

multiples de notre documentation quotidienne, nous sommes confrontés à une « crise » d'hypersollicitations.

Un nouveau style cognitif : l'hyperattention

Ainsi, d'après Katherine Hayles, de l'Université Duke aux États-Unis, à côté de l'attention profonde – une concentration de longue durée avec inhibition des activités concurrentes – se développe, auprès des plus chanceux, un nouveau style cognitif, fondé sur « l'hyperattention », une attention portée à des stimulations multiples et simultanées (voir la figure 5). Mais cette capacité est-elle le lot de tout un chacun ? Ne voit-on pas apparaître de nouvelles fractures cognitives, là où l'installation du réseau Internet à tout le territoire tend à résorber peu à peu la fracture numérique ?

Il n'y a ainsi pas de lien naturel entre l'augmentation de la densité en informations et le goût pour la curiosité et l'exploration. Sous peine d'être saturée, la curiosité demande que la complexité de l'environnement soit modérée. Cela force même à penser que, dans une société de l'information, un premier régime optimal d'attention serait de se laisser porter par les indications et les nouvelles que les métriques de l'information – c'est-à-dire les nouvelles façons de la classer et de la hiérarchiser – mettent en avant pour nous. Il se développe ainsi naturellement une tendance à déléguer notre attention à des systèmes de notification – capteurs, compteurs, avertisseurs, alarmes –, qui ont pour effet de substituer aux choix conscients des traitements immédiats et non réfléchis.

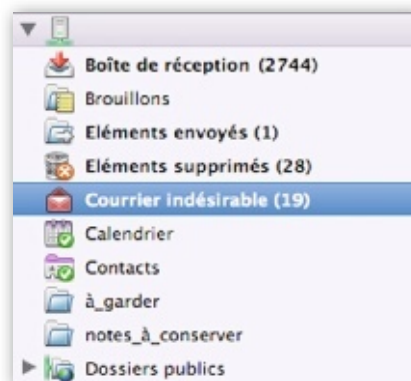
Au nom de l'impératif de réactivité, de plus en plus de cadres laissent même aujourd'hui délibérément leur activité être pilotée par les interruptions plutôt que de la conduire de façon planifiée (voir la figure 6). Parallèlement, l'abondance d'offres culturelles proposées par les médias tend à substituer à des publics actifs et créatifs des audiences « sérielles », qui consacrent de moins en moins de temps à un nombre de plus en plus grand d'œuvres consommées à la va-vite, au fil de l'actualité et de l'urgence. Dans un contexte saturé de représentations, émerge une tendance naturelle à se laisser passivement aller à la première urgence, à s'incliner à la procrastination, enterrant sous un amas de petites tâches urgentes nos activités complexes, incertaines et dispendieuses en temps.

Pourtant, en contrepoint à ce régime d'attention réactive, subsiste sans doute une possibilité pour l'exploration curieuse. Les ethnographes de l'automatisme ont mis en relief qu'un tel monde saturé d'informations, où les objets sont complexes et engendrent des questions, ouvre à un régime d'enquête où les individus ont la volonté, curieuse, d'explorer l'ensemble. Contre la recherche organisée et planifiée, la curiosité signale une disponibilité à la trouvaille, à la découverte au hasard. Elle explique, comme je l'ai montré récemment sur l'exemple des victimes de spams, que la communication en ligne rende plus crédule, et vulnérable aux tromperies.

Dans la société de l'information, on est ainsi en droit de voir se conjuguer trois régimes d'attention : réactif, planifié et curieux. La prédilection pour l'un ou l'autre n'est pas liée aux dispositifs techniques auxquels on a affaire. Comme l'a montré en 2010 Christian Licoppe, à *Télécom ParisTech*, les alertes, au lieu d'être des interpellations ou des sommations, deviennent de plus en plus, pour celui qui les reçoit, des suggestions suffisamment subtiles et fugaces pour que leur traitement fasse l'objet d'une hésitation, d'une délibération interne, d'un traitement différé ou d'une ignorance.

L'image de l'homme modifiée ?

Ainsi, nous avons vu que l'arrivée d'Internet a engendré des sociabilités plus distantes et a accru l'insécurité cognitive. Au-delà, c'est probablement l'image de l'homme qui s'en trouve modifiée. Des siècles durant, les hommes, riches comme ordinaires, ont cherché à illustrer leur existence et leur rang à travers des portraits ou des images. La croyance physiognomonique, répandue au XVII^e siècle, permettait à un Rembrandt ou un Velázquez d'inscrire les vertus morales (générosité, courage, etc.) dans des traits de visage et des postures comportementales grâce à des conventions iconographiques bien connues. Désormais, c'est de plus en plus autour de la mise en valeur de la connectivité, des liens d'affiliations à des espaces réservés – clubs, associations d'anciens, amitiés professionnelles construites par le carnet d'adresses – que se forge la valeur d'un individu. Le grand homme, c'est désormais le mailleur, le faiseur de réseaux. La sveltesse connexionniste a pris le pas sur l'obésité du propriétaire de biens. ■



6. QUAND LES SOLlicitATIONS sont trop nombreuses, par exemple quand on reçoit plusieurs centaines de courriels par jour, beaucoup de cadres d'entreprise se laissent aller délibérément à une activité régie par les interruptions plutôt que planifiée.

■ BIBLIOGRAPHIE

N. Auray, *Manipulation à distance et fascination curieuse : les pièges liés au spam*, *Réseaux*, n° 171, pp. 104-131, 2012.

S. Raux et C. Prieur, *Stabilité globale et diversité locale dans la dynamique des commentaires de Flickr*, *RTSI*, vol. 30(2), pp. 155-180, 2011.

A. A. Casilli, *Les liaisons numériques*, Seuil, 2010.

K. Lewis et al., *Tastes, ties, and time: A new [cultural, multiplex, and longitudinal] social network dataset using Facebook.com*, *Social Networks*, vol. 30(4), pp. 330-342, 2008.

K. Hayles, *Hyper and deep attention. The general divide in cognitive modes*, *Profession*, n° 13, pp. 187-199, 2007.

P. Noris, *The bridging and bonding role of online communities*, dans P. N. Howard et S. Jones (dir.), *Society Online – the Internet in Context*, Sage, pp. 31-41, 2004.

A.-L. Barabási, *Linked. The New Science of Networks*, Perseus Books Group, 2002.

Vivre dans l'espace

Nathalie Pattyn et Pierre-François Migeotte

Les futurs astronautes au long cours devront surmonter les effets délétères de l'impesanteur et du rayonnement cosmique, ainsi que les périls psychologiques d'une vie isolée, en petit groupe et dans un lieu confiné.

En avril 2011, on fêtait les 50 ans du vol inaugural de l'astronaute soviétique Youri Gagarine. Et le décès récent de l'astronaute américain Neil Armstrong, le 25 août 2012, a été l'occasion de rendre un nouvel hommage au premier homme ayant marché sur la Lune, en 1969, suivi par 11 de ses compatriotes jusqu'en 1972. La conquête spatiale par des vols habités connaît depuis une longue pause, même si des hommes sont régulièrement envoyés en orbite à bord de la Station spatiale internationale. Mais ces premiers succès ont inspiré les auteurs de science-fiction, pour qui les voyages spatiaux seront monnaie courante dans le futur.

La série *Star Trek* écrite par Gene Roddenberry en 1964, le roman *2001 : L'odyssée de l'espace* écrit par Arthur Clarke et adapté au cinéma par Stanley Kubrick (1968) ou des films plus récents, tel *Avatar* de James Cameron en 2009, l'illustrent. Ces œuvres évoquent souvent les difficultés de la vie dans l'espace, dues à l'absence de pesanteur et à un séjour prolongé dans un espace confiné, sans contacts ou presque avec le monde extérieur.

Malgré le ralentissement de la conquête de l'espace par des astronautes, l'Agence spatiale européenne (l'ESA) et l'Agence spatiale américaine (la NASA) maintiennent des projets d'exploration de Mars ou de retour

sur la Lune, fortement motivés par le succès des sondes robotisées martiennes. Or l'une des grandes questions est de savoir comment préparer l'homme physiquement et psychologiquement à des explorations de longue durée dans un milieu – l'espace – particulièrement hostile.

Dès les premiers vols, dans les années 1960, les scientifiques se sont intéressés aux conséquences d'un séjour dans l'espace sur le corps humain. Ces études ont suivi de près les programmes spatiaux russes et américains. Nos connaissances des problèmes liés à la présence de l'homme dans l'espace ont progressé, mais il reste beaucoup de questions ouvertes et de défis à relever avant de pouvoir se lancer dans l'aventure des vols habités de longue durée. Au-delà des limitations techniques actuelles liées au mode de transport, nous allons évoquer les principales difficultés physiologiques liées à l'état d'impesanteur et au rayonnement cosmique, d'une part, et les difficultés psy-



© Rue des Archives/BCA

chologiques auxquelles sera confronté un petit groupe devant séjourner en autarcie et de façon prolongée dans un environnement confiné, d'autre part.

Notre compréhension de la physiologie humaine en état d'impesanteur est fondée sur de nombreuses expériences scientifiques, accumulées depuis les débuts des vols habités. L'impact du milieu spatial sur le corps d'un astronaute n'était pas connu : il importait donc de mesurer le plus possible de paramètres physiologiques afin de comprendre comment le corps humain se comporte dans cet environnement. Les recherches actuelles prolongent les résultats des premières missions russes et américaines, avec la différence appréciable qu'avec la fin de la guerre froide, une coopération scientifique internationale s'est mise en place.

La différence la plus frappante entre la vie sur Terre et dans l'espace est l'absence de pesanteur, qui conduit les astronautes à flotter dans leur vaisseau. Si l'impesan-

L'ESSENTIEL

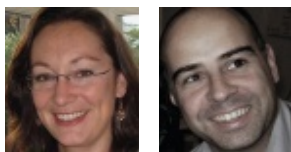
- Envoyer des hommes sur Mars signifie des missions spatiales de très longue durée.
- L'impesanteur a des conséquences néfastes sur le corps humain. L'exercice physique permet de les limiter.
- Une longue exposition aux rayons cosmiques peut déclencher des tumeurs. Des boucliers adéquats sont à l'étude.
- L'impact psychologique du confinement et de l'isolement devra être atténué.

teur est naturelle à grande distance des planètes, pourquoi observe-t-on ce phénomène à bord de la Station spatiale internationale – à moins de 400 kilomètres d'altitude – alors que la gravité terrestre n'y est pas nulle ? La station est bien attirée par la Terre dans un mouvement de « chute libre ». Toutefois, elle ne tombe pas en ligne droite, car une vitesse latérale adéquate, imprimée dès le départ, lui permet de chuter en permanence, en décrivant une orbite régulière autour de notre planète. De même, la Lune est en « chute libre » sur la Terre, même si elle décrit une orbite à peu près circulaire.

L'astronaute, à bord de la station en chute libre permanente, est lui-même en

1. L'ENTERPRISE, vaisseau d'exploration de la série télévisée *Star Trek*, symbolise les espoirs des années 1960 de pouvoir voyager dans l'espace et explorer l'Univers au-delà du Système solaire. Aujourd'hui, des projets pour envoyer l'homme sur Mars posent notamment la question de l'impact physiologique de tels voyages.

■ LES AUTEURS



Nathalie PATTYN est professeur de psychologie biologique à la Vrije Universiteit Brussel et à l'École royale militaire de Belgique, au sein de l'unité de recherche VIPER (*Vital signs and PERFORMANCE monitoring*).

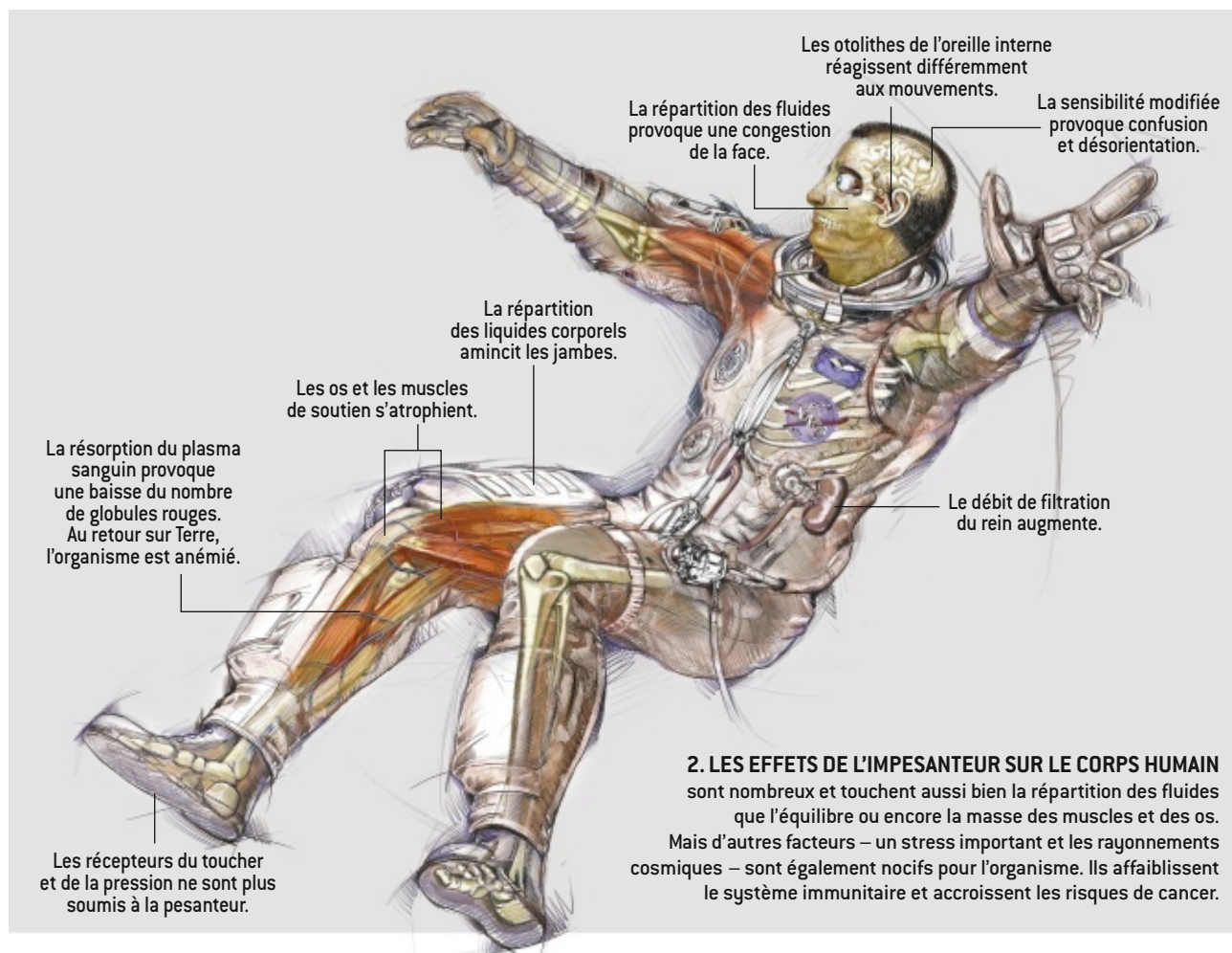
Pierre-François MIGOTTE est chercheur également dans l'unité de recherche VIPER.

chute libre, à la même vitesse que la station. Par conséquent, les parois du vaisseau n'exercent plus l'équivalent de la force de réaction du sol sur les pieds, qui donnerait la sensation du poids. Ainsi, les astronautes flottent dans l'habitacle et expérimentent ce qu'on nomme l'impesanteur.

La conséquence physiologique directe est que les différences de pression hydrostatique existant, sur Terre, au sein de notre organisme et qui s'appliquent sur les fluides et les organes, disparaissent. Par exemple, la pression est, au sol, plus forte dans les pieds que dans la tête, différence qui est abolie dans l'état d'impesanteur. Ainsi, les mécanismes physiologiques qui luttent habituellement contre la gravité perdent leur utilité. Tous les capteurs de poids et de pression sont perturbés, puisque l'information principale qui structure leur organisation a disparu. Les conséquences de l'impesanteur touchent surtout le système cardio-vasculaire, la neurophysiologie sensorimotrice et le fonctionnement osseux et musculaire.

Sur Terre, pour lutter contre les variations de pression, une série de réflexes mis en place depuis notre naissance maintiennent une tension artérielle normale et une perfusion cérébrale adéquate lors des changements (éventuellement brusques) de position. Ainsi, quand on se lève, le rythme cardiaque et la tension artérielle augmentent pour compenser l'accroissement du gradient de pression entre la tête et les pieds. Les personnes qui souffrent d'un défaut de ces réflexes sont sujettes aux étourdissements ou s'évanouissent faute d'un apport suffisant de sang au cerveau.

Dans l'espace, après quelques minutes d'impesanteur, ces réflexes devenus inutiles entraînent un afflux de sang en direction de la tête et du thorax. On dit même de façon imagée que les astronautes ont « la tête bouffie et des jambes de poulets ». Les fluides se répartissent différemment ; les jambes, par exemple, perdent chacune un litre de fluide. Le volume d'éjection cardiaque augmente et le rythme cardiaque diminue. Après quelques jours, les astronautes ont perdu environ 0,5 litre de plasma san-



guin, qui s'échappe des capillaires et se retrouve dans la lymphe interstitielle. Ces modifications du volume et de la concentration plasmatiques sont responsables d'autres adaptations métaboliques. Les reins filtrent plus rapidement. La régulation des hormones, des globules rouges et des sels minéraux dans le sang est perturbée.

Une conséquence importante de l'impressionnante capacité d'adaptation de la physiologie à l'état d'impesanteur est que les astronautes perdent leur habitude de la gravité. On dit qu'ils souffrent d'intolérance orthostatique. Cet effet pose problème lors du retour sur Terre et il pourrait être dangereux, voire critique, pour une mission sur Mars. Après un long séjour dans l'espace, lorsque les astronautes doivent à nouveau marcher, ils peuvent être sujets à des étourdissements et tomber ou perdre l'équilibre.

Perte de référence en impesanteur

L'équilibre est au cœur des modifications neurophysiologiques liées à l'impesanteur. La perception du monde qui nous entoure et la façon de nous mouvoir en trois dimensions sont liées à l'organisation de notre champ de perception et d'action, organisation déterminée par la gravité terrestre. Le corps humain possède de nombreux capteurs adaptés à la pesanteur, dans l'organe vestibulaire de l'oreille interne – l'organe de l'équilibre –, dans les muscles et les articulations, qui nous renseignent sur la position relative des différentes parties du corps.

L'appareil vestibulaire détecte les accélérations grâce à deux types de capteurs : les canaux semi-circulaires (trois tubes remplis de liquide et tapissés de cellules ciliées) sensibles à l'accélération angulaire, donc aux rotations de la tête, et les otolithes (des cristaux de carbonate de calcium), sensibles à l'accélération linéaire, donc à la pesanteur. Tous ces signaux dépendent de l'intensité et la direction de la gravité terrestre. Or, en impesanteur, il n'y a plus d'accélération de référence pour l'organisme, qui est alors comme une boussole en l'absence de champ magnétique. L'incohérence entre le mouvement perçu par les yeux et l'absence de déplacement enregistrée par l'oreille interne peut causer le mal de l'espace, suivant le même principe que la banale cinétoise, ou mal des transports. Ce mal de

Concordia : vivre l'isolement en Antarctique



Nathalie Pattyn

La station franco-italienne Concordia est située sur le plateau antarctique à 3200 mètres d'altitude. Depuis 2005, ce centre de recherche accueille des équipes qui y passent l'hiver austral de mars à novembre en isolement total, sans possibilité d'aide extérieure en raison des conditions extrêmes de température, de l'ordre de -70°C . Cette situation est idéale pour étudier l'impact de l'isolement tel qu'y seront confrontés des astronautes partant en mission vers Mars.

Nathalie Pattyn coordonne la campagne de recherches en sciences de la vie de l'ESA depuis 2010. En effet, différents projets scientifiques étudient les conséquences physiologiques et psychologiques d'une vie en autarcie dans un groupe restreint d'une quinzaine de personnes. Quatre catégories d'éléments stressants, très similaires à ceux décrits pour les missions spatiales, ont été identifiées : l'environnement hostile – les températures extrêmes, la nuit polaire

de trois mois, le manque de repères circadiens et la dépendance de la survie à la technique –, l'habitat (voir l'encadré page 63) ; la mission – alternance de périodes d'activité intense pour obtenir des données scientifiques ou résoudre des difficultés techniques et d'autres plus monotones, sources d'ennui et de démotivation –, enfin, la situation sociale du petit groupe vivant en autarcie, ce qui crée nécessairement des tensions, voire des conflits, qu'il importe de gérer au mieux.

l'espace, qui affecte une grande proportion d'astronautes, est de durée variable, mais heureusement suivi d'une adaptation du cerveau.

D'un point de vue neurophysiologique, toute la coordination sensorimotrice est perturbée par la modification de la gravité. En effet, sur Terre, nous anticipons le mouvement des objets qui nous entourent suivant un calcul inconscient de leurs vitesses et leurs accélérations en fonction de la gravité. Il en est de même pour les mouvements que nous devons effectuer. Avec la perte de cette grille de référence sensorielle que constitue la gravité, l'intégration des informations visuelles, sensorielles et motrices est dérégulée, de même que la manière dont nous déclenchons nos mouvements.

Par exemple, lorsque les astronautes s'agrippent aux parois et tirent dans un sens, ils se sentent immobiles et ont l'impression

que c'est le vaisseau qui se déplace. De nombreux astronautes ont aussi la sensation de voyager la tête en bas.

Le mouvement est au cœur du troisième grand problème lié à l'impesanteur : l'impact sur la fonction musculaire et le métabolisme osseux. En effet, en l'absence de gravité, les mouvements consomment moins d'énergie et les sollicitations mécaniques des muscles, tendons, ligaments et leur retentissement sur les os sont moindres. Sans contre-mesures, la perte de masse musculaire et osseuse est rapide et importante. La disparition de la gravité n'est pas le seul facteur : s'y ajoutent les dommages tissulaires causés par les rayonnements cosmiques et les modifications du métabolisme osseux qui accélèrent la résorption, c'est-à-dire la dissolution de l'os. Ce fut l'un des premiers problèmes observés en liaison avec les vols spatiaux et le retour sur Terre.

Il se traduisait par une perte de masse musculaire et une ostéoporose.

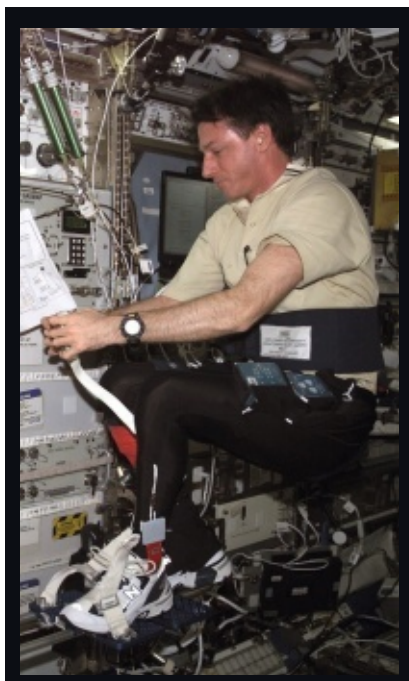
Pour réduire les risques et désagréments d'un séjour dans l'espace, les agences spatiales attachent une grande importance au développement d'un programme de contre-mesures efficaces. En ce qui concerne les conséquences négatives de l'impesanteur, l'intervention actuelle au sein de la Station spatiale internationale est l'exercice physique, destiné à compenser la perte de contraintes mécaniques (voir la figure 3). Les astronautes se soumettent à un programme d'exercice intensif durant une à deux heures par jour.

Ces heures de gymnastique, qui réduisent d'autant les activités directement liées à la mission, représentent un coût important. Aussi a-t-on avancé l'idée de créer une gravité artificielle au moyen d'une centrifugeuse (dont différents projets sont à l'étude, d'une simple chaise rotative à une centrifugeuse à long rayon comprenant non plus des nacelles, mais tout un habitacle), où les astronautes pratiqueraient des exercices physiques, voire dormiraient.

Un rayonnement cosmique intense

Contrairement aux perturbations liées à l'absence de pesanteur, l'exposition aux rayons cosmiques n'a pas encore de réelle solution et est considérée comme le risque majeur pour les explorateurs humains du Système solaire.

Sur Terre, l'atmosphère nous protège des rayonnements cosmiques de haute énergie constitués principalement de protons et d'ions. L'atmosphère contient environ un kilogramme d'air par centimètre carré de surface au sol, ce qui ramène la dose annuelle de rayonnement au niveau de la mer à 0,3 millisievert (le sievert, égal à un joule par kilogramme, est l'unité d'irradiation qui prend en compte la dose et la dangerosité des rayonnements reçus). Une mission vers Mars pourrait correspondre à une dose de 800 millisieverts par an, soit près de 5 000 protons traversant le corps humain par seconde et détruisant des liaisons chimiques sur leur passage. Le risque essentiel est l'endommagement irréversible de l'ADN des cellules, qui peut entraîner l'apparition de tumeurs. Les autres principaux effets biologiques des rayons cosmiques sont des effets dégénératifs correspondant à un



3. UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE ET UN SUIVI sont nécessaires pour les astronautes séjournant à bord de la Station spatiale internationale. On voit ainsi l'astronaute Michael Foale (en haut) équipé d'une vingtaine de capteurs qui mesurent l'effort des muscles et des articulations lors d'un exercice, et Edward Lu (en bas) courant sur un tapis roulant pour limiter la perte musculaire.

vieillissement accéléré des tissus, des effets aigus (des destructions tissulaires similaires à des brûlures principalement dans le système nerveux et les yeux en cas d'exposition très intense, c'est-à-dire pas dans les conditions actuelles des vols vers la Station spatiale internationale).

Éruptions solaires : danger !

Une exposition longue au rayonnement cosmique pourrait avoir des conséquences graves. Mais une exposition exceptionnelle à une éruption solaire s'accompagnant d'une éjection de masse coronale (un flux dense de particules de grande énergie) serait responsable d'une irradiation potentiellement mortelle.

Cela a des conséquences importantes sur la conception du vaisseau spatial. Il est inimaginable de munir ce dernier de boucliers, par exemple une couche isolante de plomb d'une épaisseur d'environ un mètre, car ils seraient bien trop lourds. L'une des solutions envisagées est de prévoir une zone de survie entourée de réservoirs d'eau ou d'ergols, tel l'hydrogène, qui constituent la meilleure protection passive contre les rayonnements. À l'heure actuelle, on parle davantage de protection active, fournie par exemple par le champ magnétique que créeraient des moteurs de propulsion à plasma. L'objectif serait de réduire le flux de particules à une dose que l'on définirait comme acceptable. Il faudrait cependant des champs magnétiques intenses, d'environ 20 teslas, mais on ignore les effets d'une exposition prolongée du corps humain à de tels champs.

Par ailleurs, un vol d'exploration de longue durée met à rude épreuve la santé psychologique des membres de l'équipage. Il y a d'abord le fait de vivre en petit groupe, en autarcie, dans un espace restreint et confiné, sans possibilité d'évacuation vers la Terre. De plus, une mission peut alterner des moments où la pression de travail est très intense avec des moments où l'ennui s'installe, étant donné la monotonie du cadre et de la vie quotidienne. Il faudrait aussi maintenir un bon esprit d'équipe au sein du groupe et entretenir les compétences techniques et professionnelles de chacun, pour une durée d'environ trois ans selon le scénario actuel d'un voyage vers Mars. Mission impossible selon certains... Contrairement aux défis physiologiques, les éléments de réponse ne nous sont pas,

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 impesanteur, 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-

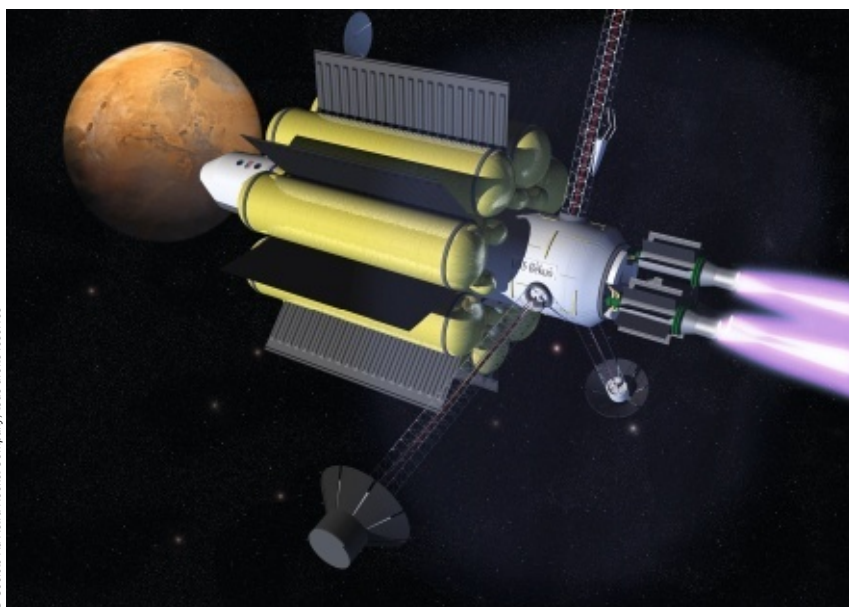
gatifs de l'isolement, du confinement ou de l'impesanteur.

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 VAISSEAUX 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 ».

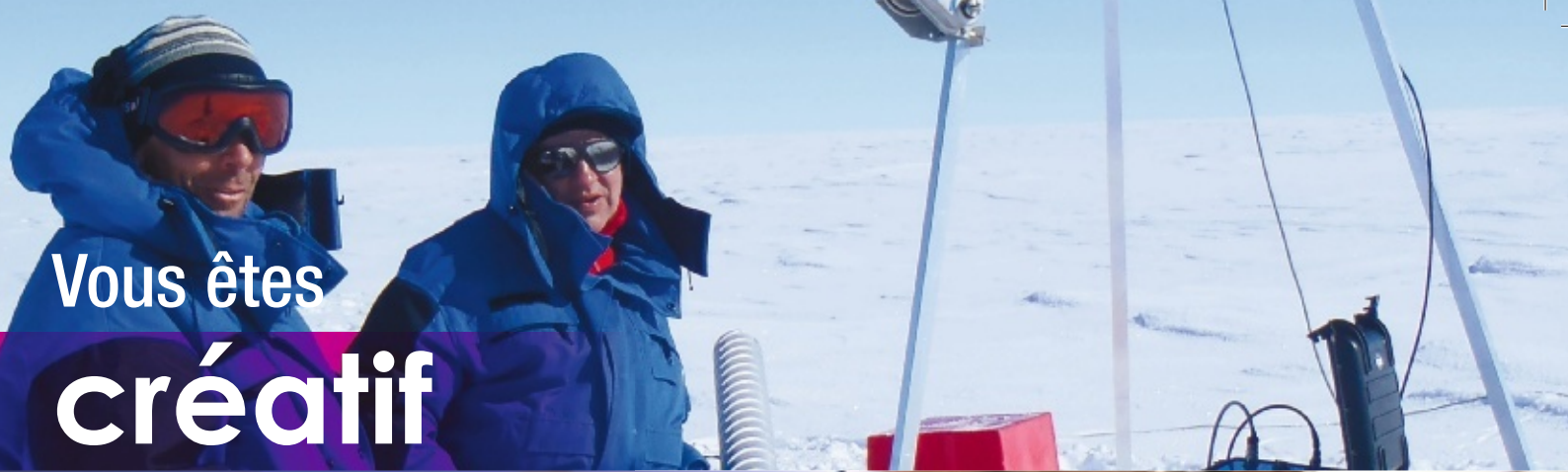
L'Agence spatiale russe a expérimenté le suivi de différents paramètres physiques pour anticiper ce genre de crise et l'enrayer. Cette technique n'est cependant pas toujours fiable : les indicateurs de la tristesse et de la relaxation sont identiques. D'autres solutions possibles sont d'effectuer des 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.**

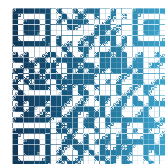
Les personnes en situation de handicap peuvent également
être recrutées par la voie contractuelle.

© 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**



Quelle procréation pour demain ?

Analyse des embryons, production artificielle de gamètes, remplacement d'un génome porteur de maladie : la procréation médicalisée explore de nombreuses pistes indissociables d'une réflexion éthique et sociétale.

Pierre Jouannet

Depuis une cinquantaine d'années, la médecine intervient de plus en plus dans la procréation humaine, soit pour l'empêcher quand elle n'est pas souhaitée, grâce à des méthodes de contraception efficaces, soit pour la favoriser quand elle ne peut s'exprimer naturellement. La stérilité, souvent vécue comme une frustration majeure – sinon comme une malédiction – par de nombreux couples, n'est plus une pathologie incontournable. Des techniques toujours plus complexes ont été mises au point pour maîtriser *in vitro* la conception et le développement embryonnaire pré-implantatoire. Cette évolution s'est produite au moment où de profondes mutations socio-culturelles sur l'organisation de la famille ont commencé à se manifester dans la société.

À la fin des années 1960, rares étaient les recherches sur la stérilité et la reproduction humaines (elles étaient même

inexistantes en France). Aujourd'hui, l'assistance médicale à la procréation est devenue une pratique courante, sinon banale, dans la plupart des pays, quel que soit leur contexte socio-économique ou culturel. Elle peut prendre plusieurs formes, selon les cas : insémination artificielle (le sperme de l'homme est prélevé et déposé dans l'utérus de la femme), fécondation *in vitro* ou FIV (des spermatozoïdes et des ovocytes sont mis en présence dans une boîte de culture, puis l'embryon obtenu est transféré dans l'utérus de la femme), dons de sperme, d'ovules, d'embryons, congélation des gamètes et des embryons...

Dans le monde, on estime à cinq millions le nombre d'enfants nés après avoir été conçus par FIV. En France, selon le dernier bilan de l'Agence de la biomédecine, 22401 enfants sont nés à la suite d'une assistance médicale à la procréation en 2010,

L'ESSENTIEL

- Les recherches sur la procréation visent à augmenter l'efficacité et l'innocuité de la fécondation *in vitro*, à lutter contre l'infertilité et à améliorer la santé des enfants ainsi nés.
- À une époque où l'organisation de la famille change dans les sociétés occidentales, elles soulèvent déjà de nombreuses questions.
- Une procréation pour tous et à tout âge ? Sans homme ? Sans femme ? Une filiation génétique avant tout ? Telles sont quelques-unes des questions auxquelles nous serons confrontés.

Sauf mention contraire, les illustrations sont de Virginie Denis