

**CONCOURS INTERNE  
DE BIBLIOTHÉCAIRE TERRITORIAL**

**SESSION 2023**

**ÉPREUVE DE NOTE**

**ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :**

**Rédaction d'une note de synthèse, établie à partir d'un dossier portant au choix du candidat exprimé au moment de l'inscription :**

- **soit sur les lettres et les sciences humaines et sociales ;**
- **soit sur les sciences exactes et naturelles et les techniques ;**
- **soit sur les sciences juridiques, politiques ou économiques.**

Durée : 3 heures

Coefficient : 2

**SCIENCES JURIDIQUES, POLITIQUES OU ÉCONOMIQUES**

**À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :**

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- ♦ Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

**Ce sujet comprend 31 pages.**

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend  
le nombre de pages indiqué.**

*S'il est incomplet, en avertir le surveillant*

Vous êtes bibliothécaire territorial au sein de la médiathèque de la commune de Cultureville.

La directrice de la médiathèque vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à l'aide des documents joints, une note sur les nouveaux enjeux de la conquête spatiale.

### Liste des documents :

- Document 1 :** « La conquête spatiale peut-elle rassembler les ressortissants de l'Union Européenne ? » - Arnaud SACLEUX - *nationalgeographic.fr* - 25 janvier 2019 - 2 pages
- Document 2 :** « Face à la décision russe de quitter l'ISS après 2024, la NASA se tient prête » - Margot HINRY - *nationalgeographic.fr* - 10 août 2022 - 3 pages
- Document 3 :** « SpaceX, Virgin Galactic... Voici ce que vous réserve le tourisme spatial dans les années à venir » - Martin GABRIEL - *capital.fr* - 29 septembre 2020 - 5 pages
- Document 4 :** « Faut-il développer la place du privé dans la conquête spatiale ? » - Enzo DUBESSET - *la-croix.com* - 14 mars 2022 - 2 pages
- Document 5 :** « Artemis : objectif Lune, et plus si infinité » - Anna MUSSO - *humanite.fr* - 2 septembre 2022 - 1 page
- Document 6 :** « L'espace, un quasi-vide juridique » - Enzo DUBESSET - *la-croix.com* - 30 août 2021 - 2 pages
- Document 7 :** « La Lune constitue un lieu d'acquisition des compétences pour aller demain vers Mars et au-delà » - Clarisse ANGELIER et Alban GUYOMARC'H - *lemonde.fr* - 3 septembre 2022 - 2 pages
- Document 8 :** « Les principes du droit de l'espace : pour un espace sacralisé » - Frédéric FORSTER - *alain-bensoussan.com* - 8 novembre 2018 - 5 pages
- Document 9 :** « Avons-nous besoin d'humains dans l'espace ? » - Donald GOLDSMITH et Martin REES - *La Recherche n° 560* - juin 2020 - 7 pages

### Documents reproduits avec l'autorisation du C.F.C.

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

## DOCUMENT 1

www.nationalgeographic.fr – publication 25 janvier 2019

### **La conquête spatiale peut-elle rassembler les ressortissants de l'Union Européenne ?**

Un récent sondage concernant l'Agence spatiale européenne (ESA) montre que la recherche spatiale fédère beaucoup d'Européens et que ses enjeux sont connus de tous.  
DE Arnaud SACLEUX



90 % des Européens estiment la recherche spatiale essentielle en termes de communications, de technologie et de transports.

PHOTOGRAPHIE DE **GETTY IMAGES VIA ISTOCK**

Le sondage a été réalisé par l'agence Harris Interactive en décembre 2018, dans cinq pays européens : la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Espagne et l'Italie. C'est d'une voix presque unanime, soit 90 % des sondés, que les Européens affirment avoir une vision positive des activités spatiales. Pour eux, la recherche permet de mieux comprendre notre univers, d'observer notre planète ainsi que les changements qu'elle subit, comme le réchauffement climatique et d'améliorer nos conditions de vie sur Terre en termes de technologie, de transports et de communications. Jan Wörner, à la tête de l'ESA interrogé par *National Geographic*, réagit à ce sondage.

#### **L'ESA : 76 MISSIONS AU COMPTEUR**

« 83 % des personnes interrogées connaissent l'ESA, mais seulement 37 % disent savoir précisément ce que c'est » indique le sondage. Seuls quatre Européens sur dix sont au fait des activités de l'agence « même si beaucoup d'entre eux ont entendu parler » commente l'agence sur son site. Pourtant, l'ESA a participé à 76 missions depuis sa création en 1975, dont certaines ont grandement fait avancer la science.

En 1990, elle participe notamment au projet Hubble, un télescope spatial utilisé pour l'observation des ultraviolets et des infrarouges. Il est l'un des plus grands projets scientifiques à ce jour. En partenariat avec la NASA, l'ESA a joué un rôle capital dans ce projet : elle a notamment fourni la Faint Object Camera, les deux premières ailes solaires de l'engin spatial, ainsi qu'une équipe de scientifiques et d'ingénieurs au Space Telescope Science Institute de Baltimore. Cette contribution a d'ailleurs permis aux Européens de disposer de 15 % du temps d'observation avec le télescope.

En 2018, en coordination avec l'agence spatiale japonaise JAXA, elle participe au projet BepiColombo, l'une des missions fondamentales de l'ESA qui consiste à étudier et à comprendre la composition, la géophysique, l'atmosphère, la magnétosphère et l'histoire de Mercure, qui est à ce jour la planète la moins explorée de notre système solaire. La mission permet aujourd'hui d'avoir une meilleure compréhension de Mercure.



L'agenda de l'ESA est chargé, avec plusieurs missions capitales à venir. En 2022, le déploiement de la mission Juice permettra d'ici 2029 d'observer Jupiter et ses 3 lunes, Ganymède, Callisto et Europa. La même année, la mission Flex permettra à l'ESA d'observer l'état de notre flore mondiale et des conséquences du réchauffement climatique notamment. En 2026 également, la mission Plato permettra à l'ESA de repérer des planètes au-delà de notre système solaire. « C'est vraiment une période passionnante pour nous : l'exploration est en plein essor avec les missions d'exoplanètes, une avancée vers la Lune avec Mars en tête, une nouvelle approche du transport spatial, l'extension des services spatiaux... » nous confie Jan Wörner.

### **LES ÉTATS-UNIS ET LA RUSSIE : LEADERS INCONTESTÉS DE L'ESPACE**

Avec 76 missions à son actif depuis sa création, l'ESA est la troisième agence spatiale au monde, devant la CNSA, l'agence spatiale chinoise. Les personnes interrogées en sont conscientes, puisqu'elles estiment l'ESA en avance sur la CNSA. Les deux puissances historiques que sont la NASA, l'agence américaine, et ROSCOSMOS, l'agence russe, restent néanmoins les deux leaders mondiaux en termes de recherche et de conquête spatiale. Pour asseoir un peu plus la puissance européenne dans le domaine spatial, les Européens s'accordent à dire selon le sondage qu'une mise en commun des ressources nationales en faveur d'un projet commun européen serait bénéfique.

« Je suis absolument convaincu que la coopération est la clef du succès des activités spatiales modernes. C'est ce que nous voyons à l'ESA : la mise en commun des ressources de nos États membres signifie davantage de moyens pour d'excellents programmes, bénéficiant à tous en aval. Cela signifie également que nous amenons des Européens de différentes cultures à travailler ensemble et à se concentrer sur le succès collectif plutôt que sur leur seul intérêt » indique Jan Wörner. « En termes de capacités et d'ambition, l'ESA tire parti de la mise en commun des ressources de ses États Membres, ce qui signifie que nous pouvons compter sur une puissance de feu beaucoup plus grande qu'au niveau national. Et quand vous pouvez compter sur des ressources beaucoup plus grandes, vous pouvez rêver plus grand ».

nationalgeographic.fr – publication du 10 août 2022

## Face à la décision russe de quitter l'ISS après 2024, la NASA se tient prête

Alors que la Russie annonce un départ anticipé de la Station spatiale internationale, la NASA aurait réfléchi, de son côté, à des plans d'urgence si l'alliance venait à être rompue brutalement.

DE MARGOT HINRY



La station spatiale internationale vue de l'espace.  
PHOTOGRAPHIE DE ESA

D'après les récentes annonces du nouveau patron de l'agence spatiale russe Roscosmos, Iouri Borissov, la Russie se retirera de la Station spatiale internationale après 2024. Bien que cette dernière soit encore fonctionnelle jusqu'en 2030 d'après les estimations de la NASA, la décision russe semble être définitive, sans être précisément définie dans le temps.

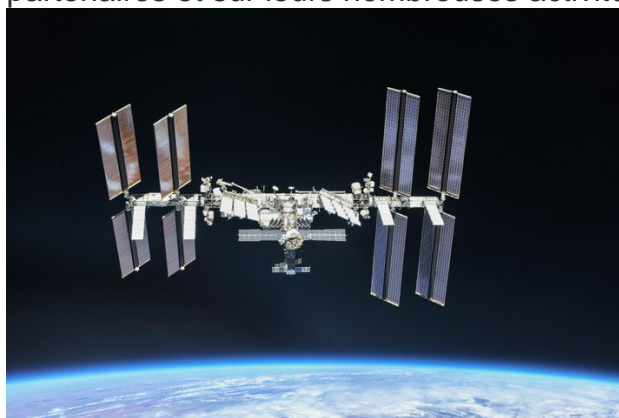
Lors d'une rencontre avec le président russe, le patron de l'agence spatiale a précisé que toutes leurs obligations à l'égard de leurs partenaires seraient « sans doute » remplies. Cette nouvelle rejoint celle de l'annonce de la construction d'une nouvelle station orbitale 100 % russe. Selon le vice-président de la Société astronomique de France (SAF) il n'y a « aucune surprise dans l'annonce russe, qui souhaite depuis longtemps construire une nouvelle station spatiale 100 % nationale ». Pourtant, ces différentes prises de décisions suscitent un questionnement général compte tenu du financement de ces opérations face au climat international et politique actuel. Les tensions entre la Russie et le reste du monde restent très vives en raison de l'offensive russe en Ukraine depuis plusieurs mois.

D'après Vitali Egorov, un analyste spatial russe « avec le financement le plus généreux, cela prendra au moins dix ans » afin de construire une station orbitale entièrement russe. Le climat mondial étant très tendu, la NASA assure ses arrières tout en exprimant une vive volonté de conserver cette alliance. Washington jugerait la décision « regrettable » de rompre cette « précieuse collaboration ».

Selon les informations récoltées par Reuters, face aux tensions grandissantes avec Moscou, bien avant l'invasion de l'Ukraine, la NASA avait lancé un travail d'élaboration de scénarios de plans d'urgence pour l'ISS. « Les plans élaborés par les responsables américains prévoient des moyens de retirer tous les astronautes de la station si la Russie devait la quitter brusquement, de la faire fonctionner sans le matériel crucial fourni par l'agence spatiale russe et de se débarrasser potentiellement du laboratoire orbital des années plus tôt que prévu, selon trois des sources, qui ont toutes demandé à ne pas être identifiées ».

### UNE STATION INTERNATIONALE DÉPENDANTE DES SUPERPUISSANCES

Techniquement, la Station spatiale internationale a été conçue en interdépendance des deux superpuissances. « L'ensemble a été conçu pour être mené et opéré en commun sur des bases de coopération et de coordination permanentes et solidaires. Il est difficile de croire qu'une telle situation se produise sans impact sur les autres partenaires et sur leurs nombreuses activités » affirme Gilles Dawidowicz.



Sur ce cliché datant d'octobre 2018 pris par trois membres quittant la Station spatiale internationale, on aperçoit cette dernière planant au-dessus de la Terre et de sa fine atmosphère bleue. Réussite technologique et diplomatique, l'ISS fait vivre et travailler en orbite des astronautes sans interruption depuis le 2 novembre 2000.

PHOTOGRAPHIE DE ROSCOSMOS, NASA

À ce jour, la Russie joue un rôle central dans le maintien en orbite de la station. Ce rôle aurait été historiquement le plus souvent confié à la puissance russe, d'après le vice-président de la SAF. « L'ISS perd entre 25 et 50 mètres d'altitude chaque jour. C'est un chiffre qui varie notamment en fonction de l'activité solaire, entraînant une dilatation plus ou moins grande de l'atmosphère. Ce mouvement d'usure de l'orbite ne peut que s'accélérer si on le laisse agir, car l'atmosphère devient plus dense à mesure que l'altitude diminue. Ainsi, l'ISS doit effectuer des manœuvres de rehaussement d'orbite tous les un à deux mois environ, en utilisant soit les moteurs du module de service du segment russe Zvezda, soit les moteurs d'un véhicule de ravitaillement automatique amarré à la station, suivant l'axe principale de celle-ci (les cargos russes Progress, les anciens cargos européens ATV et désormais les cargos américains Cygnus) ».

Les missions actuelles de la Russie pour la station spatiale internationale sont nombreuses et ne se limitent pas au rehaussement mensuel de l'orbite. Il s'agit également de l'envoi « d'équipages et de ravitaillement (nourriture, oxygène, pièces de maintenance, carburant, vêtements propres, matériels scientifiques...) vers la station, mais aussi le contrôle d'attitude de la station, la gestion d'une partie de sa maintenance, sa sécurité, etc. », énumère l'expert.

La NASA anticipe également ce départ imprécis pour éviter des complications et des coûts généraux. « Ce serait assurément plus compliqué au quotidien. [...] De fait, cela

coûterait plus cher aux autres partenaires, à savoir États-Unis, Europe, Canada et Japon » précise le vice-président de la Société astronomique de France (SAF).

L'invasion de l'Ukraine bouleverse « la coopération spatiale internationale » et face aux différentes sanctions prises par l'Occident à l'égard du pays de Vladimir Poutine, ces annonces sonnent comme une réplique stratégique « au moins pour des aspects de politique intérieure », affirme Gilles Dawidowicz.

Cependant, côté russe, l'abandon ou non de l'ISS « ne changera pas grand-chose à son programme spatial qui est toujours ambitieux et créatif mais qui reste plombé par des lourdeurs administratives, de gros problèmes de financement, des soucis de corruption et enfin par le blocus qui, malgré tout, ralentit la fourniture de certains composants électroniques essentiels », conclut l'expert.

## SpaceX, Virgin Galactic... Voici ce que vous réserve le tourisme spatial dans les années à venir

Par **Martin Gabriel**

capital.fr - publié le 29/09/2020

Exit les tours du monde en yacht et autres safaris en 4x4 Mercedes ; les ultra-riches rêvent aujourd'hui d'espace. Un fantasme rendu possible par la multiplication des offres de tourisme spatial ces dernières années. Et quoi de mieux qu'un milliardaire pour animer ces voyages surréalistes ? L'émulation instaurée par la concurrence entre quelques sociétés spatiales privées, souvent possédées par des dirigeants de la tech, a permis de nombreuses avancées techniques — notamment le recyclage de pans entiers de fusées utilisées lors de précédentes missions. Sans s'exalter jusqu'à évoquer la "démocratisation" de l'espace, ces progrès mettent fin à l'omnipotence des agences spatiales étatiques : l'extraterrestre n'est plus réservé aux astronautes professionnels.

Le tourisme spatial désigne un voyage dans l'espace dont l'intérêt n'est ni politique, ni scientifique, ni commercial — le déploiement de satellites pour la téléphonie mobile présente par exemple un intérêt commercial. En réalité, de telles expéditions au-delà de l'atmosphère terrestre existent déjà depuis deux décennies. **Avant l'arrivée des sociétés spatiales privées, l'agence spatiale Russe Roscosmos était la seule à en proposer.** Elle enverra encore deux personnes dans l'espace en 2021. Et, grâce à elle, sept privilégiés ont ainsi déjà pu admirer de plus près la courbure de notre planète et l'infinie noirceur qui l'entoure. Tous sont partis entre 2001 et 2009, avant que les Etats-Unis ne mettent leur navette spatiale à la retraite. Le vaisseau russe Soyouz se retrouvant seul à pouvoir rejoindre l'ISS, il n'y avait plus vraiment de place pour un touriste.

Le premier touriste spatial est Dennis Tito. En 2001, alors âgé de 60 ans, cet Américain a passé huit jours sur l'ISS en compagnie des meilleurs scientifiques du monde entier. On estime aujourd'hui qu'il aurait déboursé 20 millions d'euros pour ce billet.

Peu économes en ressources et en matériel, les expéditions spatiales restent en effet inaccessibles au commun des mortels. Et quand bien même vous auriez quelque fortune, certaines de ces offres ne s'adressent qu'aux ultra-riches : comptez plusieurs centaines de milliers d'euros pour une brève expérience de l'apesanteur aux confins de l'espace, et plusieurs millions pour la semaine sur l'ISS en pension complète. La visite guidée autour de la Lune organisée par Elon Musk ne sera accessible qu'aux multimilliardaires... Le plus abordable — toute proportion gardée — est sans doute la croisière stratosphérique de la startup occitane Zephalto, qui proposera en 2024 un vol à 25 kilomètres d'altitude.

Si vous n'êtes ni astronaute ni millionnaire, une solution existe toutefois : Deadline rapporte qu'une télé-réalité dont le gagnant remporterait un billet pour l'ISS serait en projet. Baptisée "Space Hero", l'émission ferait s'affronter les candidats dans des tests physiques et intellectuels. La retransmission serait mondiale et les téléspectateurs auraient la possibilité de voter pour l'aspirant le plus méritant. L'heureux élu décollerait en 2023 avec SpaceX, en collaboration avec Axiom Space, et son séjour de 10 jours serait intégralement filmé pour en faire un documentaire. En attendant, **voici les nouveaux projets les plus aboutis du tourisme spatial :**

### **Virgin Galactic promet de faire voler les touristes spatiaux à 100 km d'altitude à bord du SpaceShipTwo**

La société de Richard Branson mise sur le vol suborbital — c'est-à-dire ayant une vitesse suffisante pour atteindre 100 km au-dessus de la surface de la Terre (frontière en la Terre et l'espace, ou ligne de Kármán), mais inférieure à la vitesse requise pour entrer en orbite autour d'un astre — la vitesse de satellisation autour de notre planète est de 28 440 km/h .

### **Un énorme avion larguera un vaisseau supersonique à 15 km d'altitude**



Le déroulement du vol diffère grandement du projet de Blue Origin, où les passagers sont placés dans une capsule au sommet d'une fusée. Virgin Galactic entend plutôt se servir de deux avions : le premier, Eve, est un énorme avion qui transporte le VSS Unity — dernier vaisseau de la gamme SpaceShipTwo. Il est chargé de lui faire prendre de la vitesse jusqu'à 15 km d'altitude. Le VSS Unity se détache alors d'Eve et allume son réacteur pour atteindre l'espace à une vitesse supersonique, avec une accélération de 3,5 g.

### **Les passagers pourront apprécier plusieurs minutes en apesanteur**



L'intérieur de la cabine du SpaceShipTwo. - Virgin Galactic 2020

Une fois l'altitude souhaitée atteinte — entre 80 et 110 km d'altitude —, le VSS Unity coupe son réacteur. Les passagers pourront alors faire l'expérience de l'apesanteur pendant quelques minutes, le temps que l'avion chute jusqu'à une altitude où l'air est suffisamment dense pour qu'il puisse déployer ses ailes et avoir de la portance. L'avion termine alors sa course à la manière d'un planeur, pour atterrir au "Spaceport America", au Nouveau-Mexique (Etats-Unis).

### **Il faudra déboursier 250 000 dollars pour s'envoler avec Virgin Galactic**

Le prix du billet est connu : Business Insider révélait fin 2019 qu'il faudrait déboursier 250 000 dollars pour prendre place à bord du SpaceShipTwo. La société de Richard Branson prévoit d'effectuer des vols de 90 minutes toutes les 32 heures dès 2023, avec six places pour les clients en plus des deux pilotes. Plus de 600 personnes ont déjà réservé un billet, dont les acteurs américains Ashton Kutcher et Leonardo DiCaprio, le chanteur canadien Justin Bieber et la pop-star new-yorkaise Lady Gaga.

Le tout premier touriste spatial devrait en revanche s'envoler dès le premier trimestre 2021. C'est ce qu'a annoncé la société en août. Richard Branson lui-même devrait embarquer à bord du SpaceShipTwo pour ce vol inaugural. La première mission habitée, prévue le 22 octobre, n'impliquera que les pilotes et quatre "spécialistes de mission", rapporte CNBC.

### **Blue Origin pourrait bientôt proposer des vols suborbitaux de 10 minutes à bord de sa fusée New Shepard**



La fusée réutilisable de Blue Origin, New Shepard

Fondée en 2000, la société spatiale de Jeff Bezos a pour objectif premier de démocratiser l'accès à l'espace. En parallèle d'autres projets — la mission Artemis en collaboration avec la Nasa pour renvoyer des hommes sur la Lune, notamment —, Blue Origin développe la fusée New Shepard, destinée entre autres au tourisme spatial.

Comme Virgin Galactic, la fusée devrait permettre à Blue Origin proposer des vols suborbitaux. La technique diffère toutefois grandement : le projet de Richard Branson s'appuie sur un énorme avion qui largue un vaisseau spatial à haute altitude. Ici, il s'agit d'une fusée classique, avec une capsule à sa tête.

## Six passagers pourront embarquer dans une capsule de 15 m<sup>2</sup>



Blue Origin

New Shepard devrait permettre à six passagers, entassés dans une capsule de 15 m<sup>2</sup>, d'embarquer pour la lisière de l'espace. Comme la fusée Starship de Space X, le lanceur de Blue Origin est conçu pour décoller et atterrir à la verticale. Afin de réduire les coûts, la société de Jeff Bezos est parvenue à ce que la fusée et la capsule soient réutilisables.

**Le prix n'a pas encore été communiqué par la société, mais devrait atteindre plusieurs centaines de milliers d'euros**



Blue Origin

Le projet est aujourd'hui bien avancé et l'entreprise devrait bientôt effectuer des vols suborbitaux habités, ultime étape avant la commercialisation prévue en 2021. Si la société n'a pas donné de réelle indication de prix, le billet devrait coûter plusieurs centaines de milliers d'euros. Pour une expérience d'environ 10 minutes, ascension et descente comprises.

## Elon Musk et SpaceX multiplient les projets de tourisme spatial



Une illustration de la capsule Crew Dragon se détachant de la fusée Falcon 9.

SpaceX a noué un partenariat avec Space Adventures en février 2020, une entreprise spécialisée dans le secteur qui avait envoyé le premier touriste spatial sur l'ISS en 2001. "Cette mission Dragon va être une expérience spéciale et l'opportunité d'une vie — capable d'atteindre deux fois l'altitude atteinte par n'importe quel astronaute civil ou visiteur de la Station spatiale", se félicite le patron de Space Adventures dans un communiqué.

## **Avec son partenaire Space Adventures, la société spatiale entend proposer un voyage bien plus loin dans l'espace**

Les partenaires voudraient en effet proposer une expérience bien plus aboutie que Blue Origin et Virgin Galactic, qui se limitent à envoyer des touristes aux confins de l'espace, à 100 kilomètres d'altitude. Peu de détails ont fuité sur le projet, mais SpaceX et Space Adventures prévoiraient de propulser les clients à 800 kilomètres d'altitude... Un sacré défi : les conditions — la température, la pression et la pesanteur — sont encore plus hostiles au-delà de l'ISS, qui ne se situe qu'à 400 kilomètres de la surface de la Terre.

La réussite du premier aller-retour habité vers l'ISS ouvre tous les possibles pour SpaceX. La société pourrait commercialiser des vols touristiques à bord de sa capsule Crew Dragon, qui a amené les astronautes de la Nasa sur la Station spatiale. Grâce à la réutilisation de nombreuses pièces de ses fusées, la société spatiale peut réduire considérablement le coût de ses lancements. Premier pas vers la démocratisation des vols commerciaux, et vers le tourisme spatial.

### SpaceX a également l'intention d'envoyer des touristes autour de la Lune...

L'entreprise, qui a été choisie par la Nasa avec Blue Origin pour concevoir les prochains vaisseaux qui se rendront sur la Lune, entend également commercialiser des vols vers notre satellite naturel. L'entreprise aurait d'ailleurs déjà vendu deux places à bord de la Big Falcon Rocket — qui devrait mesurer 118 mètres de haut — au milliardaire et collectionneur d'art japonais Yusaku Maezawa. Il devrait être accompagné de huit artistes. Le voyage était initialement prévu pour 2023.

### La société spatiale d'Elon Musk collabore aussi avec Axiom Space pour concevoir un 'hôtel spatial'



Axiom Space

En partenariat avec Axiom Space, SpaceX devrait également utiliser sa capsule Crew Dragon pour permettre à des touristes spatiaux d'effectuer des séjours d'une semaine sur l'ISS. Un "hôtel spatial" comprenant huit couchettes construit par Thalès Alenia devrait être rattaché à la station à partir de 2024, pour s'en détacher à la mise en retraite de cette dernière. Le coût pour un tel séjour est à la hauteur de la démesure du projet : le New York Times avance la somme de 55 millions d'euros. Cliquez ici pour en découvrir l'aspect de la nouvelle station conçue par Philippe Starck.

Pour servir de base à tous ces projets, SpaceX voudrait même créer un véritable "resort" — le premier "port spatial du 21e siècle" — à Boca Chica, au Texas.

### Avec son ballon Céleste, l'entreprise française Zephalto devrait proposer des croisières dans la stratosphère



Zephalto

La startup basée au Pouget, dans l'Hérault, prévoit d'envoyer des passagers en croisière dans la stratosphère, à 25 kilomètres d'altitude. Ici, point de fusée supersonique : Zephalto réinvente

le ballon, apparu au XVIIe siècle ! Baptisé Céleste, il vole grâce à des panneaux solaires qui compriment l'air du ballon.

Une altitude suffisante pour "observer la courbure de la Terre et la noirceur de l'espace", explique l'ingénieur Vincent Farret d'Astières, fondateur de Zephalto et pilote du ballon, qui travaille sur ce projet depuis 2012. Il a décrit Céleste sur France Bleu : "Pour l'instant c'est un beau bébé de 70 mètres de haut avec un grand ballon au-dessus. Il est translucide, juste en dessous la nacelle type montgolfière avec les pilotes et tout l'espace de vie. L'autre ballon situé au-dessous est rempli d'air. Quand on comprime de l'air, il prend de la masse et donc nous pouvons descendre ou monter au choix".

#### **Le projet de la startup française devrait aboutir en 2024**

Zephalto vient de réussir un premier vol d'essai, le 21 août. Le ballon a parcouru 300 kilomètres en quatre heures. Les premières croisières avec des passagers sont prévues pour 2024. Le prix n'a pas encore été communiqué par la startup, mais son fondateur promet des tarifs "accessibles". Comptez tout de même quelques milliers d'euros. Si vous êtes intéressés, vous pouvez d'ores et déjà vous inscrire pour être informé du lancement des préventes.

## Faut-il développer la place du privé dans la conquête spatiale ?

la-croix.com

Le succès de SpaceX, la firme du milliardaire américain Elon Musk, séduit les gouvernements, tentés de s'appuyer sur des partenaires privés plutôt que de financer des programmes spatiaux publics.

Propos recueillis par Enzo Dubesset, le 14/03/2022



Lancement d'un satellite Starlink par SpaceX, le 9 mars 2022 à Cap Canaveral, en Floride

**« L'investissement dans le privé ne doit pas se faire au détriment du public »**

*François Forget est Astrophysicien et spécialiste de l'exploration spatiale au CNRS.*

Jusque-là, l'espace était pensé au service des hommes, dans un but scientifique. Mais depuis le succès de SpaceX, de plus en plus de sociétés proposent des services et des projets purement commerciaux. L'explosion de ces activités commerciales risque de poser des problèmes techniques, comme le fait de créer davantage de débris ou d'accroître la pollution lumineuse – c'est déjà le cas avec le projet Starlink qui entrave le travail des astronomes.

Surtout, cette nouvelle conception de l'accès à l'espace est parfois choquante. Certaines start-up ont évoqué l'idée qu'on puisse mettre des publicités en orbite. Citons aussi le cas du tourisme spatial qui apparaît comme une activité très polluante, réservée aux seuls milliardaires. On est en train de prendre le risque d'introduire les aspects les plus négatifs du monde capitaliste dans l'espace au moment même où, sur terre, on se soucie de plus en plus du dérèglement climatique et de notre environnement.

Je ne suis pas contre l'avènement d'une plus grande implication du secteur privé en soi, puisque ces entreprises servent aussi le monde scientifique, notamment en réduisant le coût des satellites et des rampes de lancement. Simplement, l'usage commercial de l'espace pose la question de sa régulation, qui comporte encore des failles juridiques. Par ailleurs, l'investissement dans le privé ne doit pas se faire au détriment de la recherche publique. Nous sommes ainsi inquiets que les sommes du plan d'investissement France 2030 se retrouvent presque entièrement allouées au secteur privé.

**« Le spatial est aujourd'hui un enjeu de compétitivité économique »**

*Thomas Fouquet est conseiller chargé de l'innovation à la direction du Cnes et cofondateur de TechTheMoon (incubateur de start-up dédiées à la conquête lunaire).*

Nous devons absolument promouvoir un écosystème français du « new space », l'implication du privé dans le spatial, car c'est aujourd'hui un enjeu de compétitivité économique, de souveraineté et d'autonomie stratégique. Face à nous, des pays comme la Chine, les États-Unis mais aussi tous les pays émergents ont de très grandes ambitions. Si la France reste une très grande puissance dans le secteur de l'industrie spatiale, nous avons pris du retard dans ce volet privé, retard que nous sommes en train de rattraper. L'enjeu, c'est désormais de ne pas rater la prochaine vague, à savoir tout ce qui va être lié à la commercialisation de l'orbite basse.

Pour être concurrentiel, nous devons encourager les interactions public-privé. Nous avons besoin de la vision commerciale de ces nouveaux acteurs, issus entre autres du monde du numérique. Ils viennent bouleverser les paradigmes établis et apportent de nouvelles méthodes de travail. Leur vision est complémentaire avec celle du Centre national d'études spatiales (Cnes) qui, de son côté, maîtrise de bout en bout la technologie spatiale.

Il ne faut pas non plus oublier que, derrière le développement économique, il y a des enjeux sociétaux. Des start-up vont par exemple utiliser les données spatiales pour faire du suivi de la biodiversité sur terre ou en mer. Les nouveaux services qui émergent contribuent à la science et à la recherche, avec un intérêt pour la société tout entière.

humanite.fr - publié le vendredi 2 Septembre 2022 - Anna Musso

### **Artemis : objectif Lune, et plus si infinité**

Le décollage depuis le centre spatial Kennedy, en Floride, de la mégafusée de la NASA, marquant la première étape de la mission Artemis vers la Lune, a été à nouveau reporté. Après une première annulation, la seconde tentative prévue pour le samedi 3 septembre, a échoué suite à une fuite détectée au pied de la fusée, au niveau du tuyau dans lequel passe l'hydrogène jusqu'au réservoir. Une nouvelle tentative pourrait avoir lieu ce lundi 5 ou le lendemain, mais la NASA doit analyser tous les paramètres avant de se prononcer. Les équipes « vont évaluer s'il y a encore une possibilité maintenant », a déclaré Bill Nelson, le patron de la NASA. Sinon, un prochain décollage serait programmé pour la mi-octobre.

Après plusieurs retards, la mission Artemis 1, menée par la Nasa avec ses partenaires européens, japonais et canadiens, qui devait décoller du Kennedy Space Center en Floride, le lundi 29 août, en direction de la Lune, est restée clouée au sol ce samedi 3 septembre. Une nouvelle tentative pourrait avoir lieu ce lundi 5 ou le lendemain, mais la NASA doit analyser tous les paramètres avant de se prononcer. Des problèmes techniques sur un des quatre moteurs situés sous l'étage principal de la fusée expliquent ce report. La mégafusée Space Launch System (SLS) emportera le vaisseau spatial Orion, installé à son sommet et destiné à l'exploration scientifique.

### **64 000 km au-delà de la Lune**

Ce premier vol d'essai donnera le coup d'envoi des missions du programme Artemis, qui doit ramener les Américains sur la surface lunaire, plus d'un demi-siècle après les premiers vols d'Apollo. Il s'agit d'une mission non habitée, d'une durée de trente-neuf à quarante-deux jours, pour tester le trajet vers la Lune avant le retour sur Terre.

Construit par Boeing, le lanceur géant SLS, haut de 98 mètres et pesant 2 600 tonnes, propulsera la capsule Orion jusqu'à la Lune. Et même 64 000 km au-delà en s'aventurant plus loin que tout autre vaisseau spatial habitable. Huit minutes après le décollage, le carburant de SLS sera consommé et l'étage central de la fusée largué.

Pendant la demi-heure suivante, Orion fera le tour de la Terre et déploiera ses panneaux solaires. Dernière manœuvre : « *L'injection translunaire en orbite, qui aura lieu environ une heure et vingt ou trente minutes après le début du vol* », a précisé Judd Frieling, directeur du vol d'ascension et d'entrée d'Artemis 1.

Au fur et à mesure que le vaisseau spatial s'approchera de la Lune, dont il fera une fois et demie le tour, il mènera de multiples expériences scientifiques, notamment afin de tester la gravité lunaire et les risques de radiation. Avant de revenir sur Terre à une vitesse de près de 40 000 km/h et d'être récupéré dans l'océan Pacifique, au large des côtes de San Diego. En quarante-deux jours, le vaisseau aura accompli un complexe aller-retour vers la Lune.

### **Les données recueillies serviront de base aux futures expéditions**

Pour ce vol-test, la capsule Orion n'a pas d'équipage humain. Elle embarque des appareils de mesure et trois mannequins, afin d'étudier la protection contre les radiations et les effets de l'accélération du vaisseau spatial sur le corps humain.

Les futurs astronautes des missions lunaires seront soumis à un environnement de rayonnement extrêmement intense. C'est pourquoi deux torses en plastique bardés de 5 600 capteurs, nommés Helga et Zohar, vont enregistrer la quantité de rayonnements auxquels les astronautes pourraient être exposés. Zohar portera même le gilet AstroRad conçu pour protéger les vrais astronautes.

Ces deux membres d'équipage fantômes seront accompagnés du commandant Moonikin Campos, muni de la combinaison spatiale que porteront les futurs astronautes du programme Artemis afin d'enregistrer tout ce qui se passe pendant le trajet vers la Lune.

### **Plusieurs petits êtres vivants à bord**

À bord, il y aura aussi plusieurs petits êtres vivants, des levures dont les mécanismes biologiques sont similaires à ceux des cellules humaines, qui seront analysés à distance. Enfin, seront embarquées deux peluches : le chien Snoopy, qui symbolise la sécurité à la Nasa, et le mouton Shaun, la mascotte de l'Agence spatiale européenne (ESA), partenaire du programme avec l'Agence spatiale canadienne et l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale.

Les données qu'Artemis 1 va recueillir pendant son voyage serviront de base aux futures missions de cet ambitieux programme au coût « astronomique » (entre 90 et 100 milliards de dollars de 2012 à 2025). Artemis 2, prévue pour mi-2024, avec des astronautes à bord, fera le tour de la Lune sans y atterrir. Puis Artemis 3 posera, au plus tôt en 2025, quatre humains sur la surface de la Lune, afin d'y établir une présence durable et, à terme, envoyer des missions habitées vers Mars. Car, au-delà du retour sur la Lune, c'est l'exploration de l'espace lointain que vise la Nasa. Un astre peut en cacher un autre...

# L'espace, un quasi-vide juridique

Bien qu'encadré par des résolutions de l'ONU, le droit international de l'espace reste encore largement au stade embryonnaire. Quand il est transcrit dans les droits nationaux, il pêche par son manque d'ambition.

« À l'heure actuelle, vous lancez ce que vous voulez, comme vous voulez, quand vous voulez, d'où vous voulez, à l'exception de quelques États dont la France », caricature Christophe Bonnal quand il évoque le droit international de l'espace. Pour ce spécialiste des lancements au Centre national d'études spatiales (Cnes), les textes réglementaires contraignants marquent l'exception qui confirme la règle : l'espace est une zone de non droit.

Pourtant, il existe bien un « *droit spatial international* ». Depuis 1957 et le lancement du premier satellite Spoutnik par l'Union soviétique, ce droit s'est même étoffé. « *Les bases du cadre international des activités étatiques ont été posées dès 1967 avec le traité sur l'espace* », rappelle Cécile Gaubert, avocate en droit des activités spatiales.

## **Obligation d'assistance aux astronautes**

Une résolution de l'ONU fixe un certain nombre de principes. On y retrouve la « *non-appropriation de l'espace extra-atmosphérique* », « *l'interdiction de mettre des armes nucléaires en orbite* », ou encore « *l'obligation de prêter assistance aux astronautes* ». C'est aussi dans ce texte que les Nations Unies ont décidé de rendre les États responsables pour les dommages causés par le lancement d'un objet dans l'espace.

« À partir de la fin des années 1970, commence l'accroissement des activités privées, poursuit l'avocate. Les États se sont alors mis à légiférer sur les activités spatiales de leurs entreprises. » À l'image du *Commercial Space Launch Act*, en 1984, aux États-Unis, des réglementations nationales ont fleuri. La puissance publique s'est réservé le droit d'accorder des licences aux opérateurs privés.



## **Recommandations prises à la légère**

Dans les faits, ces cadres nationaux relèvent plus du « *code de bonne conduite* » que de la législation contraignante, affirme Christophe Bonnal. « *Aux États-Unis, il y a des règles très strictes pour les opérations de la Nasa (l'agence spatiale américaine) explique-t-il. Mais elles sont facilement contournables. Pour les départs d'astronautes, la Nasa passe par SpaceX, une société privée. C'est donc la réglementation du secteur privé qui s'applique. Et, là, quand on creuse, on se rend compte qu'il n'y a rien.* »

Quant au fameux traité de 1967, il en rigole : « *C'est une résolution de l'ONU, elle n'est appliquée que si les États le décident.* » La question des débris spatiaux l'illustre bien. En 2007, l'ONU a entériné une résolution qui s'appuie sur les recommandations des chercheurs du Comité interagence de coordination des débris spatiaux (IADC), dont fait partie le chercheur. Ces recommandations prévoient par exemple qu'un opérateur doit prévoir de désorbiter son satellite pour qu'il se détruise en revenant dans l'atmosphère et qu'il ne doit générer aucun débris lors d'un lancement. « *La France est le seul pays à avoir, en 2008, retranscrit ces règles dans son droit national* », déplore Christophe Bonnal.

## **Parlementer avec les acteurs privés**

Pour lui, il ne reste plus que le pari de « *la pédagogie* », c'est-à-dire aller « *expliquer les problèmes aux acteurs privés* », encore et encore. C'est ce que l'IADC a fait avec Starlink et la société OneWeb, propriété d'une multinationale indienne associée au gouvernement britannique, qui est en train de déployer une constellation de plusieurs centaines de satellites pour fournir un accès Internet.

« *Nous avons discuté de la façon dont ils pouvaient réduire leur impact et ils ont fini par intégrer un système de poignée permettant de venir récupérer le satellite, à terme. Et ce, alors qu'aucune loi ne les y forçait*, détaille Christophe Bonnal. *Les entreprises sont capables d'entendre nos arguments. Non pas par pure philanthropie, mais parce qu'elles ont intérêt à donner la meilleure image possible de leurs projets.* »

Les efforts pour construire un droit de l'espace se poursuivent. Une réunion du comité sur les usages de l'espace de l'ONU se tient du 25 août au 3 septembre à Vienne. Elle va évoquer les voyages vers la Lune. Mais là encore, aucune règle contraignante ne devrait en sortir.

## « La Lune constitue un lieu d'acquisition des compétences pour aller demain vers Mars et au-delà »

### Tribune

Clarisse Angelier, Déléguée générale de l'Association nationale de la recherche et de la technologie (ANRT)  
Alban Guyomarc'h, Analyste en affaires spatiales, coordinateur d'Objectif Lune à l'ANRT

Avec le programme américain Artémis, dont l'Europe est partenaire, la Lune peut devenir un laboratoire pour éprouver la circularité en matière d'habitat et d'agronomie ou penser énergie et gestion durable des ressources, expliquent, dans une tribune au « Monde », Clarisse Angelier et Alban Guyomarc'h, membres de l'ANRT.

Un vent des seventies souffle sur Cap Canaveral en ce samedi 3 septembre alors qu'une fusée américaine devait s'envoler à nouveau vers la Lune [*lancement finalement de nouveau reporté*]. Et pourtant, nous ne sommes pas en 1969 mais en 2022 et, dans le bal des divinités grecques appelées à veiller sur les missions spatiales, Artémis succède à Apollo.

Le monde du XX<sup>e</sup> siècle a laissé place à celui du XXI<sup>e</sup>. De nouveaux défis, de nouveaux enjeux mais toujours, malgré tout, cet émerveillement presque onirique de voir s'envoler une invitation à demain. Car c'est bien d'une ambition lunaire renouvelée et résolument tournée vers son temps que témoigne cette première étape du programme Artémis, porté par la NASA depuis 2017, et qui vise à voir les prochains astronautes fouler le sol sélène à l'horizon 2025.

Cette fois, il ne s'agit pas, comme au temps d'Apollo, d'une seule série d'allers-retours mais bien de la présence pérenne d'un équipage sur une base en expansion durable en surface lunaire. Y retourner, pour y rester : la Lune de 2022 n'est plus une destination, mais un lieu à explorer, avec des potentiels à y découvrir.

Cette volonté de redécouverte – car jusqu'à il y a peu, les agendas spatiaux regardaient plutôt vers Mars – n'est pas une lubie des agences. A quelques jours de voyage et quelques secondes de signal, la Lune est le premier terrain d'entraînement à l'exploration spatiale dans le voisinage immédiat de la Terre.

Une présence permanente, humaine et/ou robotique l'érigera en banc d'essai de l'exploration spatiale du futur proche. Nous apprendrons ainsi tant à maîtriser quotidiennement un environnement spatial hostile, le sol lunaire – avec des variations de température allant de – 30 °C à 150 °C –, qu'à placer en orbite cislunaire des satellites nécessaires à la géolocalisation et aux communications sur la Lune et vers la Terre.

La Lune constitue donc un lieu d'acquisition des compétences pour aller demain vers Mars et au-delà. La présence pérenne, principe premier des nouvelles ambitions lunaires, permettra de placer cet apprentissage dans le temps long. Ce schéma d'expansion durable présente ainsi un caractère relativement inédit, comme une nouvelle étape dans l'exploration spatiale humaine.

### **Un engagement européen timide**

Bien évidemment, ce programme ambitieux est adossé à des ambitions géopolitiques, qu'elles soient américaines, chinoises, russes ou encore indiennes. Et, par ce lancement du 3 septembre, le programme de la NASA vient de prendre une sérieuse avance. Elle embarque d'ailleurs avec elle les pays signataires des accords Artémis, adossés au programme de la NASA et dont la France est partie depuis juin 2022.

Mais si la nomenclature des missions spatiales est davantage portée sur la mythologie que sur les fables, en matière spatiale, la tortue sait aussi l'emporter sur le lièvre. La Chine, pour ne mentionner

qu'elle, associée à la Russie dans le cadre de leur projet d'International Lunar Research Station, est à surveiller de près.

En comparaison des agendas américains et russo-chinois, l'engagement lunaire européen paraît encore timide, même s'il n'est pas inexistant. L'Europe, avec l'Agence spatiale européenne (ESA), est cependant bien à bord de ce premier lancement puisqu'elle fournit l'European Service Module (ESM) à la capsule Orion, embarquée à bord d'Artémis-1 ; et apporte deux modules pour le Lunar Gateway (« portail lunaire »). Néanmoins, un engagement autonome de l'Europe dans la course à la Lune relève encore de la prospective.

Et pourtant, les derniers mois ont montré l'importance pour l'Europe de veiller à son indépendance stratégique, et ce, même en portant haut et fort une diplomatie tournée vers la coopération, un principe au cœur de l'identité européenne.

Le développement de compétences proprement européennes sur toute la chaîne de valeur lunaire est essentiel pour discuter à compétences et à armes égales à la table des négociations lunaires internationales. Cette autonomie indispensable est tout à fait conciliable avec une politique européenne de coopération avec les projets portés par d'autres puissances spatiales – services contre services.

L'humanité ne doit pas oublier qu'elle demeure terrienne avant tout et qu'il ne saurait exister de planète B plus terrienne que la Terre

L'ambition lunaire européenne engage tous les secteurs, spatiaux et non spatiaux, publics et privés, scientifiques et industriels, au service de l'expansion de nos savoirs et de nos savoir-faire, essentiels à la contribution des talents européens au développement socio-économique de notre continent et de sa banlieue cosmique.

Avant même qu'Artemis-1 ne s'envole de Floride, l'été nous avait déjà invités à regarder vers le ciel, non pas vers la Lune, mais vers le Soleil, après que l'Europe a connu une série d'épisodes caniculaires intenses dont l'anthropocène est une source indéniable. Les temps de l'insouciance sont finis nous a-t-on dit et plus que jamais il faut questionner toutes les actions humaines, plus particulièrement en matière technologique, à l'aune de leurs coûts environnementaux.

Si l'humanité retourne sur la Lune – et encore que nous ne parlions que d'une infime partie de l'humanité –, elle ne doit pas oublier qu'elle demeure terrienne avant tout et qu'il ne saurait exister de planète B plus terrienne que la Terre. Charge donc aux acteurs du nouvel élan spatial de mettre l'ambition lunaire au service de la préservation de notre planète.

La Lune est un laboratoire exceptionnel pour éprouver la circularité en matière d'habitat ou d'agronomie, pour penser énergie et gestion durable des ressources (eau, déchets), pour développer une robotique au service de l'homme (pour son travail ou sa santé). C'est un terrain propice pour garantir la coopération scientifique mondiale et démontrer la possibilité d'une exigence, celle de rêver en responsabilité. « *L'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique*, nous dit l'article premier du traité de l'espace de 1967, sont l'apanage de l'humanité tout entière. » La Lune est un commun et, plus qu'au siècle dernier, portons-nous en garants.

Le groupe de travail Objectif Lune étudie, depuis 2019, sous la présidence de Claudie Haigneré, avec le soutien du Centre national d'études spatiales (CNES), les perspectives scientifiques, industrielles et économiques offertes par un projet européen d'une base vie en expansion durable sur la Lune. Il a publié son Livre blanc en février.

## DOCUMENT 8

alain-bensoussan.com – cabinet d'Avocats - publié 8 novembre 2018

### **Les principes du droit de l'espace : pour un espace sacralisé**

PAR FRÉDÉRIC FORSTER

Les nouvelles activités spatiales semblent redéfinir les principes du droit de l'espace qui avaient su perdurer jusqu'alors.

Le **droit de l'espace se compose de l'ensemble des règles juridiques régissant les activités spatiales**, qu'il s'agisse de « *hard law* » ou de « *soft law* ». Les traités internationaux régissant les activités spatiales en sont le premier exemple, suivis des résolutions de l'Assemblée générale des Nations unies, des lois spatiales nationales, des accords multilatéraux, des codes de bonne conduite, ou du droit internationale général. Si la notion de droit de l'espace n'est pas aisée à définir, la communauté internationale n'en a pas moins mis en exergue des principes généraux, perdurant encore, après plus d'un demi-siècle d'exploration spatiale.

**Les principes du droit de l'espace** ont cela de fascinant qu'ils ont été établis dès la Résolution des Nations Unies 1962 (XVIII) du 13 décembre 1963, réitérés au sein du premier traité de l'espace de 1967, alors même que la communauté internationale célébrait le sixième anniversaire de la mise en orbite du premier satellite Spoutnik 1.

Ces principes correspondent, ainsi, à une **vision prospective** de leurs rédacteurs sur **l'encadrement juridique des futures activités spatiales**. Or, malgré son manque de recul, cette réglementation ne s'est pas révélée hasardeuse. Au contraire, alors que les possibles en matière spatiale n'ont cessé de s'accroître, les principes du droit de l'espace sont restés figés, comme gravés dans le marbre.

#### **Les neuf principes du droit de l'espace**

Ces principes, tels qu'issus de la Résolution 1962 (XVIII), sont les suivants :

- exploration et utilisation de l'espace extra-atmosphérique pour le bienfait de l'humanité toute entière ;
- liberté d'utilisation et d'exploration ;
- non-appropriation ;
- utilisation pacifique ;
- responsabilité des Etats sur leurs activités nationales ;
- coopération et assistance mutuelle ;
- juridiction et contrôle national sur les objets spatiaux ;
- responsabilité des Etats pour dommage ;
- statut d'envoyé de l'humanité au bénéfice des astronautes.

Afin de mieux appréhender **les intentions des premiers « législateurs du droit de l'espace »** il est possible de regrouper ces principes en trois catégories. Malgré une rédaction qui laisse transparaître **une vision quasiment utopiste des activités spatiales**, les principes du droit de l'espace ont perduré jusqu'à aujourd'hui.

## Un espace commun et partagé : d'une vision communiste au capitalisme

Parmi les premiers principes de la Résolution du 13 décembre 1963, il est précisé que « *l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique seront effectués pour le bienfait et dans l'intérêt de l'humanité toute entière* » et que « *l'espace extra-atmosphérique et les corps célestes ne peuvent faire l'objet d'appropriation nationale par proclamation de souveraineté, ni par voie d'utilisation ou d'occupation, ni par tout autre moyen* ». Ils traduisent **une vision communiste de l'espace extra-atmosphérique, au sens originare du terme, dans le sens d'une propriété commune par opposition à la propriété individuelle.**

Le premier de ces principes fait référence à une vision de l'espace comme **héritage de l'humanité dans son ensemble**. Or, les différents traités de l'espace qui se sont succédés n'ont pas suivi une rédaction uniforme de cette notion, au risque d'en affaiblir la portée. L'article premier du Traité de l'espace de 1967 précise que « *l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique [...] sont l'apanage de l'humanité toute entière* », alors que le Traité sur la Lune détermine, à son article 11, que « *la Lune et ses ressources naturelles constituent le patrimoine commun de l'humanité* ». Dans sa rédaction anglaise, les traités distinguent la notion de « *Common province of Mankind* » de celle de « *Common heritage of Mankind* ».

Or, l'enjeu de cette distinction est déterminant pour le cadre juridique des nouvelles activités spatiales, puisque se multiplient **les intentions d'exploiter les ressources lunaires** notamment, par les différentes puissances spatiales. Cependant, malgré l'intérêt d'une telle précision, les Nations unies sont restées muettes, la doctrine partagée et les acteurs du secteur spatial libres d'interpréter à leur avantage ces dispositions internationales.

**Le principe de non-appropriation** est le troisième principe du droit de l'espace, évoqué par la Résolution du 13 décembre 1963 et est réitéré à l'article 2 du Traité de l'espace de 1967. Il se rapproche de l'idée de **patrimoine commun de l'humanité** décrite à l'article 11 du Traité sur la Lune. Néanmoins, la portée de ce principe de non-appropriation demeure tout aussi floue que celle de patrimoine commun de l'humanité.

En effet, la tendance était, jusqu'à il y a peu, de considérer l'espace extra-atmosphérique comme une *res communis*, c'est-à-dire **un espace qui appartient à tous**. Mais les nouvelles ambitions d'exploitation du secteur privé ont invité les Etats à repenser ce principe et à l'interpréter dans le sens d'une *res nullius*, c'est-à-dire **un espace n'appartenant, par principe, à personne, à moins que quelqu'un ne s'en saisisse.**

Or, si le **principe de non-appropriation**, dans sa rédaction de la Résolution 1962 (XVIII), prohibe l'appropriation nationale par proclamation de souveraineté, par voie d'utilisation ou d'occupation, la subtilité de la nouvelle interprétation de ce principe tient au fait que les appropriations seront **privées et non nationales.**

Le principe de non-appropriation est souvent associé à celui de la **liberté d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique**. A la lecture de la Résolution du 13 décembre 1963 comme du Traité de l'espace (article premier), **cette liberté n'est accordée qu'aux Etats, sujets privilégiés du droit international.** L'exploration et l'utilisation de l'espace par les acteurs privés ne peuvent donc

s'effectuer que sous condition d'autorisation explicite d'un Etat, conformément aux prescriptions de l'article 6 du Traité de l'espace.

**La liberté d'exploration et d'utilisation** est à la croisée des notions de partage et d'individualisme. En effet, il n'est pas question de restreindre les activités spatiales des Etats ou de leurs entreprises autorisées, quelles qu'elles soient, à condition, toutefois, de mener ces activités conformément au droit international. Ainsi, selon une application générale du principe de liberté, cette dernière n'est pas absolue, et trouve logiquement sa limite dans l'exercice par les autres puissances (quel que soit leur niveau de développement) de leur propre liberté en la matière.

Ce principe suppose également que l'une des activités menées par un Etat ne doit pas avoir pour conséquence de **transformer de manière irrémédiable l'espace extra-atmosphérique**, sous peine de quoi la liberté d'exploration et d'utilisation des autres Etats s'en trouverait entravée.

### **Un accent sur la nature pacifique des activités spatiales**

D'autres principes du droit de l'espace précisent, quant à eux, les modalités de conduite des activités spatiales. Il apparaît comme primordial **que les activités spatiales soient pacifiques**. Cette notion renvoie, en pratique, à **un usage non agressif de l'espace** (ce qui est à différencier d'un usage exclusivement civil). La Résolution du 13 décembre 1963 fait état de trois principes que les Etats doivent appliquer dans ce cadre.

Tout d'abord, toute puissance spatiale explorant ou utilisant l'espace doit effectuer ses activités conformément au droit international. Cette exigence se comprend aisément dans la mesure où les principes du droit de l'espace ont été énoncés par l'Assemblée générale des Nations unies, laquelle participe à la création et au respect du droit international, et notamment au **maintien de la paix et de la sécurité internationale**.

Activités s'exerçant en dehors de toute notion de souveraineté nationale, **l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique sont nécessairement internationales**. Conformément aux principes du droit international général, ce sont les Etats qui sont titulaires de cette obligation et il leur revient donc de s'assurer que les activités spatiales nationales ou plurinationales en respectent les contours.

Deux autres principes du droit de l'espace témoignent de la volonté d'inscrire ces activités dans un cadre pacifique et découlent finalement de cette exigence de conformité au droit international.

Le premier est relatif à une **obligation de coopération et d'assistance mutuelle**, imposée à tous les Etats participant à l'exploration et à l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique. Ce principe est en partie lié à celui de la **liberté**, dans la mesure où toute activité qui porterait atteinte aux activités d'autres Etats **en matière d'exploration et d'utilisation** doit faire l'objet de consultations internationales.

Néanmoins, son étendue ne se limite pas à ce cadre. Il implique **un dialogue effectif et transparent entre les puissances spatiales** afin d'assurer la pérennité et la sécurité des activités menées. Aujourd'hui, ce dialogue est notamment tourné vers la problématique des débris spatiaux.

De plus, l'assistance suppose qu'**en cas de détresse ou de danger**, tout Etat susceptible d'apporter un secours ou soutien doit intervenir, et ce quelle que soit la nationalité ou qualité des acteurs secourus, et quel que soit le lieu de survenance du danger, dans l'espace terrestre, aérien ou extra-atmosphérique.

Le second principe est intimement lié à cette **notion d'assistance**. Dernier principe de la Résolution du 13 décembre 1963, il considère les **astronautes (spationautes** pour reprendre la terminologie européenne) comme des **envoyés de l'humanité** dans l'espace extra-atmosphérique. Ce statut leur confère un **droit à une assistance** «*en cas d'accident, de détresse ou l'atterrissage forcé sur le territoire d'un Etat étranger ou en haute mer*». Ils bénéficient, par ailleurs, du droit à se voir transportés promptement et «*à bon port*» vers l'Etat d'immatriculation de leur véhicule spatial.

Ces principes œuvrent, ainsi, pour **une exploration et une utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique**. Or, la déclaration de l'Assemblée générale des Nations unies ne se contente pas d'édicter des **principes de coopération** mais initie une véritable **responsabilisation des puissances spatiales**.

### **Une volonté de responsabilisation des Etats**

**La responsabilisation des Etats pour leurs activités spatiales** est un principe central du droit de l'espace. Elle se décline en deux facettes : **une responsabilité internationale** pour le contrôle des activités et **une responsabilité pour dommage** du fait de ces activités, menées dans l'espace extra-atmosphérique. Leur pendant étant indéniablement le principe de juridiction sur les objets spatiaux.

Les Etats ont, d'abord, une **responsabilité de contrôle des activités spatiales**. Ce principe impose aux Etats de gérer les autorisations nationales qu'ils délivrent pour la conduite de ces activités, qu'elles soient publiques ou privées. Tout acteur doit donc se voir **expressément accréditer par un Etat**. Mais cette notion de «*responsabilité-contrôle*» implique, de surcroît, une surveillance continue des puissances spatiales sur les activités qu'elles ont autorisé.

Si l'obligation de conformité au droit international pèse nécessairement sur les Etats, ces derniers répercutent, en quelque sorte, leurs obligations sur tout acteur intervenant dans le cadre d'activités spatiales.

Or, afin de pouvoir exercer ce contrôle, **les Etats sont soumis au principe de juridiction**. Cette notion leur impose de tenir **un registre de tout objet, lancé dans l'espace extra-atmosphérique, qu'ils ont immatriculé**. Dès lors qu'un objet y figure, il est alors placé sous la responsabilité de l'Etat d'immatriculation et ce dernier exerce sa pleine juridiction, tant sur l'objet que sur le personnel à son bord. Ce registre national est également indispensable en aval des activités spatiales, à l'occasion de l'engagement de la responsabilité des Etats pour dommage du fait de leurs activités spatiales.

Les Etats se voient imposer **une obligation d'indemnisation des victimes des activités spatiales**. Cette responsabilité est conséquente pour tout dommage causé à la surface de la Terre, dans la mesure où elle est illimitée, ne bénéficie d'aucune cause d'exonération ou de prescription, **à l'exception de la**

**faute lourde volontaire de la victime.** Dans l'espace, les puissances spatiales sont responsables et doivent répondre des dommages imputables à une faute de leur part (ou des acteurs dont ils répondent). Ces trois principes du droit de l'espace créent, ainsi, **un régime juridique lourd de conséquences pour les Etats**, et ce notamment du fait des risques élevés inhérents à ces activités. Les obligations qu'ils imposent sont d'autant plus strictes qu'il est prévu une pluralité d'Etats **solidairement responsables**, de telle sorte qu'il devrait être impossible de se trouver face à une carence de responsables en cas de dommage.

### **Vers une remise en question ?**

En résumé, après soixante ans d'activité, le secteur spatial s'est toujours soumis à sa réglementation originare, contrairement à certains domaines d'activité dont le corpus légal s'est vu transformé au gré des progrès réalisés.

Les principes du droit de l'espace ont été pensés et rédigés selon une ambition particulièrement **idéaliste, voire utopique**. Mais, s'ils demeurent encore aujourd'hui, c'est notamment grâce à **une rédaction des plus ambiguë**. L'absence de précision sur le sens précis des principes de «*bienfait de l'humanité*» et de «*non-appropriation*» a permis une interprétation mouvante au gré des besoins des puissances spatiales et du progrès technique.

Par ailleurs, la responsabilisation des Etats, très lourde de conséquences, trouvait sa légitimité dans le fait que peu d'acteurs participaient aux activités spatiales, qu'ils étaient principalement publics, qu'il s'agissait d'un phénomène nouveau, soumis à des risques non maîtrisés... Aujourd'hui, **la mainmise du secteur privé sur ces activités** invite à en repenser les mécanismes de réparation.

Ainsi, alors que les volontés d'exploitation des ressources spatiales naturelles se font désormais de plus en plus pressantes, ces principes sont aujourd'hui réinterprétés de manière à permettre de telles activités à l'échelle nationale. Le «*new space*» semble présager une météo agitée dans **l'approche juridique des activités spatiales**. Espérons que les conséquences de cette dernière se rapprochent plus des orages magnétiques à l'origine des aurores polaires que de l'explosion d'une géante rouge...



4

# Avons-nous besoin d'humains dans l'espace ?

Donald Goldsmith, Berkeley, et Martin Rees, université de Cambridge

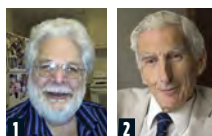
*À l'heure où les tenants de l'exploration humaine envisagent d'envoyer des astronautes vers Mars, deux éminents astronomes s'interrogent sur les motivations sous-jacentes. Pour eux, les missions automatisées sont et resteront la solution la plus efficace en termes de coût et de retour scientifique.*

Quel avenir se profile pour les humains dans l'espace ? En 2019, le cinquantième anniversaire des premiers hommes sur la Lune a coïncidé avec une foule de projets publics et privés visant à envoyer des astronautes bien au-delà des orbites qui ont marqué les limites de l'exploration spatiale depuis 1972. La Chine, qui a fait atterrir pour la première fois un vaisseau spatial sur la face cachée de la Lune en 2019, prévoit d'y faire intervenir des astronautes. L'Inde, qui a lancé une fusée sur la Lune en 2019, rêve d'en faire autant. La Russie, qui ne forme plus de cosmonautes, fournit toujours les fusées et les sites de lancement vers la Station spatiale internationale.

L'administration de Donald Trump propose de créer une base lunaire qui servirait d'étape dans la conquête de Mars. Les milliardaires Elon Musk et Jeff Bezos investissent des sommes colossales dans des missions spatiales humaines – Elon

Musk a déjà créé une entreprise de fusées utilisée par la Nasa, baptisée SpaceX (lire p. 41).

Quels bénéfices retirerons-nous de ces efforts ? Enfants des années 1950, nous fûmes ravis par les premiers satellites autour de la Terre en 1957, par les premiers astronautes sortis dans l'espace pour la première fois en 1965, puis par ce qui fut l'apogée des vols spatiaux habités : les six explorations lunaires par la Nasa de 1969 à 1972. La science ne fut pas seule à se nourrir de ces exploits : l'esprit humain s'envola jusqu'à l'extase du 29 juillet 1969, quand Neil Armstrong laissa sur la Lune la première empreinte humaine. Au cours des années 1960,



## ASTRONOMES

Donald Goldsmith (1) est astronome et écrivain à Berkeley, en Californie. Martin Rees (2), astronome royal du Royaume-Uni, a été président de la Royal Society et Master du Trinity College à l'université de Cambridge.

nous sommes devenus des astronomes passionnés par l'exploration du cosmos – une retombée de plus de l'entreprise pharaonique qui lança des humains dans l'espace.

## Des êtres fragiles

Mais les cinq dernières décennies nous ont appris sans ambiguïté le meilleur moyen d'explorer l'Univers. Les êtres humains qui tentent de s'aventurer dans l'espace sont fragiles : ils ont besoin d'un apport continu d'oxygène, d'eau, de nourriture, d'abris ; ils doivent endurer de longues périodes d'impesanteur ; leurs capacités physiques ne changent pas d'une génération à l'autre ; et leur perte, quand elle survient, jette un voile mortuaire sur la joie que nous avons anticipée de faire corps avec leur aventure. Les engins spatiaux automatisés, en revanche, n'ont besoin que d'électricité ; ils coûtent infiniment moins cher ; nous savons les faire évoluer, contrairement aux humains ; et s'ils échouent, leur perte, bien que grave pour les ●●●

## Contexte

Le débat existe depuis les débuts de la conquête spatiale : l'homme a-t-il sa place dans l'espace ? Le vol habité est-il utile ? Scientifiques, industriels et politiques s'opposent le plus souvent. Alors que nous connaissons sur Terre des crises qui bouleversent nos sociétés, ces questions sont de plus en plus d'actualité.

●●● scientifiques qui espéraient récolter leurs données, ne coûte jamais que de l'argent.

Depuis le premier atterrissage sur la Lune, nous avons envoyé plusieurs centaines de sondes partout dans le Système solaire : de Mercure, la planète la plus proche du Soleil, jusqu'à Arrokoth, un planétésimal en orbite loin au-delà de Pluton (1). Des vaisseaux ont atterri sur Mercure, Vénus et Mars, ont passé des années en orbite autour de Jupiter et de Saturne, ont sondé Uranus et Neptune; l'un d'entre eux, la sonde japonaise Hayabusa-2, passera près de la Terre à la fin de l'année pour y lâcher une capsule contenant des matériaux glanés sur l'astéroïde Ryugu, l'un des plus vieux membres du Système solaire. De multiples missions lunaires ont cartographié la face cachée de la Lune, détecté des anomalies gravitationnelles sur sa face toujours visible, et découvert d'énormes quantités d'eau gelée dans le sol de ses pôles.

### Le potentiel des robots

Restreints aux orbites terrestres basses (2), les astronautes ont surtout apporté l'expérience des exigences et des risques de la vie dans l'espace. Les cinq missions de réparation du télescope Hubble, également en orbite basse à la distance maximale que la défunte navette spatiale pouvait atteindre, furent de loin la plus grande réussite des humains dans l'espace. Les astronomes ont été les premiers à applaudir ces exploits, mais ils ont aussi pris la mesure de ce fait ironique : en orbite basse, le rayonnement émis et réfléchi par la Terre diminue considérablement la capacité de Hubble à observer clairement et loin dans l'espace.

Le télescope James Webb, qui doit supplanter le vieil Hubble en 2021 – s'il n'y a pas de nouveau retard dû à la crise actuelle –, sera lancé plus loin que la Lune, jusqu'au point de Lagrange L2 du système Terre-Soleil,



▲ La Nasa a mené six explorations lunaires habitées de 1969 à 1972. Ici, Apollo 17, en 1972.

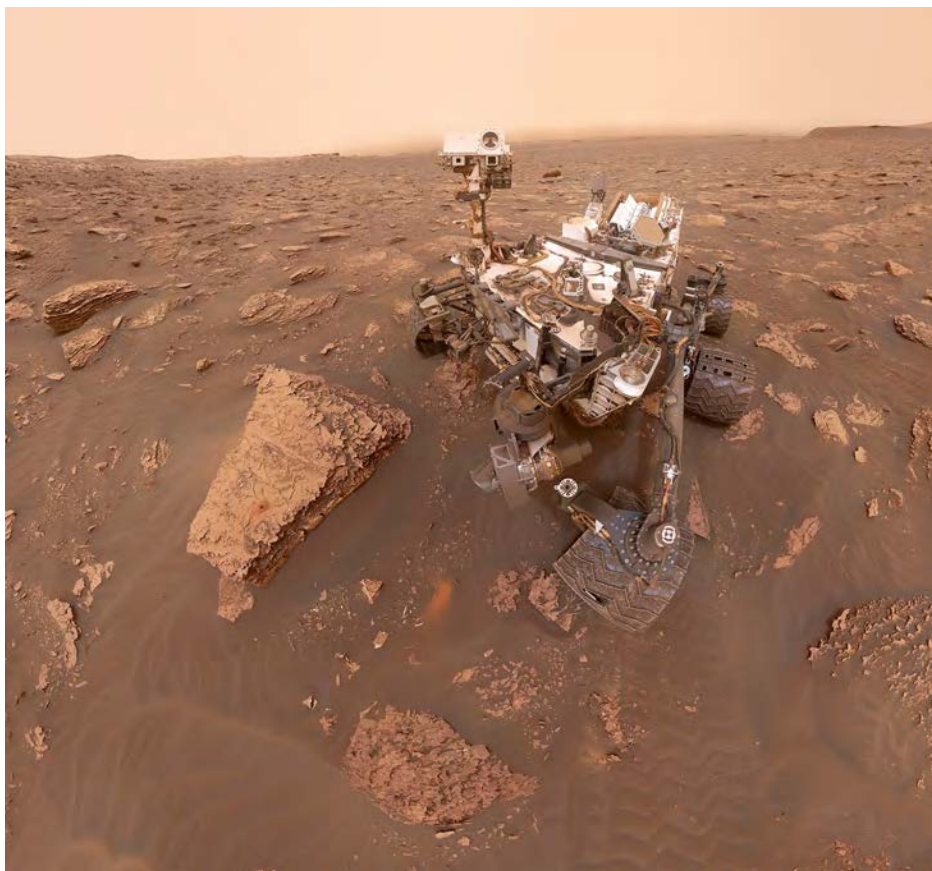
(2) **L'orbite terrestre basse** est une zone de l'orbite terrestre allant jusqu'à 2 000 kilomètres d'altitude, située entre l'atmosphère et la ceinture de Van Allen. On y retrouve des satellites de télédétection, des satellites de télécommunications ainsi que quelques stations spatiales, dont la Station spatiale internationale.

à 1,5 million de kilomètres de la Terre. Placés en L2, les satellites peuvent facilement maintenir une orbite stable au lieu de dériver comme ils le font à proximité de la Terre. Les astronomes y ont déjà lancé des engins spatiaux destinés à observer le cosmos en infrarouge, en ultraviolet et dans le domaine des rayons X, tout en étant protégés des interférences de notre planète.

Pourra-t-on compter sur des astronautes pour réparer des instruments situés au point L2? Une telle expédition serait au moins aussi complexe qu'un atterrissage sur la Lune, et sans doute plus coûteuse que la création et le lancement d'un nouvel observatoire plus performant. Les missions de réparation de Hubble ont en effet été bien plus onéreuses que de le remplacer par une version améliorée. Riccardo Giacconi, Prix Nobel de physique

2002, alors qu'il était directeur du Space Telescope Science Institute, disait en effet que la Nasa aurait pu envoyer sept copies de Hubble pour le prix effectif de toutes ces opérations de maintenance... Mais ces missions ont enflammé nos esprits, alors que mettre le télescope au rebut aurait été une profonde déception – l'opinion publique, qui aurait méprisé la deuxième solution alors qu'elle célébrait la première, peut jouer un rôle crucial dans les décisions de nos gouvernements.

Le contraste entre les missions spatiales robotisées et habitées ne fait que croître à mesure que s'améliorent nos capacités de miniaturisation, de réalité virtuelle et d'intelligence artificielle. Aujourd'hui, un géologue entraîné pourrait travailler sur la Lune aussi bien qu'un rover sur Mars, mais pas pour longtemps. Les futurs engins automatisés qui



▲ Le rover Curiosity, ici en 2018, est l'outil clé de la mission Mars Science Laboratory de la Nasa.

exploreront le cosmos seront équipés de nombreux outils pour sonder la nature des roches et des minéraux, d'une mémoire énorme et grandissante chaque année, et de la capacité de communiquer avec la Terre. Ils arpenteront la surface lunaire ou martienne pendant des décennies, en long, en large et en travers, en analysant continuellement la topographie, l'activité sismique et les strates géologiques. Des robots

seront aussi capables de réparer les engins spatiaux au point L2 ; d'autres pourront construire des structures complexes dans l'espace, par exemple un réseau de télescopes radio sur la face cachée et « silencieuse » de la Lune (2).

Si nous prenons le temps de peser le pour et le contre de l'envoi d'humains dans l'espace, nous nous rendons compte que la question n'est donc pas de savoir avec quelle facilité

les astronautes pourront réparer des instruments lointains, ou en combien de temps nous pourrions atterrir sur la Lune et y construire une base lunaire, ou pourquoi nous devrions poursuivre le projet d'envoyer des astronautes sur Mars et tenter d'y créer un habitat, mais plutôt : pourquoi voudrions-nous entreprendre ce genre de chose puisque des robots pourront faire leur travail plus vite, mieux et pour bien moins cher ? Pourquoi avons-nous besoin d'humains dans l'espace ?

La véritable force motrice des voyages humains dans l'espace est notre glorification en tant qu'êtres humains. Vaincre leurs multiples défis d'un vol longue durée dans l'espace nous inspire et nous ravit. Mais pour nombre de scientifiques, et une part du public, cet argument ne justifie pas le coût et le danger d'une telle mission. Pour d'autres, les dépenses et les dangers ajoutent au contraire du piment à l'entreprise. Nous sommes tous ou presque sensibles aux actions héroïques, et beaucoup verraient dans l'atterrissage d'humains sur Mars une réussite suprême de notre espèce.

Notons que plusieurs autres motivations se cachent derrière le soutien des expéditions habitées, parmi lesquelles le désir de surpasser nos rivaux ; la croyance que l'espace est le refuge ultime face à notre Terre détériorée ; et un empressement à exploiter les matières premières du Système solaire. Chacune d'elles mérite notre attention, quoique ●●●

## L'EXPLORATION SPATIALE SOUMISE À UN TRAITÉ

En 1967, le Traité sur l'espace extra-atmosphérique a été signé sous l'égide des Nations unies. L'idée était de poser les fondements juridiques de l'exploration spatiale à l'époque de la course à la Lune. Les plus de cent signataires incluent les nations susceptibles d'effectuer des missions spatiales

au cours des décennies à venir, à l'exception possible de l'Iran. Les clauses principales interdisent les armes de destruction massive dans l'espace, stipulent que les corps célestes ne doivent être utilisés qu'à des fins pacifiques et ne peuvent en aucune façon être sujets à appropriation nationale, et que

toutes les parties doivent se soumettre à la législation internationale. Les avocats de l'espace, qui ont un grand avenir devant eux, pourront aisément contester le terme d'« appropriation nationale » et il y a fort à parier que ce traité ne régulera les actions d'aucun État ni entité privée. D. G. et M. R.

●●● chacune, à notre avis, soit un argument en faveur d'expéditions non pas humaines mais de plus en plus finement robotisées.

Sur la fierté nationale, l'argument de la guerre froide, selon lequel les Russes pouvaient prendre le dessus en établissant une base lunaire, n'a jamais eu de sens, puisque toute nation cherchant à utiliser l'espace pour lancer des missiles tenterait de le faire à proximité de la Terre, pas à 400 000 kilomètres de distance. Un effluve de cet argument persiste dans la fierté – peut-être même le sentiment de propriété – qu'une nation peut ressentir à envoyer la première des humains vers d'autres mondes, comme lorsque le président Trump exalte l'idée de planter « *le beau drapeau américain* » sur Mars. Bien que ce sentiment diffère considérablement de la simple fierté à l'égard des accomplissements humains, bon nombre d'Américains, par exemple, ne voient pas

d'inconvénient à éprouver l'une comme l'autre de ces émotions.

Peu de temps avant sa mort, en 2018, l'astrophysicien Stephen Hawking déclara : « *Se disperser dans l'espace est peut-être la seule chose qui puisse nous sauver de nous-mêmes. Je suis convaincu que les humains doivent quitter la Terre.* » Le milliardaire Jeff Bezos envisage pour ce faire de gigantesques colonies spatiales permettant la survie de millions de personnes. Celles et ceux qui rêvent de colonies spatiales ou d'habitats humains sur Mars les voient souvent comme l'opportunité de fonder une société meilleure, mais aussi de modifier les humains eux-mêmes pour les adapter à la faible gravité sur Mars ou à la force gravitationnelle artificielle produite par la rotation d'une énorme roue qui constituerait l'habitat spatial. Le génie génétique dans ces « environnements post-humains » pourrait également tenter de réduire les maladies

et prolonger la vie humaine. De tels projets séduisent ceux qui jugent l'avenir sur Terre sans espoir.

Quoiqu'on ne le crie pas souvent sur les toits, une motivation importante – et pas nouvelle – à l'exploration humaine du Système solaire est la quête de matières premières utiles sur Terre. Par exemple, l'hélium 3 lunaire, un isotope rare de l'hélium. Les noyaux d'hélium 3 fusionnent spontanément à température et densité suffisamment élevées, libérant de grandes quantités d'énergie sans déchets radioactifs. Il constituerait ainsi un combustible quasi parfait pour de futurs réacteurs à fusion nucléaire. Sur Terre, les noyaux d'hélium 3 ne représentent qu'un millionième des noyaux d'hélium, déjà rares, mais leur teneur relative dans le sol lunaire est 100 fois plus élevée (3), d'où les visions futuristes d'une société qui fonctionnerait à l'hélium lunaire, en quantité suffisante pour

5

**MISSIONS HUMAINES de réparation du télescope Hubble ont eu lieu. Une grande réussite des humains dans l'espace mais qui, selon certains, aurait eu un coût exorbitant.**



▲ La sonde japonaise Hayabusa-2 a prélevé, en 2018 et 2019, des matériaux sur l'astéroïde Ryugu, très ancien dans le Système solaire.



▲ Les missions de réparation du télescope Hubble ont constitué de véritables exploits (ici, en 1997).



assurer notre consommation électrique actuelle pendant des siècles. Les astéroïdes sont également des mines ambulantes de richesse. Pour la plupart, leur composition ressemble à celle de la Terre, mais quelques-uns sont constitués en grande partie de métaux tels que le fer, le nickel et le cobalt et, en plus petites quantités, d'argent, d'or et de platine. Un tel astéroïde, de la taille d'une grosse maison, contiendrait ainsi un million de kilogrammes

de métaux et une centaine de kilogrammes de platine, d'or et autres métaux rares sur Terre. On peut donc imaginer des missions spatiales utilisant ces abondants minéraux pour construire des colonies spatiales minières, et les énormes profits qui seraient tirés du retour sur Terre des métaux précieux. En 2015, le Congrès des États-Unis vota une loi connue sous le nom de Space Act, qui interdit toute

prétention d'autorité sur les corps cosmiques, mais promeut le droit des citoyens américains (et donc de leurs sociétés) à entreprendre « la récupération commerciale de ressources spatiales dénuées d'interférences nuisibles... moyennant l'autorisation et la supervision continue du gouvernement fédéral » (4). Le joli terme de « récupération », couramment employé dans le monde de l'extraction minière, tend à masquer les effets évidents de telles activités. D'un point de vue moral, avouons, en tant qu'humains, ou que citoyens américains, ou personnes ou entreprises privées, le droit d'altérer, voire de détruire l'environnement d'autres corps célestes ? Pour certains, la réponse est évidente : bien sûr, les ressources de ces mondes appartiennent aux premiers capables de les exploiter (lire l'encadré p. 49).

### Contamination biologique

L'argument moral opposé repose sur l'idée que les humains ne devraient pas s'engager dans de telles activités à la légère, parce que ce que l'on fait peut ne pas être réparable. Pour les scientifiques, la menace la plus grave de la « récupération » des ressources extraterrestres réside dans le fait que les activités humaines peuvent brouiller pour toujours notre connaissance de l'origine et de la distribution de la vie dans le Système solaire. Où que nous atterrissions, nous laissons inévitablement des traces de nos propres formes de vie. La Nasa s'est inquiétée de ce problème dès les premières sondes envoyées sur la Lune, et a pris des mesures sérieuses, sachant qu'elles ne pourront jamais être suffisantes pour éviter la contamination biologique d'autres mondes. Des travaux d'extraction de grande envergure ne pourront jamais se faire sans contamination. Même la Lune et les astéroïdes, tout hostiles à la vie qu'ils soient aujourd'hui, ●●●

## Une motivation importante est la quête de matières premières utiles sur Terre

●●● peuvent contenir des traces d'activité biologique passée. En ce qui concerne les colonies sur Mars – même d'« inoffensives » colonies d'exploration –, le problème est bien pire: la plupart des experts s'accordent à penser que la vie a probablement existé sur Mars quand l'eau circulait librement sur sa surface, et qu'elle peut même persister sous sa surface, où des bassins d'eau existent peut-être encore. La découverte de vie dans un monde voisin devrait révéler, en comparant son ADN ou une équivalence, si la vie dans le Système solaire a des origines diverses, ou si elle s'est transférée d'un monde à un autre à bord de météorites ou d'astéroïdes. Si nous trouvons des organismes de type terrien sur Mars, mais que nous ne pouvons pas savoir s'ils s'y trouvent depuis des milliards d'années ou depuis peu, cette question restera à jamais sans réponse.

### La survie de notre espèce

Les partisans de l'exploitation spatiale évoquent souvent un futur glorieux sur Mars, une fois que des ingénieurs l'auront « terraformée », c'est-à-dire rendue plus habitable. La libération de grandes quantités de dioxyde de carbone, actuellement stocké dans ses roches et gelé dans ses petites calottes polaires, ainsi que d'autres gaz piégeant encore

mieux la chaleur, pourrait produire un effet de serre qui augmenterait sa température de surface et sa pression atmosphérique jusqu'à ce que l'eau puisse à nouveau couler sur sa surface. Au vu de la façon dont les humains ont « terraformé » la Terre, on peut raisonnablement trouver ces projets inquiétants...

Des colonies humaines dans l'espace permettraient-elles la survie de notre espèce, une fois la Terre rendue inhabitable? Mettons de côté l'immense difficulté de créer des colonies viables de millions de personnes (nécessaires pour une variation génétique suffisante à long terme). L'idée que nous apprendrons, de nos erreurs sur Terre, comment survivre dans l'espace ne relève-t-elle pas d'un optimisme béat? Si nous sommes incapables de résoudre nos problèmes sur notre propre planète, il semble hautement improbable que nous sachions le faire ailleurs. Il se pourrait aussi que le plan d'abandonner 8 milliards de nos congénères sur la Terre en perdition engendre des troubles susceptibles de faire dérailler le projet.

Sur la fierté nationale, il n'est pas nécessaire d'être partisan d'un monde unique pour reconnaître que la conquête nationaliste des astres voisins et l'exploitation de

1%

**DES ASTRONAUTES partis dans l'espace n'en sont pas revenus.**

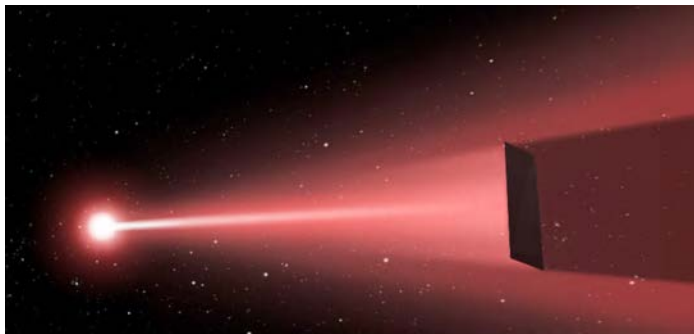
▼ *Certains astéroïdes, par leur composition en métaux rares sur Terre, sont des sources de richesse. Des missions spatiales d'exploitation minière de l'espace sont donc envisagées (ici, vue d'artiste du Harvester de l'entreprise DSI).*

leurs ressources n'offrent pas les conditions idéales à une exploration rationnelle et durable. Exporter notre compétitivité terrienne dans l'espace risque fortement d'augmenter les conflits ici et là-bas.

L'immense émotion suscitée par les voyages spatiaux humains est indéniable, mais cette flamme spirituelle vaut-elle tellement plus que tout ce que nous pourrions apprendre de robots spatiaux? Justifie-t-elle le coût et le danger des expéditions humaines, la contamination d'autres planètes et les effets nuisibles de leur exploitation commerciale? N'oublions pas qu'à ce jour, environ 1 % des astronautes partis dans l'espace n'en sont pas revenus. Bien que notre expertise accrue puisse faire diminuer ce chiffre, il nous rappelle les risques que cache l'expression « tourisme de l'espace » et son évocation de gens ordinaires jouissant de l'exaltation d'un voyage hors de la Terre: se déplacer dans l'espace reste plus l'apanage d'un Thomas Pesquet que de monsieur et madame Tout-le-Monde.

Quant à enflammer les esprits, nos robots sur Mars ont su susciter l'attention générale et même une certaine identification humaine pendant leurs années passées sur la planète. La culture populaire ne cesse d'ailleurs de nourrir notre identification aux robots, comme en témoigne la pléthore de créatures fascinantes qui peuplent nos écrans. Enfin, les expéditions privées sont-elles souhaitables? Même si les gouvernements qui planifient les missions spatiales futures étaient sensibles à nos arguments, qui arrêtera les richissimes qui n'ont de comptes à rendre à personne? Nous avons tendance à supposer l'existence d'un forum dans lequel le pour et le contre des humains dans l'espace sont débattus afin d'atteindre une conclusion (plus ou moins) rationnelle.





▲ Avec un mode de propulsion inédit beaucoup plus rapide (ici, la propulsion photonique), le voyage interstellaire devient envisageable.

Qu'en est-il des entrepreneurs qui naviguent libres de telles contraintes? Elon Musk et Jeff Bezos n'abandonneront pas leurs projets, et l'histoire montre qu'il n'y aura pas pénurie de volontaires pour partir les premiers sur Mars ou ailleurs, même sans perspective de retour. Elon Musk a à ce point embrassé la croyance que les humains ne peuvent satisfaire leur désir d'exploration qu'en allant eux-mêmes dans l'espace qu'il a suggéré de « nucléariser » Mars – d'utiliser la force nucléaire pour libérer le dioxyde de carbone de son sol et de ses calottes polaires. Un tel programme va-t-il nous convaincre que nous pouvons nous permettre d'oublier la Terre et ses problèmes ou, au contraire, nous inciter à faire plus d'efforts pour elle et pour nous? Puisqu'il y a peu d'espoir d'entraver ces entreprises, autant laisser les maîtres de l'espace poursuivre leur désir, en gardant la conviction – nous le devons,

toujours – que les humains trouveront bientôt la voie de la sagesse. Notre discussion ne s'est pas aventurée au-delà des prochaines décennies, un temps déjà suffisant long pour douter de nos prédictions. Si la civilisation humaine parvient à surmonter ses problèmes actuels, elle enverra certainement des gens vers d'autres planètes du Système solaire. Si l'on découvrait un mode de propulsion beaucoup plus rapide qu'aujourd'hui, ou un moyen de prolonger la vie, ou de la suspendre à volonté pour un voyage de plusieurs siècles, nous pourrions envoyer des humains jusqu'aux systèmes planétaires des étoiles voisines. Une évolution darwinienne permettrait peut-être à des colonies humaines de s'adapter à la vie dans l'espace. Si nous pouvions manipuler le génome humain à notre gré (comme cela arrivera probablement bientôt), nous pourrions

peut-être fabriquer une population conçue pour l'espace. À ces « peut-être » s'ajoute l'invention de machines bien supérieures à ces surhumains. Il existe déjà des engins spatiaux de quelques grammes, capables de photographier et de communiquer par radio, qui pourraient être accélérés par laser jusqu'à 20 % de la vitesse de la lumière et atteindre les étoiles les plus proches en quelques décennies. En poussant l'imagination, nous pourrions peut-être faire voyager la conscience téléchargée d'individus ou créée par intelligence artificielle, à bord de ces nano-explorateurs qui arpenteront l'immensité de l'espace au nom de l'humanité, et qui rencontreront peut-être des sondes semblables émanant d'autres civilisations avec lesquelles ils interagiraient. En attendant, méditons les mérites de nos robots spatiaux actuels comparés à leurs homologues humains. ■

Traduit de l'anglais par Marie Treyer

- (1) V. Ter Minassian, « L'origine d'Arrokoth expliquée par sa forme bilobée », *La Recherche* n° 559, mai 2020, p. 30.
- (2) S. Guilbaud, entretien avec Joseph Silk : « Un télescope sur la face cachée de la Lune pour étudier le début de l'Univers », *La Recherche* n° 542, décembre 2018, p. 72.
- (3) W. Fa et Y.-Q. Jin, *Icarus*, doi.org/10.1016/j.icarus.2007.03.014, 2007.
- (4) [tinycloud.com/Space-Act-2015](https://tinycloud.com/Space-Act-2015)



**C'EST L'ANNÉE OÙ LE CONGRÈS des États-Unis vota le Space Act: Il interdit toute prétention d'autorité sur les corps cosmiques, mais promeut le droit des citoyens américains (et de leurs sociétés) à entreprendre « la récupération commerciale de ressources spatiales dénuées d'interférences nuisibles, moyennant l'autorisation et la supervision continue du gouvernement fédéral ».**

## Pour en savoir plus

### La Recherche a publié

- S. Guilbaud, « Grâce aux collaborations, le spatial décolle », *La Recherche* n° 557, mars 2020, p. 54.
- V. Glavieux, entretien avec Marcello Coradini : « Il faut innover et ouvrir de nouveaux marchés », *La Recherche* n° 536, juin 2018, p. 80.
- J.-F. Hait, portrait d'Éric Lorigny : « La dimension humaine est primordiale sur

Mars », *La Recherche* n° 485, mars 2014, p. 56.

### À lire

- Jean-François Clervoy et Franck Lehot, *Histoire de la conquête spatiale*, De Boeck, 2019.
- Marcello Coradini, *Conquête spatiale*, FYP Éditions, 2018.
- Philippe Henarejos, *Ils ont marché sur la Lune*, Belin, 2018.
- Xavier Pasco, *Le Nouvel Âge spatial*, CNRS Éditions, 2017.
- Isabelle Sourbès-Verger et

Denis Borel, *Un empire très céleste. La Chine à la conquête de l'espace*, Dunod, 2008.

■ André Lebeau, *L'Espace, les enjeux et les mythes*, Hachette, 1998.

### Sur le Web

- [tinycloud.com/ESA-Space-Resources-Strategy](https://tinycloud.com/ESA-Space-Resources-Strategy)  
Le rapport de l'ESA sur la stratégie d'exploitation durable de la Lune et du Système solaire (2019, en anglais).

- [tinycloud.com/ESA-Science-Moon](https://tinycloud.com/ESA-Science-Moon)  
Le rapport de l'ESA sur la stratégie scientifique pour la Lune (2019, en anglais).
- <https://mars.nasa.gov>  
Le programme d'exploration de la Nasa pour Mars (en anglais).
- [tinycloud.com/Lunar-Gateway](https://tinycloud.com/Lunar-Gateway)  
Présentation du Lunar Gateway, le concept de base en orbite autour de la Lune (en anglais).
- [tinycloud.com/YouTube-Xavier-Pasco](https://tinycloud.com/YouTube-Xavier-Pasco)

Une conférence de Xavier Pasco lors des Rencontres du ciel et de l'espace, en 2018.

- [tinycloud.com/conquete-espace](https://tinycloud.com/conquete-espace)  
La table ronde du Forum du CNRS, en 2017 : « La conquête de l'espace : des robots ou des hommes ».
- [tinycloud.com/Inter-debat-midi](https://tinycloud.com/Inter-debat-midi)  
Émission « Le Débat de midi » sur France Inter : « Exploration spatiale : des robots ou des hommes ? », en 2018.