

# On va imprimer une base

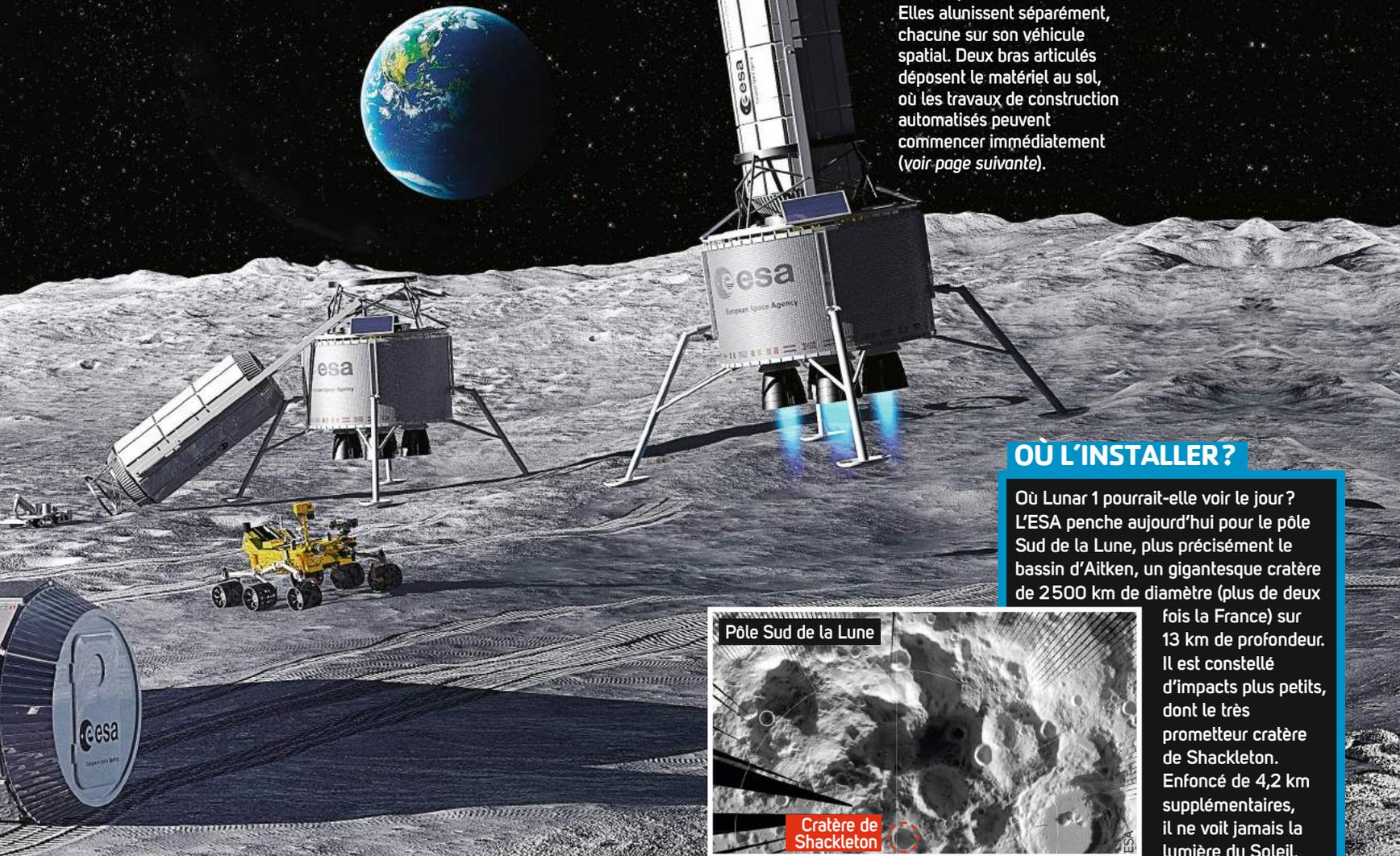
Lunar 1, la base qui accueillera les premiers colons sur notre satellite, sortira peut-être de la poussière lunaire grâce à des imprimantes 3D! Trois témoins du futur nous racontent l'histoire de cette prouesse technologique.

Romain Raffegeat

## Les premiers

**J**érémy Depainhonoix, astrochimiste, 8 mai 2035.  
 « Pour mon dernier jour sur la Lune, je suis gâté : j'assiste à l'arrivée des nouveaux modules d'habitation de Lunar 1. Après cinq ans d'existence, la première base lunaire s'agrandit enfin ! L'aventure, lancée par l'Agence spatiale européenne (ESA), a commencé il y a un peu plus de dix ans. D'abord par de courtes missions, qui rappelaient la mythique Apollo 11 et les premiers pas sur la Lune, en 1969 : les astronautes se posaient, restaient quelques jours puis repartaient. Ces missions express ont permis

# sur la Lune!



Chaque capsule contient tout le nécessaire pour construire un module d'habitation de trois personnes. Elles alunissent séparément, chacune sur son véhicule spatial. Deux bras articulés déposent le matériel au sol, où les travaux de construction automatisés peuvent commencer immédiatement (voir page suivante).

## OÙ L'INSTALLER?

Où Lunar 1 pourrait-elle voir le jour? L'ESA penche aujourd'hui pour le pôle Sud de la Lune, plus précisément le bassin d'Aitken, un gigantesque cratère de 2500 km de diamètre (plus de deux fois la France) sur 13 km de profondeur. Il est constellé d'impacts plus petits, dont le très prometteur cratère de Shackleton. Enfoncé de 4,2 km supplémentaires, il ne voit jamais la lumière du Soleil.



Et, selon la Nasa, le fond de ce gouffre pourrait être recouvert à 22% d'eau sous forme de glace (la température avoisine les -200 °C), un élément indispensable pour établir une base lunaire. Autre avantage : la couronne du cratère de Shackleton ne connaît presque pas la nuit. Au pôle Sud lunaire, la « journée » dure environ 25 jours terrestres et la nuit 2 jours seulement. C'est idéal pour installer des panneaux solaires qui alimenteront la base en électricité. Dernier point, et non des moindres : aux pôles, les mortelles **>radiations solaires<** sont tangentes à la surface de la Lune. C'est l'endroit de notre satellite où elles sont le moins concentrées... Un atout inestimable pour la survie à long terme des colons.

## colons

d'arpenter, peu à peu, tout le bassin d'Aitken et d'y découvrir, en 2024, la plus précieuse des ressources : de l'eau sous forme de glace. En plus de confirmer une vieille hypothèse, cette eau signifiait que nous pouvions installer une base sur la Lune. En effet, sans elle, il aurait fallu en livrer des quantités phénoménales depuis la Terre. Impossible, vu le coût astronomique du moindre kilo envoyé dans l'espace! Et l'acheminement sur la Lune, située à 300 000 km de la Terre, coûte dix fois plus cher en carburant que sur la Station spatiale internationale, qui orbite à 400 km,

autant dire au ras des pâquerettes. C'est aussi pour des raisons d'économie que le plus gros de notre base est fabriqué avec un matériau local : le régolite, la poussière qui jonche le sol lunaire. Achevée en 2031, Lunar 1 a d'abord accueilli des groupes de trois astronautes, chercheurs et explorateurs. Moi, je viens de finir ma mission de six mois, pendant laquelle j'ai étudié l'eau du cratère. Je cherche son origine : comète? astéroïde? J'achèverai mes analyses sur Terre. Je suis content de rentrer, bien sûr, même si j'aurais aimé voir Lunar 1 transformée en vrai village... »

## ZOOM

Les **radiations solaires** sont les rayonnements d'énergie (lumière visible, infrarouges, ultraviolets...) émis par le Soleil. Les plus puissantes détruisent les cellules vivantes, mais sont bloquées par l'atmosphère et le champ magnétique de la Terre.

## › L'aménagement de la base

**A**leksandr Pereverzeva, géophysicien, 16 mai 2035. « Jérémie est parti il y a une semaine, mais moi, je suis resté. Entre deux missions de prélèvement – j'étudie la croûte du cratère de

Shackleton pour dater des impacts d'astéroïdes –, j'admire la fabrication 100 % automatique des nouveaux habitats. Chaque capsule contient, en kit, tout ce qu'il faut pour construire un petit nid douillet pour 3 personnes,

avec des murs en poussière de Lune et un mobilier gonflable! Certains diront que ce n'est pas un 5 étoiles, et je suis bien d'accord avec eux : l'hôtel le plus étoilé n'offre pas une telle vue sur les levers de Terre! »



1

### GONFLAGE DU DÔME

Quand l'extrémité de la capsule s'ouvre, l'air sous haute pression à l'intérieur s'échappe et gonfle un énorme ballon habitable de Kevlar (un tissu synthétique très solide qui sert notamment à fabriquer les gilets pare-balles), à l'intérieur d'un dôme protecteur également en Kevlar et gonflable. Ce dôme sert de support à la construction d'un bunker, nécessaire pour protéger les futurs habitants. Car en l'absence d'atmosphère, les pluies de micrométéorites mitraillent la surface du satellite. Or, ces cailloux lancés à très grande vitesse sont capables de percer le dôme de Kevlar, avec des conséquences fatales pour ses occupants. Privée d'atmosphère, la Lune reçoit aussi sans filtre tous les rayons du Soleil, y compris les plus énergétiques et les plus nocifs. Bref, avant l'arrivée des colons, il faut construire quelque chose de plus solide.

Les murs alvéolés des bunkers lunaires ressembleront à ce tronçon imprimé sur Terre.



2

### IMPRESSION DU BUNKER

Chaque capsule transporte deux robots maçons, équipés d'une pelleuse et d'une imprimante 3D. Leur premier boulot : pelleter la régolite. Ils étalent la poussière lunaire tout autour du dôme de Kevlar, à l'emplacement des futurs murs du bunker. Une fois que la couche a une hauteur de 1 cm, les robots impriment des sortes d'alvéoles solides (voir photo à gauche), remplis de poussière. Quand cette première couche est achevée, les robots la recouvrent d'un nouveau centimètre de régolite, impriment une couche d'alvéoles, et ainsi de suite pendant trois mois, jusqu'à ce que le ballon central en Kevlar disparaisse sous un dôme solide de 1,50 m d'épaisseur.

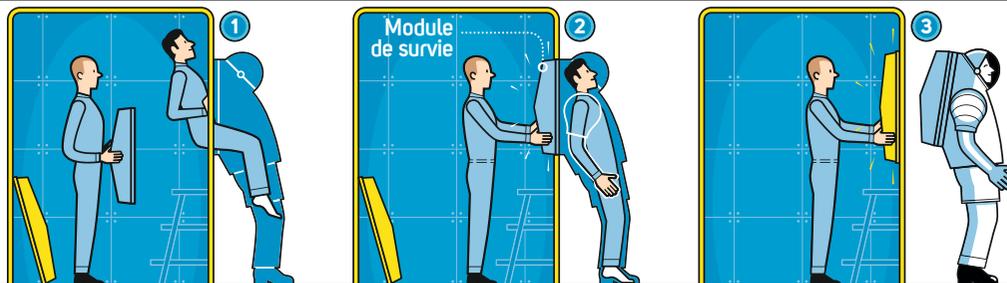


## SORTIR DE LA BASE

3

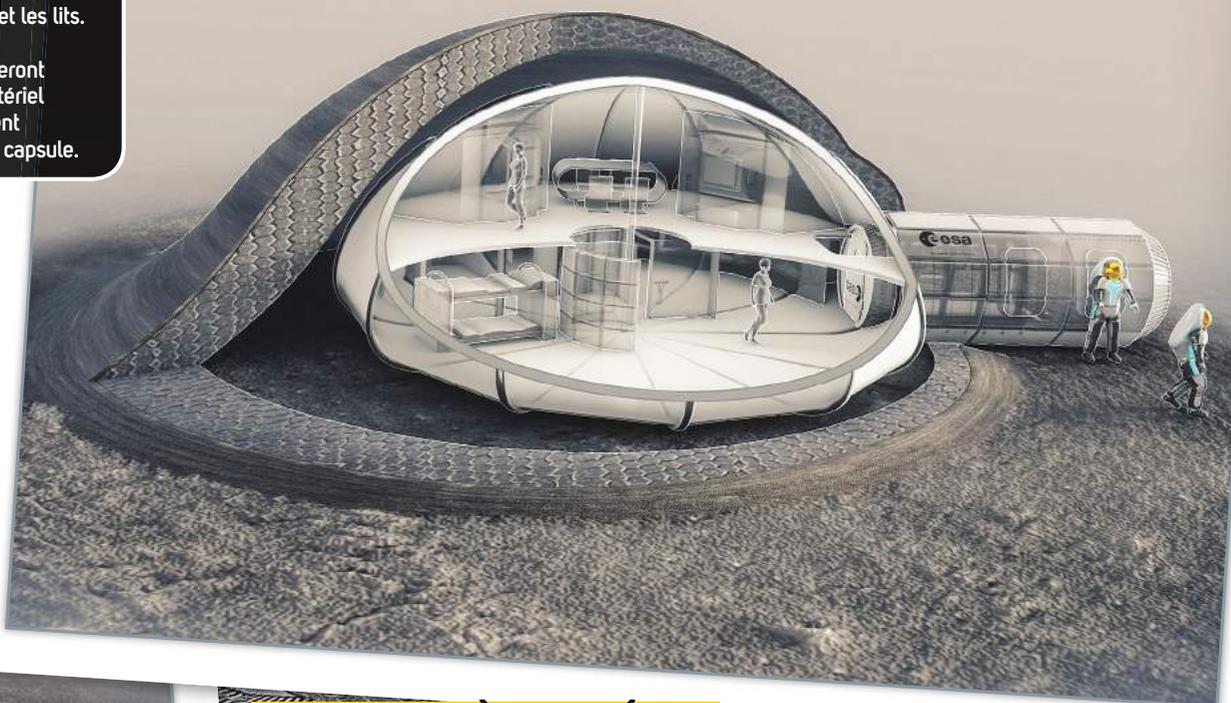
### AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR

Une fois le bunker imprimé, le dôme de protection est dégonflé, laissant un vide autour du ballon habitable. Cette « zone tampon » évite que le régolite du bunker, extrêmement abrasif, n'use le ballon : la moindre déchirure serait fatale aux futurs colons ! Une partie du mobilier est gonflée, comme le sol du premier étage et les lits. Quand les « Luniens » débarqueront, ils installeront les ordinateurs et le matériel scientifique, qui attendent sagement au fond de la capsule.

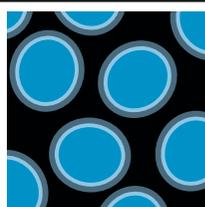


Pour éviter que la poussière lunaire envahisse la base, les combinaisons restent à l'extérieur. L'astronaute s'y glisse par un opercule situé dans la capsule (1). Un collègue installe alors le module de

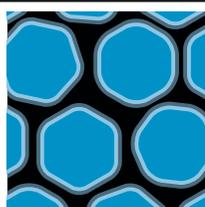
survie, avec l'oxygène et le système de pressurisation de la combinaison (2), puis referme derrière la trappe d'accès (3). La combinaison se détache alors et l'astronaute peut partir en balade.



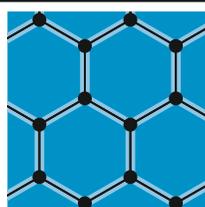
## DE LA POUSSIÈRE AU BÉTON



Nanoparticules de fer



Nanoparticules excitées



Nanoparticules soudées

Pour durcir le régolite, l'Agence spatiale européenne pense utiliser un émetteur de micro-ondes, le même que le four de votre cuisine. La poussière lunaire contient en effet des nanoparticules de fer qui ont la particularité de s'exciter lorsqu'elles sont soumises aux micro-ondes : elles se rentrent alors les unes dans les autres et

s'échauffent jusqu'à 1600 °C. Liquéfiées, elles commencent à s'agglomérer les unes aux autres... et se soudent pour de bon lorsqu'elles refroidissent. Ce phénomène s'appelle le « frittage ». Sur Terre, on l'utilise depuis des millénaires : c'est comme cela que l'on solidifie les poteries en les faisant cuire dans des fours.

# La vie sur la Lune

Lin Yao Jiang, ingénieur énergétique, 15 avril 2038.

« Ça y est, la triple fusée internationale, en orbite autour de la Lune depuis plusieurs semaines, est pratiquement prête à partir ! Direction : Mars. Elle s'est arrêtée ici pour faire le plein. En effet, c'est à Lunar 1 qu'est produit le carburant dont elle a besoin. On le fabrique à partir de la glace du cratère de Shackleton. Mais n'allez pas croire que la base lunaire soit devenue une simple station-service : il y a encore des tas de choses à découvrir ici et

puis, la vie y est de moins en moins spartiate. La base est autonome en eau, en oxygène et en énergie. Et pour nos pièces de rechange, nous les imprimons. Car le régolite est une vraie plaie : il passe tous nos appareils à la paille de fer et il faut régulièrement changer des éléments. Seule la nourriture doit être expédiée, tous les six mois, depuis la Terre, mais une serre pourrait bientôt voir le jour : à nous les salades fraîches ! En attendant, j'aime cette vie. En fait, j'ai déjà fait ma demande pour intégrer la future base Lunar 2, au pôle Nord. »

1

## LES MINES DE GLACE

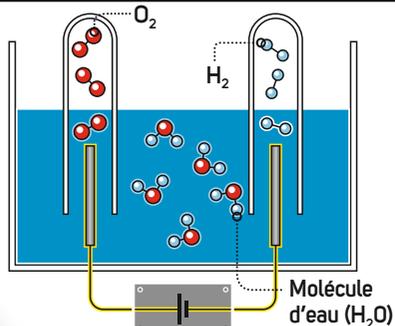
Le cratère voisin de Shackleton contient de l'eau sous forme de glace. Elle permet d'abord d'approvisionner les habitants de Lunar 1, mais une partie est aussi acheminée jusqu'à des capsules-usines.

2

## L'USINE DE CARBURANT

Grâce à l'électricité produite par des panneaux solaires, les usines décomposent les molécules d'eau par électrolyse (voir schéma ci-dessous). Le dihydrogène ( $H_2$ ) et le dioxygène ( $O_2$ ) produits sont stockés séparément sous forme liquide dans des bonbonnes.  $H_2$  et  $O_2$  ont une particularité : quand on les mélange sous une flamme, on obtient une réaction explosive qui, lorsqu'elle est maîtrisée, permet de propulser une fusée. Une partie du dioxygène est conservée pour approvisionner la base en air respirable.

## L'ÉLECTROLYSE DE L'EAU



Lorsqu'un courant électrique traverse la molécule d'eau, il casse les liaisons entre l'atome d'oxygène (O) et les deux atomes d'hydrogène (H) qui la composent. Les atomes se recombinaient alors en dihydrogène ( $H_2$ ) et dioxygène ( $O_2$ ). Ces molécules sont ensuite stockées séparément dans des bonbonnes, sous forme liquide à cause des très basses températures qui règnent sur la Lune.



Cette triple fusée fait le plein en orbite lunaire avant de partir pour Mars.

4

#### LES TÉLESCOPES

Un observatoire composé de plusieurs radiotélescopes a été installé à proximité de Lunar 1. Ces appareils captent le **> rayonnement radioélectrique <** des astres. Cela permet de « voir » des régions qu'on ne pourrait pas observer avec un télescope optique qui ne capte que la lumière visible. Sur Terre, l'atmosphère de notre planète gêne la propagation de ces ondes radio. De plus, elles se mélangent avec celles que nous émettons en masse pour utiliser nos téléphones portables, nos tésés ou nos radios ! Sur la Lune, en revanche, elles n'ont plus aucun frein. De quoi avoir une vue imprenable sur les zones les plus lointaines de notre Univers...



3

#### LE PLEIN POUR MARS

Ce module citerne transporte le H<sub>2</sub> et le O<sub>2</sub> produits dans les usines vers une énorme fusée en orbite autour de la Lune. Un tel monstre (*en haut à droite*) n'aurait jamais pu décoller d'un seul bloc de la Terre : alors, on a expédié séparément trois fusées qui se sont assemblées dans l'espace. Ses réservoirs, à sec, sont remplis grâce à la glace lunaire. Lorsque le plein sera fait, la triple fusée larguera les amarres pour débiter son voyage vers Mars !

#### ZOOM

Le **rayonnement radioélectrique** est une forme d'énergie électromagnétique émise par les étoiles, au même titre que d'autres énergies de même nature, comme la lumière visible, les rayons ultraviolets ou les rayons X.

5

#### LE DÉVELOPPEMENT DE LA BASE

En combinant plusieurs modules entre eux, il est possible de créer une superbase abritant plusieurs équipes en permanence, qui peuvent circuler sans jamais mettre le nez dehors. Pour relier les modules, il faut percer un bunker déjà construit et insérer une nouvelle capsule dans l'ouverture. Elle va alors déployer son dôme de Kevlar à l'extrémité restée libre, et il ne reste plus aux robots qu'à le recouvrir à son tour de régolite. ▀

Remerciements à Laurent Pambaguan et Matthias Maurer, de l'Agence spatiale européenne.