonne exécution de la mise en orbite. À mes côtés, Luce Fabreguettes, ancienne d'Arianespace désormais à l'ESA. Rob Navias, commentateur historique de la NASA surnommé « la voix du centre de contrôle », est une sorte de papy grognon derrière lequel on décèle rapidement un regard malicieux et un humour pincésans-rire. À l'autre bout de la table, Katy Haswell n'en est pas à son premier lancement. Voilà plus de vingt ans que cette journaliste anglophone, passée par CNN, la BBC, ITV ou Discovery Channel, commente ces événements pour le compte d'Arianespace. Enfin, mes collègues et amies Elodie Granell, infatigable chargée de communication événementielle et éditoriale, dont l'énergie de bulldozer aura subjugué jusque dans les rangs de la NASA, et Cyrielle Bouju, responsable des relations presse, qui, ce soir-là, a certainement explosé son record de consommation de Redbull afin de pouvoir répondre aux sollicitations des nombreux journalistes présents sur place. Sur fond d'épidémie de Covid-19, susceptible d'entraver à tout moment la retransmission du lancement, nous nous sommes séparés tôt dans la soirée. Étrangement, la fatigue m'emporte dès 22 heures, et je dors d'un sommeil de plomb jusqu'au déclenchement du réveil à 5 heures du matin.

Il existe une superstition dans le domaine du spatial, selon laquelle une préparation de lancement particulièrement difficile conduit généralement à un tir sans encombre. Entre le Covid-19, la météo capricieuse et les multiples précautions

à prendre lorsqu'on s'apprête à lancer dans l'espace un télescope qui aura coûté 10 milliards de dollars et nécessité vingt ans de développement, il est peu dire que la préparation de ce lancement a été particulièrement mouvementée.

À 15 minutes du décollage, l'ambiance est électrique, la tension sauterait au visage du premier profane. Installé dans le « Fish Bowl », la salle de contrôle où des poissons très particuliers vont suivre de près toutes les étapes du vol, j'écoute Bruno Gérard, directeur d'Arianespace en Guyane, m'expliquer les nombreuses spécificités de ce lancement, sans doute pour occuper son esprit dans ces dernières minutes interminables. Un peu plus loin, Stéphane Israël, le PDG d'Arianespace, qui a cette étrange capacité à faire baisser la température du sang qui coule dans ses veines dans les situations de stress les plus extrêmes. Il ne peut s'empêcher de laisser échapper un « Quelle tension ! », nous apprenant par la même occasion que l'évènement est retransmis sur la plupart des chaînes d'information en continu. Quant à moi, je n'en reviens tout simplement pas d'être là. En 2006, alors que j'effectuais mon premier stage de journalisme scientifique au magazine de l'astronomie *Ciel & Espace*, ma toute première brève portait sur le télescope spatial James Webb, déjà considéré comme le projet phare de l'époque. J'étais alors très loin d'imaginer que, quinze ans et quelques dépassements de planning et de budget plus tard, je me retrouverais à commenter devant une caméra les dernières étapes qui doivent nous mener au compte à rebours final.

« À tous de DDO, attention avant le décompte final. 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4... 3... 2... 1... Unité. Top. Allumage Vulcain. Allumage des EAP. Décollage ! » La voix du directeur des opérations s'éteint. L'immense fusée Ariane 5 s'arrache de l'attraction terrestre et s'élanche dans le ciel. Il est difficile

de décrire le décalage presque irréel entre le silence extrême qui règne à cet instant dans la salle de contrôle et les images que nous voyons s'afficher sur les écrans. Il y a quelque chose de contre-intuitif à voir une immense carcasse de 771 tonnes s'envoler soudain dans un immense panache de fumée, comme si un éléphant se mettait à déployer des ailes en virevoltant au-dessus d'une piste de danse, le tout dans un silence de plomb. Il faudra plus de 30 secondes pour que le grondement des moteurs parcoure les 11 kilomètres nous séparant du pas de tir et atteigne nos oreilles. Une demi-minute pour que le sol tremble et que notre cerveau raccroche enfin les wagons : le télescope James Webb est en route vers le vide spatial.

À partir de là, tout va très vite. Deux minutes vingt et une secondes après le décollage, Ariane 5 a déjà atteint 72 kilomètres d'altitude et une vitesse de 2 kilomètres par seconde. Les deux immenses boosters latéraux ont fini de fournir 90 % de la poussée totale nécessaire au lancement et se détachent. Une minute plus tard, c'est au tour de la coiffe de se séparer du lanceur une fois dépassées les limites de l'atmosphère, laissant apparaître grâce à des caméras embarquées le télescope James Webb, dont certaines parties en feuilles d'aluminium semblent flotter dans le vent. Pure illusion, bien évidemment, puisque le « vent » n'existe pas dans le vide spatial : en réalité, ce sont les moteurs de la fusée qui font vibrer le télescope. Puis l'étage principal se détache, ce gros cylindre rempli d'oxygène et d'hydrogène liquides qui a amené la fusée et son passager à 230 kilomètres d'altitude à une vitesse de plus de 7 kilomètres par seconde. Dix minutes seulement se sont écoulées, et la masse d'Ariane 5 a été divisée par trente ! Le troisième et dernier étage de la fusée allume alors ses moteurs pendant 16 minutes afin de placer le télescope sur son orbite

de libération. Enfin, au terme d'ultimes manœuvres – que certains appellent non sans une pointe de poésie le « ballet spatial » –, 27 minutes et 7 secondes exactement après avoir quitté le plancher des vaches, James Webb est largué dans l'espace à une vitesse vertigineuse de près de 10 kilomètres par seconde, soit 36 000 kilomètres par heure. Les images feront le tour du monde.

Ce n'est pas tous les jours que l'on assiste à une naissance dans l'espace. Cette expression n'est ni exagérée, ni galvaudée. Après des années de gestation dans les salles blanches, confiné derrière des sas sanitaires, préparé, assemblé, testé, le télescope James Webb est enfin lâché dans le monde réel – le sien, celui du cosmos et de son infinité – pour tracer son propre chemin et accomplir son destin. Les rayons du soleil font briller les parois réfléchissantes du télescope, qui ressemble à un cube vulnérable, inoffensif, exposé aux conditions extrêmes du vide spatial, tandis qu'il s'éloigne de la fusée, la courbure terrestre apparaissant dans le fond de l'image. Tout à coup, la naissance prend forme – visuellement cette fois-ci – au moment du déploiement du premier panneau solaire, puis du second quelques secondes après. Suivront le dépliage des parties du miroir central, le miroir secondaire, la grande bâche qui lui sert de pare-soleil, ses antennes, etc. Recroquevillé sous la coiffe d'Ariane 5, le télescope ressemblait à un pavé de 5 mètres de base et 6,5 mètres de hauteur. Déployé, il se transforme en un monstre long de 22 mètres et large de 10, soit quasiment la taille d'un court de tennis !

Voici la « dernière vue que l'humanité a à cet instant » de James Webb, lance Rob Navias depuis sa cabine. Le commentateur de la NASA tente de me passer une dernière fois la parole pour que je décrive l'ambiance dans le « Fish Bowl ». Mais les cris de joie et les applaudissements qui

éclatent dans la salle de contrôle sont si bruyants que je n'entends plus rien dans mon oreillette. Rob aura la bonne idée de tenter à nouveau de m'interpeller quelques minutes plus tard, me laissant l'occasion d'exprimer avec les mots me venant à cet instant : « Ça y est ! Nous avons la confirmation qu'Ariane 5 a livré Webb en toute sécurité dans l'espace ! [...] Ces images sont absolument incroyables. [...] Il est très difficile de décrire l'émotion qui règne ici dans la salle de contrôle. Tout ce que je peux dire, c'est "Bonne chance Webb, rapporte-nous des données incroyables de l'Univers profond." » Un peu plus loin, j'aperçois Cyrielle évacuer des mois de course de fond à travers un flot de larmes ponctuellement interrompu par des rires de nervosité. Beatriz Romero, la cheffe de projet d'Arianespace qui a suivi la campagne depuis ses débuts, a également les yeux humides lorsqu'elle fait le tour de la salle pour féliciter un à un les acteurs de ce programme immense. Stéphane Israël est déjà remonté dans la salle où l'attendent les journalistes pour une déclaration officielle. Mais j'ai pu voir son visage juste avant son départ. Le visage d'un patron qui laisse transparaître dans ces rares moments des émotions qui nous font penser que nous ne travaillons pas dans une industrie comme les autres. Puis viennent la fête, les au revoir, le retour en métropole et les repas de famille, accompagnés de cette certitude que l'on a vécu quelque chose d'inédit, de bien plus grand que soi, entouré de collègues plus brillants les uns que les autres, passionnés, particulièrement dévoués, sans en oublier d'être bienveillants et, pour beaucoup, sympathiques. En somme, un moment dont on se souviendra toute sa vie.

Moins d'un an après le lancement, un commentaire un peu particulier m'est directement adressé sur Facebook.

Il fait suite à ma publication de photos prises lors de l'International Astronautical Congress en septembre 2022, un salon consacré à l'espace où les agences publiques sont particulièrement bien représentées. Les premières images du télescope James Webb sont d'ailleurs mises à l'honneur lors de cet événement. Voici ce commentaire : « Technologie zombie. Toi qui aimes tant la science, n'es-tu pas face à un dilemme entre passion et raison [devant] ce type de rassemblement à la gloire de futurs obsolètes ? » Au-delà de la surprise qu'elle a générée, cette accusation m'a d'abord semblé en décalage total avec l'exaltation qui entoure nos activités spatiales. Je n'ai pas l'habitude qu'on m'attaque sur cet aspect-là de mon travail, surtout en réaction à des clichés de capsules habitées, de sondes d'exploration, d'images époustouflantes de l'Univers profond. Lorsque j'annonce autour de moi que je passe mes journées à réfléchir à la façon dont on déploie des satellites dans l'espace, ce sont plutôt des regards intéressés, parfois des marques d'admiration, que je perçois chez mes interlocuteurs. Plutôt que de me cacher, je cède à la fierté de partager la passion, le plaisir qui m'animent au quotidien, conscient d'avoir la chance de mener à certains égards une activité hors du commun.

Pour moi, faire décoller des fusées, c'était permettre à l'humanité de sonder les secrets de l'Univers, aider à comprendre qui nous sommes et d'où nous venons. C'était visiter le système solaire. Aider les humains à communiquer entre eux grâce aux satellites de télécommunications. Améliorer notre connaissance de la planète et du changement climatique, car nous pouvons mesurer de là-haut des paramètres impossibles à saisir depuis le sol. Porter son regard vers les étoiles, c'était rêver en imaginant notamment Thomas Pesquet flotter en apesanteur dans la Station spatiale internationale (ISS).

« Technologie zombie. » Qu'est-il arrivé pour que l'on voue les activités spatiales aux gémonies ? Jusqu'ici, l'essentiel des critiques adressées à cette industrie portaient sur les budgets qui lui étaient alloués au détriment, jugeait-on, de problèmes plus cruciaux. À quoi cela sert-il de dépenser des milliards pour s'aventurer dans les tréfonds de l'Univers alors que des populations entières meurent littéralement de faim sur notre planète ? Si l'argument est évidemment légitime, il me semble que la quête de connaissances, bénéficiant au plus grand nombre, serait la dernière chose à sacrifier.

L'urgence environnementale a tout à coup changé la donne. Avec des conséquences du réchauffement climatique qui dépassent en fréquence et en intensité la plupart des prévisions des modèles scientifiques, peut-on se permettre de poursuivre des activités polluantes, fussent-elles au service de nobles causes ? Bien entendu, fabriquer un satellite de plusieurs tonnes et le transporter à des centaines, des milliers, voire des dizaines de milliers de kilomètres de notre planète, l'arracher littéralement de la force gravitationnelle de la Terre, requièrent de l'énergie – beaucoup d'énergie, j'y reviendrai plus loin. Mais le jeu n'en vaut-il pas la chandelle, lorsqu'on sait qu'un satellite demeure cinq, dix, quinze, vingt ans en orbite à délivrer des services à des millions d'êtres humains, les aidant dans leurs tâches les plus quotidiennes ? Avons-nous suffisamment conscience du chaos qui régnerait ici-bas si, demain, nous cessions de déployer des satellites dans l'espace ? C'est grâce aux satellites que nous pouvons communiquer d'un bout à l'autre du monde dans les endroits les plus reculés, ou bien nous repérer grâce à nos systèmes de navigation sans avoir à ressortir les vieilles cartes en papier. Les satellites synchronisent nos réseaux d'énergie comme les échanges bancaires, ils nous aident à



prévoir les phénomènes météorologiques ou à comprendre les mécanismes à l'origine du réchauffement climatique. Les sondes d'exploration percent toujours un peu plus les secrets de l'Univers, auxquels notre histoire, celle d'une planète Terre à la fois exceptionnelle et banale, suspendue au milieu d'un océan d'étoiles, est intimement liée.

Depuis quelques années, je suis bien conscient que ce discours idéaliste ne tient plus. L'espace, ce n'est plus seulement cela. L'arrivée de nouveaux acteurs innovants, conquérants, la plupart du temps issus du monde du numérique, imprégnés de la culture de l'entrepreneuriat, en a considérablement abaissé les coûts d'accès. De simples exécutants de projets étatiques, ces entreprises de ce que l'on appelle communément le « New Space » sont peu à peu devenues les principaux moteurs de l'industrie spatiale. Avec des investissements passés de 1,06 milliard de dollars entre 2000 et 2004 à 16,8 milliards entre 2015 et 2019, elles ont fait basculer les acteurs traditionnels dans une logique nouvelle, davantage concentrée sur les besoins des utilisateurs finaux et des perspectives de rentabilité inédites.

Pour obtenir une place dans ce nouvel eldorado, les entreprises de toutes sortes, des géants du numérique aux jeunes pousses plus ou moins médiatiques, n'hésitent pas à multiplier les nouveaux projets tout en cassant les codes du « vieux monde ». Elon Musk a ouvert le bal avec son entreprise SpaceX qui, après avoir un temps fasciné, commence à sérieusement inquiéter. Musk est en effet le premier responsable d'un espace transformé, en moins d'une décennie, en terrain de jeu où peuvent s'exprimer tous les excès.

Ce sont toutes les problématiques inédites soulevées par la privatisation des activités spatiales que je propose de traiter dans ce livre. Quel est le sens individuel et collectif du

tourisme spatial, et pour quel impact environnemental ? La banlieue proche de la Terre est-elle déjà saturée, faisant craindre un scénario à la *Gravity* d'Alfonso Cuarón, où la collision entre deux débris provoque une réaction en chaîne condamnant définitivement l'accès à l'espace ? De la même manière, la pollution lumineuse provoquée par les satellites en orbite basse risque-t-elle de nous priver à jamais d'une observation de qualité du ciel et du cosmos ? Des milliards pourront-ils, demain, s'approprier des objets célestes tels que les astéroïdes ou la Lune, au détriment de l'intérêt commun et scientifique ? Doit-on dépenser des moyens humains et matériels pour coloniser la planète Mars, dans le contexte d'urgence climatique que nous vivons sur Terre ? À l'heure où les tensions à l'échelle internationale s'intensifient, doit-on s'inquiéter de la militarisation de l'espace ?

Que l'on soit amoureux du spatial ou que les décollages de fusées nous paraissent à mille lieues de nos préoccupations quotidiennes, l'espace fait partie de nos vies. Il est urgent que la société civile, les médias et la sphère politique se saisissent de ces questions. Comme pour le climat, nous devons agir à temps, collectivement, pour que l'espace cesse d'être perçu comme le théâtre de « technologies zombies », mais plutôt comme le terrain de technologies d'avenir.

## 1.

# On a ouvert la boîte de Pandore

« Salut à tous, je m'appelle Elon Musk, je suis le fondateur de SpaceX. Dans cinq ans, vous êtes morts. »

En mars 2006, à Washington lors du salon Satellite, grand-messe annuelle rassemblant les acteurs du secteur spatial, très peu connaissent ce jeune homme de 35 ans, habillé d'un jean et d'un tee-shirt au milieu d'un océan de costumes-cravate. Les rires condescendants fusent. Rien de surprenant de la part d'une communauté spatiale plutôt conservatrice, qui a bien du mal à accepter dans ses rangs des profils atypiques, encore moins ceux n'ayant jamais mis les mains dans la haute technologie des moteurs de fusées.

Inexpérimenté dans le domaine spatial, devant sa fortune à la société de paiement en ligne PayPal qu'il a fondée, à la fois plein d'assurance et le regard fuyant, bourré de tics nerveux – Musk expliquera plus tard présenter un syndrome d'Asperger : il n'en fallait pas plus pour attirer les quolibets des mastodontes de l'espace.

Quinze ans plus tard, Elon Musk est devenu à la fois la star des dérapages infantiles et des paris fous, quasiment tous réussis. On a pris l'habitude de hausser les yeux au ciel lorsqu'il se roule un joint en pleine interview, compare le Premier ministre canadien Justin Trudeau à Hitler ou se dit prêt à affronter Vladimir Poutine en duel, dans un

« combat d'homme à homme », pour remporter l'Ukraine. On a aussi pris l'habitude, non plus de lui rire au nez, mais de s'incliner respectueusement devant les prouesses de sa société de lancements spatiaux SpaceX, fondée en 2002.

On associe souvent SpaceX à la révolution du « New Space », ce mouvement ayant permis à de nouveaux acteurs, principalement des start-up, d'entrer dans le cercle très fermé du spatial. Elon Musk lui-même n'a pas hésité à se mettre en scène, dans la pure tradition du storytelling à l'américaine, afin d'alimenter le mythe de l'entrepreneur ayant débuté dans un garage. Son arrivée dans le paysage ne coïncide-t-elle pas avec une explosion des activités spatiales ? Ne lui doit-on pas le triplement des lancements de fusées entre 2004 et 2022 ? En mettant les pieds dans le plat de l'industrie aérospatiale, n'a-t-il pas réussi l'exploit de réveiller une belle endormie ?

### *Le New Space à toutes les sauces*

Une chose est certaine : devenu la nouvelle frontière, l'espace n'a jamais semblé aussi accessible. Arrivé dans le secteur en 2016, au moment où SpaceX commençait à prendre réellement son envol, j'ai été le témoin de cette évolution rapide et spectaculaire, qui a stupéfié, si ce n'est pris de court, mes collègues bien plus expérimentés. En moins d'une décennie, la mode s'est emparée des thématiques cosmiques. Les films ayant pour décor la voûte céleste ont colonisé les salles de cinéma. L'industrie spatiale progresse à un rythme phénoménal, voyant apparaître chaque jour de nouvelles applications et de nouveaux services aux enjeux économiques colossaux. Selon le cabinet McKinsey, le marché du secteur spatial a bondi de 280 à 447 milliards de dollars entre

2010 et 2022, passant de 280 à 447 milliards de dollars, et pourrait dépasser 1 000 milliards d'ici 2030. Pour ma part, je ne compte plus le nombre de start-up très terre à terre, souvent novices en la matière, qui ont approché Arianespace ces dernières années afin de déployer dans l'espace des objets dont l'utilité a de quoi décontenancer. Certaines missions récentes en disent long sur ce nouvel attrait du vide sidéral.

En novembre 2019, une douzaine de bouteilles de bordeaux prenaient ainsi place à bord du vaisseau spatial Cygnus, développé par Northrop Grumman, dans le cadre d'une mission de ravitaillement de la Station spatiale internationale. Après avoir passé deux mois dans la station à 400 kilomètres d'altitude, la cargaison vinicole est rapatriée sur Terre dans un module Dragon de SpaceX. L'entreprise à l'origine de cette mission hors du commun, Space Cargo Unlimited, souhaitait officiellement étudier le vieillissement du vin dans l'environnement atypique de la microgravité spatiale, et observer son effet sur la qualité du breuvage. À en croire un test olfactif, visuel et gustatif effectué à l'aveugle quelques semaines plus tard avec des bouteilles témoins restées sur terre, le Petrus millésimé 2000, vendu en temps normal à 5 000 euros la bouteille, ne s'est pas « détérioré » ni amélioré. Cela n'a pas empêché la prestigieuse maison de ventes Christie's de débiter la mise à prix à 1 million de dollars la bouteille. Vin, parfum, bijoux, vêtements : à l'avenir, les produits ayant brièvement séjourné dans l'espace pourraient représenter un véritable marché dans l'industrie du luxe.

Le concept de funérailles spatiales, consistant à envoyer quelques grammes des cendres d'un défunt dans le vide cosmique, n'est quant à lui pas tout à fait nouveau. Cependant, la pratique consistait jusqu'ici à rendre hommage à des

figures respectées dans l'univers spatial. Le créateur de la série *Star Trek*, Gene Roddenberry, a ainsi été le premier à voir ses cendres embarquer dans une navette spatiale, Columbia en l'occurrence, le 22 octobre 1992. Sept ans plus tard, les cendres du docteur Eugene M. Schoemaker, l'un des fondateurs de la planétologie, s'écrasaient près du pôle Sud de la Lune à bord de la sonde Lunar Prospector. Lancée en 2006, la sonde New Horizons, partie à la rencontre de Pluton, emportait les restes du célèbre astronome Clyde William Tombaugh, découvreur de la planète naine, avant de continuer son voyage dans la ceinture de Kuiper. Celestis, Elysium Space, Beyond Burial, Eternité, Aura Flights... les entreprises qui entendent surfer sur les désirs d'éternité des êtres humains sont désormais légion. Créée en 2013, la société Elysium Space a signé un partenariat avec Spaceflight Industries afin de réserver régulièrement un peu de place dans les petits satellites pour y loger des cendres. En 2017, Elysium Space a conclu un nouveau marché avec Astrobotic Technology afin d'embarquer une urne à bord du module Peregrine, censé atterrir prochainement à la surface de la Lune. Ce nouveau business morbide n'est cependant pas à l'abri de certaines déconvenues inhérentes au secteur spatial. En mai 2023, cent vingt urnes funéraires de l'entreprise Celestis ont ainsi subi une seconde mort en explosant à bord d'une petite fusée au-dessus du désert du Nouveau-Mexique, quelques secondes après le décollage...

L'industrie du cinéma lorgne également sur l'espace. En octobre 2021, le réalisateur russe Klim Chipenko et l'actrice Yulia Peresild s'envolaient vers l'ISS afin d'y tourner de nombreuses séquences du long-métrage *Le Défi*, sorti sur les écrans russes en avril 2023. Plus réaliste encore que *Gravity*, le film raconte l'histoire d'un cosmonaute perdant connaissance à bord d'un vaisseau spatial. Jenia, jeune médecin,

se prépare alors à rejoindre la station pour réaliser une intervention chirurgicale en apesanteur... Le film intègre les images réelles du décollage de la fusée Soyouz depuis le cosmodrome de Baïkonour, puis environ 35 minutes de séquences directement filmées dans l'espace.

Les Russes l'admettent bien volontiers : ce projet réalisé dans la précipitation a surtout permis de devancer les Américains en la matière. Tom Cruise, en particulier, n'a jamais caché son ambition de tourner l'un de ses prochains films en partie à bord de l'ISS. Boudés par les Russes, l'acteur de *Mission Impossible* et les studios Universal ont finalement dû se tourner vers SpaceX et la NASA pour pouvoir s'y rendre. En parallèle, le constructeur Axiom Space prévoit de déployer en décembre 2024 le tout premier studio de cinéma spatial qui sera rattaché à l'ISS dans le cadre d'une coopération avec la NASA. Le module devrait accueillir Tom Cruise, mais aussi des émissions de télévision, voire des événements sportifs.

D'autres nouveaux business profitant de la démocratisation de l'accès à l'espace sont encore plus questionnables. En août 2021, SpaceX a ainsi conclu un partenariat avec Geometric Energy, une start-up canadienne qui souhaite utiliser des satellites comme enseignes publicitaires. Concrètement, la société prévoit de « réserver » l'une des faces d'un Cubesat, un très petit satellite d'environ 10 centimètres de côté, pour permettre à des entreprises comme Coca Cola ou Renault d'afficher leur logo en orbite. Évidemment, personne ne sera capable de distinguer la marque à l'œil nu depuis la Terre. C'est pourquoi le satellite sera équipé d'une caméra chargée de filmer la publicité afin que les images soient diffusées sur YouTube et Twitch.

Si l'on peut raisonnablement émettre quelques critiques quant à la pertinence de mobiliser une partie de la capacité

d'un satellite pour générer de bêtes vidéos publicitaires, certains veulent aller encore plus loin dans l'utilisation de l'espace à des fins marketing. Nos parents ou grands-parents ont connu les avions faisant défiler leurs banderoles dans le ciel. Nous vivons actuellement l'ère des drones publicitaires, capable de se mouvoir facilement du haut vers le bas, de gauche à droite, afin de filmer une foule, prendre des selfies, ou encore distribuer des goodies... Verrons-nous demain des panneaux publicitaires géants flotter au-delà des nuages ?

L'entreprise russe StartRocket planche sur le déploiement d'un essaim de petits satellites en orbite qui s'illumineront dans le ciel pour former des figures colorées à l'effigie de grandes marques, diffuser des invitations à des événements, et même – petite touche philanthropique – des messages d'urgence. On pourrait penser qu'un tel projet coûte bien trop cher pour voir le jour dans un avenir proche. C'est sous-estimer les montants colossaux que les entreprises consacrent à leur budget marketing. Selon une récente étude russe, la création et la mise en orbite d'une constellation de cinquante satellites seraient largement rentables. De la conception des engins à leur pilotage à distance dans l'espace, en passant par la phase de lancement, l'ensemble de l'opération coûterait environ 65 millions de dollars. À titre de comparaison, une publicité lors de la mi-temps du Super Bowl, événement sportif qui atteint régulièrement des sommets d'audience avec plus de cent vingt millions de téléspectateurs, coûte 7 millions de dollars pour 30 secondes à l'écran. Neuf fois plus chère, une constellation de satellites publicitaires pourrait en revanche être vue par des milliards d'êtres humains aux quatre coins du globe. Placée sur la bonne orbite, la publicité spatiale pourrait passer au-dessus d'une grande



ville, et y afficher son message pendant 3 à 5 minutes, de jour comme de nuit. En passant au-dessus des mégapoles américaines et chinoises, StartRocket toucherait ainsi plus d'un milliard de personnes en moins d'une semaine.

N'ayons aucun doute sur le fait que si le marché le justifie, nous finirons un jour par voir ces panneaux publicitaires géants filer au-dessus de nos têtes comme des étoiles filantes au ralenti. Déjà durant les missions Apollo, des marques avaient proposé des millions de dollars à la NASA pour apparaître sur la fusée Saturn V ou sur les combinaisons de Neil Armstrong et Buzz Aldrin. En Europe, les entreprises demandent régulièrement à afficher leur logo sur la coiffe des fusées Ariane ou Vega. Dans les deux cas, les agences spatiales concernées se sont toujours refusées à transformer les lanceurs ou les astronautes en panneaux publicitaires, au nom d'une certaine idée de l'espace, qui revêt une noble dimension scientifique ou stratégique.

Les agences spatiales parviendront-elles à jouer les garde-fous dans le cas de satellites privés déployés par des fusées lancées par des acteurs privés ? Rien n'est moins sûr. En avril 2021, en France, l'Assemblée nationale a voté un texte interdisant les avions publicitaires au nom de la préservation du climat. Une telle législation pourrait s'appliquer à des constellations de satellites publicitaires, mais n'empêchera pas les Français d'être importunés par de gigantesques logos passant au-dessus de leur tête et déployés depuis l'autre bout du monde.

Cette difficulté des instances étatiques à s'accorder sur des règles communes est au cœur de la majorité des problématiques du « New Space ». Dépassées par la rapidité de la démocratisation de l'espace, elles ne pourront pas contenir les ambitions toujours plus décomplexées qui ont

provoqué tant de dégâts à la surface de la Terre. Ironie de l'histoire, ce sont ces mêmes agences qui ont mis le pied à l'étrier aux entreprises du « New Space ». À commencer par... la société SpaceX d'Elon Musk.

*L'exemple de SpaceX,  
une start-up mise sur orbite par la NASA*

Pour comprendre le rôle de la NASA dans l'extraordinaire succès de SpaceX, il faut remonter à l'objectif, très spécifique, qui est donné à l'Agence spatiale dès sa création en 1958 par le président américain Eisenhower. Après la mise en orbite du tout premier satellite artificiel Spoutnik, Eisenhower entend redorer l'image du modèle américain et rattraper l'avance soviétique en matière de conquête spatiale.

La première mission de cette nouvelle Agence nationale de l'aéronautique et de l'espace consiste à envoyer le premier homme dans l'espace. Mais le sort s'acharne. Le 12 avril 1961, Youri Gagarine, jeune pilote russe de 27 ans, devient le premier être humain à s'aventurer au-delà de l'atmosphère... vingt-trois jours avant l'Américain Alan Shepard ! À grande humiliation, réponse démesurée. Le 25 mai 1961, dans un discours devant le Congrès, le président nouvellement élu John Fitzgerald Kennedy déclare vouloir envoyer des compatriotes... sur la Lune ! « Nous avons choisi d'aller sur la Lune au cours de cette décennie et d'accomplir d'autres choses encore, non pas parce que c'est facile, mais justement parce que c'est difficile. Parce que cet objectif doit servir à organiser et à offrir le meilleur de notre énergie et de notre savoir-faire, parce que c'est le défi que nous sommes prêts à relever, celui que nous

refusons de remettre à plus tard, celui que nous avons la ferme intention de remporter, tout comme les autres. »

Mais déjà, des voix s'élèvent pour dénoncer le gouffre financier que représente le programme Apollo. Bien plus qu'une agence aux visées scientifiques, la NASA apparaît donc d'abord comme un outil de propagande, capable, par le rêve et le sentiment de fierté, voire de domination qu'elle suscite au sein de la population, de fédérer des financements publics inédits. Dès 1963, le budget de la NASA représente plus de 2 % de celui de l'État fédéral, avec un pic à 4,41 % en 1966. On peut considérer que le retour historique sur investissement est à la hauteur de l'ambition lorsque, le 21 juillet 1969, six cents millions de téléspectateurs et sans doute autant d'auditeurs suivent en direct l'arrivée en vue de la Lune, l'atterrissage, puis les premiers pas de Neil Armstrong et de Buzz Aldrin. Phrase culte du « petit pas pour un homme, mais [du] bond de géant pour l'humanité », installation de la bannière étoilée à 380 000 kilomètres de la Terre, appel téléphonique en direct avec le président américain de l'époque, Richard Nixon : toutes les cases sont cochées pour que les livres d'histoire retiennent avant tout cet exploit – et quel exploit ! – de la conquête spatiale, faisant passer les prouesses soviétiques au second plan.

Mais voilà : ce moment historique qui vient de porter la NASA au sommet pourrait bien être aussi celui qui précipite sa chute. En effet, que pouvait-elle bien proposer aux Américains après avoir marché sur la Lune ? Construire une base lunaire ? Aller sur Mars ? Tous ces projets sont mis sur la table, mais Nixon les juge trop coûteux, d'autant que les Soviétiques peinent à rattraper leur retard technologique. Tout juste consent-il à conserver le programme de navette spatiale, histoire de ne pas s'aliéner l'électorat des États

où l'industrie aéronautique est florissante. Problème : ces modules habités sont censés acheminer des équipages... sans destination précise ! La NASA et sa navette spatiale peinent à convaincre. Toutes deux sont sauvées de justesse par un Ronald Reagan entretenant l'idée, au début des années 80, que les conflits du futur se joueront dans l'espace. Cette « guerre des étoiles » donne un nouveau souffle à l'Agence, la reprise des vols habités suscite un regain d'intérêt. Mais le 28 janvier 1986, l'accident de la navette Challenger, qui se désintègre en vol peu après son décollage, entraînant la perte de la totalité de l'équipage, marque un nouveau coup d'arrêt à la conquête spatiale outre-Atlantique. En 1998, le début de l'assemblage de la Station spatiale internationale, symbole du réchauffement des relations entre les États-Unis et la Russie, lui donne un peu de sursis en justifiant les vols habités en orbite basse.

L'Agence spatiale américaine en profite également pour opérer un changement stratégique. À défaut de retourner sur la Lune ou de s'élancer vers Mars, elle mise l'essentiel de sa communication sur les bienfaits qu'une utilisation intelligente de l'espace peut apporter sur Terre. Notamment, les grands projets de coopération internationale qui œuvrent au rapprochement entre les peuples ou les satellites scientifiques qui permettent de comprendre les phénomènes liés au changement climatique. Ce sont d'ailleurs les satellites de la NASA qui mettent pour la première fois en évidence les trous dans la couche d'ozone au-dessus des pôles.

Mais le 1<sup>er</sup> février 2003, un nouveau drame fait basculer la conquête spatiale américaine dans une nouvelle ère. Après une mission sans accroc de quinze jours à bord de l'ISS, sept astronautes débutent leur phase d'entrée atmosphérique à bord de la navette Columbia, laquelle se

met brusquement à vriller avant de se désintégrer totalement. Aucun des membres d'équipage n'en réchappe. Il n'en faut pas davantage pour que quelques années plus tard Barack Obama mette définitivement un terme au programme de vols habités américains. Afin de préserver là aussi les emplois dans l'industrie aérospatiale, Obama sanctuarise néanmoins deux grands programmes de développement : le « Space Launch System », la fusée la plus puissante jamais conçue, et la capsule habitable Orion. L'objectif ? Envoyer des équipages vers Mars. La date ? Silence radio. Preuve du peu de motivation de l'administration américaine pour un tel voyage, le budget de la NASA ne cesse de se réduire pour stagner à 0,5 % du budget de l'État fédéral à partir des années 2010. Entretemps, Obama décide même de sous-traiter les lancements destinés à assurer une liaison logistique entre la Terre et l'ISS à des compagnies privées.

Voilà le tableau dans lequel Elon Musk débarque au milieu des années 2000. Quel qu'ait été son intérêt réel pour les activités spatiales, le multimillionnaire a alors compris deux choses. Privée d'un programme de vols habités, la NASA dispose d'un vivier d'experts désœuvrés. Par ailleurs, un bon storytelling porté par des objectifs ambitieux, à même de ranimer le rêve et le patriotisme des Américains, reste un maillon essentiel pour engranger des financements publics. Tout ce dont la NASA a cruellement manqué depuis l'arrêt du programme Apollo.

Avant-même la création de Space Exploration Technologies (SpaceX en abrégé), Elon Musk ne parle que de la conquête de la planète Mars. Il est notamment impliqué dans la Mars Society, une organisation internationale fondée en 1998 afin de promouvoir l'exploration et la colonisation de la planète rouge, et soutient des

projets d'y envoyer des souris ou d'y bâtir des serres. À la différence de la NASA, qui s'enferme dans un discours essentiellement scientifique pour justifier l'exploration de Mars, Elon Musk en fait ni plus ni moins un enjeu de survie pour l'humanité. Dans un discours apocalyptique décomplexé, l'entrepreneur martèle à qui veut bien l'entendre – et ses adeptes se font rapidement de plus en plus nombreux – qu'en raison de l'épuisement accéléré des ressources terrestres, l'espèce humaine n'a d'autre choix que de devenir une espèce « multiplanétaire » en s'exportant sur un astre voisin. Qu'importe si Mars n'est nullement adaptée à la vie telle qu'on la connaît sur Terre ou si ce projet nous détourne de l'urgence de prendre soin de notre planète. Si l'attrait pour l'aventure spatiale est ravivé, le Congrès n'aura d'autre choix que de débloquer les fonds nécessaires pour accompagner l'enthousiasme général. D'autant que Musk n'oublie pas de promettre de « révolutionner l'accès à l'espace » en réduisant les coûts de lancement, ce qui représente autant d'économies pour le contribuable.

Le discours d'Elon Musk est rodé, sa communication flirte avec le génie, comme l'illustrent ses interventions publiques dignes d'une star de rock, auxquelles le milieu du spatial est assez peu habitué. SpaceX n'est pas une simple aventure industrielle. C'est une machine à relancer le rêve spatial américain, près d'un demi-siècle après les derniers pas sur la Lune. Un projet, un discours, une personnalité auxquels on adhère sans nuance, en assumant une franche part d'irrationnel.

Elon Musk a relevé haut la main le pari de fédérer la société américaine autour d'un projet commun. De fait, l'argent public a été le principal carburant de SpaceX. Dès 2003, l'US Air Force lui octroie une enveloppe de 50 millions

de dollars pour amorcer le développement de sa première fusée Falcon 1. Trois ans plus tard, la NASA lui accorde une rallonge de 278 millions de dollars. En soi, l'aventure dans laquelle se lance alors Elon Musk reste un défi très risqué. Dans un local en banlieue de Los Angeles, l'entrepreneur a déjà commencé à rassembler des responsables, des ingénieurs et des techniciens débauchés de l'industrie aérospatiale traditionnelle. Le mot d'ordre : développer au maximum en interne tout ce qui peut l'être, y compris si cela doit prendre des années, plutôt qu'acheter au prix fort chez des sous-traitants.

Le premier vol de Falcon 1 échoue en 2006, tout comme le deuxième un an plus tard, et le troisième en 2008. Dans ce que l'histoire retiendra comme l'ultime essai déterminant, censé sceller l'avenir de SpaceX, le quatrième lancement du 28 septembre 2008 est un succès. En totale cohérence avec sa stratégie de sous-traiter l'accès à l'espace à des sociétés privées, trois mois plus tard, la NASA remet le pied de la (très) jeune entreprise à l'étrier en lui confiant un contrat pour douze lancements de ravitaillement de l'ISS, d'un montant de... 1,6 milliard de dollars ! Dès lors, les subventions plus ou moins déguisées pleuvent. En seulement seize ans, SpaceX reçoit plus de 23 milliards de dollars de financement public américain, dont 14,6 milliards directement de la NASA.

L'historique des lancements de SpaceX parle de lui-même : sur la centaine réalisée depuis sa création (hors lancements effectués pour son propre compte afin de constituer la constellation de satellites Starlink, nous y reviendrons), près de la moitié l'ont été pour la NASA et l'armée américaine. On se souvient du premier vol habité opéré par SpaceX le 30 mai 2020, au plus fort de la crise du Covid-19. Des astronautes américains retrouvaient

pour la première fois en dix ans le chemin des étoiles depuis le centre spatial Kennedy, en Floride, à bord de capsules flambant neuves. Pour cet événement présenté comme « historique », Musk avait sorti le grand jeu : fusée immaculée, intérieur bardé d'écrans tactiles, combinaisons ultramodernes dessinées par un célèbre costumier d'Hollywood.

L'histoire est loin d'être terminée. En août 2020, l'US Air Force a confié à SpaceX quatorze lancements à réaliser entre 2024 et 2027, tandis que la NASA a déjà sélectionné la société d'Elon Musk pour lancer les deux premiers modules qui constitueront la future station en orbite autour de la Lune, la Lunar Gateway, prévue d'ici la fin de la décennie. SpaceX en sera aussi le ravitailleur officiel, lui assurant des missions régulières, comme aujourd'hui avec ses missions cargo vers l'ISS. C'est également SpaceX qui développera le module permettant de faire atterrir des astronautes sur la Lune, pour lequel il pourrait recevoir 2,9 milliards de dollars supplémentaires. Entre les missions scientifiques, celles de transport de fret et d'astronautes en orbite basse ou dans l'environnement lunaire, les lancements des futurs satellites GPS et autres missions militaires, le volume de commandes institutionnelles promis à SpaceX ne fera qu'augmenter à l'avenir.

### *La guerre pour le marché américain*

Elon Musk n'est pas le seul, aux États-Unis, à avoir bénéficié du changement de stratégie de la NASA. En 2006, les partenaires industriels historiques de l'agence et de l'US Air Force, Boeing et Lockheed Martin, décident d'unir leurs forces en créant la United Launch Alliance (ULA) – une



initiative qu'Elon Musk a attaquée en justice en vain. La société dispose alors de deux lanceurs, l'Atlas V de Lockheed Martin et le Delta IV Heavy de Boeing, qu'elle utilise essentiellement afin de déployer dans l'espace des satellites pour la Défense. Pendant dix ans, ULA aura bénéficié d'un monopole écrasant sur ce marché militaire, qui a généré 75 % de ses revenus.

En somme, si SpaceX a su mettre un pied dans la porte des lancements spatiaux, il l'a surtout fait au détriment des fournisseurs historiques, en les obligeant à partager le gâteau de l'argent public. Ce n'est pas pour rien qu'ULA et SpaceX sont aujourd'hui engagés dans une lutte acharnée pour décrocher de futurs contrats. Avec du retard sur son concurrent, Boeing s'apprête à son tour à revenir sur le marché des vols habités avec sa capsule Starliner. ULA devrait également prendre part à la nouvelle vague d'exploration de la Lune en lançant les tout premiers modules chargés d'acheminer du matériel vers la future station orbitale ou à la surface de notre satellite naturel.

D'autres entreprises récemment installées dans la Silicon Valley ont bien l'intention de décrocher une part de l'eldorado spatial. Parmi elles, le géant de la distribution en ligne, Amazon, et son patron Jeff Bezos, qui prévoit dès les débuts de Blue Origin, sa compagnie de lanceurs fondée en 2000, d'y injecter pas moins de 1 milliard de dollars par an piochés dans sa fortune personnelle. Entre Elon Musk et Jeff Bezos, on ne saurait faire plus différent en termes de style et de stratégie de communication. Quand le premier multiplie les coups d'éclat et prend régulièrement le grand public à témoin de ses ultimatums adressés à l'humanité, agitant le chiffon rouge de la dernière chance pour contraindre le gouvernement américain, le second agit avec pragmatisme et en toute discrétion. Nul rêve de colonisation de la planète

rouge pour Bezos. Lui souhaite plutôt s'imposer dans le tourisme spatial et, au sens large, dans l'installation pérenne des humains dans l'espace.

Quelles que soient les différences entre Musk et Bezos, leur stratégie pour monter en puissance reste finalement assez similaire – Blue Origin compte lui aussi sur le lucratif marché institutionnel pour remplir 25 % de son carnet de commandes –, leur valant de se livrer une bataille sans merci devant les tribunaux. En 2018, SpaceX entame un recours en justice pour avoir été exclu d'un contrat de 500 millions de dollars de l'US Air Force, exclusivement octroyé à Blue Origin. Les équipes d'Elon Musk se consolent lorsque, en août 2020, l'armée américaine rompt son accord avec Blue Origin, trop en retard dans le développement de sa fusée, au profit de SpaceX et de ULA.

Après avoir mis en place une « national team » aux côtés de Lockheed Martin, Northrop Grumman et Draper, des acteurs historiques du spatial américain, Blue Origin se voit à nouveau voler la vedette par SpaceX. En avril 2021, la NASA choisit en effet la société d'Elon Musk pour construire le prochain module d'atterrissage habité, le Starship HLS (Human Landing System) qui déposera à nouveau des Américains sur la Lune. Une décision que Blue Origin conteste. Jeff Bezos va jusqu'à proposer de couvrir 2 milliards de dollars de coûts sur ses propres deniers au cas où l'Agence changeait d'avis. Classée après des mois de bataille judiciaire, la plainte paralysait la collaboration entre la NASA et SpaceX. La guerre des étoiles se mène aussi sur Terre.

### *Redonner du sens à l'Espace*

Si l'on est loin de l'image simpliste de l'entrepreneur ayant révolutionné les coûts d'accès à l'espace en construisant un empire industriel dans un garage à partir de rien, les succès à répétition d'Elon Musk ont suffi à considérablement changer la vision des citoyens et des décideurs politiques vis-à-vis des activités spatiales. Personne ne croyait à ses voitures Tesla : elles se sont largement imposées sur le marché des véhicules électriques. On se moquait de ses fusées réutilisables : toutes les grandes puissances spatiales tentent aujourd'hui de rattraper leur retard en la matière. Le modèle économique des mégaconstellations de satellites consacrées à internet peinait à convaincre : la solution Starlink de SpaceX s'implante aux quatre coins du monde, et on ne compte plus les initiatives concurrentes en la matière. En coupant régulièrement l'herbe sous le pied de ses détracteurs, Elon Musk a instillé l'idée trompeuse selon laquelle les grandes innovations à même de révolutionner le monde peuvent uniquement émerger du secteur privé. Les institutions publiques devraient donc leur laisser le champ libre afin de déployer toute leur énergie et leur force créative.

Désormais, les voix qui s'élèvent pour tenter de redonner un peu de sens et de cohérence aux activités extra-atmosphériques sont très vite rangées dans la catégorie des rabat-joie. Cette nouvelle approche du « New Space » a non seulement tué tout esprit critique, mais elle nous fait également fermer les yeux sur les risques réels portés sur l'utilisation durable du cosmos. L'émergence récente des mégaconstellations de satellites déployés par milliers en orbite basse en est un exemple frappant.

## 2.

# Comment notre ciel a changé en moins de cinq ans

### *Un étrange objet dans le ciel*

Début juillet 2022, allongé dans un transat, une bière à la main et des chips dans l'autre, je m'émerveille devant le ciel étoilé du Sud de la Corse, où j'ai la chance de passer quelques jours de vacances. Vivant à Paris depuis plus de dix ans, j'ai perdu l'habitude de lever les yeux, même si les façades haussmanniennes de la capitale méritent souvent qu'on y attarde le regard. Je prendrai même l'habitude, pendant ces vacances, de me réveiller à 3 ou 4 heures du matin pour contempler le cœur de la nuit, quand le Soleil se trouve tout à fait derrière la Terre. À cette heure-là, on peut rester de très longues minutes devant ce que l'on devine être la Voie lactée, notre galaxie vue par la tranche, une immense bande laiteuse qui concentre la majorité des étoiles visibles sur la toile cosmique.

Je me demande à quoi pouvaient bien penser nos ancêtres devant ce spectacle qui, si splendide soit-il, garde quelque chose d'oppressant. Rien de plus paradoxal, car dans une nuit sans nuage, notre œil traverse l'atmosphère pour voir bien plus loin qu'en plein jour. Il pénètre le vide spatial et va chatouiller des étoiles situées à des milliards de milliards de milliards de kilomètres. Pour autant, cette immensité peut

être ressentie comme une chape de plomb. Face à la nuit, on se sent étrangement seul, suspendu dans le vide cosmique sans aucune branche à laquelle nous raccrocher. La nuit a également cette faculté de nous transformer en philosophe du dimanche. On pense différemment, on soulève des questions existentielles que l'on n'envisagerait jamais de se poser en observant des nuages en plein jour. La nuit est une parenthèse, c'est à peine si elle fait partie de la vie elle-même. Il n'y a rien d'étonnant à ce que la Voie lactée ait fait l'objet de toutes les interprétations mythologiques. Une giclée de lait lorsque Héraclès tira trop fort sur le sein de sa mère ou une trace laissée par un gigantesque incendie pour les Grecs de l'Antiquité. Un fleuve pour les Chinois, un bras de mer céleste dans la langue tahitienne, ou une rivière pour les aborigènes d'Australie. Un chemin des morts pour les Amérindiens. Un chemin pour les oiseaux migrants chez les Estoniens et les peuples de Laponie, les Samis. En somme, la nuit étoilée a cette capacité d'exciter notre imagination.

Mais cette nuit-là, divaguant sur quelque mécanisme céleste et au milieu de considérations pseudo-philosophiques échangées avec des amis curieux, un phénomène bien plus terre à terre me sort brusquement de ma torpeur. Un point lumineux ressemblant à une étoile traverse le ciel nocturne à une vitesse constante et étrangement élevée. Il ne peut s'agir d'un avion, car ils évoluent généralement à plus basse altitude et à moindre vitesse, leurs feux rouges et verts clignotant dans la nuit. Impossible également d'y voir une étoile filante, phénomène éphémère beaucoup plus rapide, qui correspond à l'entrée d'un corps céleste dans l'atmosphère où il se consume en devenant, l'espace d'un instant, une boule de feu visible depuis le sol. Les étoiles, quant à elles, ne se déplacent pas sur la voûte cosmique – tout du

moins pas aussi rapidement, et toujours de concert avec leur voisine. Ce ne sont d'ailleurs pas les étoiles qui se déplacent, mais notre planète qui tourne sur elle-même : le ciel étoilé tout entier donne l'impression d'avoir glissé vers l'ouest entre le crépuscule et l'aube.

Il n'y a alors plus aucun doute : cette trace lumineuse correspond à la trajectoire d'un satellite artificiel. Tout excités à l'idée d'avoir vu quelque chose d'exceptionnel, nous nous mettons à la recherche d'autres satellites, comme des chasseurs d'étoiles filantes en plein mois d'août. Mais nous réalisons vite que ce phénomène n'a rien d'exceptionnel. Pour être plus précis : il n'a *plus* rien d'exceptionnel, car ce type de ballet cosmique était impossible à voir à peine quatre ans plus tôt. Dans le ciel étoilé de Corse, toutes les 2 minutes, un satellite traverse la voûte en une poignée de secondes. Parfois, cinq ou six satellites se suivent en file indienne et à égale distance. Clairement, nous avons compris qu'il faudrait nous habituer à cette nouvelle carte du ciel, comme nos grands-parents se sont habitués, quasiment du jour au lendemain, à voir des avions traverser régulièrement le ciel bleu en laissant derrière eux de longues traînées blanches.

D'un ton que j'espère le moins professoral possible, j'explique à mes amis que, s'ils sont visibles à l'œil nu, c'est que tous ces satellites doivent se trouver à très basse altitude. Par ailleurs, nous les voyons sans doute particulièrement bien en ce début de nuit, à l'heure où le soleil commence tout juste à passer de l'autre côté de la Terre. Les rayons du soleil rasant se réfléchissent sur la surface des satellites et parviennent jusqu'à notre pupille. Dans quelques heures, en plein milieu de la nuit, quand le soleil sera parfaitement caché derrière la Terre, nous ne les verrons probablement plus. La curiosité de mes amis est décuplée lorsque je leur

annonce que tous ces satellites appartiennent à la même personne.

En réalité, n'ayant pu observer une nuit d'été depuis le premier confinement de 2020, c'est la première fois que je vois, matérialisé sous mes yeux, l'un des plus grands projets que le secteur spatial ait connu au cours des dernières décennies : la constellation de satellites Starlink, déployée par Elon Musk, pour Elon Musk. Quelques chiffres suffisent à générer des sueurs froides. En seulement quatre ans, entre mai 2019 et août 2023, SpaceX a lancé dans l'espace plus de quatre mille huit cents satellites consacrés à internet, d'environ 300 kilos chacun et évoluant à très basse altitude, à 550 kilomètres de la surface terrestre. Cela représente près de 40 % de tous les satellites mis en orbite depuis le début de la conquête spatiale, en 1957 ! En réalité, le nombre de satellites actifs évoluant au-dessus de nos têtes suit une progression exponentielle à peine croyable. Ils étaient près de 1 000 en 2010, 1 400 en 2015, 2 000 en 2018. En 2020, 3 300 satellites envoyaient leurs signaux vers la Terre. Ils étaient 4 800 en 2021. Aujourd'hui, ils sont... 7 000 à délivrer au quotidien des services depuis l'espace ! Ce n'est pas fini. D'ici à 2030, les spécialistes s'attendent de manière réaliste à en voir près de 27 000, principalement issus de ce que l'on appelle les mégaconstellations de télécommunications.

Résultat : l'espace a beau être immense, la majeure partie des satellites est désormais concentrée sur une infime bande orbitale, au plus proche de la Terre. Les opérateurs y jouent des coudes, pour profiter pleinement des perspectives économiques que représentent ces constellations composées de centaines, de milliers, voire de dizaines de milliers de satellites. Symbole de l'espace far

west, cette nouvelle ruée vers l'orbite basse révèle une absence de réglementation aux conséquences potentiellement dramatiques.

En effet, le risque d'une collision en chaîne entre satellites n'a jamais été aussi élevé, menaçant de priver durablement l'humanité de l'accès à l'espace. La multiplication des engins spatiaux inquiète également les astronomes du monde entier, qui alertent depuis des années sur la dégradation des conditions d'observation du ciel.

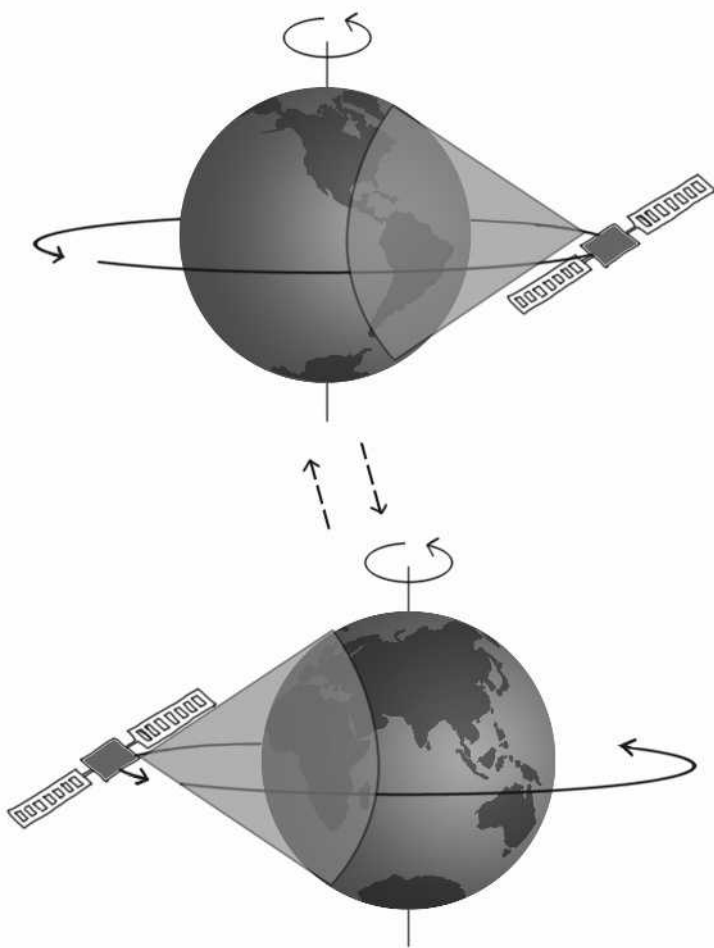
Avant de nous plonger dans cet avenir aux enjeux inouïs, autorisons-nous un détour historique afin de comprendre comment, après plusieurs tentatives infructueuses, les constellations de satellites ont réussi à s'imposer en un temps record au-dessus de nos têtes, prenant tout le monde – agences spatial, scientifiques, grand public – par surprise.

### *Les débuts timides des constellations de satellites*

Cela fait plusieurs décennies que les satellites nous permettent de mieux communiquer. Jusque très récemment encore, tout se passait très loin de la surface terrestre, à 36 000 kilomètres d'altitude, sur ce que l'on appelle l'orbite géostationnaire. Des satellites positionnés à cette distance de la Terre, sur le plan de l'équateur, tournent dans le même sens et à la même vitesse angulaire que notre planète : ils font face à une même zone géographique en permanence. Vus depuis la Terre, ces satellites semblent donc immobiles, ce qui permet de recevoir leurs signaux grâce à une simple antenne fixe.



**SATELLITE GÉOSTATIONNAIRE**  
**ORBITE ÉQUATORIALE**  
(géosynchrone)



Le 26 juillet 1963, la compagnie américaine Hughes Aircraft parvient à maintenir le tout premier satellite de télécommunications, Syncom 2, sur l'orbite géostationnaire au-dessus de l'océan Pacifique. Un an plus tard, Syncom 3 assure la transmission télévisuelle des Jeux olympiques de Tokyo aux États-Unis. Le satellite apparaît comme une solution de remplacement crédible aux câbles sous-marins, ces gigantesques infrastructures utilisées depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle pour acheminer des télécommunications, d'abord télégraphiques puis téléphoniques à partir de 1950. Posés sur les fonds marins, ces câbles restent exposés aux aléas de toutes sortes et n'autorisent que des volumes restreints de transfert de données. Du fait de leur éloignement, les satellites géostationnaires peuvent être contactés depuis quasiment la moitié du globe terrestre. Nuls tempêtes ou tremblements de terre susceptibles de les endommager dans le vide spatial.

Afin d'en optimiser le modèle économique, onze pays unissent leurs forces et fondent en 1964 le consortium intergouvernemental *International Telecommunications Satellite Consortium*, Intelsat. Le premier satellite d'Intelsat, baptisé Early Bird, est lancé en avril 1965. D'une masse de 65 kilos seulement, il permet de gérer quatre cent quatre-vingts communications téléphoniques simultanées. La troisième génération Intelsat III permet d'assurer pour la première fois une couverture complète de la planète à partir de mai 1969. Beaucoup plus puissants, ils gèrent simultanément mille deux cents circuits téléphoniques ou quatre chaînes de télévision. En 1973, Intelsat compte déjà quatre-vingts pays signataires. De nombreux opérateurs de télécommunications privées émergent aux quatre coins du monde.

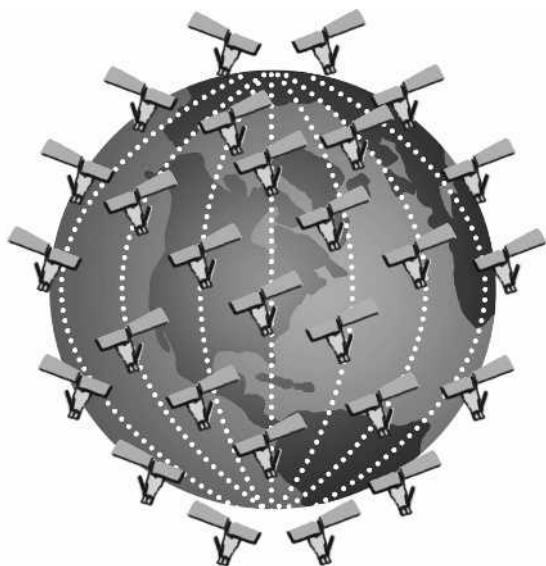
Mais cette lune de miel est de courte durée. En 1988 est inauguré le premier câble transatlantique utilisant la fibre optique, une nouvelle technologie offrant un débit d'information nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux classiques. Sa capacité, qui atteint quarante mille liaisons (à comparer aux quarante-huit liaisons du premier câble transatlantique inauguré en 1956) et la progression de la couverture assurée par des antennes relais terrestres, annoncent la fin de la supériorité des satellites sur le marché des appels à longue distance, dont le coût les réserve à une élite. La vingtaine de satellites de télécommunications déployés chaque année dans les années 1990 et 2000 se contentent principalement de diffuser des programmes de télévision. Le développement massif d'internet et des objets connectés dans les années 2010 va considérablement changer la donne.

En 2005, le premier satellite entièrement dédié à l'internet, iPSTAR-1, est placé sur l'orbite géostationnaire pour le compte de l'opérateur thaïlandais Thaicom. D'autres lui emboîtent le pas. À nouveau, le recours au satellite se révèle particulièrement pertinent là où l'installation de la fibre terrestre s'avère trop complexe ou coûteuse, voire impossible : les zones rurales faiblement peuplées, les déserts, mais aussi les véhicules tels que les trains, les bateaux ou les avions. Mais très vite, les opérateurs sont confrontés à un problème majeur directement lié à la nature de l'orbite en question : la latence. Une requête d'un utilisateur sur Terre devra en effet parcourir 36 000 kilomètres pour atteindre un satellite géostationnaire, et la réponse lui parviendra une fois que le signal aura à nouveau parcouru le chemin retour. Un échange d'informations entre la Terre et le satellite nécessitera donc en moyenne 600 millisecondes. Ce temps de latence peut sembler imperceptible à notre échelle humaine, il peut être très handicapant pour certaines applications,

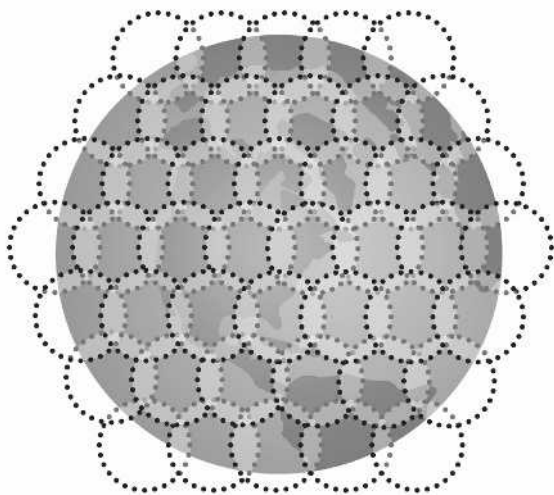
notamment les jeux vidéo en réseau. D'autant que la latence de la fibre optique terrestre est quant à elle quasi nulle.

Pour remédier à ce phénomène, les opérateurs ont imaginé de rapprocher les satellites de notre planète, pour les placer en orbite basse, typiquement entre 400 et 1 200 kilomètres d'altitude, divisant la durée de l'aller-retour par 20. De telles orbites ont longtemps été utilisées par des satellites d'observation. Mais à la différence de l'orbite géostationnaire, les orbites basses ne sont pas synchrones avec la rotation de la Terre : les satellites bouclent chaque révolution en 1 heure 30 (contre 24 heures pour la Terre) et ne réalisent ainsi que de très brefs passages au-dessus d'une zone spécifique. Par ailleurs, au même titre que le halo d'une lampe torche rétrécit à mesure qu'on la rapproche d'une surface, un satellite en orbite basse couvrira une zone géographique bien plus restreinte qu'un satellite à 36 000 kilomètres d'altitude. Lorsque trois satellites géostationnaires suffisent pour couvrir l'ensemble du globe, il faut en prévoir des centaines, voire des milliers, en orbite basse, défilant dans toutes les directions à une fréquence élevée. Par ailleurs, sous cette gigantesque toile d'araignée entourant la Terre, un réseau complexe d'antennes au sol doit capter en permanence le signal des nombreux satellites durant leur passage au dessus d'elles.

Enfin, tout satellite en orbite utilise en permanence un peu de carburant pour rectifier sa trajectoire en raison des instabilités du champ gravitationnel de la Terre, qui n'est pas parfaitement sphérique, ainsi que de l'attraction du Soleil et de la Lune. Sur une orbite géostationnaire, un satellite embarque généralement suffisamment de carburant pour se maintenir pendant une dizaine, voire une quinzaine d'années. En orbite basse, les satellites doivent également lutter contre des frottements générés par les quelques



**Constellation de satellites en orbite basse**



**Couverture d'une constellation de satellites en orbite basse**

molécules d'air qui subsistent à ces altitudes. Plus petits, ils ont de surcroît tendance à embarquer moins de carburant. Résultat : leur durée de vie se situe entre quatre et sept ans, d'où la nécessité de les remplacer plus régulièrement.

Malgré toutes ces contraintes, des ingénieurs de la société américaine Motorola proposent dès la fin des années 1980 de déployer des constellations de satellites pour la téléphonie mobile. L'objectif est alors d'assurer une couverture des océans et de régions faiblement peuplées. En 1991, Motorola crée Iridium, en référence aux soixante-dix-sept satellites qui composeront la future constellation (77 correspond au numéro atomique de l'iridium). Sept milliards de dollars sont levés pour créer l'infrastructure terrestre et spatiale nécessaire. Les satellites sont envoyés à une altitude de 780 kilomètres sur une orbite passant tout près des pôles, bouclant une rotation complète en 100 minutes, et permettent de couvrir l'ensemble de la surface terrestre.

Très vite, les sociétés opérant des constellations de satellites sont frappées du même syndrome : problèmes techniques à répétition, nombre de clients insuffisants et caisses vides les précipitent les unes après les autres vers la faillite. Preuve de la pression implacable exercée par les nouveaux réseaux terrestres, Iridium comptabilisait cinquante-cinq mille abonnements au lieu des cinq cent mille nécessaires pour assurer son modèle économique. Clairement, les constellations de satellites ne sont pas parvenues à trouver leur place. Jusque très récemment.

### *La renaissance des constellations*

Cap Canaveral, États-Unis, après-midi du 29 mars 2023.  
L'allumage des moteurs de la fusée Falcon 9 fait l'effet d'une

allumette en pleine combustion, relâchant d'épais panaches de fumée. Le bolide s'élançait fièrement dans l'espace, traversant en une poignée de secondes un ciel bleu azur parsemé de quelques nuages. L'image est époustouflante et ferait oublier qu'une heure plus tard, cinquante-six satellites seront déployés par la fusée à quelques centaines de kilomètres au-dessus de nos têtes. Cette scène, les habitants de Californie ou de Floride ont pu l'apprécier à soixante-dix-huit reprises, et nul doute que ce nombre aura largement augmenté depuis l'écriture de ces lignes. L'avènement des constellations consacrées à internet, déployées à tour de bras en des temps records, constitue la plus grande révolution que l'industrie spatiale a connue depuis des décennies.

Les usages réclamant une connectivité à internet fiable, sécurisée, résiliente, disponible à tout moment et en tout point du globe ont explosé ces dernières années. Les communications entre objets connectés ou le développement de nouveaux secteurs digitalisés tels que la santé, les médias ou les transports, sans parler des usages à venir que nous ne connaissons pas encore, réclament des capacités de transfert de données mobiles toujours plus massives.

Les opérateurs des réseaux terrestres ont déjà bien compris cette nouvelle demande avec le déploiement, en France et ailleurs, du réseau de télécommunications 5G. Avec un débit jusqu'à dix fois plus élevé que la 4G, la technologie 5G utilise une bande de fréquence plus haute : 3,5 GHz pour la couverture en téléphonie mobile, puis, les années suivantes, 26 GHz essentiellement pour la communication entre objets connectés. Cependant, plus la fréquence est haute, plus la portée des ondes est courte. Les ondes se propagent moins loin et sont facilement bloquées par des obstacles (les arbres, les murs d'habitation...) nécessitant l'installation de nombreuses antennes relais.

Par ailleurs, les câbles sont soumis comme jamais auparavant à divers aléas pouvant entraîner des dommages plus ou moins graves : catastrophes climatiques, mais aussi... conflits géopolitiques. De fait, en reliant physiquement les pays entre eux, les quelque quatre cent trente tubes d'acier, de cuivre et de plastique protégeant la fibre optique et passant au fond de l'Atlantique, du Pacifique ou de la Méditerranée, dépendent fortement des bonnes – et des mauvaises – relations entre pays. En 2014, la Russie était ainsi accusée d'avoir coupé des câbles terrestres lors de l'annexion de la Crimée. En septembre 2021, l'un de ses navires scientifiques, soupçonné d'être un bateau espion, a été repéré au large de la Normandie puis escorté par la Marine nationale en dehors des eaux territoriales françaises. Depuis l'invasion de l'Ukraine par la Russie, ce risque de sabotage est pris très au sérieux par les services de renseignement français, surtout lorsque l'on sait que 99 % de nos communications actuelles reposent sur ces réseaux terrestres. Nul problème de la sorte avec les satellites, qui peuvent être gérés de bout en bout de façon souveraine par des sociétés privées ou des États. Ainsi, en février 2022, l'armée française a simulé une coupure de câbles entre les Antilles et l'Hexagone : exercice destiné à déployer des moyens de communication alternatifs *via* les satellites. En mai 2022, plus de cent cinquante mille Ukrainiens étaient connectés à internet grâce aux satellites Starlink qu'Elon Musk avait mis à leur disposition.