

ou peu, apportés par les vols spatiaux précédents ou par les missions dans la Station spatiale internationale, mais par des recherches portant sur des environnements analogues, c'est-à-dire des situations reproduisant les mêmes caractéristiques, ou au moins plusieurs d'entre elles.

Les environnements analogues peuvent se classer en deux catégories : les simulations et les situations naturelles. La simulation la plus connue est sans doute *Mars500*, qui s'est achevée en novembre 2011. Il s'agissait d'une mission simulant un voyage vers Mars, comprenant un équipage de six personnes enfermées dans un vaisseau reconstitué, à Moscou, pour la durée d'un voyage fictif vers la planète rouge. Si ces simulations permettent de nous renseigner sur des évolutions particulières liées à l'enfermement et à l'isolement, leur principal défaut est que la

perception psychologique du danger et de l'éloignement manque.

Les participants savent en effet que si une crise majeure impliquant un risque vital survenait, les agences organisant l'expérience interrompraient la mission. Or c'est précisément cet élément de danger et d'impression d'être seul au monde avec ses compagnons qui est cité par plusieurs chercheurs comme le déclencheur de ce qu'on appelle le « stress salutogène ». Concrètement, l'idée est qu'il faut un certain niveau de danger et de menace pour que nous soyons capables de mobiliser des ressources exceptionnelles, tant en termes de connaissances techniques que de compétences humaines, qui nous permettront de surmonter un problème grave survenant lors d'un voyage vers Mars. Tout comme il faut un agent pathogène pour stimuler notre immunité, il faut

une menace réelle pour que nous surmontions nos limites habituelles.

Les missions militaires des sous-marins nucléaires, les longs séjours dans des environnements hostiles – surtout en Arctique et en Antarctique – sont des situations d'étude idéales. L'Antarctique offre l'un des seuls environnements sur Terre où l'évacuation médicale est impossible pendant une longue période hivernale, et c'est précisément cet élément qui en fait un analogue des plus productifs pour la recherche spatiale. Au sein de la station polaire franco-italienne *Concordia*, l'Agence spatiale européenne conduit chaque année depuis 2005 une campagne de recherche en sciences de la vie pour tester les difficultés psychologiques et physiologiques liées à une mission de très longue durée dans un lieu confiné et isolé de tout (voir l'encadré page 61).

Le design au service des équipages

Avec des missions spatiales de longue durée telles que les futurs voyages vers Mars, les vaisseaux et les bases lointaines constitueront pour les astronautes un lieu de vie, et non plus un simple environnement de travail. Il s'agira alors de concevoir des architectures adaptées à la vie personnelle et collective de l'équipage, c'est-à-dire à l'ensemble des besoins physiques, psychologiques et sociaux des individus. Sur ce chantier de l'habitabilité, les architectes classiques et les designers industriels ont leur part, qui est de concevoir un aménagement des lieux répondant à ces critères et compatible avec les contraintes matérielles et opérationnelles de la mission.

Le premier designer industriel à avoir été sollicité par la NASA pour travailler sur l'habitabilité d'une station spatiale a été le Franco-Américain Raymond Loewy (1893-1986), dès les premiers coups de crayons de *Skylab*, en décembre 1967. Les propositions de Loewy furent décisives pour établir de grands principes d'habitabilité : des espaces individuels (en pratique minuscules, jusqu'à présent) où les astronautes peuvent se retirer et dormir, une table en triangle afin qu'aucun des trois astronautes ne « préside » les repas, et surtout un hublot permettant à l'équipage de s'échapper men-



L'INTÉRIEUR DE SKYLAB, la première station spatiale américaine, lancée en 1973 (et qui avait été précédée par la station russe *Saliout 1*, lancée en 1971). On voit le carré des astronautes, avec la table triangulaire emblématique du travail du designer Raymond Loewy et le hublot ouvrant sur les étoiles.

talement. Loewy travailla aussi beaucoup sur l'éclairage et les couleurs, afin de rétablir une distinction visuelle entre le sol et le plafond, deux notions physiques absentes en impesant, et de rompre la monotonie du lieu. Ces préconisations ont encore tout leurs sens. Mais, notamment avec l'avancée des connaissances biomédicales sur les séjours dans l'espace, les designers d'aujourd'hui ont devant eux un nouveau champ de réflexions pour intégrer à la vie de l'équipage des dispositifs palliant les effets né-

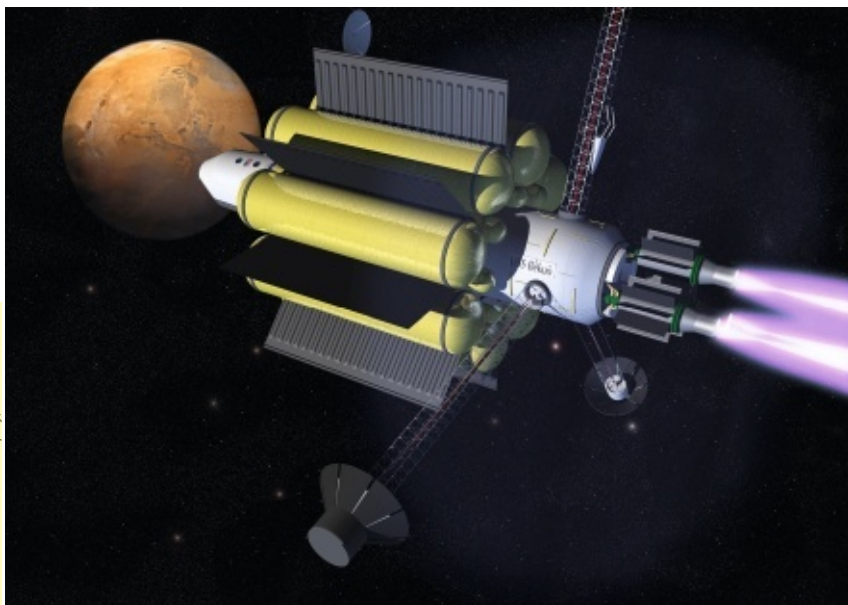
gatifs de l'isolement, du confinement ou de l'impesant.

Un exemple est l'obligation faite aux astronautes de la Station spatiale internationale de pratiquer du sport deux heures par jour. Actuellement, les équipements sportifs, placés dans l'habitable parmi les câbles et autres outils de travail, ne font pas de cette activité un plaisir. Les futurs équipages auront besoin d'un lieu confortable et spécialement consacré à cette activité, avec peut-être des dispositifs de réalité virtuelle permettant par

exemple aux astronautes de pédaler en se croyant en train de parcourir une petite route champêtre. Autre exemple : une bonne conception de l'éclairage, en collaboration avec des chronobiologistes et des luminothérapeutes, sera essentielle pour que les rythmes biologiques des astronautes soient préservés. Des démarches similaires sont déjà à l'œuvre à bord des sous-marins nucléaires, qui constituent des environnements analogues (espace réduit, plongées de plusieurs mois...).

De même, les designers auront à créer une salle de « bains » confortable où, même si la toilette est faite aux lingettes, la personne puisse se retrouver seule avec elle-même ; de concevoir des repas qui, malgré le conditionnement des plats en portions, nécessitent un peu de préparation culinaire et créent ainsi de la convivialité ; de penser les zones de repli des individus – la chambre, le lit, les toilettes – afin que ceux-ci supportent durablement le huis clos du vol ; et ainsi de suite. Autant de questions qui, prises isolément, peuvent sembler futiles, mais dont l'ensemble conditionne le bien-être des membres de l'équipage et, partant, le bon déroulement des missions longues.

Charlotte Poupon
Designer industriel, Paris



4. DES VAISSAUX ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES DE PROPULSION de nouvelle génération permettrait de réduire la durée des missions spatiales. Ainsi, la fusée magnétoplasma à impulsion spécifique variable, inventée en 2002 par l'astronaute et physicien Franklin Chang-Díaz, utilise des champs électromagnétiques pour chauffer, ioniser et accélérer un ergol vaporisé (hydrogène, hélium ou argon). Un prototype de son concept devrait être testé à bord de la Station spatiale internationale en 2013.

BIBLIOGRAPHIE

Consortium Theseus [Towards Human Exploration of Space : a EUropean Strategy], Cluster reports on integrated physiology, psychology and human-machine systems, radiations, habitat management, health care, Indigo, 2012.
www.theseus-eu.org

L. A. Palinkas *et al.*, Psychology and culture during long-duration space missions, *Acta Astronautica*, vol. 64, pp. 659-667, 2009.

B. Bolmont, La psychologie du cosmonaute, *Cerveau&Psycho*, n° 17, septembre-octobre 2006.

E. Parker, Peut-on protéger les voyageurs spatiaux ?, *Pour la Science*, n° 343, mai 2006.

R. White, Le corps humain en impesanteur, *Dossier Pour la Science*, n° 38, janvier-avril 2003.

On y observe des comportements décrits en 1954 par Jean Rivolier. À l'époque médecin-chef des Terres australes et antarctiques françaises, il définit un « syndrome mental de l'hivernage » regroupant différentes perturbations psychologiques qui naissent dans les petits groupes isolés du monde : désintérêt et désinvestissement se rapprochant d'un syndrome dépressif, manque de recul et de perspective par rapport à des événements routiniers ou peu importants, apathie pouvant aller jusqu'à la neurasthénie.

Une variable essentielle de l'adaptation réussie en termes de dynamique de groupe est la personnalité du chef d'expédition. Il n'est pas évident de fédérer un groupe quand la ligne d'arrivée est très loin. Le choix des personnes pour constituer une équipe est un élément de plus en plus pris en compte. Avec ses collègues, Lawrence Palinkas, psychologue américain spécialiste des situations d'isolement, a par exemple discuté en 2009 le choix de personnalités extraverties (qui peuvent dynamiser un groupe, mais qui peuvent perdre plus facilement leur sang-froid ou communiquer leur stress), ou de personnalités introverties (qui sont plus conciliantes en groupe, mais moins dynamisantes).

Le stress permanent d'un voyage dans l'espace peut aussi conduire à des trou-

bles psychotiques : des idées délirantes ou de fortes hallucinations. C'est ainsi que l'astronaute Vitaly Zholobov raconte qu'il était tenté d'« ouvrir le hublot pour sentir le vent frais sur son visage ».

L'Agence spatiale russe a expérimenté le suivi de différents paramètres physiques pour anticiper ce genre de crise et l'enrayer. Cette technique n'est cependant pas toujours fiable : les indicateurs de la tristesse et de la relaxation sont identiques. D'autres solutions possibles sont d'effectuer des tests qui sollicitent la mémoire, sachant que la capacité de réussir rapidement l'exercice dépend de l'état mental.

Le voyage vers Mars est-il aujourd'hui envisageable ? Lors d'un récent entretien, Charles Bolden, administrateur général de la NASA et ancien astronaute, confirmait qu'à l'heure actuelle, trois obstacles majeurs restent à régler pour qu'une exploration humaine de Mars voie le jour : la propulsion, la protection vis-à-vis des rayonnements et le facteur humain.

Réduire la durée du vol

La propulsion reste un enjeu majeur : avec les techniques actuelles de propulsion thermochimique, le voyage aller-retour vers Mars durerait au mieux trois ans environ. Depuis les années 1980, de nouveaux concepts de propulsion ont vu le jour, et pourraient réduire la durée du trajet Terre-Mars à environ un mois et demi seulement, contre plus de six mois pour la propulsion traditionnelle. Cela réduirait d'autant l'exposition des équipages à l'impesanteur, au rayonnement cosmique et aux conditions de stress et d'isolement.

Il est possible que dans le futur, les contraintes de la vie dans l'espace soient satisfaites. Mais on peut se demander si l'espace fait encore assez rêver pour y investir. Dans le contexte socio-économique actuel, les politiciens peuvent-ils justifier de prendre les décisions, avec les implications budgétaires, nécessaires à un tel effort de longue durée ? Certaines voix s'élèvent pour soutenir que l'exploration robotisée est plus rentable que la préparation d'un vol habité vers Mars. Il est clair que le rover martien *Curiosity* a des décennies d'avance sur l'exploration habitée. Il ne faut cependant pas oublier la part du rêve et la volonté d'explorer toujours plus loin. ■



**Vous êtes
créatif
audacieux
innovant**



**devenez chercheur-e
au CNRS**



**En 2013, le CNRS recrute 307 chercheur-e-s
dans tous les domaines scientifiques.**

Les personnes en situation de handicap peuvent également
être recrutées par la voie contractuelle.

© CNRS Photothèque/LGGE - Grégory Teste / © CNRS Photothèque - Cyril Frésillon / © CNRS Photothèque/EDYTEM - Stéphane Jalliet



dépasser les frontières

Inscription aux concours sur le site www.cnrs.fr
à partir du **3 décembre 2012**
Clôture des inscriptions : **7 janvier 2013**

