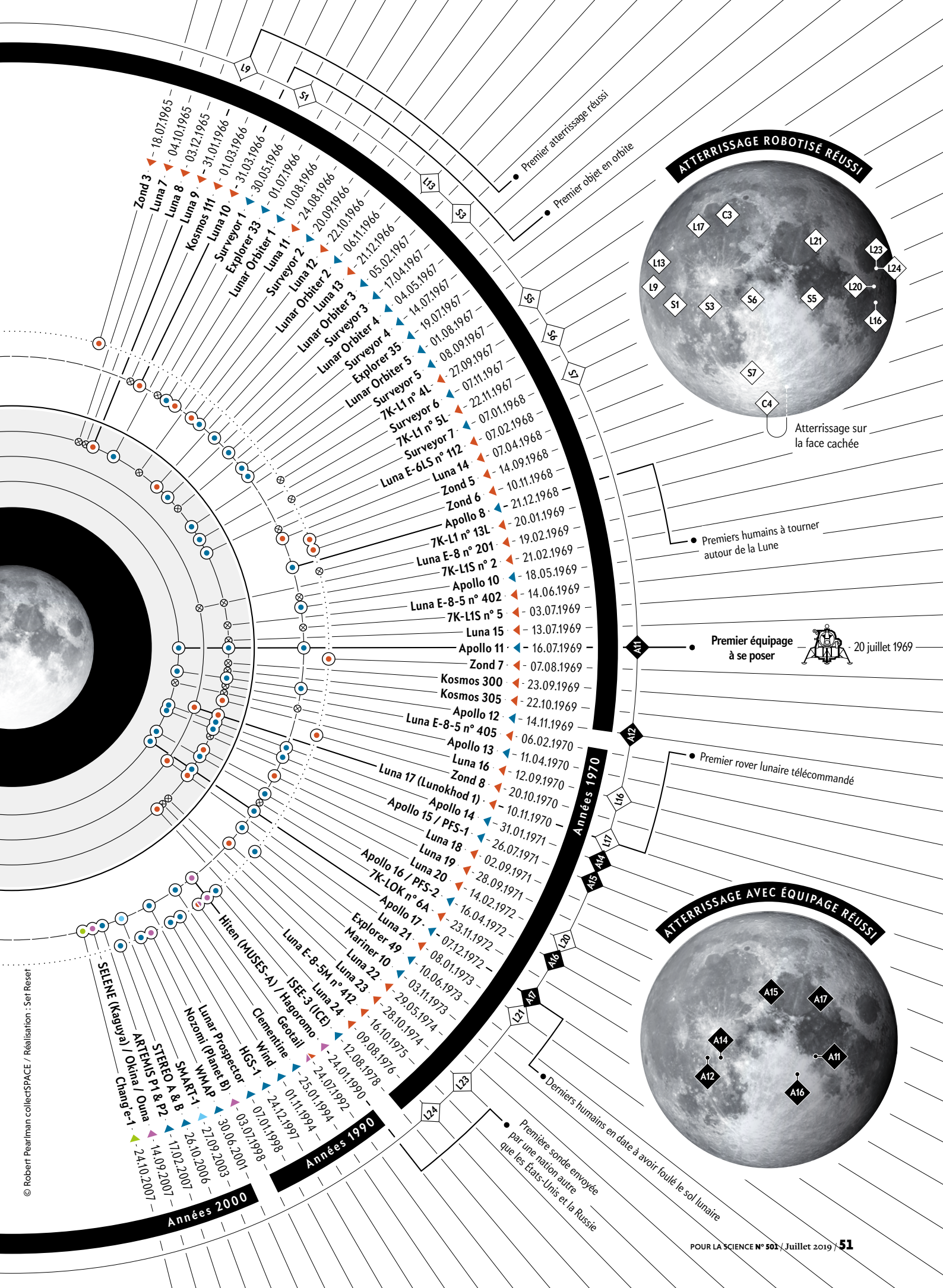




L'ESSENTIEL

> Durant la décennie à venir, de nombreux pays et sociétés privées projettent d'envoyer des missions sur la Lune.

> Les lois internationales précisent que personne ne peut revendiquer des titres de propriété dans l'espace, pas même sur la surface lunaire. Cependant, ces lois indiquent

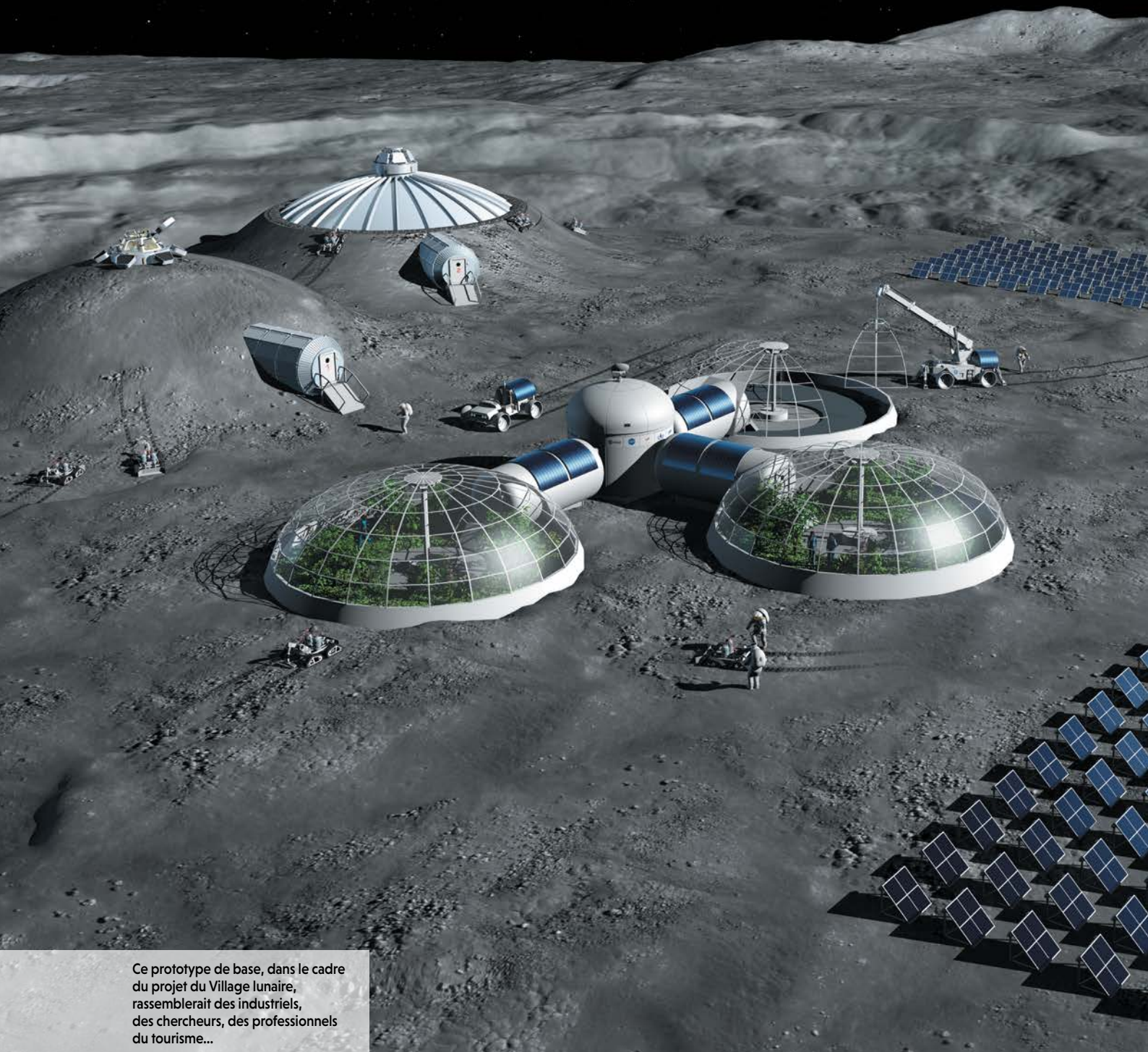
aussi qu'une fois qu'un vaisseau s'est posé à un endroit, personne ne doit atterrir sur le même site (afin d'éviter des accidents).

> Cette faille juridique pourrait motiver une ruée vers la Lune, où les premiers arrivés s'arrogeraient les sites les plus intéressants.

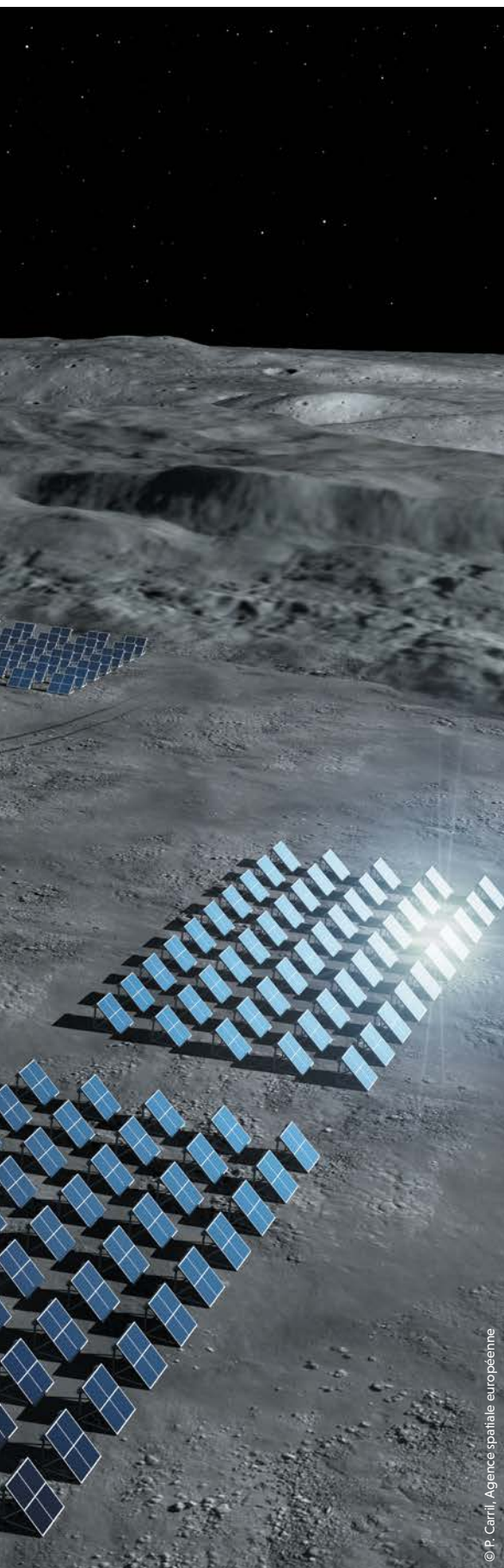
L'AUTEUR



ADAM MANN
journaliste
scientifique
spécialisé
en astronomie



Ce prototype de base, dans le cadre du projet du Village lunaire, rassemblerait des industriels, des chercheurs, des professionnels du tourisme...



© P. Carril, Agence spatiale européenne

La ruée vers la Lune

Une nouvelle course vers le satellite naturel de la Terre va commencer. Des États et des sociétés privées sont dans les starting-blocks. Objectif : s'approprier les zones stratégiques en profitant de failles dans les lois internationales.

C'est sur un écran noir et blanc aux images bruitées que s'est joué l'un des plus vieux souvenirs de Bob Richards : un module lunaire, des combinaisons spatiales, et les premiers pas historiques des astronautes Neil Armstrong et Buzz Aldrin à la surface de la Lune. Jeune enfant à l'époque, l'entrepreneur se souvient très bien qu'il était assis dans le salon familial à Toronto alors que son père s'escrimait avec l'antenne de la télé pour améliorer la qualité de l'image. «*Apollo 11* a été un événement clé dans l'histoire de l'humanité, » raconte le fondateur de Moon Express, une société dont l'objectif est de développer un moyen de transport vers la Lune et éventuellement d'y installer des exploitations minières. « L'inspiration instillée par *Apollo* est encore très présente dans tous les projets spatiaux actuels. »

Dans les années 1960, on pensait que la conquête de l'espace n'était qu'une question de temps ; l'humanité quitterait bientôt son berceau terrestre pour explorer l'Univers. Ce rêve a pris plus de temps que prévu, mais l'heure pourrait bientôt sonner. Une poignée de nations, mais aussi des sociétés privées, ont planifié des missions pour retourner sur la Lune dans un futur proche... une situation mûre pour engendrer des conflits.

À peine deux ans avant *Apollo 11*, afin d'éviter de telles crises, les États-Unis, l'Union soviétique et le Royaume-Uni ont signé le traité de l'espace (il compte aujourd'hui 107 signataires). Cet ➤

> accord stipule que l'exploration spatiale doit se faire de façon pacifique et pour le bénéfice de l'ensemble des nations. Il indique aussi que personne ne peut s'approprier un territoire sur un corps céleste. Mais dans les dernières parties du traité se cache une faille: deux «clauses de non-interférence» qui demandent aux signataires de ne pas détruire ni endommager les véhicules ou bases d'autrui, par exemple en atterrissant sur une structure déjà présente. Si cette remarque semble raisonnable, elle crée une faille qu'un pays ou une entreprise peut exploiter pour s'approprier un terrain simplement en y arrivant le premier.

Dès lors, si des nations ou des organismes s'engouffrent dans cette faille, «cela déclencherait un partage de la Lune similaire au partage de l'Afrique qui a débuté dans les années 1880, quand on a découvert des ressources minières au Congo», souligne Martin Elvis, du centre d'astrophysique de l'université Harvard et de l'institut Smithsonian.

Plusieurs missions sont d'ores et déjà programmées pour les années à venir. Elles visent toutes la même région: les pôles. La mission indienne *Chandrayaan-2* devrait décoller en juillet. L'agence spatiale chinoise a annoncé que ses trois prochaines sondes auront le même objectif. Roscosmos, l'agence spatiale russe, développe le programme *Luna-Glob*, qui se posera non loin du cratère Boguslawsky près du pôle sud d'ici à 2021. La même année, le Japon espère lancer Slim, un module d'exploration de la Lune, qui sera capable de se poser avec une précision extrême. La Nasa, l'Agence spatiale européenne et les entrepreneurs privés ne sont pas en reste. En mai, Jeff Bezos, le PDG d'Amazon et fondateur de la société de vol spatial Blue Origin, a révélé les plans de *Blue Moon*, un module lunaire qui, selon ses dires, sera en mesure de transporter un équipage humain dans les cinq prochaines années (voir la photo ci-contre).

La société Moon Express de Bob Richards vise aussi le pôle sud pour 2021. «Notre motivation est d'arriver avant les autres et nous avons l'intention de nous assurer que nos droits de non-interférence seront bien respectés», explique l'entrepreneur.

LE PÉTROLE DE L'ESPACE

La superficie de la Lune est vaste (comparable à celle de l'Afrique), mais les ressources intéressantes n'y sont pas réparties de façon égale et uniforme. Le fer et le titane, utiles pour construire des bâtiments sur la Lune et certains dispositifs techniques, sont abondants dans certaines régions de la surface du satellite (voir la figure page 56). Les réserves d'hélium 3, présentes dans la couche supérieure du sol lunaire (dans le régolithe) de certaines zones, seraient susceptibles d'alimenter des réacteurs à fusion des bases, de même que le thorium servira de



combustible pour les réacteurs à fission (voir la figure page 57). Mais les «ressources» ne se limitent pas aux matériaux extractibles. Certains reliefs, comme les cratères d'impact, sont des sites stratégiques qui protégeront les astronautes des radiations. La face cachée de la Lune sera aussi intéressante pour y installer des télescopes, car la masse de la Lune fera écran contre les bruits parasites liés à l'activité humaine sur Terre, notamment les émissions radios.

À court terme, la ressource la plus importante sera l'eau. Les astronautes la consommeront ou utiliseront ses constituants afin d'alimenter des piles à combustibles. Pour ces premiers explorateurs extraterrestres, l'eau sera en quelque sorte le pétrole de l'espace.

En mai 2019, la société Blue Origin de Jeff Bezos (le président d'Amazon) a dévoilé son projet de module lunaire *Blue Moon*. Il pourra livrer 3,6 tonnes de matériel sur la surface de la Lune. Et des versions améliorées seront habitées. Une première mission est prévue d'ici à 2024.

Une course à la Lune conduirait à son partage entre les grandes puissances comme celui de l'Afrique dans les années 1880

LE VILLAGE LUNAIRE: UN PROJET COMMUN

Sans la Guerre froide, la mission *Apollo 11* n'aurait probablement jamais vu le jour. Il était urgent de battre les Soviétiques dans la course à la Lune et d'établir la supériorité de la technologie américaine. En 1966, au plus fort de cette course, le congrès américain avait ainsi alloué près de 4,5 % du budget national à la Nasa, l'agence spatiale américaine. Mais à peine trois ans après la mission qui a permis à Neil Armstrong et Buzz Aldrin de poser le pied sur la Lune, la Nasa ne recevait pas plus de 2 % du budget global. Cette part est d'environ 0,5 % depuis 2010.

De nos jours, le prestige national n'est pas un argument assez fort pour convaincre de nombreux pays à se lancer seuls vers l'espace. Si nous voulons voyager de nouveau vers un corps planétaire, la Lune ou Mars, par exemple, il faudra le faire ensemble. Un des plus fervents avocats de cette idée est Johann-Dietrich (« Jan ») Wörner, directeur général de l'agence spatiale européenne (ESA). En 2015, il a déclaré vouloir construire une base habitée ou robotisée permanente sur le satellite naturel, nommée le « Village lunaire », à l'aide d'une coopération internationale. Les États, les sociétés privées, les universités, les associations à but non lucratif et les individus sont invités à y envoyer des personnes et des robots, et à y organiser tout type de projet scientifique, commercial ou exploratoire.

« Le village lunaire est un concept ouvert et multipartite, explique Jan Wörner, et chaque mot dans cette définition a son importance. » L'idée serait d'accueillir autant de membres que possible et il n'y a pas de critères spécifiques à remplir pour y participer. Jan Wörner privilégie le terme de « concept » car il n'y a pas un objectif unique. Différents membres contribueraient comme ils le veulent selon leur intérêt, que cela concerne le transport, l'exploitation minière, le tourisme, la science, le développement de nouvelles technologies, etc.

Afin de promouvoir ce concept et d'en garantir les principes, une organisation non gouvernementale installée à Vienne, en Autriche, et nommée l'Association du village lunaire, a été créée en 2017. Elle répond à certains critères de neutralité politique, d'ouverture à toutes les nations et individus, de coopération, etc.

À la suite de l'annonce du directeur général de l'ESA, de nombreux pays ont répondu avec intérêt à cette proposition, comme la Chine, les États-Unis, le Japon et la Russie. Jan Wörner est convaincu que ces nations sont aujourd'hui prêtes à collaborer pour exploiter la Lune.

Le Village lunaire n'en est encore qu'à un stade très préliminaire. Et survivra-t-il aux intérêts des uns et des autres ? Malgré son optimisme, Jan Wörner espère que l'aventure lunaire ne ressemblera pas à la conquête de l'Ouest des États-Unis au XIX^e siècle. Et que la Lune ne sera pas couverte de murs et de barrières d'ici à quelques années.

CLARA MOSKOWITZ
Scientific American

Les « pics de lumière éternelle » aux pôles lunaires sont probablement les sites les plus prometteurs pour y exploiter de l'eau. Ces reliefs se sont formés sur les bords de cratères dus à des astéroïdes dont l'impact a rejeté de grandes quantités de matière en périphérie de l'impact. La Lune évolue sur une orbite telle que le Soleil éclaire presque toujours ces pics. C'est donc un endroit stratégique pour installer des panneaux solaires. Les astronautes pourraient y installer leurs bases et extraire l'eau qui s'est accumulée sous forme de glace au fond des cratères, à l'inverse plongés dans une obscurité permanente.

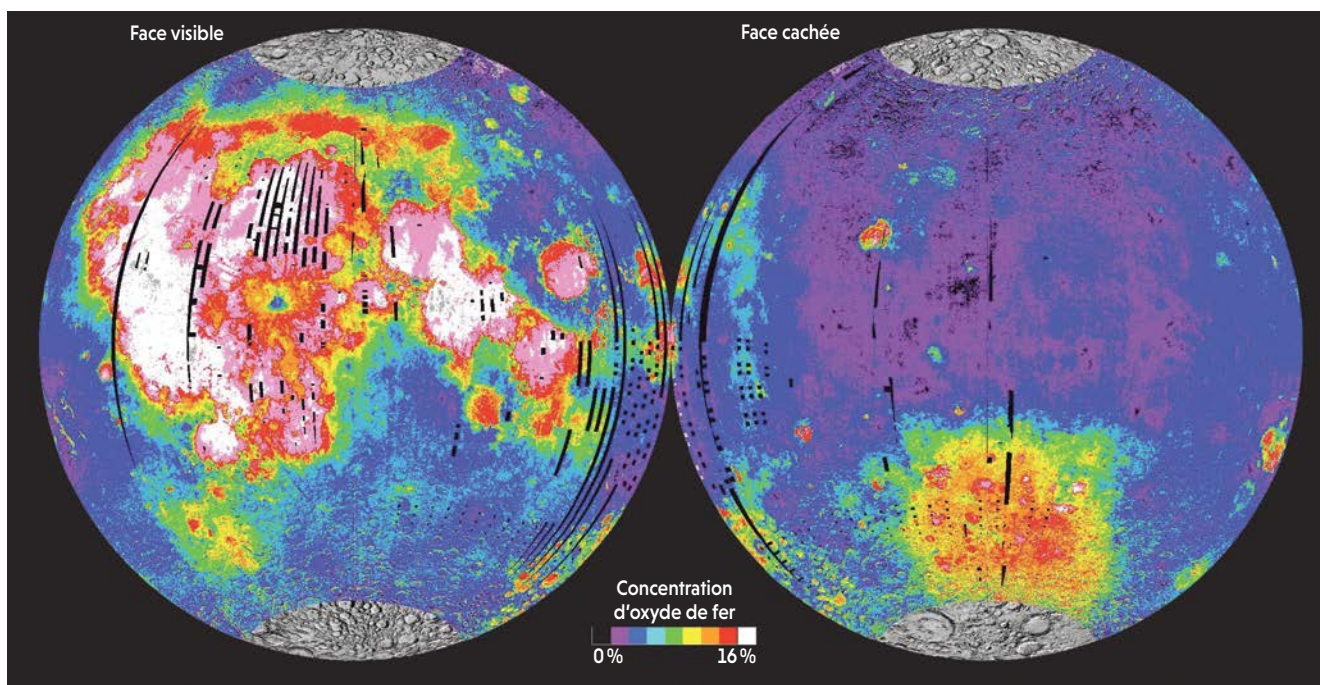
Chaque pôle présente quelques pics de lumière éternelle de quelques centaines de mètres de diamètre. Du fait de leur rareté, on comprend comment le principe de non-interférence sera instrumentalisé sur ces sites. « Ces cratères sont si petits que personne ne pourra s'y poser sans risquer d'endommager un vaisseau qui s'y trouve déjà », explique Ian Crawford, planétologue à Birkbeck College, à Londres, et spécialiste des ressources lunaires. « La première société ou le premier État qui se posera sur l'un de ces pics en sera *de facto* le propriétaire, peu importent les subtilités juridiques. »

FAILLES JURIDIQUES

Quand le traité de l'espace a été écrit, seuls deux pays, les États-Unis et l'Union soviétique, pouvaient prétendre pouvoir atteindre la Lune. Depuis sa signature, les juristes discutent des implications du traité. Et les développements récents, comme la montée du voyage spatial commercial, ont soulevé de nouvelles questions que personne n'avait imaginées à l'époque.

En 2015, le congrès américain a provoqué un tollé international en adoptant le *Space act*. Celui-ci confirme que personne ne peut s'arroger la propriété d'une région d'un corps céleste, mais que tout matériau extrait d'un tel corps appartient à celui qui a réalisé le forage, ce qui ouvre la possibilité de le vendre. En mars 2017, lors de la réunion du comité des Nations unies pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique, les représentants de la Russie, du Brésil et de bien d'autres pays ont fermement protesté contre cette loi américaine. Ils ont affirmé que l'exploitation minière extraterrestre était une façon de s'approprier des territoires *de facto* et qu'un consortium global était nécessaire pour réguler les opérations de forage.

D'autres pays ont pris le parti des États-Unis et de leur vision non interventionniste de la loi, comme le Luxembourg qui voudrait être un acteur important dans l'exploitation des ressources spatiales. La Chine a opté pour un positionnement intermédiaire, dans l'attente de voir quelle interprétation des lois prendra l'avantage. « Les lois internationales sont décidées par les pays de façon collective », explique Frans von der Dunk, professeur de droit spécialiste de ➤



> l'espace à l'université du Nebraska-Lincoln. «Mais si un pays considère qu'une décision est légale alors que pour un autre, elle nécessite une tutelle internationale, on se retrouve face à un gros problème.»

Pour l'heure, la situation semble être à l'avantage du principe du premier arrivé, premier servi. Et les grands gagnants seront les pays riches et les entreprises qui atteindront les zones les plus intéressantes de la Lune d'ici peu. Cela suscitera des tensions entre ces pays et avec ceux moins puissants qui n'auront pas pu revendiquer leur part de la Lune. «C'est un peu ce que l'on observe actuellement dans la mer de Chine», indique Ian Crawford. Il n'y a pas non plus de moyen de garantir que les régions d'intérêt scientifique seront préservées. Pour Tony Mulligan, spécialiste d'éthique au King's College, à Londres, ces questions doivent être sérieusement discutées avant que les premières activités d'exploitation minière ne commencent : «Une fois qu'il y aura une présence permanente sur la Lune, les lois prendront une autre dimension, et les failles, si énormes qu'un vaisseau spatial pourrait les traverser, ne pourront plus être ignorées.»

Pour beaucoup d'experts, le programme spatial chinois, grâce à une forte volonté politique et des capacités techniques, a une bonne longueur d'avance dans la course à la Lune. Les ingénieurs chinois affirment qu'ils sont en mesure de poser un module lunaire avec une précision de l'ordre du centimètre. Leurs futures missions *Chang'e* auront pour objectif de rapporter des échantillons de roche lunaire et de réaliser une prospection minutieuse des pôles. «Il serait probablement dans le meilleur

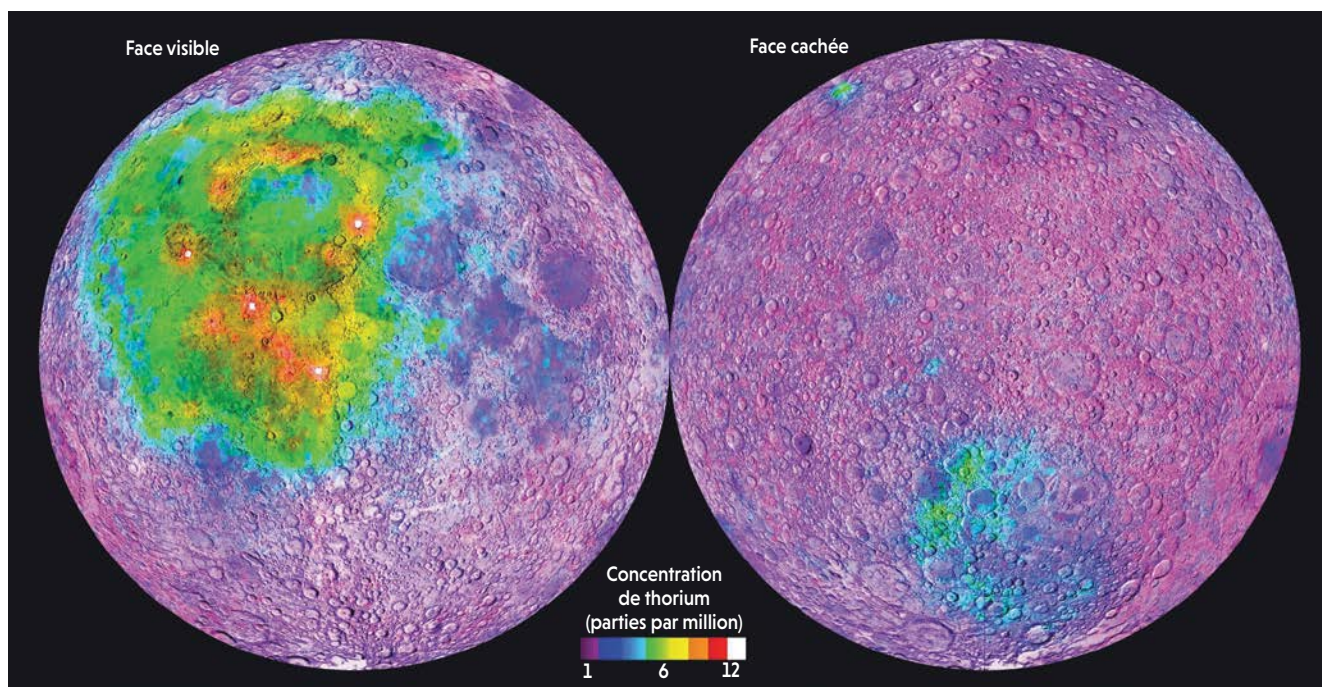
intérêt des autres pays de réfléchir à un ensemble de règles pour encadrer la concurrence, même si cela implique de perdre un peu d'autonomie et de liberté d'action», avance Frans von der Dunk.

Des groupes de réflexion ont commencé à se pencher sur la question. Il y a quelques années, Tanja Masson-Zwaan, experte en lois spatiales à l'université de Leyde, aux Pays-Bas, a fondé, avec d'autres, le Groupe de travail international de La Haye sur la gouvernance des ressources spatiales, une organisation qui rassemble des gouvernements, des industriels, des chercheurs, etc., afin d'établir des recommandations sur les activités minières extraterrestres. En 2017, le groupe a esquissé les bases d'un cadre juridique pour des principes visant à protéger au mieux les intérêts de tous les acteurs dans le cadre des lois internationales. Tanja Masson-Zwaan et ses collègues recommandent d'établir un organisme sur le modèle de l'Union internationale des télécommunications, une agence des Nations unies qui assigne les orbites des satellites envoyés dans l'espace et attribue les bandes du spectre électromagnétique pour les télécommunications.

RISQUES ET RÉCOMPENSES

Même si les plans sont en place pour s'emparer des zones stratégiques sur la Lune, l'extraction de ressources comme les terres rares et leur expédition sur Terre sont un objectif à long terme. Et d'ailleurs, certains n'y croient pas du tout. Au regard du coût exorbitant et des obstacles techniques pour seulement aller dans l'espace, sans parler de poser un module sur la surface lunaire, il est difficile de croire

Les analyses spectrométriques du sol lunaire montrent la répartition du fer sur la face visible (à gauche) et la face cachée (à droite). On note une forte concentration sur la face visible, ainsi que près du bassin Pôle Sud-Aitken sur la face cachée. Les zones les plus riches seront les cibles principales pour des exploitations minières. Sur la page ci-contre, la carte de répartition du thorium, qui pourrait alimenter des réacteurs nucléaires.



que rapporter des matériaux lunaires sur Terre sera rentable de sitôt. Deux sociétés privées, Deep Space Industries et Planetary Resources, fondées au début du xxi^e siècle pour l'exploitation minière d'astéroïdes, ont échoué à attirer des investisseurs. L'idée d'aller chercher des ressources dans l'espace ne séduit pas encore. Les deux entités ont depuis été rachetées, l'une par un fabricant de satellite, l'autre par une société spécialisée dans la cryptomonnaie. « Cette situation est très différente de la ruée vers l'or aux États-Unis, quand n'importe qui possédant une mule et une pioche pouvait tenter le coup », explique George Sowers, un expert des ressources spatiales à l'école des mines du Colorado.

Néanmoins, si des activités économiques se développent dans l'espace, les exploitations minières suivront, selon les experts. Martin Elvis souligne, par exemple, que les sociétés privées de lanceurs spatiaux, comme SpaceX d'Elon Musk, font baisser le coût d'envoi des véhicules dans l'espace. Plus il sera facile et bon marché de voyager dans l'espace, plus les missions se banaliseront. Et la demande associée en ressources encouragera aussi le développement de la filière, d'autant qu'il est plus aisé de faire partir des matériaux depuis la Lune, car son champ de pesanteur est six fois plus faible que celui de la Terre.

Bob Richards compte bien jouer un rôle dans cette aventure qui rapprochera la Lune de la sphère économique terrestre. Mais même lui a des difficultés à dépasser l'atmosphère de la planète. Quand il a cofondé Moon Express, en 2010, la société était l'une des 16 compagnies en lice pour le *Google Lunar X Prize*. Ce

concours proposait à des entreprises privées de construire un engin spatial qui se poserait sur la Lune, s'y déplacerait et renverrait des photos et des données. Sa date limite, initialement en 2012, a été repoussée jusqu'en mars 2018. Mais en janvier de cette même année, la fondation X Prize a admis qu'aucune équipe n'était en mesure de prétendre à la récompense de 30 millions de dollars.

LA NOUVELLE FRONTIÈRE

Malgré cette déception, Moon Express prévoit d'envoyer sa première sonde en orbite lunaire en 2020, avant de se poser l'année suivante. Il restera ensuite à voir si le modèle économique de l'entreprise – proposer à des agences spatiales et des sociétés privées de transporter leur matériel sur la Lune – est viable à long terme. Quand on lui demande s'il ne voit pas de conflit d'intérêts entre sa volonté de s'approprier des territoires lunaires et le besoin de trouver une solution équitable pour tout le monde, Bob Richards devient philosophe. Les contradictions dans le traité de l'espace sont le reflet du conflit entre les deux systèmes de pensée diamétralement opposés des pays qui l'ont rédigé. Les Soviétiques communistes avaient une vision collective du monde, dans laquelle les biens devaient être répartis de façon équitable, alors que les Américains capitalistes croyaient avant tout à la liberté individuelle et à celle du secteur privé. « Ce clivage explique pourquoi le traité est ouvert à différentes interprétations, explique-t-il. Je pense que les humains ont ici une chance de conquérir de nouvelles frontières vierges sans avoir à s'affronter les uns les autres. » ■

BIBLIOGRAPHIE

Traité de l'espace :
http://bit.ly/PLS501_Space

Association du village lunaire :
<https://moonvillageassociation.org/>

L'ESSENTIEL

> Les échantillons de roche rapportés de la Lune par les astronautes des missions Apollo ont profondément influencé la planétologie.

> Leur étude en laboratoire a livré des informations clés sur l'origine de la Lune et sur l'évolution du Système solaire.

> Cela a aidé au développement d'un modèle de la formation du système Terre-Lune et d'un modèle d'évolution du Système solaire primordial.

> Il faudrait aux scientifiques davantage d'échantillons lunaires pour aller plus loin encore.

L'AUTEURE



ERICA JAWIN
géologue postdoctorante au
Muséum américain d'histoire
naturelle, à Washington

Le précieux butin d'Apollo

Les roches rapportées par les missions Apollo ont si radicalement renouvelé notre vision du satellite de la Terre, que l'une des principales raisons de retourner sur la Lune serait de se procurer de nouveaux échantillons de roches lunaires.

