



NATIONAL
GEOGRAPHIC

HORS-SÉRIE

JUIN-JUILLET 2019



ASTRONAUTES

L'HISTOIRE SECRÈTE DES HÉROS DE L'ESPACE

BEL : 7,30 € - CH : 11 CHF - CAN : 12,99 CAD - LUX : 7,30 € - DOM Avion : 9 € ; Bateau : 7,30 € - Zone CFP Bateau : 1 000 XPF.

PM PRISMA MEDIA

M 06672 - 36H - F: 6,90 € - RD



LES MERCURY SEVEN,
en avril 1959. Deuxième plan
(de gauche à droite):
Alan Shepard, Gus Grissom,
Gordon Cooper. Premier plan
(de gauche à droite):
Wally Schirra, Deke Slayton,
John Glenn, Scott Carpenter.

A photograph of an astronaut in a white spacesuit climbing a ladder on the exterior of a space station. The astronaut is seen from behind, with a large white backpack. The station's structure is metallic and complex, with various panels and equipment. A bright yellow diamond-shaped sign hangs from a rope in the upper left corner. The background is the dark void of space.

NOMADE
Aventure

PARTEZ SUR LES TRACES DES



Explorateurs

DE L'ESPACE

Avez-vous déjà imaginé voir la véritable capsule Vostok de **Gagarine**, visiter l'émouvante maison de **Konstantin Tsiolkovski**, fondateur de l'aéronautique, ou encore pénétrer dans la confidentielle **Cité des Etoiles**, base d'entraînement des cosmonautes russes ? Et tout cela, accompagné par le spationaute **Jean-Pierre Haigneré**, recordman français de durée dans l'espace (209 jours) ? Ou **revivre l'épopée de la conquête de la Lune**, et visiter le National Air and Space Museum à Washington, le Space Center de **Houston**, le Kennedy Space Center à **Cap Canaveral**, rencontrer un **astronaute américain** et peut-être même assister à un lancement ? Tout en profitant du savoir et des anecdotes de **Charles Frankel**, spécialiste de la géologie des planètes et auteur de « L'aventure Apollo - Comment ils ont décroché la Lune » (Dunod) ? **C'est désormais possible !**

☎ 01 46 33 71 71 • WWW.NOMADE-AVENTURE.COM/ESPACE

ÉDITO



Le Français Thomas Pesquet admire la vue par un hublot de l'ISS, en mai 2017, peu de temps avant son retour sur Terre.

L'ATTRACTION DU COSMOS

Ils faisaient naguère partie du gotha des célébrités. Les premiers astronautes – et les premiers cosmonautes – furent des héros, fêtés par des parades monstres et représentés sur les couvertures des magazines. Cette renommée se gagnait à la dure. Les vols spatiaux sont toujours difficiles et dangereux, mais c'était plus particulièrement le cas dans les années 1960 quand, dans leur course folle à la Lune, Américains et Soviétiques lançaient un nouveau vaisseau spatial après l'autre. Les hommes aux commandes de ces engins étaient des soldats qui devaient être à la fois des pilotes d'essai, des cobayes et des bricoleurs aux nerfs d'acier.

Ils avaient leur propre culture et, comme toutes les cultures, celle-ci a évolué en s'adaptant aux priorités changeantes des programmes spatiaux mondiaux. Après le succès éclatant d'*Apollo 11*, les vols dans l'espace sont passés de l'exploration à la recherche. Un nombre croissant de femmes, de gens de couleur et de scientifiques ont rejoint cette communauté. Aujourd'hui, le lancement des navettes spatiales est une routine, et ceux qui sont à bord sont des anonymes. Sauf quand ils deviennent tragiquement célèbres comme les équipiers des deux missions fatales de 1986 et 2003.

De nos jours, les astronautes sont moins des jockeys de l'espace que des scientifiques entraînés spécifiquement au dur travail d'un laboratoire loin de notre planète. Depuis 2000, la *Station spatiale internationale* a réuni plus de 200 hommes et femmes de 18 pays pour repousser les frontières de la recherche en microgravité. Ils seront peut-être rejoints demain par des touristes qui auront payé pour embarquer sur des vols spatiaux commerciaux. Prochaine étape : des voyageurs longue distance s'entraînent d'ores et déjà pour le long et périlleux voyage vers Mars. Les astronautes entreront dans une nouvelle ère en tant que colonisateurs, une communauté qui sera chez elle dans les autres mondes.

Patricia Daniels, responsable éditoriale

SOMMAIRE

CHAPITRE 1

LES PIONNIERS 6

Dans les années 1960, en pleine guerre froide, la course à l'espace met en orbite les premiers humains. Astronautes américains et cosmonautes russes deviennent vite des stars.

CHAPITRE 2

RENDEZ-VOUS AVEC LA LUNE 26

Avec comme objectif le satellite de la Terre, les astronautes battent tous les records. Ils « marchent » pour la première fois dans l'espace, orbitent autour de la Lune et y posent enfin le pied.

CHAPITRE 3

LES ANNÉES NAVETTE 48

La fin de la mission lunaire sonne l'arrivée des vaisseaux spatiaux réutilisables et la démocratisation des équipages. Mais ces vols restent dangereux, et donnent lieu à de terribles accidents.

CHAPITRE 4

UNE MAISON DANS LE CIEL 70

Depuis les années 1970, les stations spatiales se développent. Et en 2000, l'*ISS* accueille son premier équipage international. Cette plateforme de recherche permet des missions de longue durée.

CHAPITRE 5

VERS MARS ET AU-DELÀ... 96

Aujourd'hui, l'espace n'est plus la chasse gardée des agences spatiales d'État. Des sociétés privées de vols commerciaux voient le jour et tournent leurs regards vers Mars... ou d'autres galaxies.

La navette spatiale *Challenger* traverse les nuages en route vers son orbite, en 1983.

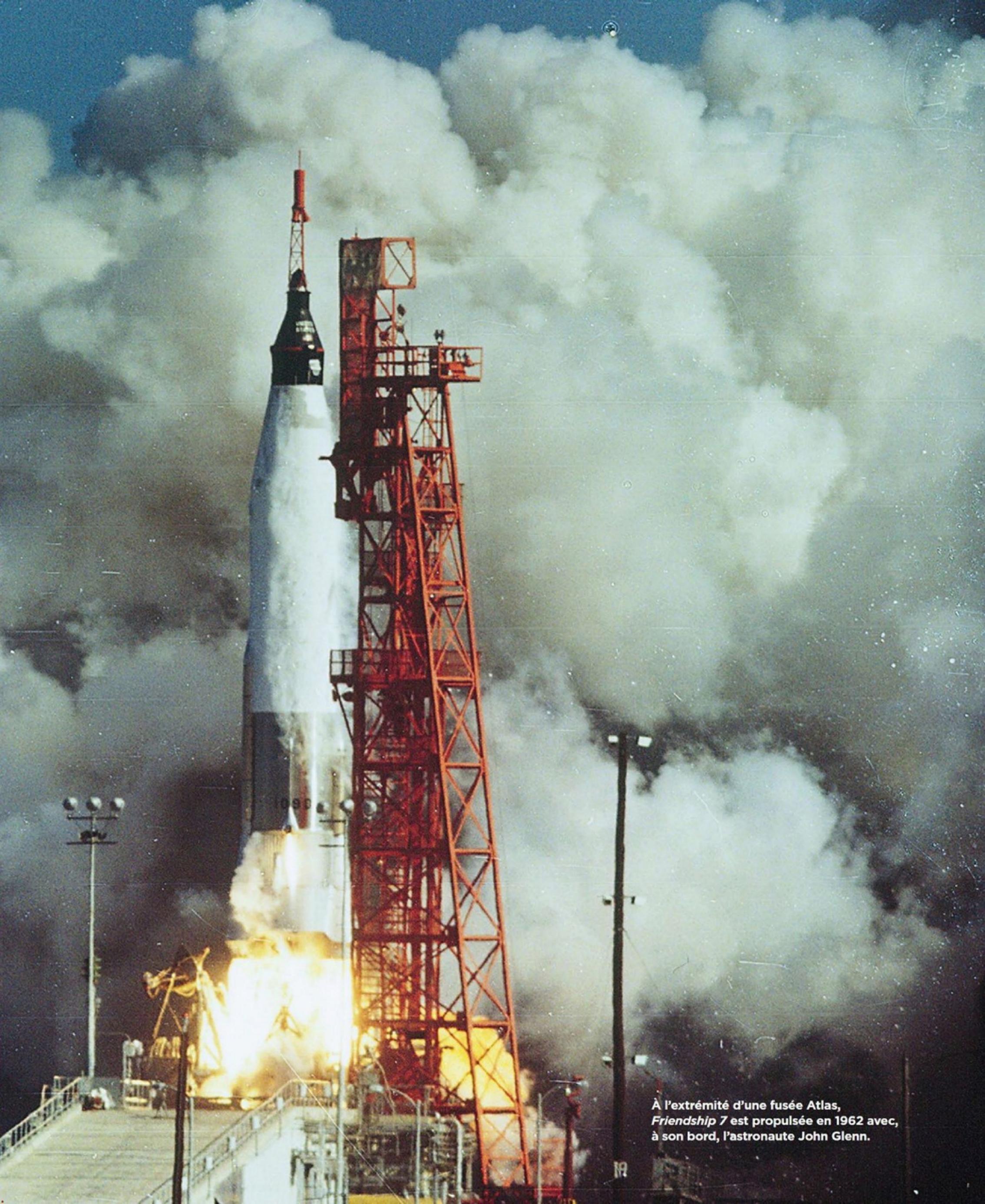


CHAPITRE 1

LES PIONNIERS

Au début des années 1960, exacerbés par les antagonismes de la guerre froide, les programmes spatiaux américain et soviétique rivalisent pour lancer les premiers humains dans l'espace. Ces navigateurs de l'extrême sont recrutés parmi les pilotes d'essai et les pilotes de chasse.





À l'extrémité d'une fusée Atlas,
Friendship 7 est propulsée en 1962 avec,
à son bord, l'astronaute John Glenn.

LE PROFIL DE L'ASTRONAUTE

Nous devons passer notre personnel au crible pour dénicher ceux qui sont des observateurs expérimentés, ont manifesté leur sang-froid et leur ingéniosité dans des situations tendues, sont bien informés, peuvent endurer diverses épreuves physiques extrêmes, et faire preuve d'équilibre, de calme et de confiance. » Telles sont, en 1955, les conclusions d'une commission de l'US Air Force sur les futurs « pilotes de satellites ». Des années avant que Neil Armstrong fasse son petit pas sur la Lune, les États-Unis comme l'Union soviétique se préparent à la prochaine grande étape de l'aviation : le voyage spatial piloté.

FRANCHIR LE MUR DU SON

Les sinistres laboratoires de la Seconde Guerre mondiale ont produit des missiles capables d'entrer dans l'espace. Propulsés par des petites fusées, des aéronefs commencent à tester les lisières de l'atmosphère. En 1947, le pilote d'essai américain Chuck Yeager franchit le mur du son avec l'avion expérimental *Bell X-1* - baptisé *Glamorous Glennis* (*La Belle Glennis*) du nom de son épouse. Largué de la soute à bombes d'un bombardier B-29 Superfortress, le X-1, doté d'un

moteur de fusée à quatre chambres, propulse Yeager dans le ciel à une vitesse dépassant 1127 km/h. À 45 000 pieds - environ 14 000 m -, le pilote n'a pas tout à fait atteint les limites officielles de l'espace, mais il vole assez haut pour voir le ciel s'assombrir et des étoiles apparaître. Le vol étant classifié, Yeager n'a pas le droit de confirmer ouvertement ce moment. Durant sa transmission radio, il peut seulement dire : « Hey, Ridley ! Prends note de ça. Quelque chose cloche avec le machmètre [ndlr : instrument de mesure de la vitesse par rapport à celle du son]. Il a complètement perdu les pédales ! »

Bientôt, aux États-Unis comme en URSS, les chercheurs envisagent un nouvel objectif : mettre un satellite en orbite autour de la Terre. Sous les directives de Sergueï Korolev, un ancien pilote d'essai, l'Union soviétique lance, le 4 octobre 1957, un satellite de la taille d'un ballon de basket, *Sputnik 1*. Partout aux États-Unis, les radioamateurs repèrent le « bip-bip-bip » régulier du satellite passant au-dessus de leurs têtes ; du haut de son orbite, il semble presque narguer les ingénieurs américains. La course est lancée, les premiers astronautes doivent être sélectionnés et préparés à l'espace aussi vite que possible.

PORTRAIT

Chuck Yeager

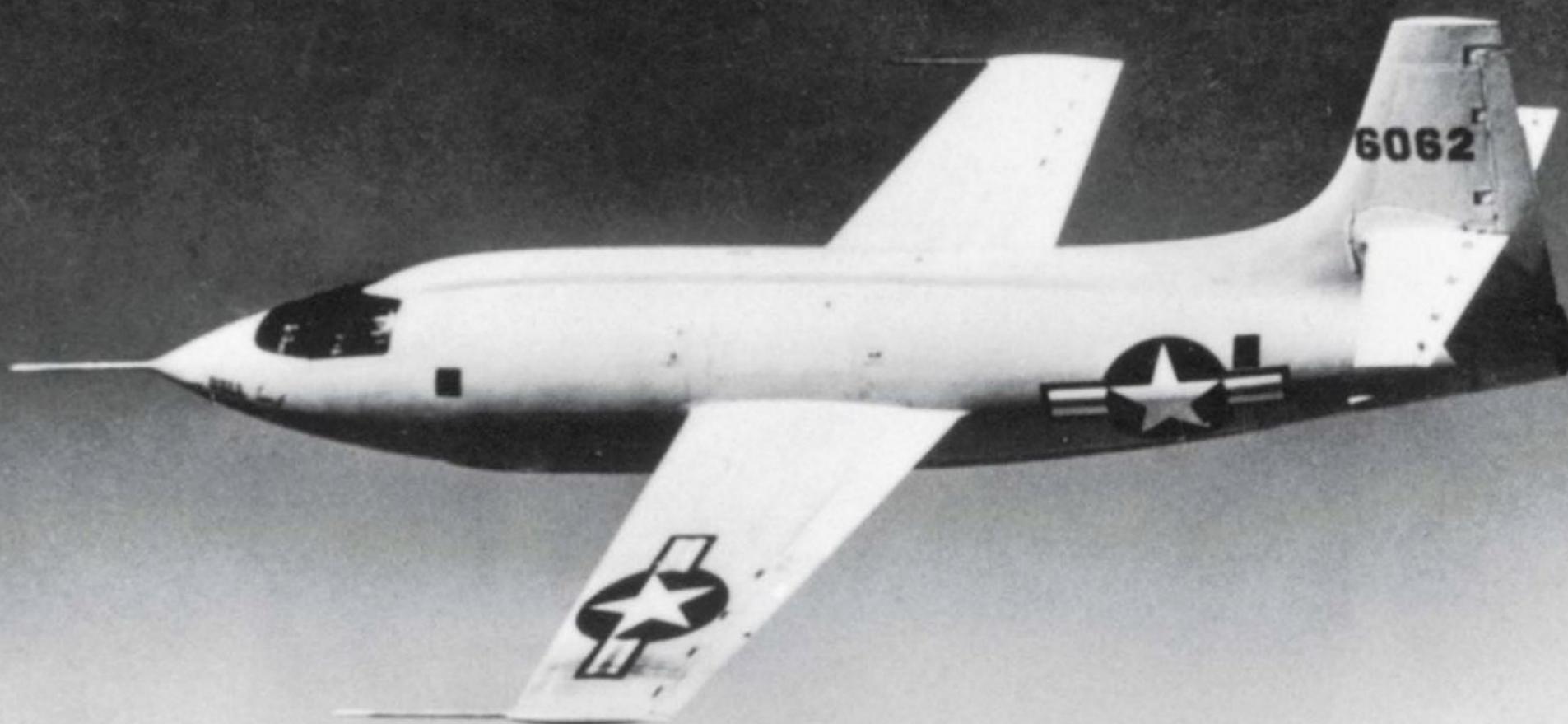
Charles Elwood (Chuck) Yeager, qui deviendra l'archétype du pilote d'essai laconique, est né en 1923 et a grandi à Hamlin, en Virginie-Occidentale. C'est un élève moyen du secondaire avec des dispositions pour les machines. Cette qualité et sa vision 20/10 lui valent un siège de pilote durant la Seconde Guerre mondiale.

Yeager se révèle un excellent pilote de chasse et reçoit la *Bronze Star Medal* (médaille Étoile de bronze) pour avoir aidé un camarade blessé à sortir de France. Après la guerre, il rejoint un groupe de pilotes de l'US Air Force testant des avions. En 1947, il franchit le mur du son avec le *Bell X-1* et produit le premier bang sonique.

Pourtant, Yeager ne sera pas retenu pour le groupe d'astronautes : il n'a pas de diplôme. Il poursuivra une longue carrière dans l'armée de l'air et prendra sa retraite avec le grade de brigadier général.



Piloté par Chuck Yeager,
le *Bell X-1* franchit le mur
du son en 1947.





Le capitaine de frégate du
vaisseau de récupération *USS
Donner* accueille le chimpanzé
Ham à son retour de l'espace.

DU SINGE À L'HOMME

Expédier une boule de métal dans l'espace est une chose. Envoyer des êtres vivants en est une autre. Alors que la course de l'espace s'intensifie dans les années 1950, les scientifiques américains et russes s'inquiètent des conséquences de l'accélération et de l'apesanteur sur le corps humain. Les astronautes en état de stress vont-ils s'évanouir ? La séparation d'avec la Terre risque-t-elle d'entraîner une forme de psychose ? Leur sang coulera-t-il normalement ? La nourriture passera-t-elle dans le système digestif aisément ?

En 1958, le président Eisenhower place les activités spatiales du pays sous le contrôle de la Nasa, l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace.

À la suite des Soviétiques, l'agence teste les effets des vols spatiaux sur les animaux. À la fin des années 1950, les Soviétiques ont lancé plus d'une douzaine de chiens dans l'espace – certains sont morts, d'autres sont revenus sains et saufs. Les États-Unis font des essais avec des souris, des singes et, plus notoirement, avec le chimpanzé Ham, installé dans la première capsule *Mercury*. Après le retour de Ham en bonne forme en janvier 1961, la Nasa annonce qu'elle lancera bientôt un homme dans l'espace.

COUPS DURS

La catastrophe de Nedelin

Les ingénieurs soviétiques sont légitimement fiers des fusées qui lancent leurs missiles et leurs satellites et embarqueront bientôt leurs cosmonautes dans l'espace. Mais, à l'aube de l'ère spatiale, un terrible accident démontre la dangerosité de cette aventure. En 1960, le maréchal Mitrofan Nedelin décide de hâter le lancement d'un nouveau missile balistique intercontinental, le R-16, pour saluer à l'automne le 43^e anniversaire de la Révolution russe. La fusée est alimentée par une nouvelle combinaison de combustible si corrosive qu'on la surnomme le « venin du diable ». Nedelin ordonne aux

PETIT, MAIS CORIACE

Alors que les Américains en sont encore à sélectionner leurs candidats, les Soviétiques ont déjà choisi leurs premiers cosmonautes. Les critères sont simples, mais drastiques. Les heureux élus doivent être des pilotes de chasse (pas nécessairement des pilotes d'essai), avoir moins de 30 ans, être en parfaite santé et en forme, et membres du parti communiste. Pour se glisser dans le petit module, ils ne doivent pas mesurer plus de 1,70 m et peser plus de 73 kg. Ils subissent ensuite des tests de stress, y compris un séjour de deux semaines en chambre d'isolation. En 1961, six Russes sont prêts pour le titre de premier homme dans l'espace.



En 1957, un chien des rues, Laïka, devient le premier animal à orbiter autour de la Terre.

équipes du cosmodrome de Baïkonour de travailler sans relâche pour préparer le missile, qui présente alors des fuites et des problèmes techniques. Le soir du 24 octobre 1960, un commutateur court-circuite ou est basculé par mégarde. Le second étage du missile, puis le premier étage, bourré de combustible, s'embrasent. L'ensemble se transforme en une énorme boule de feu. La température atteint 3 000 °C et le goudron de la route fond, piégeant les travailleurs. Le nombre de morts ne sera jamais révélé, mais il devait dépasser la centaine. L'un d'eux est Nedelin, qui supervisait les opérations de son fauteuil.

INITIATIVE SOVIÉTIQUE

LE PREMIER HUMAIN EN ORBITE

Le 12 avril 1961, presque quatre ans après *Sputnik 1*, un premier être humain s'envole dans l'espace. L'engin, un Vostok, est propulsé par une fusée de 30 m et le cosmonaute est un vaillant pilote de chasse, Youri Gagarine.

Vostok 1 s'élève à 9 h 07, heure de Moscou, du cosmodrome de Baïkonour, au Kazakhstan. Enfermé dans sa cabine sphérique, Gagarine ressent la poussée de l'accélération et signale par radio : « *Poïekhali!* » (C'est parti!). Onze minutes et 16 secondes plus tard, il se met en orbite sur une trajectoire qui s'élève de 175 à 303 km au-dessus de la Terre.

EN APESANTEUR

Vostok est un vaisseau spatial simple à deux étages. Son unique occupant se trouve dans le module de descente, large de 2,3 m. Le module de service couplé contient la rétrofusée du vaisseau et d'autres instruments nécessaires au vol en orbite. Parce que les ingénieurs ignorent les réactions du cosmonaute à l'apesanteur, le contrôle manuel a été bloqué ; le vol sera dirigé soit automatiquement, soit à partir de la Terre. Le responsable de l'entraînement a confié

à Gagarine une enveloppe scellée avec le code des contrôles manuels en cas d'urgence (mais juste avant le départ, il le lui communique oralement).

Ces précautions ne seront pas nécessaires. Gagarine se sent bien et réussit à manger ses rations en tube sans effets négatifs pendant son vol de 108 minutes. Un seul dysfonctionnement gâche le voyage : pendant la descente, les câbles reliant la cabine de descente au module de service ne se libèrent pas comme prévu. Les deux parties de l'engin spatial restent liées plusieurs minutes et leur chute s'accompagne de violentes secousses jusqu'à ce que les câbles se libèrent. Gagarine effectue la difficile descente à travers l'atmosphère en sifflant un air patriotique ; il s'éjecte à environ 6 km du sol et atterrit, comme prévu, en parachute. Se dégageant seul de son attirail, il demande à un paysan où il pourrait trouver un téléphone pour appeler Moscou.

VOSTOK 1

Gagarine : L'impression d'apesanteur est intéressante. Tout flotte. Magnifique!

PORTRAIT

Youri Gagarine

Youri Alexeïevitch Gagarine (1934-1968) a 27 ans quand il devient le premier humain à entrer dans l'espace. Né dans le village de Klouchino, il suit une formation professionnelle dans la fonderie, vite supplantée par sa passion pour l'aviation. À 22 ans, il entre dans l'armée de l'air et entame une carrière de pilote de chasse qui lui vaut le grade de lieutenant.

Gagarine est le prototype du cosmonaute soviétique des premiers temps. Petit (à peine 1,57 m) et athlétique, arborant un sourire conquérant, il est concentré et sûr de lui. Après son retour, il sera un héros de l'Union soviétique, mais sa célébrité l'empêchera de retourner dans l'espace de crainte d'un accident. Cependant, l'armée de l'air ne le tiendra pas éloigné des avions à réaction. En 1968, Gagarine meurt dans le crash d'un MIG-15, à seulement 34 ans.



Vue d'artiste du vaisseau spatial à deux étages *Vostok 1* transportant Youri Gagarine dans l'espace.



RIPOSTE AMÉRICAINE

LE PROJET MERCURY

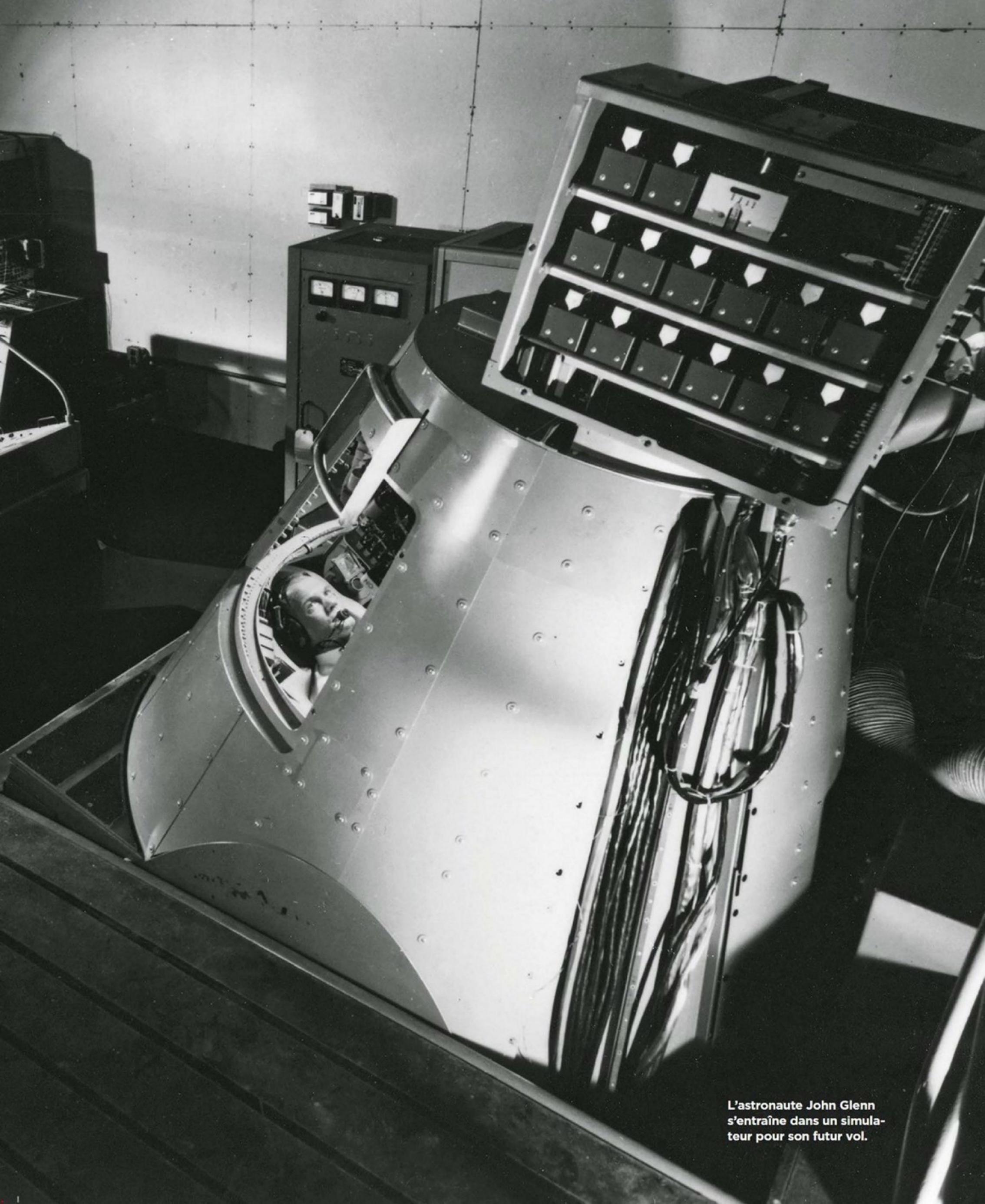
En avril 1961, le voyage de Youri Gagarine dans l'espace est un triomphe pour la science, et un revers pour le programme astronautique américain. À l'automne de la même année, la Nasa brûle les étapes avec le projet Mercury. Son objectif : placer en vol orbital autour de la Terre un engin spatial piloté, étudier les réactions humaines dans cet environnement, ramener sans encombre le vaisseau et le pilote.

Le vaisseau spatial *Mercury* ressemble plus à un gros bidon qu'à un aéronef, et des compétences en matière de pilotage ne sont pas forcément nécessaires pour le manœuvrer. La première annonce de la Nasa pour la « recherche de candidats astronautes », parue en 1958, réclame des hommes en bonne santé de moins de 1,80 m, âgés de 15 à 40 ans, diplômés de l'université, pourvus d'un certain bagage scientifique et ayant l'expérience de situations dangereuses. Les responsables de la sélection s'orientent vite néanmoins vers les pilotes militaires - habitués aux missions risquées dans des combinaisons pressurisées.

PREMIERS CANDIDATS

La Navy, l'armée de l'air et le Corps des marines ont envoyé 508 recommandations de candidatures ; 69 sont retenues pour un entretien. Au final, 32 passent des tests physiques. Les médecins de la Nasa, ignorant les effets des vols spatiaux sur le corps et l'esprit, soumettent les hommes à une variété d'épreuves, y compris des chocs électriques et des lavements. Les tests psychologiques sont plus faciles à faire, et à simuler ! De nombreux pilotes d'essai sont des hommes agressifs et séducteurs. Ils savent aussi se donner l'allure de bons citoyens. C'est parmi eux que sont choisis, en 1959, les sept premiers astronautes, vite connus sous le nom de « Mercury Seven ».





L'astronaute John Glenn s'entraîne dans un simulateur pour son futur vol.



Les Mercury Seven. Deuxième plan (de gauche à droite): Alan Shepard, Gus Grissom, Gordon Cooper. Premier plan (de gauche à droite): Wally Schirra, Deke Slayton, John Glenn, Scott Carpenter.

SÉLECTION

LE PREMIER AMÉRICAIN

A

l'origine, les examinateurs du programme Mercury prévoyaient de choisir les « Mercury Six » ; ils en sélectionneront sept. Chez les Marines, le lieutenant-colonel John

Glenn. Dans l'US Navy, les capitaines de frégate Wally Schirra et Alan Shepard, et le lieutenant de vaisseau Scott Carpenter. Dans l'US Air Force, les capitaines Deke Slayton, Gordon Cooper et Gus Grissom.

Sur le papier, les sept astronautes sont remarquablement identiques. Ils sont blancs, protestants, issus de la classe moyenne et mariés. Tous sont des aînés ou des fils uniques. Quatre portent le prénom de leur père accolé du petit nom « Junior ». À la conférence de presse de 1959 les présentant au public, ils répondent par des clichés insipides aux questions sur le soutien de leur famille et leurs motivations pour aller dans l'espace. En coulisses, les différences de personnalité s'affirment. Shepard peut se montrer coupant et critique ; Grissom et Slayton sont calmes et réservés. Plusieurs d'entre eux ont un mariage instable. Il est probable que seul Glenn corresponde à 100 % à l'image de l'Américain type, celle d'un homme sincère, dans sa vie privée comme dans sa vie publique.

FREEDOM 7

Shepard : Au périscope. Quelle belle vue. Nuages sur la Floride. 3 à 4 dixièmes près de la côte Est. Obscurcie jusqu'à Hatteras.

LES HEUREUX ÉLUS

Comment choisir le premier astronaute parmi les sept candidats ? Tous sont éminemment qualifiés, et chacun veut être l'heureux élu. Robert Gilruth, le patron du groupe de travail sur l'espace à la Nasa, leur demande de décider eux-mêmes en notant mutuellement leurs compétences. Alan Shepard reçoit l'honneur du premier vol, et Gus Grissom, celui du second.

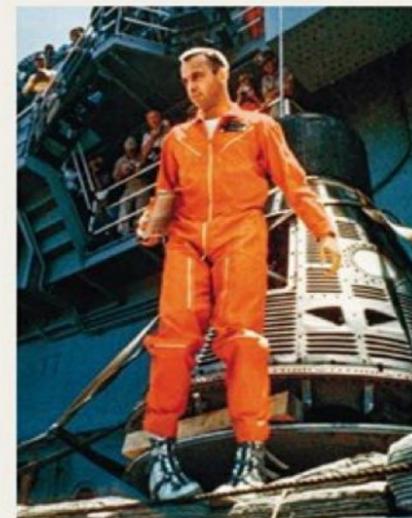
Le 5 mai 1961, à 9 h 34, le vaisseau spatial *Mercury Freedom 7* décolle de Cap Canaveral pour un vol suborbital de 15 minutes 30 secondes. Enfermé dans une capsule de 1,80 m de large, Alan Shepard a peu de contrôle de sa trajectoire, mais réussit à faire tourner l'engin et à tester les rétrofusées, avant le parachutage de *Freedom 7* dans l'océan Atlantique. C'est ce que Shepard appelle, avec l'euphémisme typique des astronautes, « une simple et agréable balade ».

PORTRAIT

Alan Shepard

Le premier Américain dans l'espace est un homme de grande taille originaire de la Nouvelle-Angleterre. Né à East Derry, dans le New Hampshire, Alan Bartlett Shepard, Jr. (1923-1998) grandit avec la passion de l'aviation, participe à la Seconde Guerre mondiale sur un destroyer et devient pilote d'essai pour la marine. C'est un homme brillant et combatif, capable autant de charmer que d'entrer dans des colères impressionnantes.

Enfermé dans la capsule, Shepard garde son calme pendant les longs préparatifs menant au lancement de *Freedom 7* - même si le retard l'oblige à uriner dans sa combinaison spatiale. Il finit toutefois par aboyer : « Réglez votre petit problème et allumez cette bougie. » Près de quatre heures après l'entrée de Shepard dans le vaisseau, *Freedom 7* s'élève dans le ciel pour ce vol historique.



RETOUR SUR TERRE

LES NOUVELLES STARS

Les triomphes soviétiques de *Sputnik 1* et de Youri Gagarine contraignent les Américains à combler leur retard, non seulement technologique, mais aussi en communication. La première conférence de presse de 1959 présentant les Mercury Seven soulève une surprenante tempête médiatique. La Nasa voit avec effarement ses jeunes astronautes payés au lance-pierre accepter de l'argent des éditeurs pour raconter leurs aventures. Pour contrôler le message, l'agence réussit à négocier un contrat collectif exclusif pour les astronautes avec le magazine *Life*.

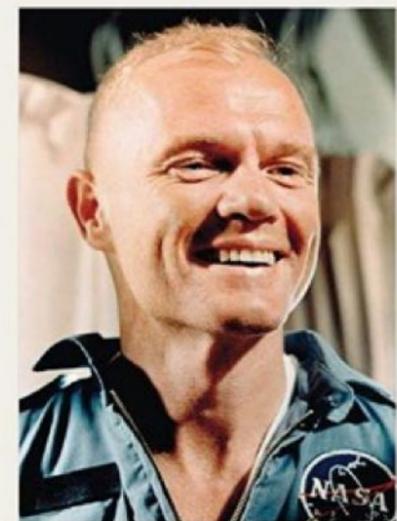
HEURES DE GLOIRE

Les Mercury Seven sont célèbres et le plus connu d'entre eux est John Glenn. Alors qu'Alan Shepard, puis Gus Grissom, ont été les pilotes des deux premiers vols Mercury, Glenn réussit le premier à mettre un engin spatial américain en orbite. En 1962, *Friendship 7* fait sensation en volant pendant environ cinq heures. À son retour, Glenn est traqué par les photographes, participe à d'immenses parades à Washington et New York, est reçu par le président Kennedy et fait un discours à une séance des deux chambres du Congrès. Sa modestie et

PORTRAIT

John Glenn

John Herschel Glenn, Jr. (1921-2016) naît à Cambridge, dans l'Ohio, et obtient son brevet de pilote à 20 ans, tout en poursuivant ses études d'ingénieur à l'université Muskingum. Durant la Seconde Guerre mondiale, il s'engage dans l'armée de l'air et devient pilote de chasse dans le Corps des marines. Il participe à plus de 100 missions de combat. Devenu pilote d'essai, il établit en 1957 le record du vol sonique transcontinental en 3 h 23 min, entre la Californie et New York. Affable, patriote, dur à la tâche, Glenn traite les journalistes aussi bien qu'il manie les engins spatiaux. Après son départ de la Nasa, en 1964, il se lance dans la politique et devient sénateur de l'Ohio, en 1974. En 1998, à l'âge de 77 ans, il retourne dans l'espace sur la navette spatiale *Discovery*. Il est le seul astronaute à avoir pu voler dans l'espace à cet âge.



FRIENDSHIP SEVEN

Glenn: Sûr, ce fut une courte journée.

CC (Contrôleur des communications): Répétez, *Friendship Seven*.

Glenn: J'ai pas connu de jour plus court.

CC: Oui, ça passe vite, hein.

Glenn: Oui Monsieur.

sa simplicité impressionnent les élus lorsqu'il évoque sa rencontre avec la jeune Caroline Kennedy.

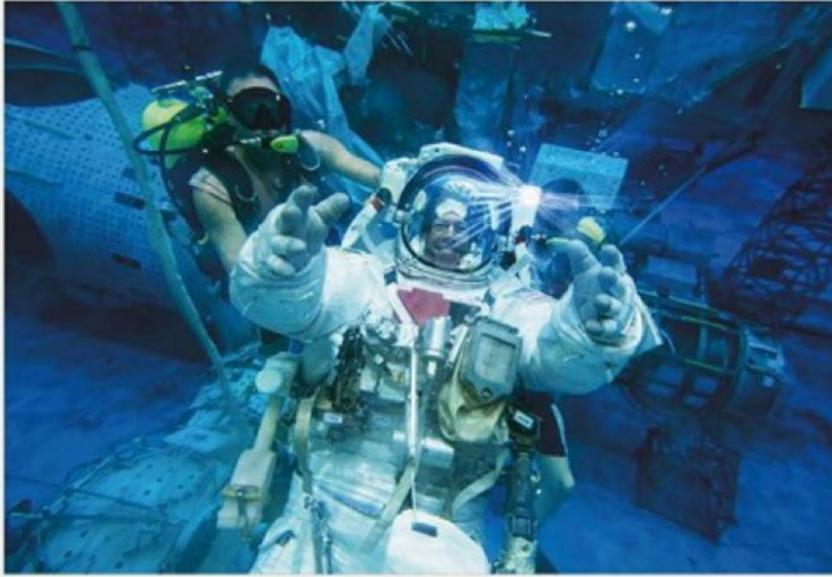
« Elle nous a remis à notre place quand elle nous a demandé: "Où est le singe?" »

Scott Carpenter, Wally Schirra et Gordon Cooper connaissent leur heure de gloire l'année suivante en pilotant les trois *Mercury* restants sur des vols orbitaux de plus en plus longs. Quant à Deke Slayton, il est retenu à terre par un problème cardiaque. En 1963, quand Cooper accomplit son record - 34 heures d'affilée dans le cosmos -, les vols spatiaux commencent à paraître presque normaux. Cooper est si détendu qu'il s'assoupit brièvement avant le décollage.

En 1962, New York
accueille le retour de
l'astronaute John Glenn
par une énorme parade.



FOCUS: TROUVER L'ÉTOFFE DES HÉROS



Les astronautes Ron Garan et Mike Fossum s'entraînent dans la piscine du Centre spatial Johnson, à Houston.

Le processus de sélection d'un astronaute a beaucoup évolué depuis les années 1950. Aujourd'hui, les femmes, les minorités et les civils sont encouragés à postuler. Les besoins augmentant, la Nasa lance des appels d'offres tous les deux ou trois ans. À la fin de 2015, plus de 18 300 personnes ont postulé pour la classe d'astronautes de 2017, trois fois le nombre de la classe précédente, en 2013. Le bureau de sélection des astronautes à la Nasa examine les demandes, vérifie les références, avant de rencontrer les plus qualifiés, une centaine environ. Une évaluation physique rigoureuse et de nouveaux entretiens suivent. Au final, une dizaine d'individus sont retenus.

Que cherche-t-on, en général ? Des équipiers astucieux, solides et adaptables, qui ne répugnent pas à se retrousser les manches. « Il est presque comique de voir à quel point les astronautes ont une réputation de casse-cou et de cow-boys », écrit l'astronaute Chris Hadfield dans *Guide d'un astronaute pour la vie sur Terre*. « En règle générale, nous sommes excessivement méthodiques et pointilleux. Nous avons la passion non pas du frisson, mais de l'obstination. »

De nombreux astronautes n'ont pas été acceptés d'emblée. Clayton Anderson, par exemple, a postulé quinze fois avant d'être retenu.

FONDAMENTAUX

Tout postulant au programme américain doit avoir la nationalité américaine ou la double nationalité, ainsi qu'un diplôme en ingénierie, science biologique, science physique ou mathématiques. Il ou elle doit avoir au moins 1000 heures de pilotage d'un avion à réaction, ou trois années d'expérience professionnelle liée à son diplôme, et une maîtrise avec deux ans d'expérience ou un doctorat. Il ou elle doit également passer les tests médicaux spécifiques et correspondre aux exigences de taille.

ENTRETIENS

Le comité de sélection invite les meilleurs postulants au Centre spatial Johnson, à Houston, pour une semaine d'entretiens, de tests et d'événements sociaux. Les entretiens, bien que stressants à envisager, ne sont pas difficiles. Les interrogateurs essaient de se faire une idée de la personnalité du candidat : est-il un bon communicant ? N'a-t-il pas l'air trop tendu ?

TESTS PHYSIQUES

Les candidats doivent répondre à certaines normes physiques pour postuler. Ils doivent mesurer entre 1,57 m et 1,91 m. Leur pression sanguine ne doit pas excéder 140/90 et leur vision doit être de 20/20, naturellement ou avec des lunettes ou une chirurgie laser. Il n'y a pas d'âge particulier requis, mais l'âge moyen est de 34 ans. Une fois sélectionnés, les candidats font l'objet de mesures complètes – pour s'adapter à des espaces exigus et aux combinaisons spatiales – et passent des examens des yeux, des IRM, des tests cardiovasculaires, etc. Les calculs rénaux par exemple, sont considérés comme des bombes à retardement et disqualifient immédiatement. Environ 25 % des candidats ne répondent pas aux exigences physiques.

Les astronautes Stephanie Wilson, Karen Nyberg et Rick Mastracchio testent une trappe sur un modèle du vaisseau spatial Orion (ci-contre).





La cosmonaute Valentina Terechkova devient, en 1963, la première femme à voler dans l'espace à bord de Vostok 6.

LES MERCURY 13

Au début des années 1960, pratiquement personne ne remet en cause qu'un astronaute est et doit être un Blanc de sexe masculin. À la même époque, pourtant, aux États-Unis comme en URSS, on recrute et on teste des femmes aptes à devenir astronautes. En Amérique, l'expérience est menée par le Dr William Randolph Lovelace II, responsable du comité en médecine spatiale de la Nasa. Il invite dix-neuf femmes pilotes à passer les mêmes examens physiques que les candidats masculins. Treize d'entre elles passent les tests avec succès. On les appellera les « Mercury 13 ». En 1961, elles se retrouvent en Floride pour des épreuves sur des équipements militaires, quand la Navy annule brutalement la permission d'utiliser ses installations. Leur chemin vers l'espace s'arrête là.

Deux pilotes, Geraldyn « Jerrie » Cobb et Jane Hart, réagissent. En 1962, au cours d'auditions publiques devant la Chambre des représentants, Cobb observe que les Mercury 13 ont en moyenne plus d'heures de vol que les candidats masculins. Mais John Glenn témoigne contre elles : il souligne ainsi que « la personne qui peut le mieux accomplir toutes ces fonctions est toujours la

mieux représentée par le profil du pilote d'essai ». Comme aucune femme n'est admise à s'entraîner comme pilote d'essai, aucune femme ne peut donc être qualifiée comme astronaute.

LA PREMIÈRE FEMME DANS L'ESPACE

Tout ceci aboutit à un nouveau coup d'éclat des Soviétiques : en 1963, Valentina Terechkova effectue un vol de trois jours sur *Vostok 6*. Terechkova est une parachutiste expérimentée – une compétence vitale pour les astronautes. Son vol est un grand succès, mais ni elle ni aucune autre femme ne retournera dans l'espace avant Svetlana Savitskaïa, en 1982.



Sept membres du projet Mercury 13 sont réunis pour le lancement de *Discovery* en 1995.

PORTRAIT

Geraldyn Cobb

Geraldyn « Jerrie » Cobb, née en 1931 à Norman, dans l'Oklahoma, effectue son premier vol à 12 ans. À 16 ans, elle fait de la voltige aérienne avec un Piper Cub. À 19 ans, elle est instructrice de vol. Dans les années 1950, elle établit des records commerciaux internationaux de vitesse, distance et altitude. Elle a 10 000 heures de vol à son actif quand le Dr Lovelace la choisit pour ses tests. Ses résultats la placent dans les 2 % supérieurs de l'ensemble des candidats, masculins et féminins. Pourtant, la décision de la Nasa de n'utiliser que des pilotes d'essai comme astronautes la met hors course.

Cobb sera pilote de missions humanitaires en Amérique du Sud et ouvrira de nouvelles voies aériennes dans les Andes. En 1971, elle obtient le trophée Harmon de la meilleure pilote du monde. En 1995, elle retrouve d'autres membres de Mercury 13 pour le lancement de la navette spatiale *Discovery*, pilotée par Eileen Collins.



CHRONOLOGIE: SOIXANTE ANS DANS L'ESPACE

On peut trouver une multitude d'origines au vol spatial et remonter aussi loin que les feux d'artifice chinois au VII^e siècle. Mais la course spatiale moderne commence en 1957 avec le placement en orbite d'une petite boule de métal. Depuis le lancement de *Sputnik 1*, le vol spatial habité a connu des hauts et des bas: la compétition féroce pour la Lune avec les programmes Gemini et Apollo, les

tragédies et les triomphes de *Mir*, la construction pièce par pièce de la *Station spatiale internationale (ISS)*. Aujourd'hui, les vols dans l'espace sont si routiniers que peu de gens peuvent nommer les astronautes actuellement en orbite, ou savent qu'ils sont en train d'accomplir une séance d'entretien de six heures et demie à l'extérieur – un exploit qui leur aurait valu naguère une célébrité mondiale.



Youri Gagarine

12 AVRIL 1961

Youri Gagarine, premier homme dans l'espace

5 MAI 1961

Alan Shepard, premier Américain dans l'espace

18 MARS 1965

Alexeï Leonov fait les premiers pas « dehors »

23 MARS 1965

Gemini 3 lancé avec un équipage de deux personnes

3 JUIN 1965

Ed White, premier Américain à « marcher » dans l'espace



1965, le premier Américain « marche » dans l'espace

4 OCTOBRE 1957

Lancement de *Sputnik 1*

20 FÉVRIER 1962

John Glenn, premier Américain à orbiter autour de la Terre

16 JUIN 1963

Valentina Terechkova, première femme dans l'espace

27 JANVIER 1967

Trois astronautes meurent dans l'explosion d'*Apollo 1*

24 DÉCEMBRE 1968

Apollo 8 orbite autour de la Lune

20 JUILLET 1969

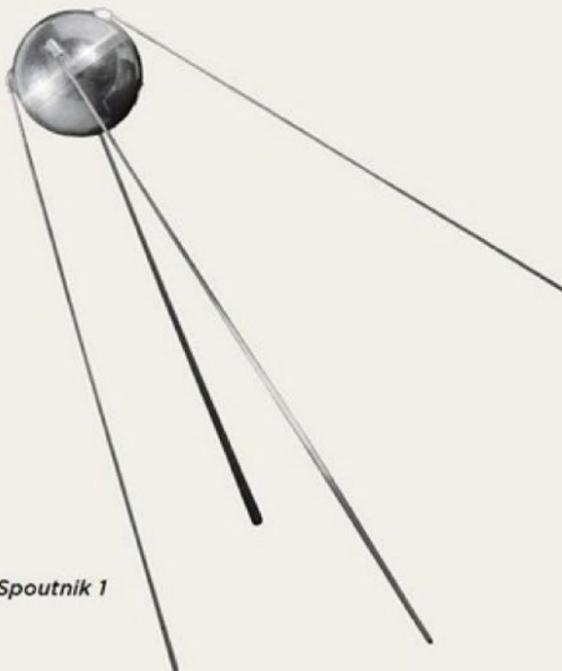
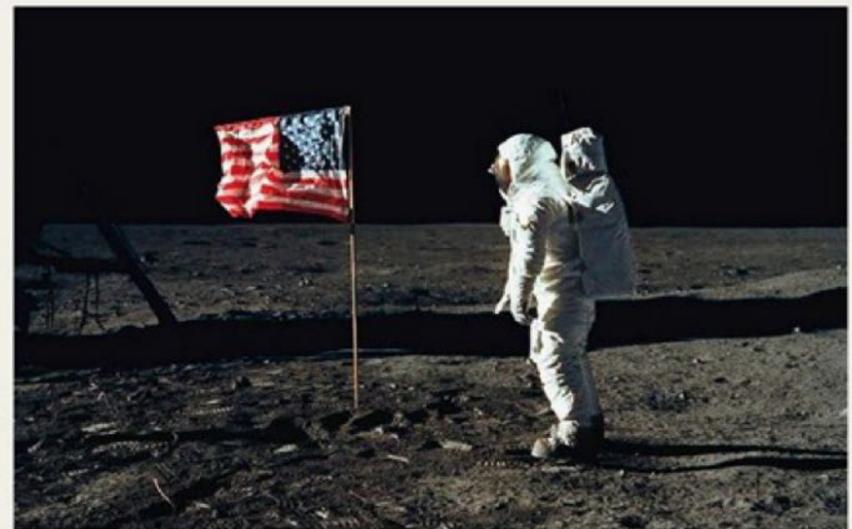
Apollo 11 se pose sur la Lune

13 AVRIL 1970

Une explosion sur *Apollo 13* met l'équipage en danger

19 AVRIL 1971

L'Union soviétique lance *Saliout 1*, la première station spatiale

1957, *Sputnik 1*1969, alunissage d'*Apollo 11*



1986, l'équipage de Challenger

12 AVRIL 1981

Lancement par la Nasa de la navette *Columbia*

18 JUIN 1983

Sally Ride, première Américaine dans l'espace

28 JANVIER 1986

La navette spatiale *Challenger* explose après le lancement

20 FÉVRIER 1986

L'Union soviétique lance la station spatiale *Mir*

SEPTEMBRE 2000

Jeff Bezos fonde la société privée Blue Origin

2 NOVEMBRE 2000

Le premier équipage rejoint l'ISS

29 SEPTEMBRE 2011

La Chine lance la station spatiale *Tiangong-1*

2 MARS 2016

Retour sur Terre de l'équipe de la mission « Un an dans l'espace »



2011, la station spatiale *Tiangong-1*

19 DÉCEMBRE 1972

Retour d'*Apollo 17* sur Terre, dernière mission lunaire

14 MAI 1973

Lancement de *Skylab*

17 JUILLET 1975

Le module de commande d'*Apollo 18* s'amarre à *Soyouz 19*

20 NOVEMBRE 1998

La fusée *Proton* lance le premier module de la *Station spatiale internationale (ISS)*

JUIN 2002

Elon Musk fonde la société privée SpaceX

1^{ER} FÉVRIER 2003

La navette spatiale *Columbia* se désintègre pendant son retour sur Terre

15 OCTOBRE 2003

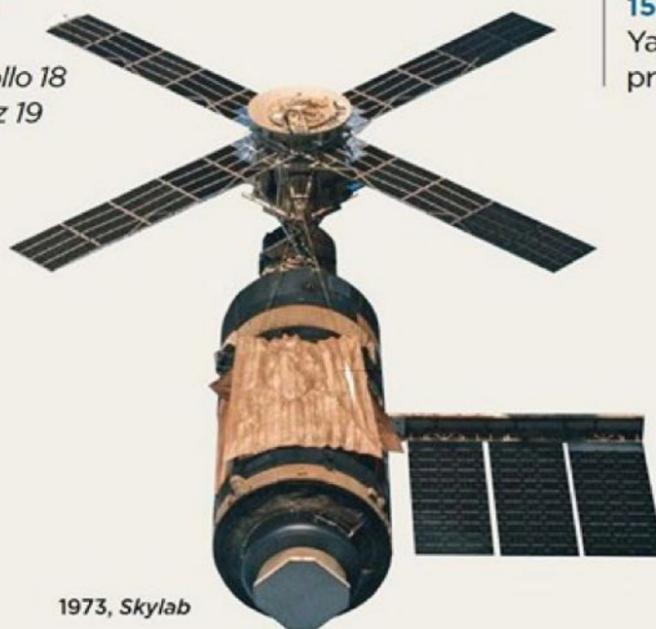
Yang Liwei est le premier « taïkonaute »

6 JANVIER 2017

Les astronautes restent six heures et demie à l'extérieur de la station pour changer les batteries de l'ISS

2 JUIN 2017

Retour sur Terre du Français Thomas Pesquet, après 196 jours passés à bord de l'ISS



1973, *Skylab*



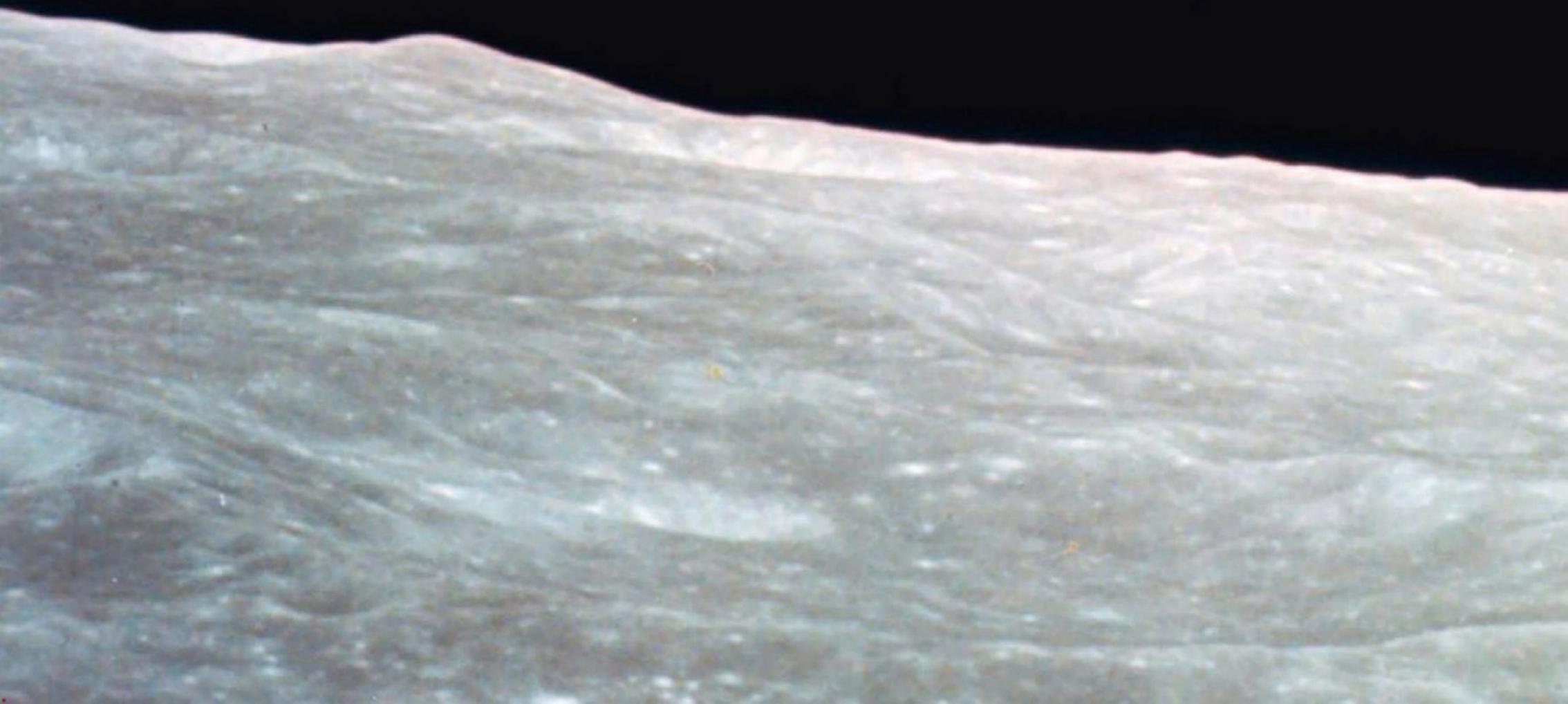
2017, six heures et demie à l'extérieur de l'ISS

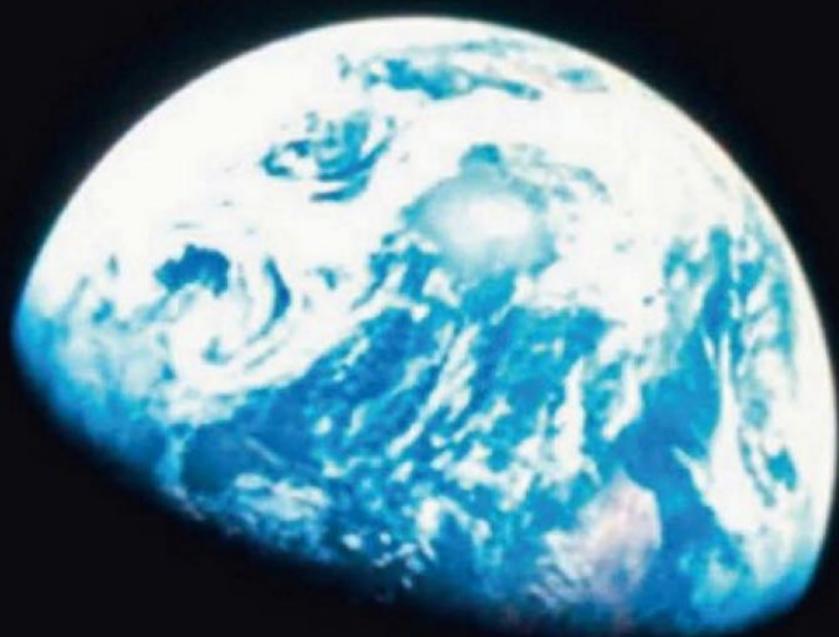
CHAPITRE 2

RENDEZ-VOUS AVEC LA LUNE

En route vers le satellite de la Terre, les hommes de l'espace accumulent les innovations : premiers équipages à deux, puis à trois, premières « marches » dans l'espace.

L'aventure est aussi marquée par des accidents : trois morts dans l'incendie d'un module de commande lors d'une répétition au sol, explosion en plein vol...





Cette photo de la Terre s'élevant au-dessus de l'horizon lunaire a été prise par Bill Anders, sur *Apollo 8*. Illustrant la fragilité de notre planète, elle est devenue l'emblème des mouvements écologiques.

VAISSEAUX POUR DEUX

LE PROJET GEMINI

Quelques mois après le saut dans l'espace du cosmonaute Youri Gagarine, le président John F. Kennedy lance un défi : « Ce pays se fixe comme objectif de transporter un homme sur la Lune avant la fin de cette décennie, et de le ramener sain et sauf sur Terre. »

À cette date, un seul Américain, Alan Shepard, a volé dans l'espace et pendant à peine un peu plus de 15 minutes. Les organisateurs savent qu'ils ne réussiront pas à passer directement des missions relativement simples du projet Mercury aux complexités d'un alunissage. Personne n'est sûr que des astronautes pourront survivre à un voyage de deux semaines, travailler dans le vide cosmique ou se connecter à un autre engin spatial en orbite.

DIX VOLS EN URGENCE

Pour résoudre ces inconnues, la Nasa lance le projet Gemini - ainsi baptisé d'après les jumeaux mythiques Castor et Pollux -, une série de vols spatiaux dans des vaisseaux pouvant accueillir deux hommes.

Dix vols Gemini habités sont lancés en toute hâte entre mars 1965 et novembre 1966. Trois membres du



Les astronautes John Young et Gus Grissom à bord d'un simulateur de *Gemini*.

Mercury Seven originel - Cooper, Grissom et Schirra - en font partie, ainsi que treize nouveaux qui ont rejoint la communauté en participant aux classes d'astronautes du début des années 1960. Parmi eux figurent Neil Armstrong, pilote d'essai civil et vétéran de la Navy, et ses futurs partenaires d'Apollo 11, Buzz Aldrin et Michael Collins. Deux autres, Elliot See et Charles Bassett, devaient voler sur Gemini 9 ; ils meurent au cours du crash de leur supersonique d'entraînement.

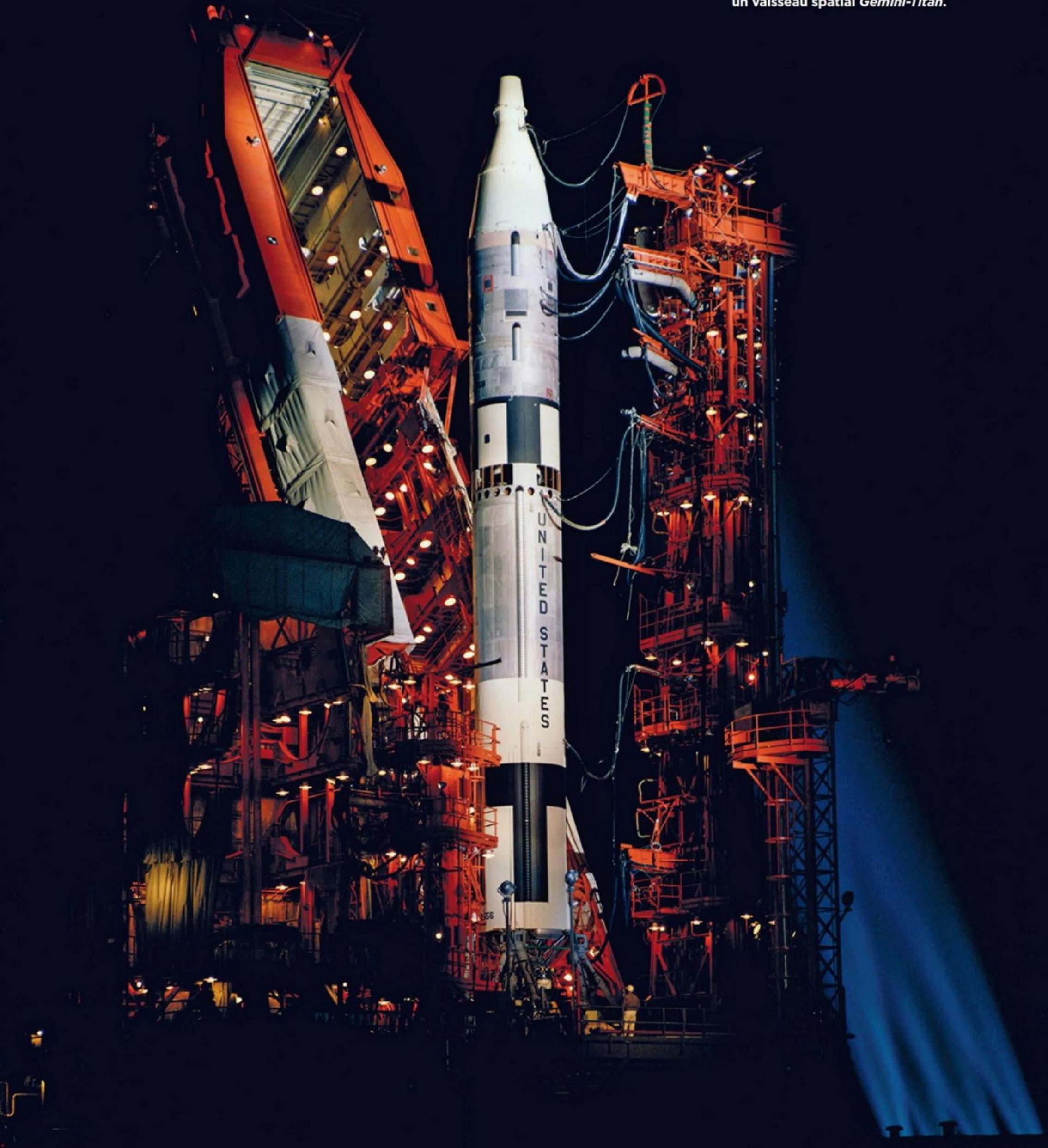
PORTRAIT

Pete Conrad

Charles « Pete » Conrad, Jr. (1930-1999) est un contre-exemple haut en couleur de l'astronaute modèle. Diplômé de Princeton et vétéran de la Navy, Conrad est petit, teigneux et allergique à la bureaucratie. Les tests du candidat astronaute l'ennuient particulièrement. Quand on lui demande de faire un exercice de libre association sur une feuille de papier vierge, il soutient que la feuille est à l'envers. Après qu'on lui a demandé d'utiliser une poire à lavement sur lui-même, il envoie un sac de cet ustensile à l'officier de bureau principal. La Nasa l'exclut du projet Mercury et le dit « non-adapté pour un vol longue durée ». Mais ses camarades l'apprécient, et Conrad est finalement admis dans la communauté. Il pilotera *Gemini 5* - qu'il qualifie de « poubelle volante » - pendant huit jours, et atteindra avec *Gemini 11* une altitude record. En 1969, il dirige *Apollo 12* et devient le troisième homme à marcher sur la Lune.



En pleine nuit, les projecteurs de la rampe de lancement illuminent un vaisseau spatial *Gemini-Titan*.



Le cosmonaute Alexeï Leonov effectue la première sortie dans l'espace, avec la Terre en arrière-plan.



MARCHEURS DU CIEL

Les Soviétiques, eux aussi, sont pressés d'atteindre la Lune. En octobre 1964, l'URSS lance le programme Voskhod (« aurore »). *Voskhod 1* transporte trois cosmonautes pour une mission d'un jour. Le vol est risqué – trois hommes dans un habitacle conçu pour un seul, sans combinaisons spatiales ou sièges éjectables – mais la mission se passe bien. En mars 1965, *Voskhod 2* transporte deux cosmonautes en combinaison spatiale. Alexeï Leonov est le premier homme à marcher dans l'espace. Le public apprendra longtemps après comment il a failli être le premier homme à mourir dans l'espace.

COINCÉ DEHORS

La sortie a bien commencé. Engoncé dans son habit pressurisé, Leonov flotte au-dessus de la Terre. Après dix minutes de félicité, il tire sur l'attache qui le relie au sas de *Voskhod*. Mais la pression d'air a gonflé sa combinaison et il ne peut plus réintégrer le vaisseau, les pieds devant, comme prévu. Ses pieds et ses mains ne sont plus positionnés exactement dans les bottes et les gants. Il décide alors de purger l'air de sa combinaison, le réduisant ainsi à un quart de la pression atmosphérique normale, puis réussit de justesse à se glisser

COUPS DURS

Dans les forêts de Sibérie

Les ennuis de *Voskhod 2* ne se limitent pas à la dangereuse sortie de Leonov dans l'espace. Au moment de rentrer dans l'atmosphère terrestre, les deux équipiers découvrent que le pilote automatique ne fonctionne plus. Ils sont obligés de faire une orbite supplémentaire, ce qui les fera atterrir loin du point prévu. Puis, pendant la descente, un cordon reliant les deux modules refuse de se déconnecter et l'engin se met à tourner si vite que leurs vaisseaux sanguins rétiniens éclatent. Le câble se rompt finalement, le parachute se déploie et *Voskhod 2* se pose dans 2 m de neige au cœur

GEMINI 4

McDivitt: OK, il est sorti. Il flotte librement.

White: Je suis dans ton champ de vision, Jimbo ?

McDivitt: Tu sais que je ne peux pas voir.

White: Ne t'en fais pas. Je viens vers toi.

McDivitt: Oups ! Voilà ton gant. Eh bien, laissons-le partir.

dans le sas d'air et, enfin, à rouler sur lui-même pour permettre à son partenaire de refermer le sas.

À nouveau, les Soviétiques ont battu les Américains dans une étape clé du voyage spatial, mais les équipages de *Gemini* vont rattraper le retard. En 1965, Ed White est le premier Américain à marcher dans l'espace au cours de la mission Gemini 4 – l'expérience est si plaisante que la tour de contrôle doit lui ordonner de réintégrer la capsule. Gemini 12, la dernière mission du programme, permet d'établir un record de marche dans l'espace : à trois reprises, Buzz Aldrin quitte le vaisseau spatial, totalisant 5 h 30 min de travaux en flottant.

d'une forêt sibérienne. L'écouille est coincée contre un arbre et les deux hommes doivent secouer le module pour se libérer. Leonov se rappellera la question angoissée de son équipier, Pavel Beliaïev : « Quand nous retrouveront-ils ? » Et sa réponse : « Dans trois mois peut-être, ils nous découvriront avec des traîneaux à chiens. » Dans la soirée, la température chute bien en dessous de zéro et les deux hommes doivent quitter leurs combinaisons imbibées de sueur pour les tordre. Une nuit glaciale s'ensuit, avant qu'une équipe de secours les récupère, frigorifiés et affamés, mais vivants.

FOCUS : À L'ÉCOLE DES ASTRONAUTES



Les candidats astronautes Nick Hague, Andrew Morgan et Nicole Mann suivent un entraînement en milieu sauvage.

Être sélectionné comme candidat n'est qu'une première étape sur le chemin pour devenir un astronaute à part entière. Aujourd'hui, les candidats suivent un cursus d'entraînement rigoureux de deux ans qui englobe aussi bien l'étude académique des sciences spatiales que la formation au pilotage, à la plongée, aux langues et aux vols paraboliques. Tous les candidats à la Station spatiale internationale (ISS), quelle que soit leur nationalité, suivent le même régime et circulent entre des infrastructures situées aux États-Unis, au Canada, en Russie, au Japon et en Allemagne.

La formation se déroule en trois étapes : l'entraînement de base, l'entraînement avancé et la préparation spécifique aux missions. Au bout de ce cursus, les astronautes attendent leur tour pour les missions à venir. Ils peuvent travailler pendant des années à terre avant de partir dans l'espace.

ENTRAÎNEMENT DE BASE

La Nasa assigne les candidats astronautes au centre spatial Johnson à Houston, Texas, où ils doivent suivre un minimum de 1 200 heures de formation de base. Le cursus inclut des cours sur l'histoire de l'espace et le droit spatial, l'aérodynamique, la robotique, la mécanique orbitale, etc. Tous les candidats apprennent

le russe. La Russie est en effet le partenaire principal des États-Unis dans le programme de l'ISS et elle fournit les *Soyouz* et le vaisseau cargo *Progress* qui font la navette entre la Terre et la station. Les candidats s'initient au pilotage ou entretiennent leurs acquis sur des simulateurs et des avions à réaction. Chacun fait une série de vols paraboliques dans un supersonique modifié baptisé *Vomit Comet*, chaque rotation produisant environ 20 secondes d'apesanteur grisante et/ou « nauséuse ».

Les candidats passent beaucoup de temps dans l'élément aquatique. Ils doivent nager et marcher dans l'eau avec une combinaison de vol, et s'extraire d'un simulateur, une maquette d'avion plongée à l'envers dans une piscine où ils sont enfermés.

ENTRAÎNEMENT AVANCÉ

Les étudiants qui ont réussi cette première étape poursuivent avec un entraînement plus poussé où ils sont associés à des astronautes expérimentés qui leur servent de mentors. Une grande partie de ce programme a lieu au Laboratoire de flottabilité neutre, à Houston, une piscine de 62 m de long avec des maquettes à taille réelle des modules de l'ISS. Des simulateurs en cale sèche permettent aussi des séances d'entraînement interactif qui couvrent l'éventail des tâches possibles, de la gestion d'une situation d'urgence à l'extraction des déchets.

PRÉPARATION AUX MISSIONS

Une fois diplômés, les astronautes sont assignés aux futures missions de l'ISS. En attendant, ils continuent de s'entraîner et de travailler comme employés de la Nasa. Une chose au moins sépare les stagiaires des étudiants traditionnels : ils sont payés. Les candidats astronautes civils reçoivent des salaires de la fonction publique américaine, entre 60 000 et 140 000 dollars par an.

L'astronaute Scott Kelly s'entraîne dans un simulateur de Soyouz à la Cité des Étoiles, en Russie (à droite).



ODYSSÉE LUNAIRE

LE PROJET APOLLO

En 1966, après l'amerrissage du dernier *Gemini*, la Nasa n'a plus que trois ans pour tenir les délais et envoyer un homme sur la Lune. Le comité de sélection des astronautes recrute massivement et élargit ses critères pour incorporer des scientifiques.

Cette décision n'est pas bien accueillie par la première génération d'astronautes. Même si les recrues du programme Apollo se sortent bien de leur entraînement sur supersonique, les pilotes-astronautes les considèrent comme des poids plumes. En 1967, à la fin de leur préparation, alors que les candidats s'attendent à se voir assigner une place sur une mission Apollo, le directeur des opérations, Deke Slayton, douche leurs espérances. « Le gouvernement nous a demandé de vous prendre, mais nous n'avons pas de travail pour vous, pour aucun d'entre vous. » Le seul de cette promotion à marcher sur la Lune sera le géologue Harrison Schmitt.

OBJECTIF LUNE

Pendant ce temps, le projet Apollo accélère. À son apogée, il emploiera 400 000 personnes à la Nasa, dans l'aérospatiale et les laboratoires du monde entier. Son

COUPS DURS

Répétition fatale

Le 27 janvier 1967, l'équipage sélectionné pour le premier vol piloté d'*Apollo* – les vétérans Gus Grissom et Ed White et le débutant Roger Chaffee – fait une répétition de sa mission prévue pour la mi-février. Les trois hommes sont à l'intérieur de leur module de commande pressurisé avec de l'oxygène pur, et le module est à l'extrémité d'une fusée *Saturn 1B*. La radio fonctionne mal, ce qui irrite Grissom. À 6 h 31, un message inquiétant parvient à la salle des opérations. « Du feu, je sens du feu », signale Grissom. Quelques instants plus tard, Chaffee transmet par radio : « Cockpit en flammes. » Sur les écrans, la température



L'équipage d'*Apollo 1* (de gauche à droite) : Ed White, Gus Grissom et Roger Chaffee.

premier défi, et le plus important, est de trouver la meilleure méthode pour atteindre le satellite de la Terre. Les ingénieurs optent pour une technique appelée « rendez-vous en orbite lunaire » (LOR) : un vaisseau transportera trois astronautes vers la Lune et retour, tandis qu'un deuxième engin posera deux d'entre eux à la surface de la Lune. Pour lancer les deux modules, la Nasa construit *Saturn V*, la plus grosse fusée jamais envoyée avec succès. Les vols initiaux d'*Apollo* sont conçus pour tester le module de commande et de service qui accueillera l'équipage pendant le vol, pratiquer les manœuvres de rendez-vous, atteindre la Lune et orbiter autour d'elle. Seuls les derniers vols aluniront effectivement.

atteint 1371 °C. Les techniciens se précipitent vers le module quand l'explosion a lieu. Les trois astronautes, pris au piège de la trappe à trois épaisseurs du module, ont péri dans l'incendie. L'origine du sinistre n'a jamais été déterminée, mais il se peut qu'un câble dénudé ait été à l'origine du feu, alimenté par l'oxygène pur et les combustibles présents dans la capsule. Après le drame, les modules *Apollo* auront une atmosphère oxygène/nitrogène à 60/40 pendant le lancement, un nouveau système de trappe de verrouillage et des matériaux ininflammables.

Décollage d'*Apollo 11* en
tête d'une fusée *Saturn V*,
le 16 juillet 1969.



Un vaisseau spatial soviétique
Luna 3 enregistre l'une des
premières images de la face
cachée de la Lune, en 1959.



AU CLAIR DE LA LUNE

La tragédie d'*Apollo 1* a ébranlé profondément les esprits. À ce stade, 8 des 66 astronautes de la Nasa ont trouvé la mort. Pourtant, 21 mois plus tard, *Apollo 7* s'élance dans l'espace avec à son bord Wally Schirra, Donn Eisele et Walter Cunningham. Le but de la mission est de tester le nouvel appareillage *Apollo* sur orbite. Les rapports publics minimisent les tensions entre l'équipage et le contrôle terrestre – dues pour beaucoup à l'obstination du vétéran Schirra. Quand le centre de contrôle demande aux astronautes de faire une retransmission télé pour la Terre, Schirra refuse. L'équipage décide aussi, contre les ordres, de ne pas porter de casques pendant la descente dans l'atmosphère parce qu'ils ont attrapé un rhume de cerveau et craignent de s'abîmer les tympans. Deke Slayton, le directeur des opérations des équipages au centre de contrôle, désapprouve. « C'est votre peau et j'espère que vous la sauvez », lance-t-il à Schirra.

PREMIER LEVER DE TERRE

En 1968, la Nasa prend la décision surprenante d'expédier *Apollo 8* autour de la Lune. Ce sera le premier vaisseau spatial piloté à accomplir cette circumnaviga-

APOLLO 8

Borman: Oh, mon frère, regarde!

Lovell: Qu'est-ce que c'était?

Borman: Devine.

Lovell: Tsiolkovski [un cratère lunaire]?

Borman: Non, c'est la Terre qui se lève.

tion – et le premier à être lancé par une fusée *Saturn V*. Frank Borman commande la mission; le pilote Jim Lovell et la recrue Bill Anders sont du voyage. Borman est réputé être un homme véhément et très compétent. Au contraire de Lovell qui est détendu et amical. Anders apportera sa contribution durable à la mission grâce à l'appareil photo Hasselblad du module, mais n'effectuera pas d'autre voyage spatial.

Le vol a ses hauts et ses bas – parmi les bas, la crise soudaine de vomissements de Borman. Mais les hauts sont indubitablement à la hauteur: les trois astronautes sont les premiers humains à voir la face cachée de la Lune, les premiers aussi à voir un lever de Terre. La photo d'Anders montrant la Terre marbrée à demi éclairée s'élever au-dessus de l'horizon lunaire (pages 26-27) est devenue un symbole de l'aventure spatiale.

PORTRAIT

Deke Slayton

Avec son calme, sa résistance et ses superbes qualités de pilote, Donald K. (Deke) Slayton (1924-1993) est le portrait type de l'astronaute. C'est donc un choc pour tout le monde quand, deux mois seulement avant son voyage prévu sur le quatrième vol *Mercury*, en 1962, il ne peut pas partir. Cet ancien pilote d'essai de l'armée de l'air souffre de fibrillation auriculaire, un problème lié au rythme cardiaque. Slayton est terriblement déçu, mais il se voit proposer par la Nasa le poste de chef du bureau des astronautes. Il sera nommé plus tard directeur des opérations des équipages.

Tout en envoyant d'autres pilotes dans l'espace, il améliore sa condition physique en faisant des exercices, en suivant des régimes alimentaires, en arrêtant le tabac et le café. En 1971, les médecins constatent la disparition de son problème cardiaque. En 1975, Slayton, âgé de 51 ans, participera à la mission test Apollo-Soyouz.



LE GRAND SAUT

MISSION APOLLO 11

Dans le tourbillon qui va conduire aux premiers pas sur la Lune, le directeur des opérations des équipages Deke Slayton s'arrange pour que les vétérans fassent les vols décisifs : l'équipage de réserve d'un vol Apollo sera l'équipage principal du vol suivant. Mais les retards dans la mise au point du module lunaire contraignent la Nasa à permuter les équipages et, parmi les huit réservistes d'*Apollo*, Neil Armstrong, Edwin « Buzz » Aldrin et Fred Haise sont choisis pour enfile les bottes d'alunissage. En 1969, quelques semaines avant le lancement, nouveau changement. Le vétéran de *Gemini* Mike Collins, qui a récupéré d'une opération chirurgicale de la colonne vertébrale, remplace Haise comme pilote du module de commande - c'est lui qui restera en orbite pendant que les deux autres aluniront.

TROIS HOMMES ET UN MODULE

Les trois astronautes ont amplement l'expérience des situations difficiles. Neil Armstrong, ancien pilote de chasse de la Navy et ex-commandant de *Gemini*, est connu pour son sang-froid, son intelligence aiguisée, son humour décalé et son besoin d'intimité. Aldrin, un



Le lever de Terre accueille le module *Eagle* d'*Apollo 11* pendant qu'il revient vers le module de commande.

diplômé de West Point, est non seulement un pilote de chasse et un astronaute expérimenté, mais aussi un docteur en ingénierie du MIT. Ses facultés et sa puissance intellectuelles peuvent rebuter plus d'un collègue. La légende dit que Slayton aurait hésité à lui proposer le poste de pilote du module de commande, mais s'y serait décidé sur la recommandation d'Armstrong. Collins, lui aussi pilote d'essai, a marché deux fois dans l'espace et participé à deux rendez-vous spatiaux. Le matin du 16 juillet 1969, les trois hommes sont sanglés dans l'habitacle, prêts pour le lancement.

PORTRAIT

Neil Armstrong

Commandant d'*Apollo 11*, Neil Armstrong (1930-2012) entre dans l'histoire comme le premier homme qui a marché sur la Lune, mais piloter est la passion de sa vie. Né à Wapakoneta, dans l'Ohio, il est incorporé dans la marine de guerre comme aviateur en 1949 et effectue 78 missions au-dessus de la Corée. Après un diplôme en ingénierie aéronautique à l'université Purdue, il devient pilote d'essai civil. Un vol dans un engin spatial propulsé par des fusées lui fait atteindre l'altitude de 63 km.

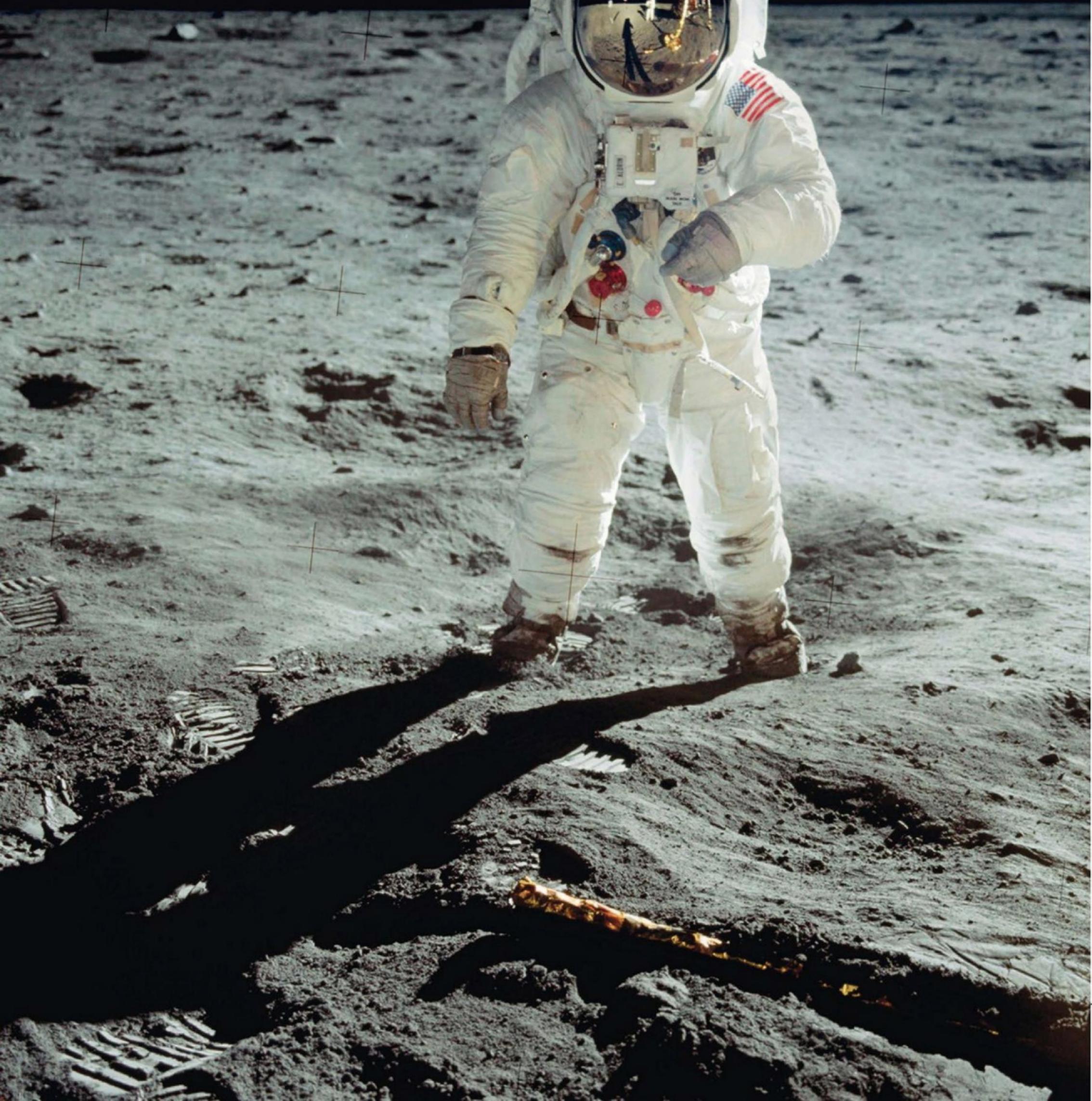
Armstrong, qui fait partie de la seconde vague des candidats astronautes à la Nasa, a commandé *Gemini 8*. Son intelligence, son calme et sa modestie font de lui un choix de premier ordre pour commander *Apollo 11*. Il devient instantanément un héros américain, un rôle qu'il ne savoure pas. Il ne volera plus dans l'espace mais enseignera et se lancera dans les affaires. Il est mort en 2012 des suites d'une opération du cœur.





Engoncés dans leurs combinaisons et prêts au départ, les trois astronautes d'*Apollo 11*, Neil Armstrong, Mike Collins et Buzz Aldrin (du 1^{er} plan au fond), se dirigent vers la rampe de lancement.

Dans la visière du casque de Buzz Aldrin se reflète son compagnon Neil Armstrong et le module *Eagle* sur la surface de la Lune.



SPLENDIDE DÉSOLOGATION

Le voyage d'*Apollo 11* vers la Lune dure quatre jours et se déroule sans accroc jusqu'à la dernière minute. Exaltés par ce qui les attend, les trois astronautes ne dorment pas plus de cinq heures par nuit. Le 20 juillet, Armstrong et Aldrin s'installent dans le module *Eagle* pour entamer leur descente vers la surface lunaire, laissant Collins piloter le module de commande de *Columbia* autour de la Lune. Pendant son périple du côté caché du satellite de la Terre, Collins

APOLLO 11

CC (Contrôleur des communications):

Nous vous recevons, *Eagle*.

Armstrong: Houston, ici base de la Tranquillité. L'*Aigle* a aluni.

CC: Compris, Tranquillité.

Nous vous recevons. Vous aviez ici un paquet de types en train de virer au bleu. Nous recommençons à respirer. Merci beaucoup.

PORTRAIT

Buzz Aldrin

Buzz Aldrin (né en 1930), Edwin Eugene Aldrin, Jr. à l'état-civil, doit son surnom à sa sœur qui prononçait «*buzzer*» le mot «*brother*» (frère). En 1988, Aldrin changera légalement de nom et prendra celui avec lequel il s'est fait connaître.

Ce natif du New Jersey a toujours regardé vers l'espace. Sorti de West Point, il sert comme pilote de chasse en Corée, avant d'obtenir un diplôme en aéronautique au MIT. En 1966, pendant la mission Gemini 12, il fait une sortie extra-véhiculaire record de cinq heures et demie, mais il est plus connu pour être le deuxième homme à avoir marché sur la Lune.

Après la mission Apollo 11, Aldrin se lance dans une deuxième carrière et devient un avocat passionné de l'exploration spatiale. Son Buzz Aldrin Space Institute promeut la vision d'une colonisation humaine sur Mars.



écrit: « Je suis seul maintenant, absolument isolé de toute vie connue. Si on pouvait compter, le résultat serait trois milliards [d'humains], plus deux de l'autre côté de la Lune, plus un "Dieu sait quoi" de ce côté-ci. »

Pendant la descente, la mémoire de l'ordinateur de bord d'*Eagle* sature brusquement et clignote une alarme « 1202 ». Les astronautes n'ont jamais vu ça, mais Houston tente sa chance et leur donne le feu vert. Armstrong prend alors le contrôle manuel du module, qui s'approche d'un terrain parsemé de cailloux, et se pose doucement. Dans les réservoirs, il reste du carburant pour à peine 20 secondes de descente.

UN PETIT PAS

En tant qu'officier supérieur, Armstrong est le premier à sortir du module et à emprunter l'échelle. Regardé par des millions de téléspectateurs sur Terre via une caméra placée sur *Eagle*, il pose prudemment une première botte sur le sol lunaire. Pendant le voyage, il a réfléchi aux premiers mots qu'il prononcera à ce moment-là. Il prévoit de dire: « C'est un petit pas pour un homme, un bond de géant pour l'humanité. » Mais les quelque 450 millions d'humains qui l'écoutent entendent « c'est un petit pas pour l'Homme ». Aldrin, descendu 20 minutes après lui, lance: « Vue magnifique! Splendide désolation! »

FOCUS : LA COMBINAISON SPATIALE

Une combinaison spatiale est, ni plus ni moins, un vaisseau spatial individuel. Elle doit procurer à l'astronaute un environnement pressurisé car, dans le quasi vide de l'espace, les liquides dans un corps non-protégé gonfleraient douloureusement. Elle doit fournir l'oxygène pour respirer, l'eau pour boire et offrir une rigidité suffisante pour absorber les chocs. Elle doit protéger l'astronaute des températures extrêmes - de 121 °C à la lumière du soleil à - 157 °C dans la pénombre. Elle doit également empêcher la surchauffe due au stress, tout en évacuant la sueur. Et elle doit fournir une communication sûre parce que, comme dit l'adage, dans l'espace, personne ne vous entend crier.

PREMIERS MODÈLES

La technologie des combinaisons spatiales s'inspire de celle des combinaisons pressurisées des aviateurs dans les années 1930, avant l'invention des cabines pressurisées. Celles de la mission Mercury sont des vêtements destinés à n'être utilisés qu'à l'intérieur d'une cabine.

Marcher sur la Lune exige un nouveau type de vêtement, qui comporte son propre système de survie et soit à la fois rigide et souple pour arpenter la surface lunaire. Les combinaisons d'*Apollo* se composent de 21 couches de matériaux sur un sous-vêtement de ventilation avec circuit de refroidissement incorporé, et un système de survie monté dans le dos.

Aujourd'hui, les combinaisons de sortie extra-véhiculaire (EVA) sont des versions modifiées des combinaisons mises au point pour les navettes spatiales. Les équipages de l'*ISS* utilisent également la combinaison russe Orlan d'un seul tenant, qu'on enfiler rapidement par une ouverture dans le dos.

ENFILER L'HABIT

Un astronaute chevronné met environ 15 minutes pour revêtir la combinaison, ou l'unité de mobilité extra-véhiculaire (EMU) dans le jargon de la Nasa. Le torse



Le casque, les gants et les bottes d'une combinaison spatiale Mercury.

inférieur, le torse supérieur, les bras, les gants et le casque sont verrouillés ensemble. Les EMU sont conçues en plusieurs tailles. Sous la combinaison, l'astronaute porte une couche-culotte amovible, un vêtement de refroidissement qui fait circuler de l'eau froide dans des tubes autour du corps, et la « casquette Snoopy », pourvue d'oreillettes et d'un microphone. Le système de survie de base - réservoir d'oxygène et d'eau, radio et autres nécessités - est installé dans le sac à dos.

LA COMBI POUR MARS

À la Nasa, les combinaisons de la prochaine génération seront conçues pour de longues missions dans l'espace profond. Elles devront être particulièrement souples, légères et résistantes. Le prototype Z-2, par exemple, est prévu pour une surface planétaire - comme celle de Mars - avec des bottes dures et des jambes flexibles. Une sorte de valise dans le dos pourrait permettre aux astronautes d'entrer et sortir sans avoir à passer par un sas. Ce prototype prévu pour les sorties extra-véhiculaires fournirait plus de visibilité et de mobilité et il pourrait être fabriqué par une imprimante 3-D.

Ce prototype de combinaison d'exploration pourrait être fabriqué par une imprimante 3-D (à droite).



Marilyn Lovell, l'épouse de Jim Lovell, commandant d'*Apollo 13*, et son fils Jeffrey, chez eux pendant la crise que traversent les astronautes.



LA MALCHANCE DU NUMÉRO 13

Prévue pour être la troisième tentative d'alunissage de la Nasa, la mission Apollo 13 est lancée le 11 avril 1970. Son commandant, Jim Lovell, un ancien pilote d'essai reçu premier de sa classe au centre de test aérien de la Navy, a trois vols Gemini à son actif et est considéré par la Nasa comme l'un de ses meilleurs astronautes. Il est accompagné de deux débutants, tous deux anciens pilotes d'essai : Jack Swigert qui, à la dernière minute, a dû remplacer au module de commande Ken Mattingly ayant contracté la rubéole. Diplômé universitaire brillant, Swigert a gagné le respect de ses nouveaux collègues par ses compétences de pilote. Fred Haise, qui commande le module lunaire, fait partie de la classe des astronautes de 1966. C'est un homme amical avec un talent d'organisateur.

« HOUSTON, ON A UN PROBLÈME »

Après cinquante-six heures de mission, au cours d'une opération de routine, l'équipage entend une explosion sourde. « Okay, Houston, nous avons un problème ici », transmet Swigert. Un câble électrique endommagé a déclenché une explosion qui a détruit un des deux réservoirs d'oxygène et endommagé le second. La pile

APOLLO 13

Lovell: Tout une partie du vaisseau a disparu.

CC: Vraiment ?

Lovell: Juste à côté – regardez là – juste à côté de l'antenne à gain, tout le panneau a été arraché...

à combustible du module de service commence à se dépressuriser, marquant le début d'une course contre la mort pour les astronautes. Ils ne peuvent pas alunir, mais ne peuvent pas non plus revenir directement sur Terre. Il leur faut faire une boucle supplémentaire autour de la Lune.

Quatre jours durant, les astronautes affrontent une crise après l'autre. Quand les niveaux de dioxyde de carbone s'élèvent dans l'habitacle, ils travaillent avec les équipes au sol pour fabriquer un épurateur d'air avec du ruban adhésif, du carton et une chaussette usagée. La température chute à des niveaux proches du point de congélation et les réserves d'eau sont limitées. Le temps de retourner sur Terre, les trois hommes sont déshydratés et glacés jusqu'aux os. Mais ils réussissent à amerrir à seulement 4,8 km du navire de récupération.

PORTRAIT

Gene Kranz

Gene Kranz (né en 1933) n'a jamais dit « *Failure is not an option* » (« L'échec n'est pas une option »), mais il appréciait tellement cette réplique dans le film consacré au vol d'Apollo 13 qu'il l'adopta comme titre de son autobiographie. En tant que directeur de vol, Kranz a supervisé quelques-uns des vols spatiaux les plus difficiles de l'histoire, y compris ceux d'Apollo 11 et d'Apollo 13. Cet ancien pilote de chasse entre à la Nasa au début du programme spatial et traverse une épreuve déterminante avec le désastre d'Apollo 1. Dans un discours à l'équipe de contrôle de mission, il dira : « À partir de ce jour, le contrôle de mission sera connu par deux mots : "solide" et "compétent" ». Kranz est aussi connu pour sa coupe de cheveux en brosse et ses gilets sur mesure. Pendant toute la crise d'Apollo 13, l'homme âgé de 36 ans ne perdra ni son calme ni sa concentration. Après une longue carrière à la Nasa, il a pris sa retraite en 1994.



RECHERCHE ET BUSINESS

ACTIVITÉS LUNAIRES

Après l'alunissage d'*Apollo 11*, la Nasa évolue vers des missions plus ambitieuses encore. Avec *Apollo 12*, en novembre 1969, Peter Conrad et Alan Bean alunissent sur l'océan des Tempêtes et effectuent deux marches, pendant que Dick Gordon tourne au-dessus d'eux.

En février 1971, Alan Shepard, l'astronaute de Mercury, réalise un rêve longtemps différé : lui aussi marche enfin sur la Lune. Deux ans plus tôt, il a subi une opération chirurgicale de l'oreille interne. Guéri, il peut reprendre du service actif en participant au vol d'*Apollo 14* à l'âge de 47 ans. Shepard fête sa sortie sur la Lune avec une blague dont il n'a pas averti les contrôleurs du vol : frapper des balles de golf en apesanteur. Au deuxième coup, la balle s'envole et parcourt, selon le joueur, « des kilomètres et des kilomètres et des kilomètres ».



Les astronautes d'*Apollo 15*, James Irwin et David Scott, se forment à la géologie.

COLLECTE ET BLÂME

À partir du lancement d'*Apollo 15*, en 1971, la Nasa s'oriente vers des missions plus longues et à vocation scientifique plus soutenue. Les pilotes d'essai, les détenteurs du pouvoir dans la communauté des astronautes, tout en comprenant que la géologie lunaire est une partie essentielle du programme de la Nasa, font un lobby acharné pour garder les géologues à distance de leurs équipes. Plus encore, eux-mêmes suivent des formations en géologie. Ceux qui doivent alunir apprennent à identifier les différentes roches lunaires, et ceux qui sont dans les capsules en orbite apprennent à lire d'en haut les formations géologiques. Ces entraînements permettent à l'équipage d'*Apollo 15* - David Scott, Alfred Worden et James Irwin - de faire des découvertes importantes. Grâce au nouveau robot lunaire, Scott et Irwin collectent des cailloux vieux de 4,5 milliards d'années.

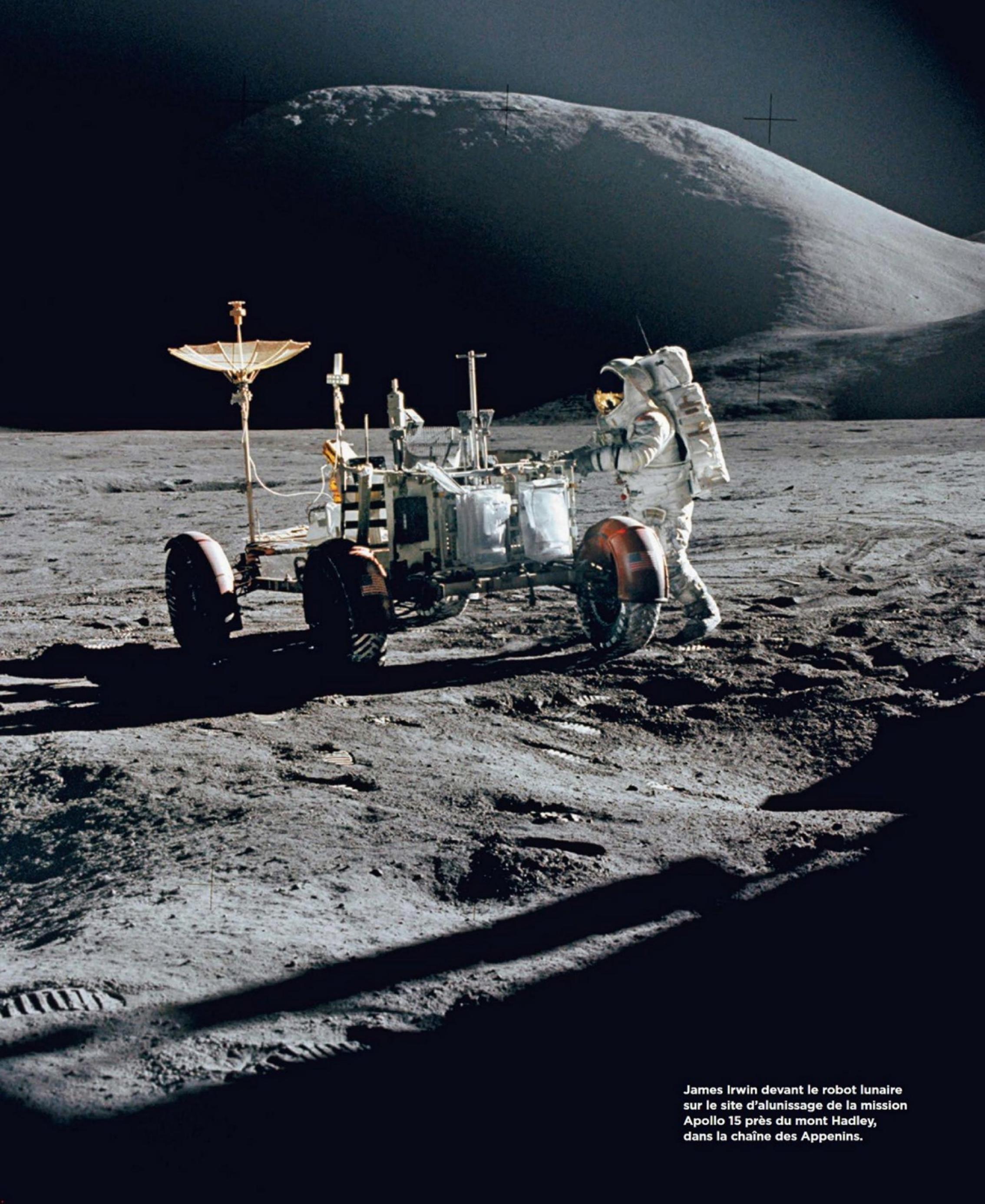
Au retour sur Terre, cependant, un scandale ternit ce succès. L'équipage a emporté 398 enveloppes timbrées avec un cachet spécifique d'un collectionneur allemand qui a l'intention de les revendre. Bien que le transport d'objets amenés à devenir des pièces de collection ne soit pas interdit (de fait, des équipages antérieurs s'y sont livrés), la presse monte en épingle cette utilisation commerciale des vols spatiaux. La Nasa, bien embarrassée, doit blâmer publiquement les astronautes.

Pour Ken Mattingly, qui n'a pas participé à *Apollo 13* pour cause de rubéole, *Apollo 16* est un triomphe personnel. En avril 1972, aux commandes du module pilote, il peut enfin voir la Lune de près.

Vers la fin de la même année, *Apollo 17* est la dernière des missions lunaires. Sous la pression des scientifiques, la Nasa a accepté d'intégrer un géologue dans l'équipage - Harrison « Jack » Schmitt. Le chef des astronautes Deke Slayton aurait grommelé :

« Un géologue mort ne sera utile à personne ».

Bien entendu, Schmitt ne mourra pas et collectera des échantillons de sol « orange » formé par des fontaines de lave il y a 3,5 milliards d'années.



James Irwin devant le robot lunaire sur le site d'alunissage de la mission Apollo 15 près du mont Hadley, dans la chaîne des Appenins.

CHAPITRE 3

LES ANNÉES NAVETTE

Avec la fin du programme Apollo, la Lune redevient inaccessible. La Nasa se focalise sur ses nouveaux projets : une flotte de vaisseaux réutilisables et une nouvelle génération d'astronautes pour les piloter. Entre 1987 et 2011, 5 navettes spatiales effectuent 135 missions, et 350 hommes et femmes s'envolent avec elles.



La navette spatiale *Endeavour* se pose sur la base aérienne Edwards, dans le désert des Mojaves, en Californie, en 2002.



 **United States**



VAISSEAU RÉUTILISABLE

LE CAMION DE L'ESPACE



À la Nasa, le rêve de construire un vaisseau spatial réutilisable remonte aux années 1960, avant même le premier alunissage d'*Apollo*. L'agence américaine imagine d'abord un *shuttle* (navette) qui serait l'un des éléments d'une infrastructure comprenant une station permanente dans l'espace. L'administration Nixon approuve la navette, mais pas la station. Celle-ci sera autorisée dans les années 1980. En 1972, le Congrès donne le feu vert pour le programme du « *space truck* » (« camion spatial »).

La pièce centrale de la navette est l'orbiteur, un vaisseau spatial ailé aussi gros qu'un avion de ligne de taille moyenne. Jusqu'à huit astronautes peuvent prendre place dans sa cabine d'équipage, et sa soute, longue de 18,3 m, pourra transporter des satellites et, plus tard, les éléments de la *Station spatiale internationale*.

SUR LA TOUCHE

Pendant les neuf années qui séparent le dernier vol lunaire d'*Apollo* du premier vol de la navette, le Corps des astronautes de la Nasa connaît des changements majeurs. En 1973, l'agence dispose de plus d'astronautes qu'elle n'en a besoin. Certains, toujours sur la liste

PORTRAIT

Robert Crippen

Le pilote de navette Robert Crippen a dû attendre quinze ans avant de réaliser son premier vol spatial. Né en 1937, au Texas, il est pilote dans l'armée de l'air, puis pilote d'essai. En 1966, il est retenu comme astronaute pour le Mol. L'annulation du projet lui vaut d'être transféré à la Nasa, où il intègre la classe 1969. La décennie suivante, Crippen fait partie des équipes de soutien de *Skylab* et des missions *Apollo-Soyouz*. En 1981, il est assigné, avec John Young, au premier vol habité de la navette.

La mission est risquée. Pour la première fois, la Nasa lance un engin habité sans avoir pratiqué des tests préalables. Pour la première fois aussi, elle utilise des fusées à combustible solide. « Je n'étais pas du tout confiant », avouera Crippen. Le vol est difficile et la navette perd des tuiles de protection thermique pendant l'ascension. Mais l'atterrissage est un succès. Crippen effectuera trois autres vols jusqu'en 1984.

STS-1 (COLUMBIA), 1981

CC (Contrôleur des communications):

OK, et il y a eu aussi une requête concernant les échantillons de gaz et du matériau absorbant solide.

Crippen: Oui, tout ça a été vu.

On vous aurait prévenus dans le cas contraire. Tout va bien, Henry.

CC: Excellent, les gars.

Crippen: On a l'espace de travail le plus soigné que vous ayez jamais vu...

d'attente des futurs vols, sont affectés au pilotage de la navette de test *Enterprise*. D'autres, recrutés pour le Manned Orbiting Laboratory (Mol), un projet de station spatiale habitée de l'armée de l'air, se retrouvent inemployés quand ce programme est annulé. D'autres encore, des scientifiques, restent sur la touche, victimes de l'opposition du contingent des pilotes d'essai.

De nombreux astronautes de la première heure sont sur le départ. En 1978, quand la Nasa sélectionne la nouvelle classe des candidats, les recrues ont un profil très différent.



Chevauchant son réservoir
de carburant greffé
de ses deux propulseurs
d'appoint, la navette
Columbia décolle, en 1993.



NOUVELLE GÉNÉRATION

MIXITÉ ET DIVERSITÉ

Les premiers astronautes de la Nasa étaient des individus Blancs de sexe masculin – ce qui n'avait pas échappé à l'attention du public. Les neuf années suivantes, entre la fin du programme Apollo et le lancement de la navette, la Nasa décide d'adjoindre des hommes de couleur et des femmes à ses classes d'astronautes afin de diversifier ses équipages. L'agence ouvre aussi ses vols spatiaux à des « spécialistes de mission » non-pilotes, souvent des scientifiques responsables d'expériences ou de dispositifs spécifiques. Enfin, elle décide d'intégrer à certaines missions des « spécialistes de charge utile » : des experts techniques commandités par des gouvernements étrangers ou des sociétés privées, des enseignants ou des journalistes, voire des personnalités payant pour voyager dans l'espace.

LES TFNG

Chez certains pilotes astronautes, la nouvelle compétition pour embarquer et la perspective de travailler avec des femmes ont du mal à passer. Pour eux, les spécialistes de missions, en particulier les spécialistes de charge utile, ne sont pas de véritables astronautes. La Nasa n'en va pas moins de l'avant et la classe 1978 incorpore six femmes blanches, trois Afro-Américains et un Américain d'origine asiatique. En tant que groupe, la classe prend le nom de TFNG, c'est-à-dire les « *Thirty-Five New Guys* » (les trente-cinq nouveaux).

Les plus connus des nouveaux venus sont la physicienne Sally Ride, qui sera la première Américaine dans l'espace, et l'ingénieur Guion Bluford, qui sera le premier Afro-Américain. Ride est l'objet d'attaques de la part d'une presse rétrograde. « Tout le monde me demandait quel type de maquillage j'emporterais avec moi, se souvient-elle. Mais ils ne voulaient pas savoir si j'étais bien préparée pour activer le bras robotisé. » Ride fera partie de l'équipage de *Challenger* en juin 1983 et en 1984. Bluford participera à la mission suivant celle de Ride, en août 1983, et à trois autres, jusqu'en 1992.





L'astronaute Sally Ride se détend dans le poste de pilotage de *Challenger*, en 1983.



L'astronaute Mae Jemison travaille à l'intérieur du module du Spacelab-J sur *Endeavour*, en 1992.

ESA

L'ALLIANCE EUROPÉENNE

Le programme de la navette spatiale inaugure une nouvelle ère dans la coopération spatiale internationale. En 1975, dix pays européens se regroupent pour créer l'Agence spatiale européenne (souvent désignée par son sigle anglophone Esa). L'Allemagne, le Danemark, la Belgique, la France, le Royaume-Uni, l'Italie, les Pays-Bas, la Suède, la Suisse et l'Espagne regroupent leurs forces. L'Autriche, la Finlande, l'Irlande, la Norvège, le Portugal et la Grèce les rejoindront ultérieurement. Les ingénieurs de l'Esa travaillent avec leurs homologues de la Nasa pour construire Spacelab, un laboratoire modulaire qui se logera confortablement dans la soute de la navette. L'Esa entame l'entraînement de ses astronautes et les soumet, comme la Nasa, à un dur régime.

UNE SCIENCE QUI VOLE

Spacelab est configuré pour s'adapter à chacun des 22 vols de la navette spatiale. Ses missions vont se dérouler entre 1983 et 1998. Malgré une certaine réticence envers les spécialistes de mission, les astronautes professionnels de la Nasa finissent par respecter leurs collègues européens et canadiens. Comme les vols sont relativement courts, les scientifiques doivent

STS-61-A (CHALLENGER)
CONFÉRENCE DE PRESSE, 1985

Reinhard Furrer (spécialiste de charge utile, à propos de *Challenger*):

Voici une simple et jolie expérience de flottement libre. Wubbo me demande où est le haut et où est le bas. J'essaie d'indiquer le haut et il m'arrête et me demande: «Où est ton haut ?» Et, à ce moment-là, je suis incapable de le lui dire.

travailler par roulements 24 h sur 24 pour étudier la pousse des plantes en microgravité, numériser le Soleil, ou faire des centaines d'autres expériences.

Le vol initial du Spacelab à bord de Columbia accueille Ulf Merbold, le premier astronaute européen à voler dans un engin spatial nord-américain. D'autres Européens suivront rapidement, parmi lesquels Wubbo Ockels, dont le nom sera utilisé dans une chanson indie pop (*Wubbo Ockels*, par le groupe néerlandais John Wayne Shot Me). En 1998, les travaux sur la *Station spatiale internationale* commencent. Le programme Spacelab est abandonné au profit de la plateforme de plus grande envergure qu'offrira l'ISS.

PORTRAIT

Ulf Merbold

Premier Européen à embarquer dans la navette spatiale, Ulf Merbold naît en 1941 en Allemagne, et grandit en RDA. En 1960, juste avant la construction du mur de Berlin, il passe en Allemagne de l'Ouest et entre à l'université. En 1976, il obtient un doctorat en physique. En 1978, le svelte et sérieux scientifique est sélectionné pour la première classe de spationautes de l'Agence européenne spatiale. Merbold participe à la première mission du Spacelab, en 1983, à un vol de la navette en 1992, et rejoint d'autres cosmonautes à bord de la station *Mir* en 1994. Il passe en tout 49 jours dans l'espace. Entre deux affectations, il dirige le bureau des spationautes du DLR (le centre allemand des recherches spatiales), et travaille avec des équipages de soutien d'autres missions.



PREMIÈRES FOIS

AU FÉMININ

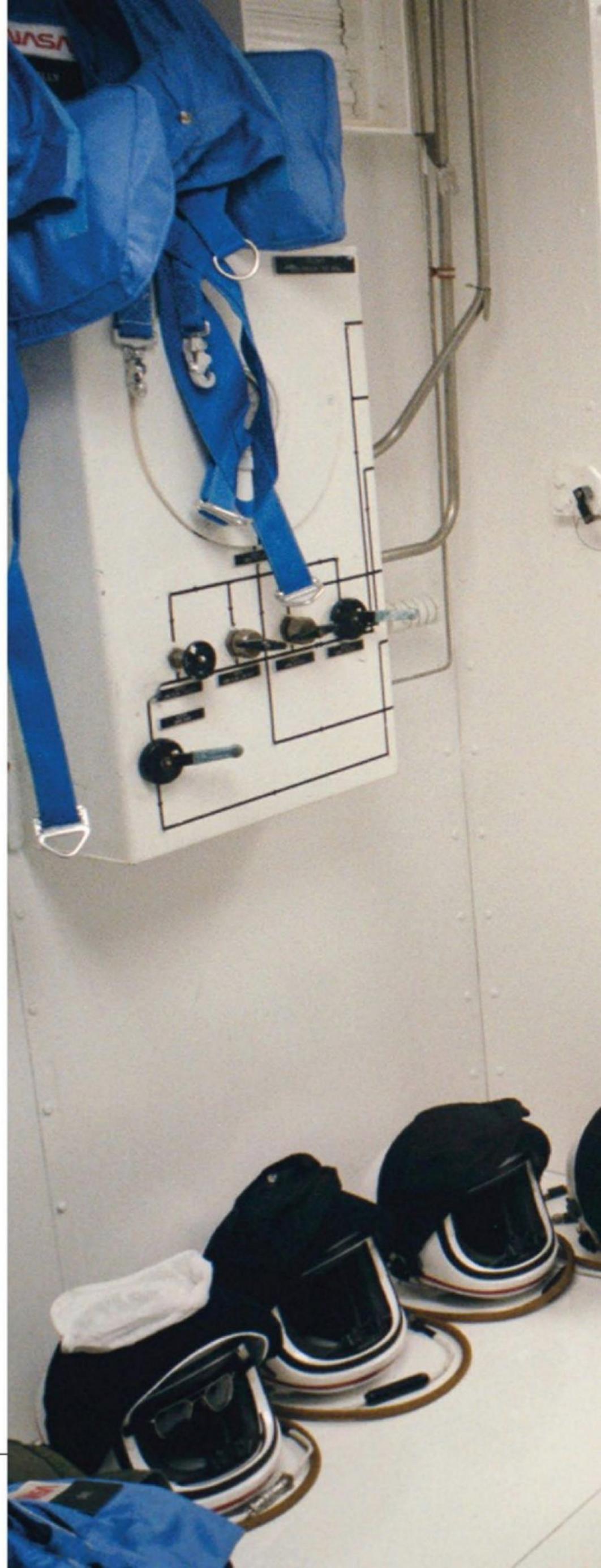
La liste des « premières fois » s'allonge au rythme des départs. La treizième mission, véhiculée par *Challenger*, en 1984, en détient un certain nombre. C'est le premier vol de la navette avec sept membres d'équipage, et le premier avec deux femmes, Sally Ride et Kathryn Sullivan. C'est aussi le premier vol avec un astronaute canadien, l'ingénieur Marc Garneau, et un ingénieur australien, Paul Scully-Power. Mais ce vol est surtout connu parce que ce sera l'occasion de la première sortie dans l'espace d'une Américaine.

Un temps, la Nasa a cru que Kathryn Sullivan serait la première femme à marcher dans le cosmos, mais le programme spatial soviétique, détenteur de nombreux records, a coiffé les Américains au poteau. En juillet 1984, presque quatre mois avant Sullivan, la cosmonaute Svetlana Savitskaïa passe 3 h 35 min dans l'espace et y utilise un fer à souder.

LES YEUX FERMÉS

Même ainsi, la sortie de Sullivan dans l'espace - ce que le jargon de la Nasa nomme « activité extravéhiculaire » (Eva) - reste une étape importante. Sullivan s'est durement entraînée, elle a passé plus de 100 heures sous l'eau avec une combinaison extravéhiculaire, et s'est exercée dans des maquettes grandeur nature de la navette. Quand elle et son collègue, l'astronaute Dave Leestma, émergent dans l'espace, la routine de sortie est déjà une vieille histoire. « Aujourd'hui encore, écrira-t-elle plus tard, je suis sûre que je pourrais enfilez ma combinaison les yeux fermés. J'étais stupéfaite de me sentir aussi à l'aise dans la soute de l'orbiteur. »

Les deux astronautes se sont exercés au ravitaillement d'un engin spatial en orbite et à la réparation d'une antenne de la navette. Ils accomplissent leur mission en 3 h 30. « Au retour, écrit Sullivan, j'ai découvert que, sur Terre, toute l'équipe espérait nous voir travailler plus lentement, pour que la durée de ma sortie dépasse celle de Savitskaïa. Je suis rentrée six minutes trop tôt. »





Kathryn Sullivan (à gauche) et Sally Ride synchronisent leurs montres avant de pénétrer dans la navette Challenger, en 1984.

FOCUS: SORTIES EXTRAVÉHICULAIRES

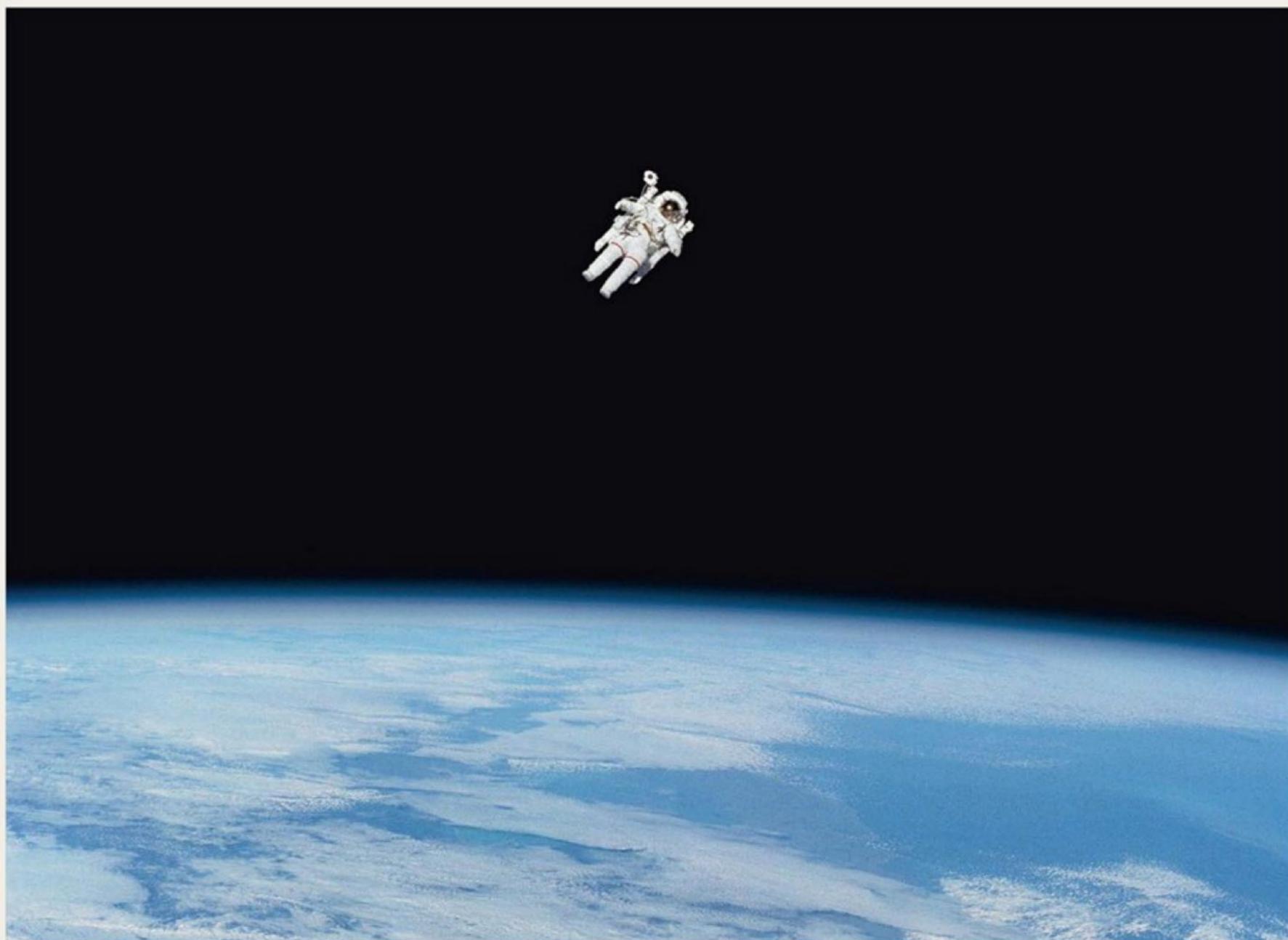
Au début de l'aventure spatiale, les sorties dans l'espace (Eva) étaient un événement rare et spectaculaire. Si elles sont aujourd'hui monnaie courante, elles restent des expériences convoitées. Les astronautes et les cosmonautes ont effectué plus de 300 interventions dans le vide pour récupérer des satellites, faire des réparations et construire des stations spatiales, élément par élément.

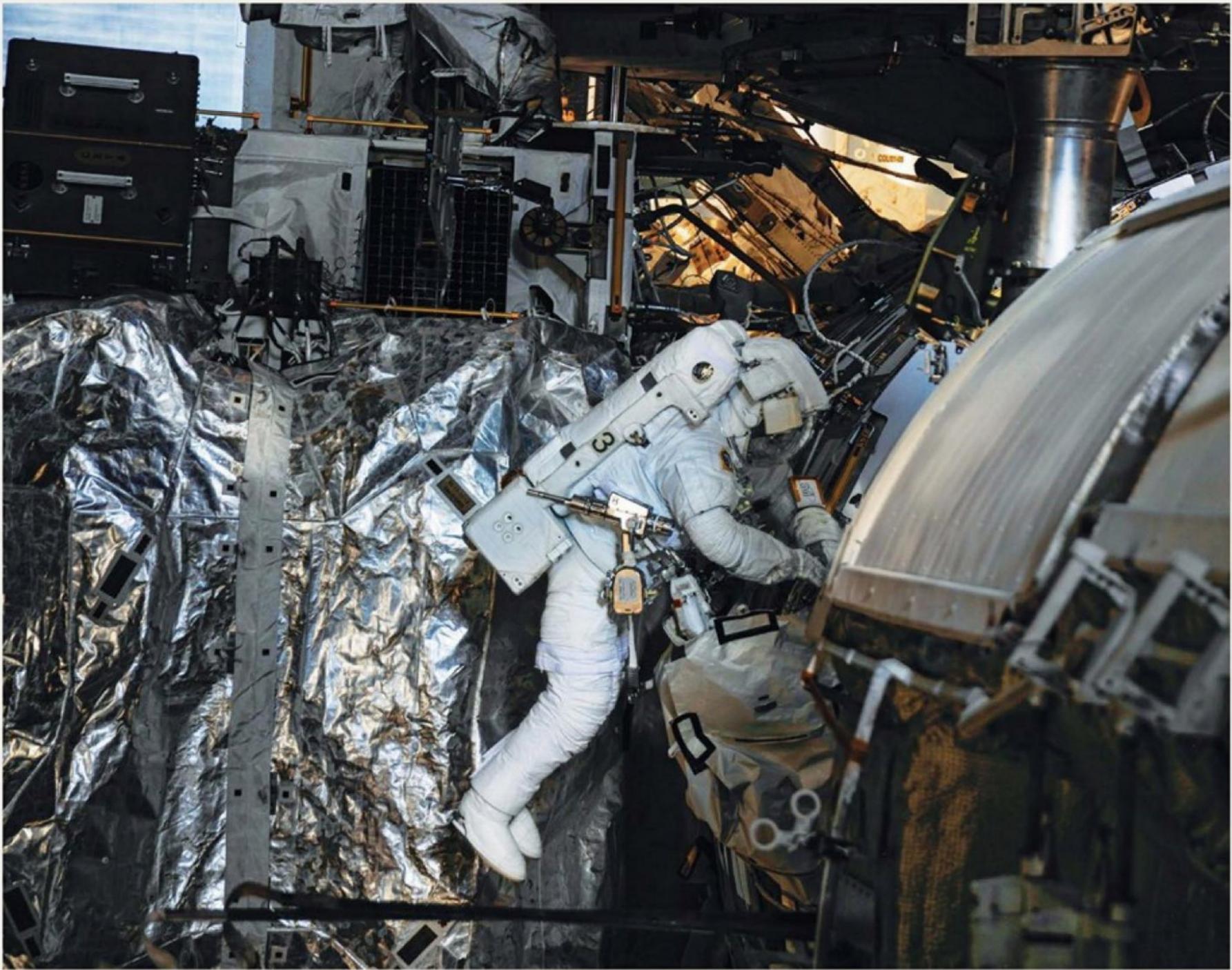
EXERCICE DE HAUTE VOLTIGE

Il faut environ une journée de préparatifs avant de sortir d'un vaisseau dans l'espace. Une grande partie du temps se passe à attendre que la dépressurisation dans la cabine

corresponde à la pression intérieure dans la combinaison spatiale. Quand la trappe de sortie s'ouvre, l'expérience s'avère à la fois inconfortable et sublime. « C'est comme faire de l'escalade et de l'haltérophilie, réparer un petit moteur et réaliser un pas de deux complexe – et tout cela simultanément, tandis que le vêtement volumineux qui vous recouvre écorche vos articulations, jointures et bouts de doigts », écrit Chris Hadfield dans *Guide d'un astronaute pour la vie sur Terre*. Ce n'est nullement de la marche. Les astronautes se déplacent en s'aidant de l'extrémité des doigts, flottant d'une poignée à l'autre.

Bruce McCandless teste son système de propulsion MMU au cours d'une sortie autonome dans l'espace, en 1984.





Par mesure de sécurité, ils travaillent en duo et sont toujours reliés au vaisseau par un câble de 17 m de long.

Les astronautes rapportent que le silence règne dans l'espace, rompu seulement par le bruit de leur respiration ou de la communication radio. Et l'environnement est captivant : dans leur dos se déploie le magnifique spectacle de la planète vivante.

RISQUE DE NOYADE DANS L'ESPACE

À ce jour, la plupart des sorties se sont bien déroulées, malgré les risques inhérents à un travail dans une carapace aussi peu maniable en plein vide spatial. Dans une combinaison, on ne peut pas se gratter le visage ou se frotter les yeux. Chris Hadfield l'a appris à ses

L'astronaute Luca Parmitano, de l'Esa, flotte à l'extérieur de l'ISS durant la première partie de sa sortie périlleuse.

dépens : au cours d'une sortie, le produit de nettoyage du casque lui est entré dans les yeux, déclenchant ses larmes. Des billes en apesanteur du liquide irritant couvraient ses yeux et l'ont aveuglé pendant une demi-heure. L'astronaute de l'ISS Luca Parmitano a connu un danger encore plus grand lorsqu'une fuite d'eau d'origine inconnue a commencé à remplir son casque, coupant la communication radio et submergeant la quasi-totalité de son visage. Après cette aventure, la Nasa a ajouté un tube de respiration aux casques pour éviter l'accident insolite que serait la noyade d'un astronaute dans l'espace.

CHALLENGER

73 SECONDES DE VOL

Le 28 janvier 1986, la navette *Challenger* est sur le pas de tir. Les sept membres d'équipage représentent la nouvelle génération de la Nasa. Le commandant est Francis R. (Dick) Scobee. Le pilote Michael Smith est un vétéran de la Navy, c'est son premier vol. Judith Resnik, spécialiste de mission, est ingénieure. En 1984, elle a été la deuxième Américaine à sortir dans l'espace. Le physicien Ronald McNair a volé lui aussi en 1984, il a été le deuxième Afro-Américain dans l'espace. Spécialiste de mission et vétéran de l'armée de l'air, Ellison S. Onizuka, Américain d'origine japonaise, est ingénieur. Deux spécialistes de charge utile sont également à bord : Gregory B. Jarvis, de la Hughes Aircraft Corporation, et Christa McAuliffe. Cette dernière, enseignante dans le New Hampshire, participe au programme « un professeur dans l'espace ».

COLÈRE ET DÉSOLATION

Cap Canaveral est glacial ce matin-là, et des stalactites pendent sur la tour de lancement. Après le décollage, tout se déroule bien, pendant 73 secondes. La navette s'élève dans un ciel clair sous les applaudissements des spectateurs. Soudain, l'engin explose dans un énorme tourbillon de fumée. Tout l'équipage est tué.

PORTRAIT

Dick Scobee

Francis R. (Dick) Scobee (1939-1986) est une exception à la règle de « l'astronaute prodige ». Né à Washington, il se fraie un chemin dans l'armée de l'air en commençant au sol : il est mécanicien spécialisé avant d'obtenir un diplôme d'ingénieur. Devenu pilote, il est engagé au Viêt Nam. Après une courte période comme pilote d'essai, il rejoint les TFNG (*Thirty-Five New Guys*), la classe 1978 des astronautes, et participe à la cinquième mission de *Challenger*.

Scobee était travailleur, modeste et apprécié. Des enquêtes sur l'explosion de la fusée laissent imaginer que l'équipage a pu survivre à l'explosion dans le poste de pilotage intact jusqu'à ce que la navette atteigne l'océan. Un ami de Scobee, l'astronaute Robert Overmyer, dira plus tard : « Scob s'est battu jusqu'au bout pour survivre. Il a piloté ce vaisseau sans ailes jusqu'à la dernière extrémité. »

STS-51-L (CHALLENGER), 1986

Scobee : Je lis quatre cent quatre-vingt-six sur le mien.

Smith : Ouais, c'est aussi ce qu'on a.

Scobee : Bien reçu, passez à la vitesse supérieure.

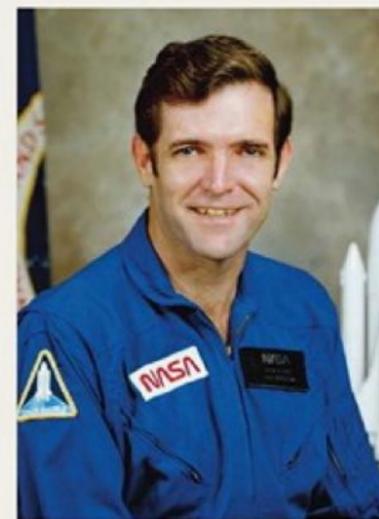
Smith : Oh, oh!

... Perte de toutes les données...

Après des mois de travail, une commission d'enquête déterminera la cause principale de l'accident.

Ce sont des bagues caoutchouteuses, censées isoler les joints du propulseur d'appoint droit. Non homologuées pour des températures aussi basses, ces bagues ont durci, permettant à du combustible de s'échapper et d'enflammer le réservoir externe.

La catastrophe sème la désolation et soulève la colère. Après le drame, l'astronaute Mike Mullane écrit : « Chaque astronaute savait ce qu'était la navette : une fusée expérimentale très dangereuse sans système d'évacuation pour l'équipage. » Un système de ce type sera installé sur les navettes suivantes.





L'équipage de *Challenger*, en 1986
(du premier plan au fond): Dick
Scobee, Judith Resnik, Ronald McNair,
Michael Smith, Christa McAuliffe,
Ellison Onizuka et Gregory Jarvis.



Arrimé à un bras robotisé, Story Musgrave est prêt à poser le revêtement du magnétomètre du télescope spatial *Hubble*, en 1993.

LES YEUX D'HUBBLE

La tragédie de *Challenger* impose un retard de deux ans au programme de la navette, le temps pour la Nasa de résoudre les problèmes de sécurité. Les astronautes sélectionnés pour les missions suivantes doivent s'atteler à des activités de bureau, et mijoter dans leur frustration. Les équipements scientifiques, y compris le nouveau télescope spatial *Hubble*, sont mis en suspens. Enfin, en 1990, *Discovery* place le télescope en orbite. Mais les premières images sont floues. Pour régler ce problème, les astronautes vont devoir fixer à l'intérieur de *Hubble* des miroirs taillés spécialement pour refocaliser la lumière du miroir principal.

35 HEURES DANS LE VIDE

En décembre 1993, l'*Endeavour* décolle pour cette mission de réparation historique. Le commandant de la navette, Richard Covey, est un vétéran. Le pilote Ken

Bowersox, dont c'est le deuxième vol, a suivi le cursus classique du pilote d'essai devenant astronaute. Le reste de l'équipage forme un groupe brillant de spécialistes de mission : la physicienne Kathryn Thornton, l'astronome Jeffrey Hoffman, le mathématicien Tom Akers, l'astrophysicien suisse Claude Nicollier et Story Musgrave, détenteur de six diplômes universitaires dont une maîtrise en littérature et un doctorat en médecine.

La mission de réparation comporte certaines des plus difficiles sorties dans l'espace jamais tentées. En cinq sorties totalisant plus de 35 heures de travail, Musgrave, Hoffman, Thornton et Akers réussissent à réparer la « vision » de *Hubble*. Les nouvelles images du télescope sont précises et magnifiques. La mission permet aussi aux pilotes et aux scientifiques de mieux travailler ensemble.

Ces images de la galaxie M100 avant et après intervention montrent les améliorations apportées à *Hubble*.



ATLANTIS-MIR

L'UNION SACRÉE

La fin de la guerre froide est à la fois une aubaine et une malchance pour le programme spatial américain. Des relations plus cordiales entre les États-Unis et la Russie permettent aux deux pays de partager leurs savoir-faire. Mais la compétition s'amenuisant, les financements publics diminuent et les initiatives se réduisent. La volonté de lancer des projets internationaux n'en reste pas moins forte. Les deux pays s'entendent pour amarrer la navette américaine à la station russe dans le cadre du programme Shuttle-Mir.

À 2 CENTIMÈTRES PRÈS

Le 29 juin 1995, la navette *Atlantis* entre dans l'histoire en s'arrimant très, très prudemment à la station russe *Mir*. Le commandant Robert « Hoot » Gibson contrôle

STS-71 (ATLANTIS) 1995

Gibson: Houston, *Atlantis*, capture effectuée.

CC: Répétez "capture".

CC: Capture confirmée.



cette manœuvre délicate. Son adresse et sa dévotion au pilotage ont valu à ce membre de la classe 1978 des TFNG l'admiration de ses collègues. Né d'une mère et d'un père pilotes, Gibson a été aviateur dans la Navy pendant la guerre du Viêt Nam, puis pilote d'essai, avant d'entrer à la Nasa. Il s'est fait connaître au cours de ses quatre précédents vols par la délicatesse de ses atterrissages.

Gibson a l'intention d'amarrer les deux engins spatiaux avec le minimum de perturbations : un freinage naturel et aucune mise à feu des propulseurs. « Nous voyons les feux de position de *Mir* », informe-t-il Houston, tandis qu'*Atlantis* se met en position. Les astronautes de *Mir* fêtent l'approche du vaisseau américain avec des chansons populaires russes. À une vitesse de 2,5 cm par seconde, Gibson amène la navette à toucher le panneau d'amarrage de *Mir* avec à peine 2 cm de décalage. Dès lors, *Atlantis* et *Mir* forment le plus gros engin spatial jamais mis en orbite. Les jours suivants, Russes et Américains travaillent ensemble sur une série d'expériences et s'utilisent mutuellement comme cobayes pour mesurer les effets de l'apesanteur sur leur physiologie. Cinq jours plus tard, *Atlantis* retourne sur Terre avec trois astronautes russes – pour la première fois, un vaisseau spatial transporte plus de monde au retour qu'à l'aller.

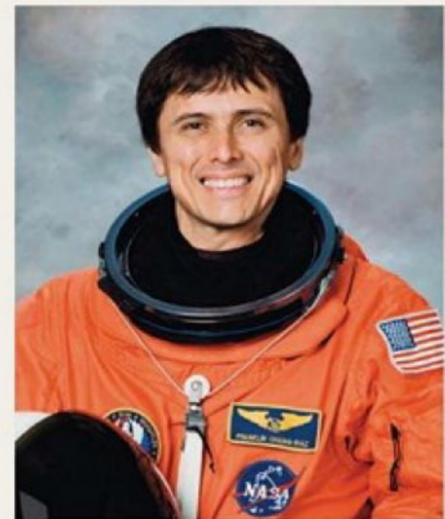
PORTRAIT

Franklin Chang Díaz

Les multiples missions de la navette spatiale offrent à certains astronautes l'opportunité de devenir des voyageurs fréquents. C'est ainsi que le spécialiste de mission Franklin Chang Díaz fait son sixième voyage dans l'espace en participant à la dernière mission du programme Shuttle-Mir. Il volera une septième fois, partageant le record du nombre de vols spatiaux avec l'astronaute Jerry Ross.

Né au Costa Rica, Chang Díaz a quelques dollars en poche et parle quelques mots d'anglais quand il s'installe aux États-Unis, en 1969. Il obtient un doctorat en physique au MIT avant d'intégrer la classe 1980 des astronautes.

Après ses sept vols avec la navette entre 1986 et 2002, Chang Díaz quitte la Nasa et se consacre à la mise au point d'un réacteur de fusée à plasma qui pourrait transporter des astronautes sur Mars.



La structure de connexion de la station spatiale russe *Mir* et de la navette spatiale américaine *Atlantis*, photographiée depuis l'engin spatial *Soyouz*, en orbite autour de la Terre, en 1995.



L'équipage de *Columbia* pose pour une photo de groupe avant le lancement. De gauche à droite : Michael Anderson, Rick Husband, Laurel Clark, Willie McCool, Ilan Ramon, Kalpana Chawla et David Brown.



FATAL RETOUR

Des années de vols réussis jusqu'à la *Station spatiale internationale* naissante ont restauré l'éclat du programme de la navette. Mais le 1^{er} février 2003, cette satisfaction subit un coup terrible.

Vers 9 heures du matin, alors que *Columbia* effectue ce qui aurait dû être une rentrée de routine dans l'atmosphère terrestre, les transmissions du vaisseau spatial s'interrompent brutalement. Bien avant que la Nasa comprenne ce qui s'est passé, des observateurs au Texas voient des traînées de débris fumants tomber du ciel. La navette s'est désintégrée, tout le monde à bord a péri.

Les mois suivants, les chercheurs retrouvent 84 000 pièces de débris, dont un morceau de mousse isolante qui s'est détaché du réservoir extérieur, heurtant et arrachant l'un des panneaux de protection thermique de *Columbia*. Pendant la rentrée de la navette dans l'atmosphère terrestre, les gaz chauds ont pénétré la structure de l'aile, causant la destruction du vaisseau.

STS-107 (COLUMBIA), 2003

MMACS (Maintenance bras mécanique et équipage): Nous avons perdu de la pression dans les pneus du train d'atterrissage principal gauche, les deux pneus.

CC: *Columbia*, ici Houston, nous voyons votre message de pression et n'avons pas compris votre dernier...

Ce sont les instruments, MMACS ?

MMACS: Ceux-là aussi sont détraqués.

Commandant Rick Husband: Houston, bien reçu, mais...

... Dernière transmission de *Columbia*...



Ilan Ramon a été pilote de l'armée de l'air israélienne avant de devenir astronaute.

« UN HOMME QUI VIT DANS L'ESPACE »

Les sept occupants de *Columbia* formaient un groupe disparate, représentatif des classes 1994 et 1996 des astronautes. La plupart étaient des spécialistes de mission ou de charge utile.

Parmi eux, Ilan Ramon, le premier astronaute israélien, était un descendant de survivants d'Auschwitz. Il avait emporté avec lui des souvenirs de l'Holocauste, y compris un dessin de la Terre vue de la Lune ébauché par un garçon de 14 ans à Auschwitz. Des pages de son journal ont été récupérées dans les débris de *Columbia*. « C'est aujourd'hui le premier jour où je ressens que je vis vraiment dans l'espace, écrivait Ramon. Je suis devenu un homme qui vit et travaille dans l'espace. »

DERNIERS VOLS

L'ULTIME MISSION

Le désastre de *Columbia* crée un nouveau vide de deux ans, le temps nécessaire pour la Nasa de revoir ses normes de sécurité. Quand *Discovery* décolle, en 2005, la navette porte des panneaux renforcés sur ses ailes et des scanners capables d'analyser en orbite l'extérieur du vaisseau. *Discovery* transporte aussi une astronaute exceptionnelle, Eileen Collins, qui est devenue, en 1999, la première femme commandant d'équipage de la Nasa.

Les dernières missions des navettes, entre 2005 et 2011, sont consacrées presque exclusivement à la construction de la *Station spatiale internationale*. Les astronautes aux manettes sont nés dans les années 1960 et 1970. Les pilotes ont fait la guerre du Golfe, pas celle du Viêt Nam. Quant aux scientifiques, ils ont atteint l'âge adulte à l'ère digitale. Les équipages se caractérisent par la diversité des antécédents : on compte un capitaine de sous-marin, un océanographe, un géophysicien.

LES MARIÉS DE L'ESPACE

Les femmes sont de plus en plus présentes et, naturellement, il y a des mariages dans le corps des astronautes, huit couples au moins. Seuls les conjoints Mark Lee et Jan Davis réussissent à voler ensemble,



Jan Davis et Mark Lee, couple sur Terre et dans le ciel.

en 1992. Par la suite, la Nasa interdira aux couples mariés de participer à la même mission.

Il n'est peut-être pas surprenant que certaines relations soient compliquées. En 2007, la spécialiste de mission Lisa Nowak est arrêtée pour l'agression d'une rivale, liée à l'astronaute William Oefelein, avec qui Nowak a eu une brève relation. Les deux amants seront les premiers astronautes licenciés par la Nasa.

En juillet 2011, *Atlantis* accomplit le dernier vol du programme des navettes. Utiles mais chers et dangereux, ces vaisseaux ont ouvert la voie vers une nouvelle résidence dans le ciel : la *Station spatiale internationale*.

PORTRAIT

Eileen Collins

Eileen Collins (née en 1956) a connu une enfance difficile à Elmira, dans l'État de New York. Ses parents divorcent quand elle a 9 ans et, un temps, la famille dépend de coupons d'alimentation. Une bourse du Corps d'entraînement des officiers de réserve (ROTC) lui ouvre les portes de l'université Syracuse, puis de l'armée de l'air, qui l'embauche à 23 ans comme professeur de mathématiques et instructrice de vol - une première dans l'US Air Force. En 1989, elle est la seconde femme à entrer à l'école des pilotes d'essai. Il était sans doute inévitable que la Nasa la sélectionne en 1990.

Collins effectue quatre missions spatiales. Pour l'inaugurale, en 1990, elle est la première femme à piloter la navette. Pour la troisième, elle pilote *Discovery* dont elle est la première commandante. Sa dernière mission, toujours comme commandante, marque la reprise des vols après le désastre de *Columbia*.





Atlantis est mise à feu pour le dernier vol du programme de navette spatiale, en 2011.

CHAPITRE 4

UNE MAISON DANS LE CIEL

Après l'ère des navettes, arrive celle des stations spatiales. L'URSS ouvre la voie avec *Saliout* et *Mir* dès les années 1970. Une structure beaucoup plus importante, la *Station spatiale internationale (ISS)*, accueille un équipage en 2000. Cette plateforme de recherche permettant des missions de longue durée est occupée en permanence.

Les panneaux solaires de la *Station spatiale internationale* brillent, avec l'horizon terrestre en arrière-plan.



SALIOUT

LA PREMIÈRE STATION

Pendant que les États-Unis conçoivent la navette de l'espace dans la foulée de leur marche sur la Lune, l'URSS invente la station spatiale. Les Russes, défaits dans la course au satellite de la Terre, concentrent leurs efforts sur une série de stations à bord desquelles les cosmonautes vont reculer les limites des vols longue durée.

Entre 1971 et 1982, l'Union soviétique lance sept stations *Saliout* (« salut » en français). Les *Saliout* 3 et 5 sont des stations spatiales militaires équipées de caméras à haute résolution. Mais le programme ne s'affirme vraiment qu'avec le perfectionnement de nouveaux vaisseaux, les *Saliout* 6 et 7.

LA VIE EN APESANTEUR

À bord de chaque module de 16 m, les cosmonautes effectuent des expériences dont beaucoup consistent à tester les effets de l'apesanteur prolongée sur le corps humain. Ils sont tenus de faire des exercices sur des tapis roulants et des vélos stationnaires. Valeri Rioumine, cosmonaute sur *Saliout* 6, ronchonne : « Je déteste nos exercices. Je les aimais sur Terre. Ici, je dois me forcer. C'est ennuyeux, monotone et pénible. »

COUPS DURS

De périlleux voyages

Saliout 1 aurait dû être un triomphe. En avril 1971, l'URSS lance la première station spatiale au monde. Deux équipages seulement l'atteindront. Le premier, qui réunit trois cosmonautes à bord de la navette *Soyouz 10*, atteint la station mais ne réussit pas à accoster. Contraints de retourner sur Terre, les cosmonautes sont victimes d'émissions de fumées toxiques qui terrassent momentanément l'un d'eux. La mission suivante, *Soyouz 11*, est plus dramatique. Les cosmonautes, un pilote expérimenté et deux ingénieurs, ont pénétré sans difficulté dans la station et y ont passé 23 jours, faisant des cabrioles en direct pour



Vue d'artiste d'un accostage *Soyouz-Saliout*

En 1984, trois cosmonautes – Léonid Kizim, Vladimir Soloviov et Oleg Aktov – établissent un record de durée dans l'espace : 237 jours. À leur retour sur Terre, ils ont la sensation d'être écrasés par la gravité. « Au réveil, ma première pensée est : « Comment ai-je fait pour ne pas défoncer le lit ? » » raconte Soloviov.

Saliout commence à accueillir des astronautes et des scientifiques étrangers. Les équipages réalisent aussi de nombreuses sorties dans l'espace, dont, en 1985, plusieurs missions risquées pour réparer une défaillance électrique sur *Saliout* 7. La station est définitivement abandonnée en 1986. À cette date, les Soviétiques sont les leaders mondiaux des vols habités expérimentaux.

la télévision et menant des expériences. Au retour, le vaisseau spatial reste silencieux. En ouvrant la capsule, les équipes au sol découvrent trois cadavres : l'ouverture de deux valves a chassé l'oxygène dans l'espace. Comme les équipages des *Soyouz* ne portent pas de combinaisons spatiales, les trois hommes sont morts d'asphyxie instantanément.

La tragédie – à ce stade, ce sont les seuls décès d'astronautes dans l'espace – entraîne une révision générale de *Soyouz* et impose la règle de deux cosmonautes par vol, chacun vêtu d'une combinaison pressurisée.



Le cosmonaute allemand Sigmund Jähn (dans le fond) et le cosmonaute soviétique Vladimir Kovalionok partagent l'espace réduit de *Saliout 6*.

Skylab, avec en arrière-plan
la Terre couverte de nuages,
vue par les astronautes quittant
la station en 1974.



UN LABORATOIRE EN ORBITE

La fin du programme Apollo laisse derrière lui un groupe d'astronautes avides de se lancer dans de nouvelles aventures – et beaucoup de matériel coûteux. La Nasa décide d'utiliser ces deux ressources pour construire la station *Skylab*, le « laboratoire du ciel », qui orbitera entre 1973 et 1979. Le principal compartiment de la station, l'atelier orbital, est construit à l'intérieur du troisième étage d'une fusée lunaire géante, *Saturn V*. Un module d'amarrage et un télescope solaire sont fixés à la structure. En tout, *Skylab* offre 210 m³ d'espace habitable.

La mission *Skylab* manque de s'achever avant même d'avoir commencé. Pendant le lancement, un écran protégeant la station des impacts de micrométéorites est arraché, emportant l'un des deux panneaux solaires. Le premier équipage de *Skylab*, composé des astronautes Pete Conrad, Joe Kerwin et Paul Weitz, réussit à installer un pare-soleil à l'extérieur et, au cours d'une sortie dans l'espace, libère le panneau solaire endommagé.

LES COBAYES DE L'ESPACE

Skylab est aussi une plateforme de tests pour les séjours prolongés dans l'espace. Les trois équipages qui l'occupent – le dernier pendant 84 jours – servent

COUPS DURS

Attention, chute de vaisseau

Les engins spatiaux en orbite terrestre basse – c'est le cas des stations spatiales – ne restent pas éternellement en l'air sans une certaine poussée. La raréfaction de l'atmosphère à ces niveaux les attire tôt ou tard vers la Terre. Abandonné par son dernier équipage en 1974, *Skylab* vole à vide pendant cinq ans. Ses concepteurs espéraient utiliser une navette pour repousser les 70 tonnes de la station vers une orbite plus élevée, mais des retards dans le programme font que *Skylab*, livré à lui-même, s'oriente inéluctablement vers une collision

SKYLAB, 1973

Commandant Alan Bean: Ceci s'adresse à... c'est pour les gens de la biomédecine. Ça concerne les vêtements portés pendant un BMMD [séance de mesure de la masse corporelle]. Le commandant porte un short et tient un crayon.

de cobayes pour de nouveaux modes d'alimentation, de divertissement et d'hygiène. Pour la première fois, les astronautes ont des toilettes et des douches – mais celles-ci ne produisent que des bulles de liquide qui flottent, pas très efficaces. De l'avis général, la nourriture, malgré son manque d'attrait et son absence de texture, est meilleure que sur *Apollo*. « Les pommes de terre avaient un goût de pommes de terre, mais avaient la consistance du polystyrène, raconte l'astronaute Don Lind. C'était comme manger un gobelet en carton. »

Skylab s'arrête lorsque le programme des navettes spatiales s'intensifie. En 1979, le laboratoire du ciel se désintègre en rentrant dans l'atmosphère terrestre.

avec la surface terrestre. Ce fait ne passe pas inaperçu auprès du public, fasciné par l'imminence du crash. Les bookmakers parient sur le lieu d'atterrissage.

Le 11 juillet 1979, *Skylab* tombe. Les contrôleurs espéraient que ce serait dans l'océan, mais la plupart des morceaux de l'engin disloqué s'écrasent dans l'arrière-pays de l'Australie-Occidentale. Les débris se répandent entre les villes d'Esperance et de Rawlinna, dans le sud de l'État. Personne n'est blessé, mais Esperance réclamera 400 dollars à la Nasa pour débris sauvages.

MIR

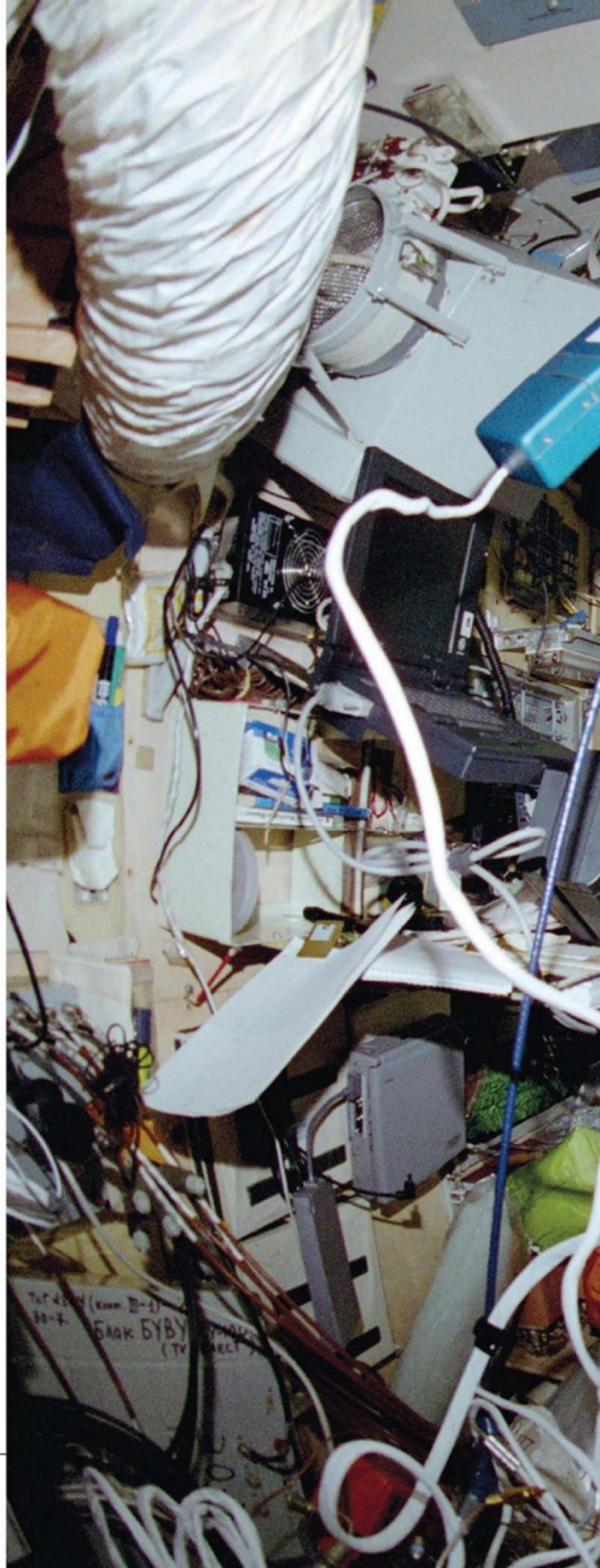
L'AVANT-POSTE

En février 1986, l'Union soviétique lance le module central d'un nouveau type d'avant-poste orbital : la première station spatiale en orbite, *Mir* (« paix » en russe). D'un poids de 18 tonnes, le module central de *Mir* dispose de six ports d'amarrage pour accueillir des modules additionnels, ainsi que la navette *Soyouz* et le vaisseau cargo *Progress*. Une décennie plus tard, l'ajout de nouveaux modules fait de la station russe un véritable avant-poste de l'espace. Au départ, la station spatiale était ouverte aux seuls cosmonautes soviétiques. Dans les années 1990, à l'occasion de missions de coopération, elle commence à accueillir des astronautes américains.

AMBIANCE DE CAVE HUMIDE

La station spatiale offre plus de confort que *Saliout*, notamment des compartiments de couchage individuels. Au fil des ans, toutefois, *Mir* s'use et se remplit de déchets. L'astronaute en visite Jerry Linenger la décrit comme « une paire de bus scolaires... bourrés de matériels et de machines... L'ensemble est vieux et a toujours besoin de réparations, sent la cave humide et retentit du bruit irritant des valves qui s'ouvrent et se ferment. » Les Américains sont surpris d'apprendre que leurs collègues s'accordent parfois un petit coup « médicinal » de cognac. Linenger découvre ainsi dans chaque bras de sa combinaison de sortie russe une bouteille de cognac et une bouteille de whisky.

Malgré, ou peut-être grâce aux boissons médicinales, les cosmonautes mènent des recherches importantes à bord de *Mir*, y compris sur les effets à long terme de la vie dans l'espace sur le corps et l'esprit humain. Entre 1994 et 1995, le cosmonaute Valeri Poliakov passe 437 jours consécutifs sur *Mir*, établissant un record de durée, à ce jour inégalé. À son retour sur Terre, il met un point d'honneur à marcher quelques pas en sortant de la navette *Soyouz* pour montrer qu'il a conservé des forces malgré la longueur de son séjour en apesanteur.





Le cosmonaute Alexandre Lazutkine participe au transfert des provisions depuis la navette vers les zones déjà bien encombrées de *Mir*, en 1997.

Mir photographié
par les astronautes
d'*Atlantis*, en 1996.



MIR

INCIDENTS ET HÉROÏSME

Les dix dernières années du programme Mir voient débarquer une foule de visiteurs européens et américains, y compris Shannon Lucid, la seule Américaine à travailler à bord de la station soviétique. Elle passe 188 jours en orbite terrestre, établissant le record de durée dans l'espace chez les Américaines. Moins de deux ans plus tard, deux incidents éprouvants attestent à la fois les dangers de la vie dans une station spatiale et la capacité des cosmonautes à traiter les urgences.

« OUVRIR UNE FENÊTRE »

En février 1997, un générateur d'oxygène du module *Kvant* dysfonctionne. Les alarmes se mettent à sonner - ce qui est courant - mais, cette fois, elles signalent un incendie majeur. L'astronaute Jerry Linenger est à bord de la station tandis que l'habitacle se remplit de fumée, que le métal fond et que l'équipage se rue sur les appareils respiratoires. « La pensée "ouvrir une fenêtre" me traversa l'esprit, écrit-il dans *Off the Planet*, et malgré les circonstances désespérées où je me trouvais, je ne pus m'empêcher de sourire. » Les extincteurs éteignent les flammes, mais la fumée se répand dans la station pendant des heures.

PORTRAIT

Shannon Lucid

L'astronaute Shannon Lucid naît en 1943. Ses parents savent ce que représente l'aventure en territoire inconnu. Missionnaires baptistes en Chine, ils ont en effet été prisonniers de guerre quelque temps, avec leur fille, dans un camp japonais. Lucid grandit en Chine et aux États-Unis, où elle obtient une maîtrise en biochimie. Puis elle fait partie de la célèbre classe 1978 des astronautes TFNG. Elle accomplit quatre missions en navette spatiale, avant de séjourner longuement sur *Mir*, en 1996. La presse relève les commentaires peu éclairés d'un représentant de l'agence spatiale russe qui déclare que les cosmonautes de *Mir* se réjouissent d'accueillir Lucid parce que « nous savons que les femmes aiment nettoyer ». Mais Lucid se désintéresse de la controverse et se consacre à ses recherches. Entre autres activités, elle cultive des cristaux de protéines et du blé nain, et photographie une éruption volcanique sur Terre.



RAPPORT DE MIKE FOALE
SUR SA MISSION MIR, 1997

Foale: Je suis impatient, du fait de l'absence d'électricité dans les modules, de finaliser quelques-unes de mes expériences. Je pense que c'est un beau témoignage de l'ingéniosité et de la capacité d'un équipage à tenir le coup...

La crise la plus grave éclate en juin, quand un vaisseau cargo automatique *Progress* heurte la station au cours d'un exercice d'amarrage. La collision perfore un module, causant une fuite d'air, et endommage un panneau solaire d'alimentation en courant. La fuite d'air est contenue grâce à la réaction immédiate de l'astronaute Mike Foale et de ses collègues, qui réussissent à fermer le compartiment endommagé. Mais même ainsi, la station dérive, désespérément privée d'énergie, jusqu'à ce que l'équipage réussisse à lui redonner vie.

Après quinze ans dans l'espace, *Mir* est retirée de la circulation. La station spatiale connaît une fin explosive pendant sa rentrée dans l'atmosphère, en 2001.

FOCUS : LE CORPS DANS L'ESPACE

La pesanteur – appelée plus exactement microgravité dans un vaisseau spatial – est peut-être la caractéristique fondamentale de la vie dans l'espace. Un vaisseau spatial en orbite terrestre basse est en chute libre permanente, si bien que son contenu flotte. Le corps humain a évolué pour supporter son propre poids et, dans l'espace, il s'adapte de bien des façons, certaines dommageables, d'autres bizarres.

S'ADAPTER À LA MICROGRAVITÉ

Les astronautes observent le changement dès qu'ils se mettent à flotter. Ils deviennent désorientés, et leurs systèmes sensorimoteurs s'embrouillent. Leurs oreilles

internes les informent d'une chose, et leurs yeux d'une autre. Ceci entraîne souvent des nausées, des vomissements et des problèmes digestifs très désagréables. Normalement, la nausée disparaît en quelques jours. S'agissant des fluides, la gravité ne les attire plus vers le bas, les visages gonflent, les jambes maigrissent et les sinus se bouchent. Le sens du goût diminue. D'où la vogue des sauces épicées à bord des stations. Avec le temps, les astronautes perdent aussi leurs callosités.

L'astronaute de l'Esa Luca Parmitano s'entraîne à bord de l'ISS. En microgravité, les astronautes doivent s'attacher au tapis roulant.





« Le dessous de mes pieds devient doux comme un pied de nouveau-né, observe Scott Kelly, mais le dessus fabrique une peau dure d'alligator parce que je suis obligé de caler mes pieds dans une sangle pour me maintenir. »

VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ

Le corps des astronautes subit aussi des changements plus sérieux équivalant à un vieillissement rapide. La densité osseuse se réduit au rythme d'environ 1 % par mois, les muscles perdent de leur masse. La vision devient floue car les globes oculaires changent de

Ses pieds dans des sangles, Terry Virts ferme une trappe. C'est cette pratique qui durcit la peau du dessus des pieds.

forme et les nerfs optiques s'enflamment. Des exercices rigoureux contribuent à préserver les os et les muscles, mais, au retour, la plupart des astronautes ont besoin de plusieurs semaines de rééducation. Certains ne récupèrent jamais une vision parfaite. Les chercheurs étudient ces problèmes qui ne pourraient qu'empirer pendant le long voyage vers Mars - la prochaine frontière de la Nasa.

TIANGONG

L'AVÈNEMENT DU TAÏKONAUTE

Le 15 octobre 2003, trente-trois ans après le décollage de son premier satellite, la Chine devient le troisième pays à lancer un humain dans l'espace. Point culminant d'années d'efforts, le vol en orbite terrestre de 21 heures du lieutenant-colonel Yang Liwei marque le début d'un programme ambitieux de vols habités.

La Chine, entrée tardivement dans le jeu spatial, s'est fixée comme programme d'habiter une station, de poser des taïkonautes (astronautes chinois) sur la Lune dans les années 2030 et d'atteindre Mars. Les taïkonautes n'ayant pas l'autorisation de séjourner sur l'ISS (la Nasa s'inquiète de préserver des secrets militaires), la Chine a construit ses propres laboratoires orbitaux. Le premier,



Tiangong 1, a décollé en 2011, et a été habité par deux équipages successifs transportés par la navette *Shenzhou* – l'un d'eux comprenait la première taïkonaute chinoise, la pilote Liu Yang. Selon un responsable chinois, « les femmes ont en général plus de résistance, de stabilité psychologique et de capacité à gérer la solitude. »

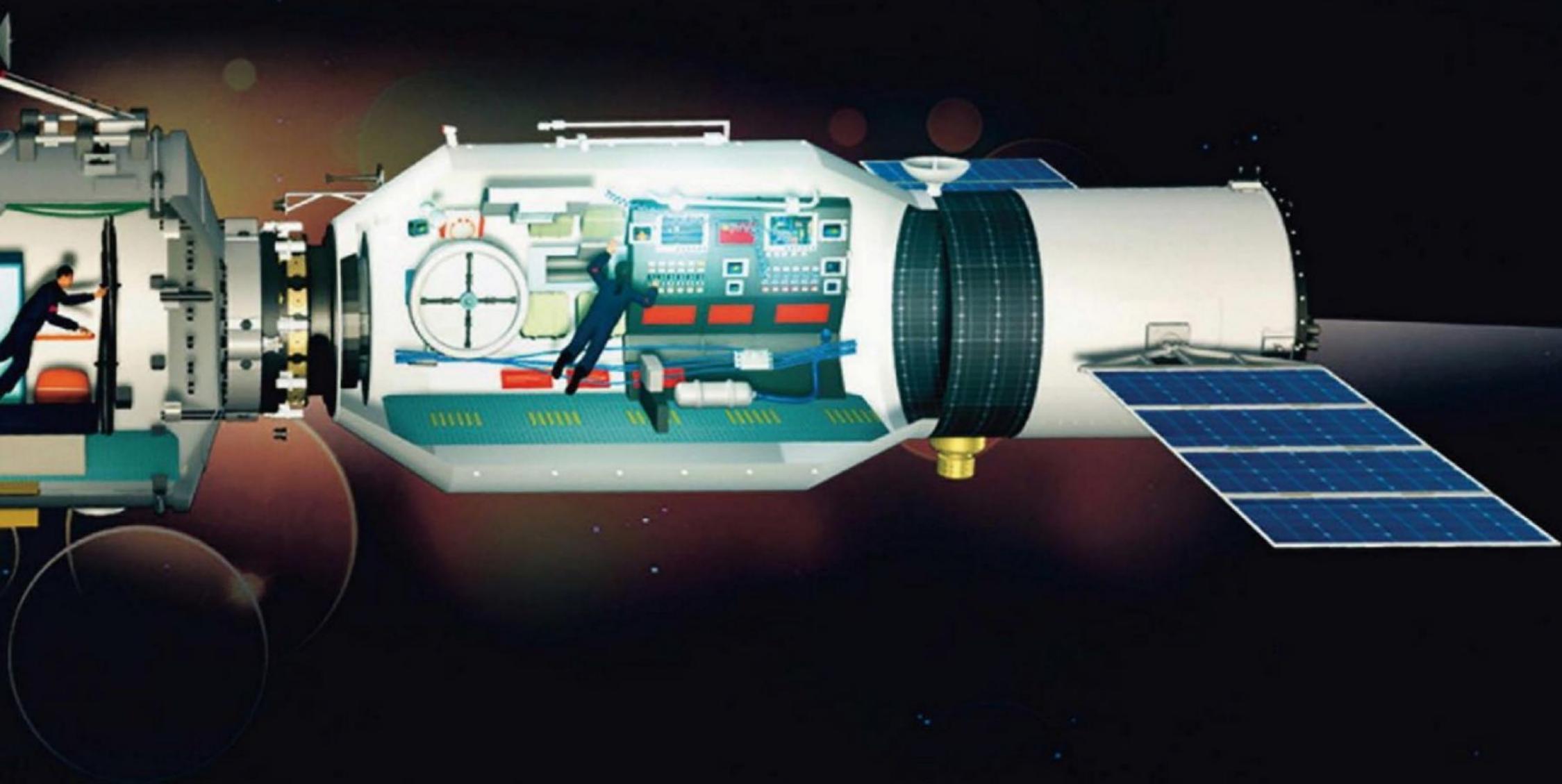
BIENTÔT TIANGONG 3

Tiangong 1, comme son successeur *Tiangong 2*, lancé en 2016, sont plus des prototypes que des stations totalement fonctionnelles. Longues d'à peine 10,4 m,

elles n'accueillent que deux membres d'équipage. Un troisième taïkonaute peut dormir à bord d'un vaisseau *Shenzhou* annexe. La Chine prévoit de lancer une station modulaire plus grande, *Tiangong 3*, dans les années 2020. Elle cherche aussi à ouvrir son programme aux astronautes internationaux, mais la Nasa n'a pas encore indiqué si des Américains rendront ou non visite à leurs voisins chinois dans l'espace.

Comme *Skylab*, la station spatiale désaffectée *Tiangong 1* s'est désintégrée en avril 2018 en rentrant dans l'atmosphère terrestre.

Une illustration en plan de coupe du vaisseau spatial *Shenzhou 9* (à gauche) amarré à *Tiangong 1* (à droite).



STATION SPATIALE INTERNATIONALE

TRAVAILLER ENSEMBLE

Dans les années 1990, des centaines de spationautes du monde entier s'entraînent pour les dernières missions du programme de la navette spatiale et pour la prochaine grande étape : la *Station spatiale internationale (ISS)*. Projet conjoint des agences spatiales américaine, russe, canadienne, européenne et japonaise, la station a commencé sa carrière avec un unique module russe, lancé en 1998. Pendant douze ans, les équipages internationaux de la navette ont construit, pièce par pièce, le plus gros vaisseau spatial qui ait jamais orbité autour de la Terre. Long comme un stade de football, la station se consacre à des expériences scientifiques, de la physiologie humaine à la physique des fluides et à la botanique.

CHANGEMENT DE STATUT

Le test de coopération internationale en cours, en particulier entre les États-Unis et la Russie, n'est pas la moindre des expériences de l'*ISS*. Des hommes et des

femmes de 18 pays forment des équipages de 6 spationautes dont certains vivent plus d'un an d'affilée à bord. Depuis la fin du programme de la navette, en 2011, les spationautes et le fret sont transportés par le vaisseau spatial *Soyouz* lancé du Kazakhstan. Dans un futur proche, des équipages pourraient atteindre la station à bord de vaisseaux commerciaux privés.

L'*ISS* est aussi représentative d'une nouvelle étape dans l'évolution des astronautes, passés du stade de célébrités à celui d'anonymes. Quelques équipiers ont acquis une certaine renommée via les réseaux sociaux, mais la majorité est invisible aux yeux du grand public. La classe 2004 de la Nasa est la dernière à s'être entraînée pour les vols de la navette. Elle fut aussi la dernière à faire la distinction entre pilotes et spécialistes de mission. Aujourd'hui, les spationautes sont essentiellement des passagers à bord de transports russes.

Les membres de l'expédition 43 de l'*ISS*, en 2015 (de gauche à droite): Guennadi Padalka, Scott Kelly, Anton Chkaplerov, Samantha Cristoforetti, Mikhaïl Kornienko et Terry Virts.



Les larges panneaux solaires de l'ISS emmagasinent le surplus d'énergie dans les batteries pour les périodes où la station est dans l'obscurité.





Dans l'ISS, Samantha Cristoforetti est sanglée à une paroi dans son sac de couchage.

ISS

LA VIE À BORD

Les astronautes s'entraînent pendant des années dans une maquette grandeur nature de la *Station spatiale internationale*, mais il leur faut beaucoup de temps pour s'habituer à la vraie structure. Les nouveaux venus qui arrivent avec *Soyouz* entrent dans un monde sans précédent. L'*ISS* est aussi vaste qu'une grosse maison. Des machines claquent et bourdonnent. Les murs sont tapissés d'outils et d'ordinateurs attachés par du Velcro. Les débutants qui apprennent à se propulser dans la microgravité se heurtent régulièrement aux parois, quand ils réussissent à les toucher. Pour l'astronaute Stanley Love, « si vous êtes petit et que vos collègues sont plus grands, ils peuvent vous pousser au milieu du module et vous ne pouvez rien atteindre. Vous êtes coincé ».

CONTEMPLER LA TERRE

La journée, objet d'une planification rigoureuse du centre de contrôle, représente douze heures de travail, à raison de cinq ou six jours par semaine. Chaque matin, les astronautes font le point sur le planning quotidien avec le centre de contrôle, prennent leur petit déjeuner puis démarrent les activités programmées sur leurs ordinateurs. Chaque journée est ponctuée par

les activités scientifiques, les repas et les entretiens de routine. Les membres d'équipage doivent aussi faire deux heures d'exercice quotidien, arrimés à des vélos stationnaires ou à des tapis roulants. La transpiration, qui colle au visage en gouttes brûlantes, est un problème. Le contrôle de mission accorde du temps libre à ses astronautes laborieux. Le soir et le week-end, ils ont le droit de lire, de jouer et de passer des appels personnels. La contemplation de la Terre en particulier occupe leur temps libre.

Dans un vaisseau qui fait le tour de la Terre en 90 minutes, il n'y a pas réellement de jour ni de nuit. À l'heure du coucher, les astronautes flottent jusqu'à leur minuscule compartiment privé et se glissent dans des sacs de couchage sanglés aux parois.

STS-98, 2001

Curbeam : Restez en ligne.

Je vois un peu d'ammoniac sortir de là, des cristaux de glace.

Ça se remplit de glace. Il y a de l'ammoniac partout.

Jones : Un coup de main, Beam ?

Curbeam : Oui, j'en ai vraiment besoin.

COUPS DURS

Une fuite toxique

La construction de l'*ISS* fut une opération difficile, ne serait-ce que par la présence de produits chimiques dangereux. C'est ce que l'astronaute Curbeam a appris à ses dépens lors de sa première sortie dans l'espace en 2001, au cours d'une mission destinée à amarrer le module du laboratoire *Destiny* à la station. Curbeam est en train de déconnecter une conduite d'ammoniac anhydre, un liquide de refroidissement extrêmement toxique. Il vient de commencer à manipuler la valve quand elle se met à fuir ; un nuage de cristaux d'ammoniac brillants en sort

instantanément. Curbeam s'acharne et réussit à fermer la valve après trois minutes difficiles. Sa combinaison est alors couverte de deux centimètres d'un givre toxique.

Curbeam reste au soleil pour faire fondre le maximum de givre, puis son collègue Thomas Jones brosse sa combinaison. Une fois dans le sas, les astronautes ventilent l'air pour le débarrasser des vapeurs dangereuses. Tout l'équipage porte des masques à oxygène jusqu'à ce que l'air soit redevenu pur. « J'espère vraiment que cela ne se reproduira jamais », déclare le pilote, Mark Polansky.

FOCUS : RESTER PROPRE ET SE NOURRIR

Des habitudes évidentes pour la plupart d'entre nous deviennent des entreprises ardues sur l'ISS. Vivre à bord de la station, c'est comme faire du camping high-tech avec en plus les complications de la microgravité. Les denrées sont limitées, l'eau doit être recyclée et attention à ce que les miettes de votre biscuit ne flottent pas librement dans la cabine.

IMPOSSIBLE DE CUISINER

La nourriture disponible à bord de l'ISS a bien changé depuis les rations en tube des premiers vols spatiaux.

Les nutritionnistes de Houston préparent une base de 200 plats, du yaourt au steak, et quelques plats

spéciaux sont choisis par chaque astronaute. On est loin, cependant, de la cuisine familiale. Comme il n'y a pas de réfrigération sur la station, la plupart des plats sont transformés, déshydratés et emballés dans du plastique. Tout doit être compact, léger, fortement aromatisé et humide ou collant - pas de miettes, ni de sel, ni de poivre. Cuisiner consiste essentiellement à réchauffer. « Comment pouvez-vous faire la cuisine alors que vous ne pouvez rien poser ? » écrit l'astronaute Sandra Magnus dans son journal. « Et je dis bien

Karen Nyberg fait une démonstration de la bonne technique pour boire et se nourrir à bord de l'ISS.





rien: pas de saladier pour mélanger les ingrédients (ils en sortiraient), pas d'objets coupants ni d'autres ustensiles (ils s'éloigneraient en flottant dans l'air).»

RECYCLER TOUS LES LIQUIDES

L'hygiène à bord de la station est sérieusement limitée par la microgravité et le besoin d'économiser l'eau. L'ISS a des zones d'hygiène disposant de serviettes et de produits de toilette, ainsi que deux W.-C., mais pas de douches. Les astronautes se lavent avec des bouteilles d'eau compressibles et du savon sec, appliqué directement sur la peau ou les cheveux et brossé. Les toilettes sont pourvues, pour les rejets liquides, d'en-

Samantha Cristoforetti aspire ses cheveux coupés par Terry Virts qui s'improvise coiffeur.

tonnoirs conçus pour les hommes et pour les femmes. Les rejets solides sont aspirés par un système d'évacuation et stockés dans le module de réapprovisionnement. Les toilettes sont souvent en panne. Scott Kelly se souvient avoir nettoyé « une boule d'urine d'environ 4 litres mélangée à de l'acide ». Mais la règle est toujours « on ne gaspille rien pour ne manquer de rien » : l'urine, la transpiration évaporée et l'eau de lavage sont recyclées en eau potable propre. Les astronautes disent qu'elle a bon goût.

ISS

UN TERRAIN D'EXPÉRIENCES

Si les premiers astronautes furent des pilotes d'essai, désormais les équipages de l'ISS sont essentiellement des scientifiques. Comme dit la Nasa, « la station spatiale est d'abord et avant tout un laboratoire de classe mondiale dans l'espace » où des équipes internationales accomplissent des centaines d'expériences. En l'absence de gravité significative, qu'arrive-t-il aux microbes ? Aux flammes ? Aux fluides ? Aux rats de laboratoire ? Et enfin au corps humain ?

Des armoires au format adapté et des installations de charge utile accueillent des expériences à l'intérieur et à l'extérieur de la station. Les astronautes ont découvert que, dans l'espace, les flammes brûlent à une température plus basse, et que la bactérie de la salmonelle y est plus virulente. Ils ont aussi fait fonctionner le premier robonaute, qui pourrait un jour aider les astronautes dans et autour de la station.

LES JUMEAUX KELLY

Les sujets de recherche les plus importants sont peut-être les astronautes eux-mêmes. L'une des plus longues expériences humaines a été la « mission d'une année » de l'astronaute Scott Kelly et du cosmonaute

SCOTT KELLY, EXPÉDITION 46, ISS

Scott: En fait, j'ai tout simplement hâte de m'asseoir à une table, et de me détendre, de partager un repas avec des amis et la famille, sans craindre que ma fourchette, ma cuillère ou ma nourriture s'éloigne en flottant.

Mikhaïl Kornienko. Deux fois plus longue qu'une session normale sur l'ISS, la mission a duré 340 jours, entre 2015 et 2016. Kelly, astronaute confirmé, a offert à la Nasa une opportunité irrésistible : il est le jumeau identique de son frère Mark, lui aussi astronaute. La Nasa a ainsi pu comparer sa physiologie avec celle de son frère, et découvrir des différences frappantes après le séjour spatial. Par exemple, les télomères, les capsules à l'extrémité des chromosomes associées à la longévité, se sont allongés dans les cellules de Scott durant son année dans l'espace, comparés aux télomères de son frère. Ce résultat et d'autres aideront les chercheurs à comprendre ce qui pourrait se passer dans le corps d'un astronaute pendant le long voyage vers Mars.

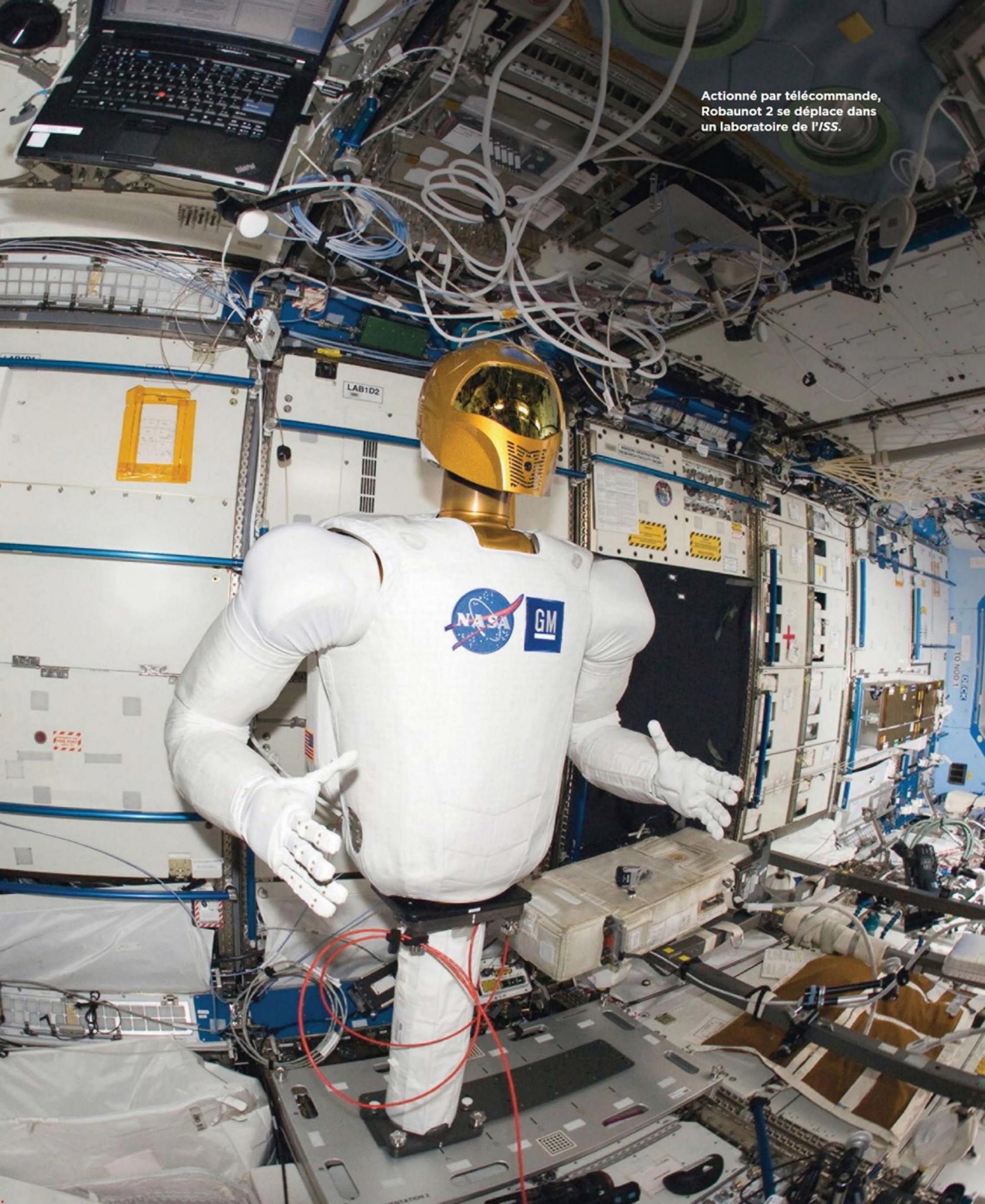
PORTRAIT

Peggy Whitson

Quand elle décolle à destination de l'ISS, en novembre 2016, pour sa troisième mission spatiale, Peggy Whitson, née en 1960, devient l'Américaine la plus âgée à voler dans l'espace. Le 24 avril 2017, elle a dépassé le record américain de 534 jours au total dans l'espace, et elle est en bonne voie d'atteindre au moins 650 jours avant la fin de sa mission. La commandante a été élevée dans une ferme de l'Iowa où elle vendait des poulets 2 dollars pièce pour payer sa licence de pilotage. Après un doctorat en biochimie, elle entre à la Nasa et fait son premier vol en 2002. Entre ses missions, de 2009 à 2012, elle est la première cheffe et la première responsable civile du Bureau des astronautes. Malgré le temps qu'elle passe avec ses collègues, elle avoue être « naturellement introvertie ». « Mais j'ai appris avec les années que ça vaut la peine de travailler en dehors de sa zone de confort. »



Actionné par télécommande, Robonaut 2 se déplace dans un laboratoire de l'ISS.



THOMAS PESQUET

UN FRANÇAIS DANS L'ISS

Huit mille quatre cent treize. Le nombre de candidatures reçues par l'Agence spatiale européenne (Esa) pour le recrutement de nouveaux spationautes en 2008 donne le vertige. Un an de tests plus tard, seuls six prétendants sont retenus. Parmi eux, le Français Thomas Pesquet. Pour l'ingénieur en aéronautique de 31 ans, pilote et instructeur à Air France, c'est le début de sept ans de formation ardue.

Les dix-huit premiers mois sont consacrés à la théorie. Comprendre le fonctionnement et l'organisation des différentes agences spatiales (Esa, Nasa, Roscosmos en Russie...), approfondir ses connaissances en physique, chimie, biologie, ingénierie spatiale, robotique... Mais aussi apprendre le russe, car une partie de l'enseignement pratique est dispensée dans cette langue et, si Thomas Pesquet est choisi pour un séjour dans la *Station spatiale internationale*, il devra la maîtriser parfaitement pour pouvoir échanger avec les opérateurs au sol. En tout, trois mois d'apprentissage intensif sont nécessaires, dont un en immersion dans une famille à Saint-Petersbourg. Particulièrement laborieux, de l'aveu du Français.

UN TRAVAIL D'ATHLÈTE ZEN

Débute ensuite la préparation pratique. Thomas Pesquet teste ainsi les vols paraboliques à bord d'un A310. L'avion alterne des phases de montées et de descente, comparables à de la chute libre, qui permettent d'expérimenter, durant 22 secondes, un état proche de l'apesanteur.

L'apprenti spationaute multiplie aussi les entraînements sous l'eau, notamment dans la piscine du Centre spatial Johnson, à Houston, au Texas, au fond de laquelle sont reproduits, grandeur nature, tous les modules de l'ISS. Muni d'un scaphandre de plus de cent kilos, le Français y réalise des opérations de maintenance, durant six heures d'affilée, simulant ainsi les sorties extravéhiculaires.



En mars 2012, Thomas Pesquet a suivi un stage de survie de deux semaines dans une grotte en Sardaigne.

Mais pour prétendre à une mission de plusieurs mois, confiné à six dans l'espace exigu de la station spatiale, il faut aussi faire preuve d'esprit d'équipe, de capacités d'adaptation, de patience et d'une bonne gestion de la promiscuité. Des qualités mises à l'épreuve lors de stages de survie en milieux extrêmes. Thomas Pesquet et ses collègues passent ainsi plusieurs jours en forêt, confrontés aux températures glaciales de l'hiver russe. Plus étonnant encore, ils descendent 800 m sous terre, dans la grotte sarde de Sa Grutta. Pendant deux semaines, ils arpentent ses 25 km de galeries, menant des expériences scientifiques dans l'obscurité totale et évoluant dans une atmosphère saturée d'humidité.

Autre étape incontournable, apprendre, à bord d'un simulateur, les rudiments de pilotage du vaisseau *Soyouz*, le « taxi » pour l'ISS. Incendie, panne, accident... Thomas Pesquet se prépare au pire.

Enfin, le Français est jugé apte à voler. Le 17 novembre 2016, après 16 jours de quarantaine, engoncé dans sa combinaison sur mesure, les genoux pliés, harnaché à un siège dans la cabine minuscule du *Soyouz*, il décolle pour l'ISS aux côtés de l'Américaine Peggy Whitson et du Russe Oleg Novitski. Cinquante-deux heures plus tard, le trio s'amarré à la station, à environ 400 km d'altitude. La mission de Thomas Pesquet, baptisée Proxima, durera six mois.



Pour reproduire les conditions d'apesanteur, le Français Thomas Pesquet s'entraîne en scaphandre dans la piscine de 12 m de profondeur du Laboratoire de flottabilité neutre, à Houston, aux États-Unis.

FOCUS : LE QUOTIDIEN DE THOMAS PESQUET

ISS est géniale, encore mieux que dans mes rêves », s'enthousiasme Thomas Pesquet dans son premier tweet en orbite, le 21 novembre 2016. Sur la photo, il pose, souriant, avec en arrière-plan la Cupola, une coupole d'observation constituée de sept hublots offrant une vue à couper le souffle sur la Terre. Bien que le Français ait l'air détendu, sa mission a déjà commencé.

RÉPARER LES TOILETTES

À peine a-t-il le temps de faire connaissance avec ses nouveaux colocataires - un Américain et deux Russes, auxquels il faut ajouter Peggy Whitson et Oleg Novitski, arrivés en même temps que lui -, de s'habituer aux déplacements en apesanteur et de

comprendre la logique de rangement de son nouveau logement - les objets sont stockés partout, du sol au plafond, sanglés, pour ne pas flotter -, qu'il doit se mettre au rythme de la station : lever 6 h du matin, arrêt du travail vers 19 h 30, coucher entre 22 h 30 et minuit. Le tout dans une ambiance sonore emplie de souffles de ventilateurs et de bruits mécaniques, et alors que le jour et la nuit se succèdent toutes les 45 minutes.

Les activités quotidiennes de Thomas Pesquet consistent, en grande partie, en des opérations de maintenance plus ou moins techniques, allant de la réparation d'une valve défectueuse sur le système

Durant sa mission, le spationaute étudie, notamment, l'influence de l'apesanteur sur les fluides du corps.



d'élimination du CO₂, risquant d'entraîner l'asphyxie des astronautes, à des interventions plus prosaïques, comme celle du 23 novembre 2016. « Ce jour-là, nos toilettes se sont cassées. Et, comme dans l'espace, rien n'est facile, et, qu'en plus, aucun d'entre nous n'est plombier, ça nous a pris toute la journée pour les réparer », plaisante le Français sur son blog. Dans l'ISS, les tâches domestiques revêtent une importance cruciale : pas question que la poussière obstrue les filtres de ventilation. Tous les samedis, les six spationautes, armés d'aspirateurs, s'attellent donc, six heures durant, à nettoyer le moindre recoin.

EXPÉRIENCES ET SORTIES

Mais l'occupation principale de Pesquet reste la recherche. Durant sa mission, il doit mener une centaine d'expériences. Suivi nutritionnel, recueil de données sur l'activité musculaire durant le sport, analyse du sommeil... La physiologie des habitants de l'ISS est surveillée comme le lait sur le feu. Objectif : mieux comprendre les effets de l'apesanteur sur l'organisme.

Mais les études ne concernent pas seulement la santé. Certaines sont susceptibles d'avoir des applications terrestres. Le Français teste notamment un outil de diagnostic de la potabilité de l'eau. Intéressant pour la vie dans l'ISS, où l'eau pour se laver ou boire provient du traitement des eaux usées, mais également pour faciliter l'accès à l'eau potable dans certaines régions de la Terre. Le Français évalue également de nouveaux matériaux, dits « intelligents », capables de se protéger des bactéries en créant des biofilms, qui pourraient un jour tapisser nos transports en commun.

Outre ces expériences quotidiennes, Thomas Pesquet a réalisé deux sorties extravéhiculaires, en janvier et mars 2017. Des expéditions à haut risque qui demandent plusieurs jours de préparation pour passer en revue l'équipement nécessaire. Le jour J, rien que l'enfilage de la combinaison et les derniers réglages durent 5 heures. Enfin, le spationaute sort du sas. Le vide spatial sous les pieds, la chaleur brûlante des rayons du soleil... Thomas Pesquet prend quelques minutes pour s'habituer à ces sensations inédites. Puis la concentration



Pour son anniversaire, Thomas Pesquet a reçu son saxophone, acheminé dans un véhicule de ravitaillement.

prend le pas, car lui et l'Américain Shane Kimbrough ont un programme chargé. En 6 heures, se déplaçant, tels des alpinistes en armure, à l'aide de sangles et de crochets, ils doivent changer divers composants, remplacer une caméra défectueuse, réaliser des branchements... Avec une hantise : laisser échapper un outil, qui se transformerait alors en dangereux projectile.

TEMPS LIBRE EN ORBITE

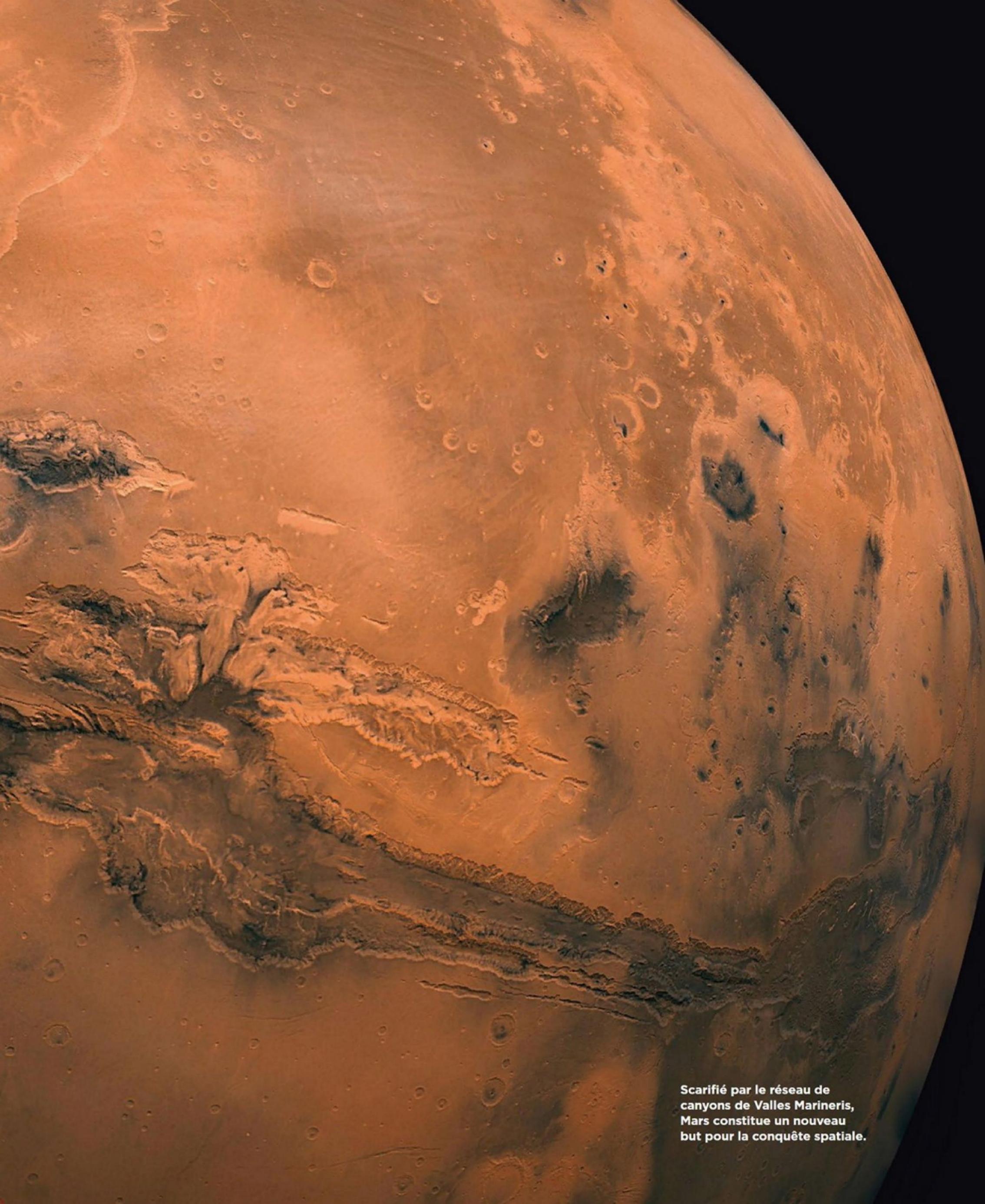
Pour décompresser, le spationaute dispose de moments de repos, en particulier le soir et le dimanche. Il téléphone à ses proches quasiment chaque jour. Dans sa « chambre », de la taille d'une cabine téléphonique, il dispose aussi d'un ordinateur et d'une connexion Internet pour communiquer avec la Terre, de quelques livres ou d'ouvrages téléchargés sur sa tablette. Ce passionné de sport regarde aussi le Tournoi des six nations ou du basket, écoute de la musique, ou profite de soirées cinéma avec ses coéquipiers. L'ISS est un spot de choix pour des photos spectaculaires d'aurores boréales, de reliefs terrestres tortueux ou de lumières nocturnes étincelantes. Autant de clichés qu'il partage volontiers sur les réseaux sociaux.

Le 2 juin 2017, après 196 jours passés dans l'ISS, Thomas Pesquet a repris sa place dans le vaisseau *Soyouz*, direction la planète Bleue. Le spationaute ne le sait pas encore ce jour-là, mais, en janvier 2019, le directeur de l'Esa lui proposera de repartir.

CHAPITRE 5

VERS MARS ET AU-DELÀ...

Les jeunes spationautes d'aujourd'hui et les optimistes regardent au-delà de la *Station spatiale internationale*, en direction de Mars. La Nasa et les autres agences, ainsi que les nouvelles sociétés commerciales de vols spatiaux ont la planète Rouge en vue pour les années 2030. Mais leur vision va encore plus loin dans le temps et la galaxie.



**Scarifié par le réseau de
canyons de Valles Marineris,
Mars constitue un nouveau
but pour la conquête spatiale.**

DÉMOCRATISATION

L'ÈRE DES FUSÉES PRIVÉES

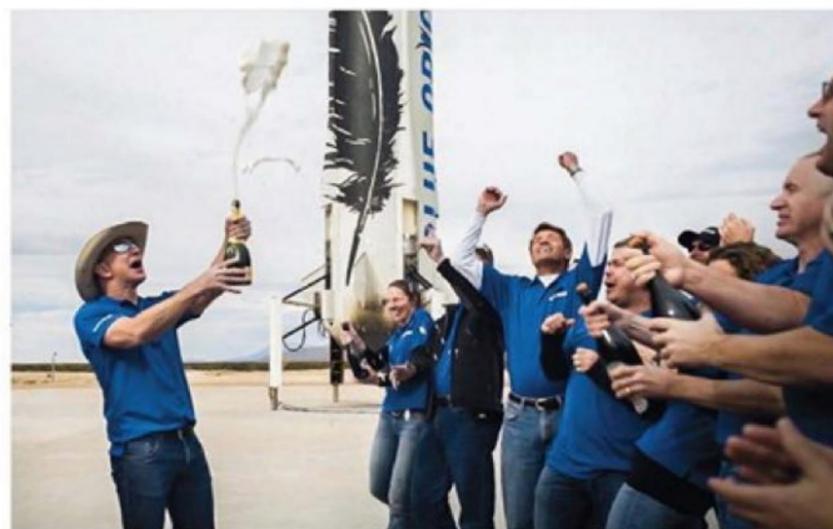
Avec le nouveau millénaire, l'exploration spatiale a entamé une évolution spectaculaire marquée par la création de sociétés privées de vols dans l'espace et l'apparition d'astronautes privés.

Plusieurs milliardaires ont ouvert la voie. Le premier, Jeff Bezos, le fondateur d'Amazon, a créé Blue Origin en 2000.

En 2016, Blue Origin a mis au point deux vaisseaux spatiaux réutilisables. L'un, *New Shepard*, est constitué d'une capsule pour six personnes fixée sur le nez d'un lanceur. Ce véhicule suborbital est conçu pour décoller d'un site situé dans l'ouest du Texas et se désolidariser de son lanceur juste après la ligne de Kármán, à la lisière de l'espace, à 100 km d'altitude. La capsule flotte alors librement, puis redescend sur Terre, retenue par des parachutes, tandis que le lanceur atterrit à la verticale à l'aide de ses rétrofusées.

TOURISTE DE L'ESPACE

L'équipage éventuel sera composé de quiconque aura les moyens financiers (encore non spécifiés) pour acheter le billet - en d'autres termes, de riches touristes de l'espace. C'est ce que Blue Origin appelle l'« expérience astronaute », une clientèle payante qui s'envole après un seul jour d'entraînement. « Quand le ciel vire au noir, fait valoir la



Jeff Bezos et son équipe célèbrent l'atterrissage du vaisseau *New Shepard*.

société, et que vous pénétrez dans l'espace, un silence parfait vous entoure. Votre capsule se sépare du lanceur et vous recevez l'autorisation de débloquer votre harnais. Émerveillé par la liberté de l'apesanteur, vous plongez le regard dans un panorama époustouflant à travers les hublots les plus grands de l'histoire des vols spatiaux.»

L'autre véhicule, *New Glenn*, est une fusée plus puissante, conçue pour arriver sur orbite et au-delà. Ce vaisseau spatial pourrait lui aussi emmener des touristes dans l'espace et servir régulièrement pour des voyages plus lointains. Jeff Bezos envisage un avenir où toute la fabrication industrielle lourde se fera hors planète. Comme il l'écrit : « Notre vision, ce sont des millions de gens vivant et travaillant dans l'espace. »

COUPS DURS

Crash dans le Mojave

L'homme d'affaires britannique Richard Branson, le second milliardaire à créer une entreprise de vols spatiaux, a connu des revers dans ses essais de lancement d'engins suborbitaux. Le plus sérieux est le crash mortel de l'avion spatial d'essai *SpaceShipTwo*, dans le désert du Mojave. Comme Blue Origin, la société Virgin Galactic de Branson met au point des véhicules qui enverront des passagers payants dans l'espace suborbital. Son avion-fusée à voilure fixe décolle, attaché sous le ventre d'un avion plus

gros. Une fois larguée, la fusée monte alors en flèche vers la haute atmosphère. Mais malgré plusieurs tests positifs, l'engin s'est disloqué à grande vitesse au-dessus du désert du Mojave, en octobre 2014. Le pilote s'est éjecté et a survécu, bien que grièvement blessé, mais le copilote est mort. L'enquête a déterminé que ce dernier avait fait une erreur en déverrouillant trop tôt le système d'aérofreins. Virgin affirme avoir réparé le dispositif et propose pour le futur des vols à 225 000 euros l'expérience au « reste d'entre nous ».

La fusée *New Shepard*
décolle sur le pas de
tir de Blue Origin, dans
l'ouest du Texas.



FOCUS : VIE AU SOL ET ENTRAÎNEMENT

Un astronaute a une carrière qui peut durer vingt ou trente ans, mais il en passe deux dans l'espace, dans le meilleur des cas. Le reste de son temps est consacré à l'entraînement dans son pays d'origine et à l'étranger, à des activités variées au sein de la Nasa et à la préparation d'autres missions.

SIMULATIONS ET DÉBRIEFINGS

En attendant une mission, les astronautes s'entraînent dans des simulateurs pour leur prochain vol – au maniement d'un bras robotique, par exemple. Ils testent également des matériels et des procédures pour d'autres vols, comme la conduite de véhicules qui pourraient être utilisés sur Mars. Les instructeurs dirigent les astronautes dans des situations d'urgence – un feu à bord, une panne d'ordinateur... – suivies de débriefings. Ces tests incluent des « simulations de mort » qui entraînent les astronautes à gérer la mortalité dans l'espace, comme s'occuper d'un cadavre ou répondre à la presse.



Les astronautes Viktor Gorbatko et Youri Glazkov se rendent à une séance d'entraînement au Centre Gagarine.



L'astronaute Joe Acabas de l'ISS apparaît sur l'écran du Centre de contrôle des vols spatiaux russe.

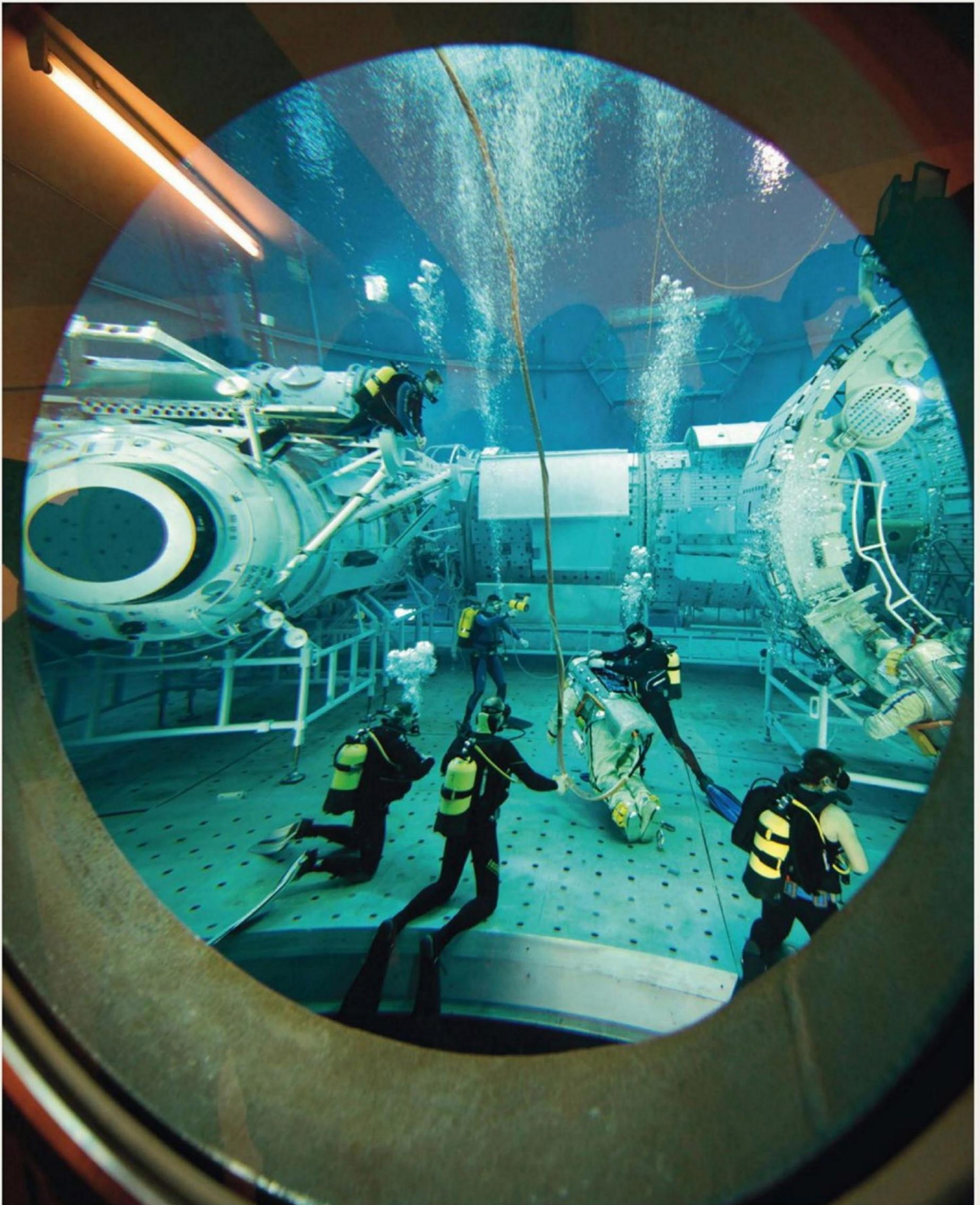
LA CITÉ DES ÉTOILES

Dans la mesure où chaque vol vers la *Station spatiale internationale* utilise un vaisseau *Soyouz*, les astronautes doivent séjourner quelque temps au Centre d'entraînement des cosmonautes Youri-Gagarine, appelé la Cité des étoiles. Le complexe, situé à quelque 40 km de Moscou, est géré par Roscosmos, l'agence spatiale russe. Certains nouveaux arrivants se plaignent d'avoir affaire à « un alphabet différent, des hivers brutaux et l'absence de commodités modernes, comme un sèche-linge », écrit Chris Hadfield. Cependant, beaucoup finissent par apprécier l'ambiance russe, à la fois intellectuelle et conviviale.

CONTRÔLE DE MISSION

Les « communicateurs capsule », ou Capcoms, sont des interlocuteurs cruciaux dans les équipes de contrôle de mission de chaque vol, car ils gèrent le flot continu d'informations entre le sol et le vaisseau spatial. Ce sont le plus souvent des astronautes qui jouent ce rôle, eu égard à leur connaissance de première main des aspects pratiques de l'espace.

En Russie, la Cité des étoiles dispose, comme le Centre spatial Johnson aux États-Unis, d'une piscine profonde simulant l'apesanteur pendant l'entraînement (à droite).





Vue d'artiste de la capsule
d'équipage *Starliner*
de Boeing, destinée
au transport d'astronautes
vers l'ISS.

LA COURSE À L'ESPACE

Le troisième milliardaire entré dans la course à l'espace est Elon Musk, le cofondateur de PayPal et le P.D.-G. de Tesla, Inc. En 2010, la société de Musk, SpaceX, est devenue la première entreprise privée à lancer un vaisseau spatial en orbite et à le ramener intact. La Nasa a passé des contrats à la fois avec SpaceX et Boeing pour le transport des équipages de l'ISS. Mais auparavant, ces sociétés privées doivent se conformer aux exigences de sécurité.

Dragon, la capsule actuellement utilisée par SpaceX, lancée par une fusée *Falcon 9*, également développée par la société, a déjà réussi à approvisionner l'ISS au cours de missions sans équipage. Mais elle a aussi explosé une fois en plein vol et une autre fois sur le pas de tir. Néanmoins, SpaceX assure que le vaisseau transportera des équipages sur l'ISS dès 2019. Musk a aussi annoncé qu'il fera voler deux passagers payants autour de la Lune en 2023 au plus tôt.

L'approche de Boeing diffère légèrement. Son vaisseau spatial *CST-100 Starliner* est conçu pour être lancé par des fusées développées par d'autres sociétés, y compris *Falcon 9*. Boeing espère tester le premier lancement sans équipage avant la fin de l'année 2019.

PORTRAIT

Elon Musk

Lancer une société de vols spatiaux devrait contenter un « super entrepreneur » classique, mais pas Elon Musk. Né en 1971 en Afrique du Sud, Musk vend son premier programme de jeu vidéo à l'âge de 12 ans. À 24 ans, il obtient un double diplôme universitaire en physique et en commerce à l'université de Pennsylvanie. Rapidement, il crée et vend une société de software et gagne 22 millions de dollars. Puis il cofonde et vend PayPal, fonde Space Exploration Technologies (SpaceX), reprend Tesla Motors, qui produit des voitures électriques haut de gamme, et cofonde SolarCity, un fournisseur de panneaux solaires. Il réfléchit à un projet de système de transport, l'Hyperloop, où les passagers voyageraient à la vitesse de 1127 km/h. Le voyage spatial reste néanmoins cher à son cœur et il a émis le vœu de mourir sur Mars - « mais pas à l'impact! ».



SPACEX DRAGON S'AMARRE À L'ISS EN AVRIL 2016

Nasa: SpaceX est prêt à l'amarrage. L'équipage de vol est prêt à l'amarrage.

Nasa: Amarrage confirmé.

POUR QUELQUES MILLIONS DE MOINS

L'évolution vers les vaisseaux commerciaux implique l'évolution de la communauté des astronautes. En 2015, la Nasa a annoncé la constitution de son premier « équipage commercial », quatre astronautes qui voleront à bord des nouveaux vaisseaux. Les astronautes choisis - Robert Behnken, Sunita Williams, Eric Boe et Douglas Hurley - sont tous des vétérans du programme de la navette et de l'ISS. Quand les vaisseaux commerciaux seront prêts à recevoir des équipages, la Nasa enverra quatre astronautes sur chaque mission, en même temps que 100 kg de fret. Cela aura pour conséquence la réduction du coût, qui passera à 53 millions d'euros par astronaute, contre 69 millions sur le vaisseau russe, qui, lui, transportera trois personnes. En outre, les astronautes décolleront de Cap Canaveral. Comme dit Williams : « C'est plus agréable quand ça se passe dans votre jardin. »

ORION

RETOUR DANS L'ESPACE PROFOND



Outre leur formation pour les futurs vols commerciaux à destination de l'ISS, les dernières recrues de la Nasa se projettent dans une entreprise beaucoup plus ambitieuse :

le voyage vers Mars. Première étape : la mise au point d'un nouveau vaisseau spatial appelé *Orion*.

Toujours en phase de test, *Orion* est un vaisseau en trois parties. En bas, le module de service fournit la propulsion, le soutien vital et l'espace de chargement. Au-dessus se situe le module de commande de l'équipage, une capsule conique rappelant les modules *Apollo*, mais plus spacieux : 8,95 m³ contre 6,7 m³, pouvant accueillir jusqu'à quatre astronautes. Tout en haut, la tour de sauvetage permettra de sécuriser le module d'équipage en cas d'accident. Cet ensemble s'envolera sur le nouveau lanceur de la Nasa, *Space Launch System (SLS)*, qui devrait être capable de propulser *Orion* aussi loin que Mars.

TESTS ET SIMULATIONS

En attendant le premier vol d'*Orion* avec équipage, des équipes d'astronautes aident les concepteurs à tester le vaisseau sur un simulateur à taille réelle au Centre spatial Johnson, à Houston. Le système de contrôle digital simplifié fait partie des nombreux défis. Les navettes avaient dix écrans d'affichage, plus d'un millier d'interrupteurs, et des rames d'instructions sur papier. *Orion* n'aura que trois petits écrans avec des menus défilants.

Le premier test habité, prévu au début des années 2020, mènera les astronautes dans un vol en boucle autour de la Lune. Ce sera la première mission lunaire habitée depuis près de cinquante ans. Aucun astronaute n'a encore été nommé pour la mission, mais on peut imaginer à quel point elle suscite des convoitises.

Des ingénieurs à bord de la maquette d'*Orion* simulent les mouvements des astronautes pendant le vol.



Une vue d'artiste du vaisseau spatial *Orion* montre le module de commande conique placé en tête du module de service qui fournit l'énergie.





Sur cette illustration, un astronaute retenu par un cale-pied examine un astéroïde capturé.

LA PÊCHE AUX ASTÉROÏDES

Une poignée d'astronautes triés sur le volet a suivi pendant quelques années un entraînement qui pourrait se révéler être la prochaine grande aventure de la Nasa, l'Asteroid Redirect Mission (ARM).

Cette mission ambitieuse est prévue pour comporter deux étapes. Dans un premier temps, un vaisseau robotique à énergie solaire prend en chasse un astéroïde proche de la Terre, et se pose dessus pour en extraire une roche à l'aide d'un bras robotisé. Le vaisseau utilise alors la force gravitationnelle pour déplacer l'astéroïde et le placer sur



Les « aquanautes » de Neemo posent près de l'habitat d'Aquarius, en 2016.

une orbite différente – une technique qui pourrait permettre de dévier les astéroïdes entrants. Puis le vaisseau place la roche capturée en orbite lunaire. La deuxième étape est une mission habitée. Les astronautes en sorties extravéhiculaires extraient des échantillons de cette roche très ancienne, avant de les rapporter sur Terre. Outre une expérience précieuse dans la manipulation des astéroïdes dans l'espace, cette mission devrait faire avancer la connaissance de la composition du système solaire. Elle devrait également permettre aux astronautes de s'entraîner à des techniques utiles lors du voyage sur Mars. Mais, en décembre 2017, le nouveau gouvernement américain a demandé à la Nasa de stopper ce projet au profit de nouvelles explorations de la Lune.

ASTRONAUTES OU AQUANAUTES ?

Les astronautes continuent cependant à s'entraîner pour ce genre de mission sur Terre – ou plutôt dans l'eau. Dans le cadre du programme Neemo (Nasa Extreme Environment Mission Operations), des équipes de la Nasa effectuent des séjours dans la station de recherche sous-marine Aquarius, près de Key Largo, en Floride. Là, les « aquanautes » pratiquent des techniques de sortie dans l'espace et de prélèvement d'échantillons, et toutes sortes de gestes nécessaires à un voyage vers d'autres mondes, petits ou grands.

PORTRAIT

La classe 2013

Tous les astronautes de la classe 2013 iront sans doute dans l'espace profond. Quatre hommes et quatre femmes ont été choisis parmi plus de 6100 candidats. La nouvelle classe, qui rejoindra une quarantaine d'astronautes en service actif, compte plusieurs pilotes de l'armée de l'air, un chef de station de l'Administration nationale des études océaniques et atmosphériques (NOAA), un médecin de vol et un physicien océanographe. Deux élèves, Jessica Meir et Christina Hammock, ont eu un avant-goût des environnements extrêmes en menant des recherches en Antarctique. Bien qu'un voyage sur un astéroïde ou sur Mars soit encore très loin, ces missions sont constamment présentes dans leur esprit. « Si nous allons sur Mars, nous représenterons notre espèce là où nul n'est jamais allé », déclarait, en 2013, l'astronaute Anne McClain au magazine *Glamour*.



FOCUS : CONNECTÉS DEPUIS L'ESPACE

Les réseaux sociaux regorgent de photos et de tweets, mais les astronautes leur ont donné littéralement une nouvelle dimension. Des images spectaculaires de la Terre vue de l'espace, des vidéos de l'ISS et des tweets sur la vie des astronautes, font partie des offres les plus prisées de la Nasa. L'agence n'est entrée dans les réseaux sociaux qu'en 2009, mais ses gestionnaires gèrent aujourd'hui 500 comptes sur 16 plateformes, dont Facebook, YouTube, Twitter et Instagram, avec plus de 120 millions de *followers*.

Les vidéos des astronautes de l'ISS les plus regardées vont des vues de la Terre aux démonstrations des tâches quotidiennes en microgravité. La plus populaire est peut-être celle du Canadien Chris Hadfield qui, en 2013, a interprété le tube de David Bowie, *Space*

Oddity, avec près de 43 millions de vues à ce jour. Jouant de la guitare en apesanteur, Hadfield donne un nouveau sens aux paroles de la chanson : « Et je flotte d'une façon très bizarre. »

SELFIES EN APESANTEUR

Instagram est l'ami des photographes de l'espace. Bien que la photographie et les réseaux sociaux en général ne fassent pas partie du travail officiel des astronautes, certains se sont emparés de ce médium. Ainsi, lors de sa mission à bord de l'ISS, entre novembre 2016 et juin 2017, l'astronaute français Thomas Pesquet a posté presque quotidiennement sur Instagram,

Chris Hadfield «flotte d'une manière très bizarre» en interprétant la chanson de David Bowie *Space Oddity*.





Twitter et Facebook des photos et des vidéos de sa vie à bord et des vues de la Terre.

Plus de quarante astronautes ont des comptes Twitter. Certains témoignent de leur vie pendant l'entraînement : « En route, sous l'eau, pour la maquette grandeur nature de l'ISS ! » tweete Christina Hammock. D'autres messages reflètent les obsessions de leur expéditeur : revêtue d'un uniforme à la « Star Trek », la

L'astronaute Terry Virts photographie la Terre de la coupole d'observation de l'ISS.

prolifique tweeteuse italienne Samantha Cristoforetti a posté une photo d'elle dans la *Cupola*, buvant un expresso dans la première tasse de café moulu dans l'espace, et tweeté : « Espresso frais dans une nouvelle tasse spécial microgravité... »

Une peinture sensible à la pression confère une luminescence particulière au modèle réduit de la fusée SLS de la Nasa, testé à l'intérieur d'une soufflerie.



REJOINDRE LA PLANÈTE ROUGE

Pour les astronautes d'aujourd'hui et de demain, le voyage sur Mars est le rêve le plus cher, le Graal de l'astronautique. La Nasa s'y prépare, tout comme les magnats de l'espace Elon Musk et Jeff Bezos. Mais une mission habitée vers Mars est une entreprise extrêmement difficile qui fait ressembler le programme Apollo à une balade au parc.

Les objectifs de la Nasa sont de plusieurs ordres. D'une part, les scientifiques à bord de la *Station spatiale internationale* étudient les effets de la vie à long terme en état de microgravité. D'autre part, des missions habitées autour de la Lune, en espace cislunaire, sont en préparation. Et dans le même temps, l'agence continue de recueillir les données des nombreux robots et sondes qui orbitent autour de la planète Rouge ou l'explorent.

LES DANGERS DU VOYAGE

La troisième étape, la plus risquée, est prévue pour les années 2030 : c'est le voyage aller-retour de quelque trois années jusqu'à Mars. Un atterrissage sur la surface martienne n'est pas à l'ordre du jour. Le premier équipage orbitera autour de la planète puis reviendra sur Terre. Mais avant, il reste à surmonter de nombreux obstacles. Les plus importants sont les risques pour la

COUPS DURS

Des radiations mortelles

Nous pensons rarement à l'un des grands atouts de notre planète : son champ magnétique. Avec notre atmosphère, cette barrière nous protège des éruptions solaires et des rayons cosmiques. Ceux-ci, des particules à haute énergie, pénètrent les cellules humaines, provoquant des nausées et des vomissements, mais surtout des cancers, des lésions cérébrales ou des cataractes. Sur les stations spatiales, les astronautes se trouvent encore dans les limites du champ magnétique terrestre. Pourtant, ils reçoivent dix fois la

COSMONAUTE MIKHAÏL KORNIENKO,
INTERVIEW DE 2016

Kornienko : Quand on prépare des missions comme celles sur Mars, les psychologues doivent tenir compte du fait que les astronautes seront en manque de la Terre.

santé. En microgravité, la masse osseuse des astronautes diminue rapidement, et les lourds appareils d'exercice sont inenvisageables dans le vaisseau. La vision se brouille, et ce de manière peut-être irréversible. Le mélange d'isolement et de promiscuité peut rendre grincheux le plus modéré des astronautes. Mais la difficulté la plus importante consiste à protéger les voyageurs des radiations du Soleil.



Vue d'artiste de la fusée SLS sur son aire de lancement en pleine nuit.

quantité de radiations auxquelles nous sommes exposés sur Terre. Les voyageurs interplanétaires seraient totalement exposés aux radiations, car la coque métallique des vaisseaux ordinaires fournit peu de protection. Des coques plus épaisses, peut-être remplies d'eau ou de végétation, seraient plus efficaces, mais laisseraient passer encore trop de particules. Avant un voyage sur Mars, les chercheurs devront inventer un bouclier infailible et cependant léger contre les radiations. Ou le voyage sera fatal.

COLONIES DE L'ESPACE

SEULS SUR MARS

Si un vol vers Mars est déjà une entreprise difficile pour les astronautes, la vie sur place sera beaucoup plus problématique. Avec seulement un tiers de la gravité terrestre, la petite planète Rouge n'a pas d'atmosphère respirable. Les températures moyennes sont de $-98\text{ }^{\circ}\text{C}$, mais peuvent atteindre la douceur relative de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à l'équateur, en été. La fine atmosphère martienne bloque beaucoup moins de radiations que celle de la Terre, et l'exposition est un risque constant. Enfin, il n'y a pas de quoi se nourrir dans ce monde aride, et peu ou pas d'eau liquide.

La Nasa et ses partenaires européens n'ont pas encore fixé de date pour poser des astronautes sur Mars, mais un scénario possible a été esquissé. Dans un premier temps, des missions robotisées déposeront du matériel et un module de descente. Les astronautes qui se poseraient à la surface vivraient dans un abri provisoire, tout en construisant une résidence plus permanente avec des matériaux récoltés sur place. Ils devraient recycler au maximum, et trouver le moyen d'extraire de l'eau dans leur environnement.

IMITATIONS MARTIENNES

Malgré ces obstacles, les agences spatiales et les sociétés privées ont progressé en réalisant des essais de séjours dans des habitats isolés. Ces simulations de vie sur Mars incluent l'habitat Hi-Seas de la Nasa, un dôme pour six personnes situé au sommet du volcan Mauna Loa à Hawaï. D'autres équipes, publiques et privées, ont simulé la vie martienne en Antarctique, dans le désert de l'Utah et dans un laboratoire fermé à Moscou.

Ces apprentis astronautes n'ont pas eu la vie très facile. À Moscou, la plupart des participants enfermés pendant plus de 500 jours ont fait état de stress, d'états dépressifs et d'insomnies. Atteindre la planète Mars est peut-être un rêve pour les astronautes, mais il faudra résoudre encore de nombreux problèmes avant d'y établir un campement.



Des volontaires ont vécu pendant huit mois à l'intérieur du dôme Hi-Seas posé au sommet du Mauna Loa, à Hawaii, dans une situation d'isolement semblable à celle envisagée sur Mars.



D'AUTRES MONDES

PLUS LOIN DANS LA GALAXIE

Pour certains enthousiastes de l'espace, dont quelques astronautes, Mars est un objectif trop modeste. Pourquoi pas d'autres systèmes solaires ? Des milliers de planètes extrasolaires ont été découvertes à ce jour, assez pour que la plupart des astronautes s'accordent à penser que les systèmes planétaires sont répandus dans la galaxie. Certains sont nos voisins. Une exoplanète

à peu près de la taille de la Terre, Proxima b, fait le tour de l'étoile Proxima du Centaure, à un peu plus de quatre années-lumière de distance. Cette planète pourrait-elle être l'objectif de la classe 2100 des astronautes, par exemple ?

Un tel voyage est fortement improbable, mais pas impossible dans un futur indéterminé. L'obstacle majeur à surmonter est le problème combiné de la vitesse et de la distance. Il faudrait environ 70 000 ans à un



vaisseau spatial contemporain utilisant la propulsion chimique pour parcourir la distance de quatre années-lumière entre la Terre et Proxima du Centaure. Nous aurons besoin de grandes percées technologiques, comme l'hypothétique superstatoréacteur à base d'hydrogène, pour atteindre une autre étoile dans le laps de temps d'une vie humaine. Pour l'heure, et en guise de première étape, le projet Breakthrough Starshot, à capitaux privés, mène des recherches pour fabriquer des sondes minuscules propulsées par laser qui pourraient théoriquement atteindre le système voisin en à peine vingt ans.

DES VAISSEaux GÉNÉRATIONNELS

De nombreux scénarios estiment qu'un voyage interstellaire durera plusieurs générations. Des scientifiques de la Nasa et des groupes indépendants creusent cette idée. Sur un vaisseau générationnel, l'équipage inclurait une population dont les enfants et les petits-enfants dirigeraient le vaisseau jusqu'à atteindre un monde habitable. L'anthropologue John Moore, de l'université de Floride, a même calculé le nombre d'équipiers le plus bas pour assumer une variété génétique saine: 160 individus. Il leur resterait à affronter la diversité génétique extraterrestre qu'ils rencontreraient en atteignant leur nouvelle demeure!

Dans cette vue d'artiste, trois soleils (un proche, deux distants) éclairent le paysage supposé de l'exoplanète Proxima b.



CES HÉROS ONT CHANGÉ LE COURS DE L'HISTOIRE.
DÉCOUVREZ LEURS EXPLOITS !

APOLLO:

MISSIONS VERS LA LUNE

DIMANCHE 7 JUILLET
À 20H40

 NATIONAL
GEOGRAPHIC

DISPONIBLE
AVEC

CANAL

CANAL 85

ASTRONAUTES

Couverture, Science History Images/Alamy

3, Esa/Nasa; **5**, Nasa; **6-7**, Lynn Pelham/The LIFE Images Collection/Getty Images; **8**, Murray Garrett/Getty Images; **9**, Keystone/Hulton Archive/Getty Images; **10**, Nasa; **11**, Sovfoto/Getty Images; **12**, Nasa; **13**, Detlev Van Ravenswaay/Science Photo Library; **14-15**, Nasa; **16**, Nasa; **17**, Nasa; **18**, Nasa; **19**, Paul Slade/Getty Images; **20**, Nasa/Bill Stafford; **21**, Nasa; **22**, REX/Shutterstock; **23 (h)**, Nasa; **23 (b)**, Associated Press; **24 (h à g)**, Bettmann/Getty images; **24 (h à d)**, Nasa; **24 (b à g)**, Sovfoto/Getty images; **24 (b à d)**, Nasa; **25 (h à g)**, Nasa; **25 (h à d)**, VCG/Getty Images; **25 (b à g)**, Nasa; **25 (b à d)**, Nasa; **26-27**, Nasa; **28 (h)**, Nasa/MSFC archives; **28 (b)**, Nasa; **29**, Nasa; **30**, Sovfoto/Universal Images Group/REX/Shutterstock; **32**, Nasa; **33**, Nasa/Bill Ingalls; **34**, Nasa; **35**, Nasa/Apollo 11; **36**, Encyclopaedia Britannica/UIG via Getty Images; **37**, Bettmann/Getty Images; **38 (h)**, Nasa; **38 (b)**, Nasa; **39**, Bettmann/Getty Images; **40**, Nasa; **41**, Nasa; **42**, Nasa; **43**, Nasa/Bill Stafford; **44**, Bill Eppridge/Getty Images; **45**, CPC Collection/Alamy Stock Photo; **46**, Nasa; **47**, Nasa; **48-49**, Nasa/Tom Tschida; **50**, Nasa; **51**, Nasa; **52-53**, Nasa; **54**, Nasa; **55**, Nasa; **56-57**, Nasa; **58**, Nasa; **59**, Nasa; **60**, Nasa;



61, Nasa; **62**, Nasa; **63 (g)**, Nasa/STScI; **63 (d)**, Nasa/STScI; **64**, Nasa; **65**, Nasa; **66**, Nasa; **67**, Biton Hayel Avir/Handout/Getty Images; **68 (h)**, Nasa/Roger Ressmeyer/Corbis/VCG via Getty Images; **68 (LO)**, Nasa; **69**, Nasa Photo/Houston Chronicle, Smiley N. Pool; **70-71**, Nasa; **72**, Sovfoto/UIG via Getty Image; **73**, Sovfoto/UIG via Getty Images; **74**, Nasa; **76-77**, Nasa; **78**, Nasa; **79**, Nasa; **80**, Nasa; **81**, Nasa; **82-83**, Yi jicb/Imaginechina via AP Images; **84**, Nasa/Bill Stafford; **85**, Nasa; **86**, Nasa; **88**, Nasa/Karen Nyberg; **89**, Nasa; **90-91**, Nasa/Gagarin Cosmonaut Training Center; **91**, Nasa; **92**, Esa/V. Crobu; **93**, Esa/S. Corvaja; **94**, Esa / Nasa; **95**, Esa / Nasa; **96-97**, Nasa/JPL-Caltech; **98**, Blue Origin; **99**, Blue Origin; **100 (h)**, Nasa/Bill Ingalls; **100 (b)**, Sovfoto/UIG via Getty Images; **101**, Sovfoto/UIG via Getty Images; **102**, Boeing; **103**, Benjamin Lowy/Contour by Getty Images; **104**, Nasa/Robert Markowitz; **105**, Nasa; **106**, Nasa; **107 (h)**, Nasa/Karl Shreeves; **107(b)**, Nasa; **108**, EPA/Nasa/CSA/Chris Hadfield/Handout; **109**, Nasa/Terry Virts; **110**, Nasa/Ames/Dominic Hart; **111**, Nasa/MSFC; **112-113**, Nasa/Hi-Seas; **114-115**, ESO/M. Kornmesser; **117**, Nasa.

ASTRONAUTES



« NOUS CROYONS AU POUVOIR
DE LA SCIENCE, DE L'EXPLORATION
ET DU STORYTELLING
POUR CHANGER LE MONDE. »

Gabriel Joseph-Dezaize, RÉDACTEUR EN CHEF
Catherine Ritchie, RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE
Elsa Bonhomme, DIRECTRICE ARTISTIQUE
Hélène Verger, MAQUETTISTE
Bénédicte Nansot, SECRÉTAIRE DE RÉDACTION
Emanuela Ascoli, ICONOGRAPHE
Nadège Lucas, ASSISTANTE DE LA RÉDACTION
Jean-François Chaix, TRADUCTEUR
A collaboré à ce numéro :
Corinne Soulay, CHEF DE SERVICE

DIRECTRICE EXÉCUTIVE ÉDITORIALE
Gwendoline Michaelis

DIRECTRICE MARKETING
ET BUSINESS DÉVELOPPEMENT
Dorothee Fluckiger

DIRECTRICE ÉVÉNEMENTS ET LICENCES
Julie Le Floch-Dordain

CHEF DE GROUPE Hélène Coin

DIFFUSION
Directrice de la fabrication et de la vente au numéro
Sylvaine Cortada (01 73 05 64 71)
Directeur des ventes Bruno Recurt (01 73 05 56 76)
Directeur marketing client
Laurent Grolée (01 73 05 60 25)

PUBLICITÉ
Directeur exécutif PMS
Philipp Schmidt (01 73 05 51 88)
Directrice Exécutive Adjointe PMS
Anouk Kool (01 73 05 49 49)
Directeur Délégué PMS Premium
Thierry Dauré (01 73 05 64 49)
Directrice Déléguée Creative Room
Viviane Rouvier (01 73 05 51 10)
Brand Solutions Director
Arnaud Maillard (01 73 05 49 81)
Automobile et luxe Brand Solutions Director
Dominique Bellanger (01 73 05 45 28)
Account Director
Florence Pirault (01 73 05 64 63)
Senior Account Managers
Evelyne Allain Tholy (01 73 05 64 24)
Sylvie Culerrier Breton (01 73 05 64 22)
Trading Managers Tom Mesnil (01 73 05 48 81)
Virginie Viot (01 73 05 45 29)
Directrice Exécutive Adjointe Innovation
Virginie Lubot (01 73 05 64 48)
Directeur Délégué Data Room
Jérôme de Lempdes (01 73 05 46 79)
Planning Manager
Julie Vanweydevelde (01 73 05 64 94)
Assistante Commerciale
Catherine Pintus (01 73 05 64 61)
Directeur délégué Insight Room
Charles Jouvin (01 73 05 53 28)

Licence de
NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS
Magazine mensuel édité par :

PM PRISMA MEDIA

Siège social : 13, rue Henri-Barbusse,
92624 Gennevilliers Cedex
Société en Nom Collectif au capital de
3 000 000 € d'une durée de 99 ans, ayant
pour gérant Gruner + Jahr Communication GmbH.
Ses principaux associés sont
Média Communication S.A.S.U.
et G+J Communication GmbH.

Directeur de la publication :
ROLF HEINZ

FABRICATION
Stéphane Roussiès, Mélanie Moitié
Imprimé en Pologne
Walstead Central Europe,
ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Kraków, Poland
Provenance du papier : Finlande
Taux de fibres recyclées : 0 %
Eutrophisation : Ptot 0 Kg/To de papier

Date de création : octobre 1999
Dépôt légal : juin 2019
Diffusion : Presstalis. ISSN 1297-1715.
Commission paritaire : 1123 K 79161

National Geographic

Pour vous abonner,
c'est simple et facile sur
ngmag.club

Pour tout renseignement
sur votre abonnement
ou pour l'achat d'anciens numéros

SERVICE ABONNEMENTS
62066 Arras Cedex 09

Par téléphone depuis la France

0 808 809 063 Service gratuit
+ prix appel

**Abonnement au magazine
France :**

1 an - 12 numéros : 66 €
1 an - 12 numéros + hors-séries : 87 €



PEFC/29-31-337

PEFC Certified
www.pefc.org



La rédaction du magazine n'est pas responsable
de la perte ou détérioration des textes ou photographies
qui lui sont adressés pour appréciation.
La reproduction, même partielle, de tout matériel publié
dans le magazine est interdite. Tous les prix indiqués
dans les pages sont donnés à titre indicatif.

ASTRONAUTS

Patricia Daniels

PRODUCED BY NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS, LLC
1145 17th Street NW, Washington, DC 20036-4688 USA

Copyright © 2017 National Geographic Partners, LLC. All rights reserved.
Copyright © 2019 French edition National Geographic Partners, LLC. All rights reserved.

NATIONAL GEOGRAPHIC and Yellow Border Design are trademarks of the National Geographic Society, used under license.

Avec **Capital**, éditez et publiez

votre livre auprès de millions de lecteurs

et percevez-en les revenus !

**PUBLIEZ
VOTRE OUVRAGE
EN 3 ÉTAPES
SEULEMENT !**

1



Créez votre livre

Création de couverture, correction...
mettez votre manuscrit en page

2



Imprimez et recevez votre livre chez vous

Recevez votre livre dans la quantité
souhaitée à votre domicile

3

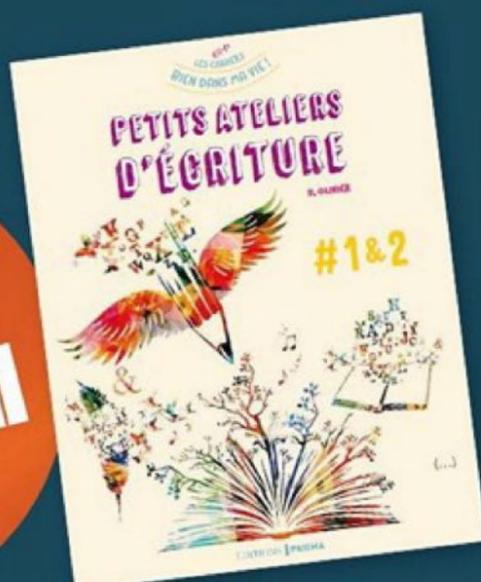


Diffusez vos livres en ebooks et en librairie

Votre livre est disponible à la vente
dans des milliers de librairies et
vous en percevez les revenus

C) compas juliot

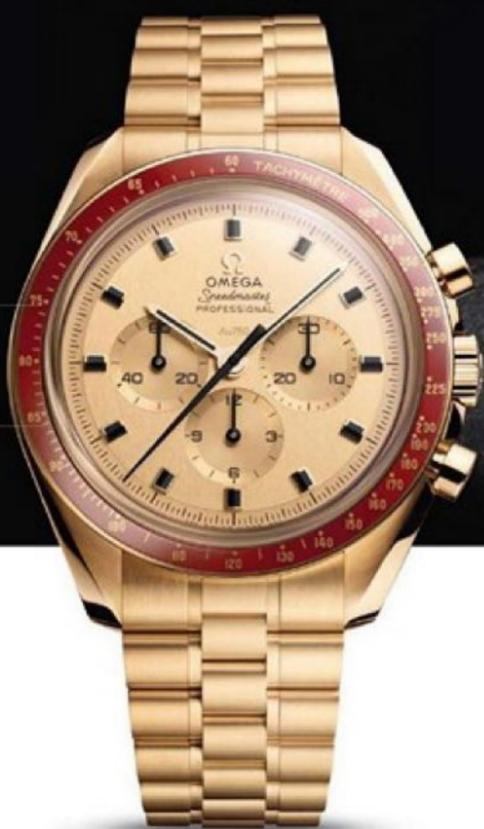
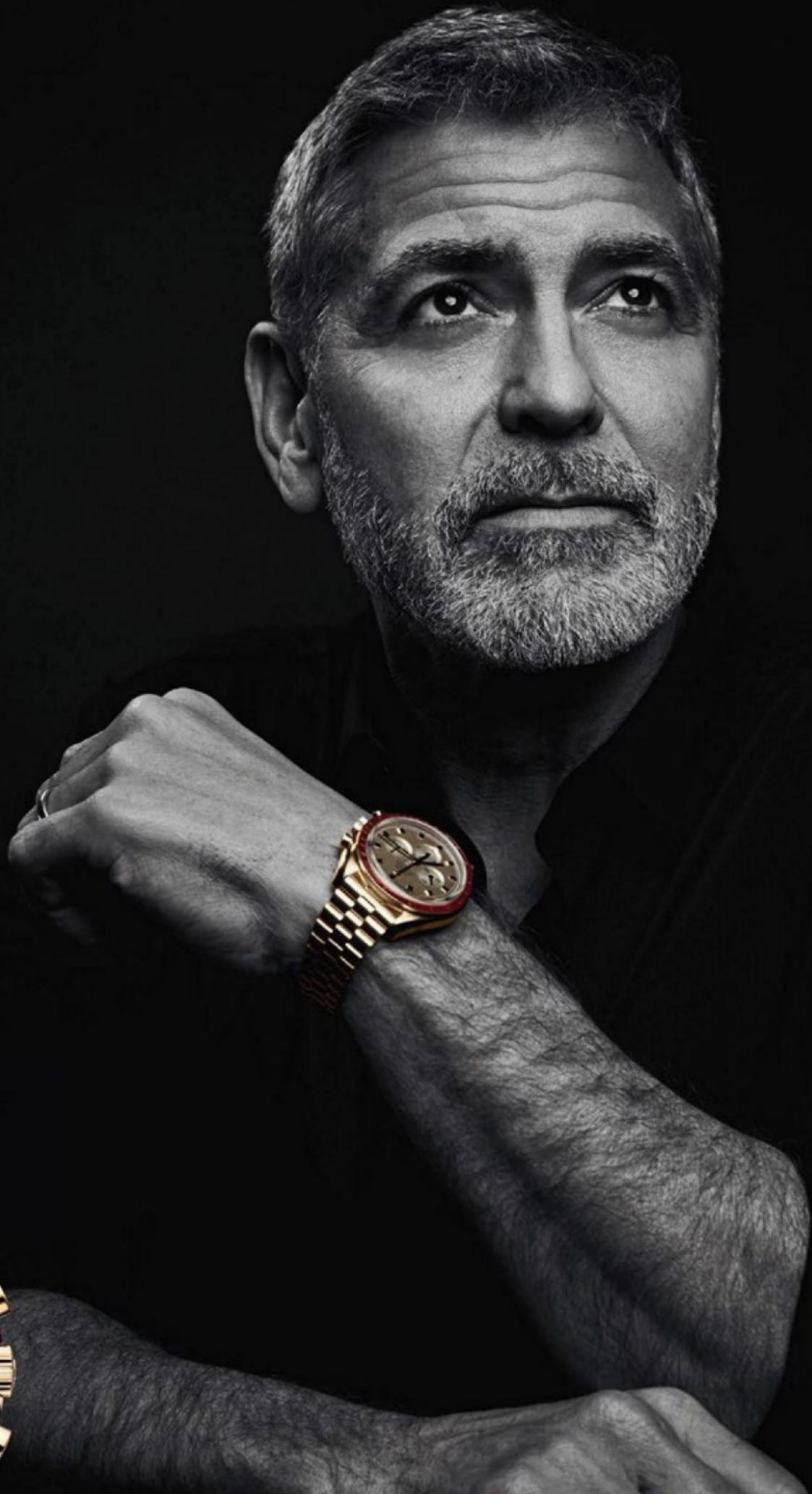
**OFFRE
Capital**



Inscrivez-vous et testez gratuitement
en 2 clics dès aujourd'hui !

EN CADEAU, téléchargez vos 2 premiers
ateliers d'écriture en vous rendant sur :

www.capital.fr/autoedition



18K Moonshine™ Or
Édition limitée à 1014 pièces

LA PREMIÈRE MONTRE PORTÉE SUR LA LUNE

À l'occasion du 50^e anniversaire du premier pas de l'Homme sur la Lune, OMEGA revient sur les moments en or qui ont marqué cette date historique. Alors que les astronautes foulaient la surface lunaire leur Speedmaster au poignet, George Clooney levait les yeux vers la Lune, fier de voir ses héros entrer dans l'Histoire.

Boutiques OMEGA : Paris • Cannes • Nice • Monaco


OMEGA