



N° 114 (févr. 22)
réf. DO114



N° 113 (nov 21)
réf. DO113



N° 112 (août 21)
réf. DO112



N° 111 (mai 21)
réf. DO111



N° 110 (fév. 21)
réf. DO110



N° 109 (nov. 20)
réf. DO109



N° 108 (sept. 20)
réf. DO108



N° 107 (mai 20)
réf. DO107



N° 106 (févr. 20)
réf. DO106



N° 105 (nov. 19)
réf. DO105



N° 104 (juil. 19)
réf. DO104



N° 103 (avr. 19)
réf. DO103

RETROUVEZ L'ENSEMBLE DES ANCIENS NUMÉROS SUR [BOUTIQUE.GROUPEPOURLASCIENCE.FR](https://boutique.groupepourlascience.fr)

À renvoyer accompagné de votre règlement à :
Service Abonnement Groupe Pour la Science – 235 avenue Le Jour se Lève– 92100 Boulogne Billancourt – email : serviceclients@groupepourlascience.fr

☒ **OUI, je commande des numéros de Pour la Science Hors-série, au tarif unitaire de 10,40 €.**

1 / JE REPORTE CI-DESSOUS LES RÉFÉRENCES à 5 chiffres correspondant aux numéros commandés :

1^{re} réf. _____ x 10,40 € = 1040 €
2^e réf. _____ x 10,40 € = _____ €
3^e réf. _____ x 10,40 € = _____ €
4^e réf. _____ x 10,40 € = _____ €
5^e réf. _____ x 10,40 € = _____ €
6^e réf. _____ x 10,40 € = _____ €

TOTAL À RÉGLER _____ €

Offre valable jusqu'au 21/12/22 en France Métropolitaine.
Les prix affichés incluent les frais de port et les frais logistiques.

En souscrivant à cette offre, vous acceptez nos conditions générales de vente disponibles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/CGV-PLS>. Les informations que nous collectons dans ce bon de commande nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit « RGPD ») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

2 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Téléphone _____

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science en nous retournant ce bulletin complété



Pour retrouver tous nos numéros et effectuer un paiement par carte bancaire, rendez-vous sur boutique.groupepourlascience.fr

Comment soigner dans l'espace

S. Thierry, M. Komorowski, A. Golemis et L. André-Boyet

La santé des astronautes pose d'innombrables défis aux futures missions vers la Lune ou Mars, et même au tourisme spatial. L'enjeu : prévenir les risques médicaux et pouvoir intervenir en cas de force majeure.



Le 14 juin 2018, l'astronaute américain Richard Arnold effectue une sortie hors de la *Station spatiale internationale*, pour installer notamment des caméras. L'opération dure 6 heures et 49 minutes. Ces missions extravéhiculaires sont dangereuses et stressantes. En cas d'accident, de nombreux protocoles sont prévus, mais tous les scénarios ne peuvent être anticipés.

L'ESSENTIEL

> L'espace est un milieu hostile. Les astronautes sont exposés aux rayons cosmiques, au stress, à la fatigue, à l'impesanteur, etc. Ces différents facteurs ont une influence négative sur l'organisme.

> Les agences spatiales ont développé une stratégie en trois volets : prévention, contre-mesures et autonomie médicale des astronautes.

> L'émergence du tourisme spatial et les projets d'exploration de la Lune ou de Mars rendent plus aiguë encore la question de l'autonomie médicale des astronautes. Équipements avancés d'aide au diagnostic et simulations en laboratoire esquissent des réponses.

LES AUTEURS



SÉAMUS THIERRY
médecin
anesthésiste-
réanimateur
au groupe
hospitalier
de Bretagne-Sud,
Lorient,
et chercheur
associé au LP3C
de l'université
de Bretagne-Sud



MATTHIEU KOMOROWSKI
médecin
anesthésiste-
réanimateur,
à l'hôpital Charing
Cross, à Londres,
et maître
de conférences à
l'Imperial College



ADRIANOS GOLEMIS
médecin
des astronautes
auprès de l'ESA,
à Cologne,
et membre
du Medes-Institut
de médecine
et physiologie
spatiales,
à Toulouse



LAURA ANDRÉ-BOYOT
instructrice
des astronautes
auprès de l'ESA,
à Cologne,
attachée au centre
de formation
de l'aviation
de la Lufthansa

Le 24 février 1997, à bord de la station orbitale russe *Mir*, un incendie se déclare lors d'une opération de maintenance d'un générateur d'oxygène. Une cartouche de perchlorate de lithium prend feu. À plus de 350 kilomètres d'altitude et en impesanteur, la situation est d'emblée critique. D'épaisses fumées mélangeant particules de combustion et boulettes de métal fondues flottent dans la station, exposant les astronautes à des risques de brûlures graves ou une perte de connaissance par asphyxie. Les flammes menacent de percer les parois de la station et de dépressuriser l'habitacle, ce qui tuerait rapidement ses occupants. Les membres d'équipage enfilent en urgence leurs masques de protection respiratoire pour se prémunir des fumées toxiques, activent les extincteurs et parviennent à maîtriser l'incendie en quelques minutes sous le hurlement des alarmes. Seules quelques blessures légères sont à déplorer. Le pire est miraculeusement évité. Cet incident critique illustre trois des risques les plus redoutés à bord d'une station spatiale pour la survie des astronautes : le feu, la dépressurisation et la contamination de l'atmosphère de la station. Car, en cas de blessure grave d'un astronaute, les multiples contraintes entourant un vol spatial compliquent considérablement les possibilités de soins médicaux lourds en cours de mission.

À l'image des marins qui entreprennent le tour du monde en solitaire, l'assistance et surtout l'évacuation médicale ne sont pas toujours envisageables. Il est dès lors impératif de prévenir les risques plutôt que de les subir et d'anticiper un grand nombre de scénarios et rendre l'équipage le plus autonome possible face aux différents imprévus de santé. Si l'orbite terrestre basse est occupée depuis plus de

vingt ans par la *Station spatiale internationale* (ISS), récemment rejointe par la station chinoise, de nouvelles perspectives de présence humaine amènent à repenser la gestion du risque médical. Les vols touristiques, orbitaux ou suborbitaux, soulèvent par exemple la question de la rigueur des critères médicaux à appliquer aux participants. L'équilibre correct entre des critères trop stricts (réduisant le nombre de clients potentiels) ou trop larges (avec le risque de dégradation d'une pathologie chronique lors du vol) n'est pas encore établi. Au-delà, la conquête de l'espace dit « profond », avec l'occupation du sol lunaire et l'exploration martienne, pose d'autres interrogations quant aux capacités de protection et d'adaptation de l'humain face à ce milieu hostile, sans compter les difficultés du soin en autonomie totale.

UN MILIEU À RISQUES

Or, même les activités quotidiennes à bord de la station se révèlent parfois dangereuses. Comme à bord d'un sous-marin, les astronautes évoluent pendant plusieurs mois dans un lieu confiné et bruyant, au milieu de nombreux câbles électriques, panneaux de contrôle, systèmes de refroidissement, pouvant théoriquement être à l'origine d'électrisation, brûlures ou exposition à des produits irritants. Autre spécificité du métier, certaines opérations de maintenance ou de réparation de composants (batteries, câbles, antennes...) imposent des sorties hors de la station (*voir la photo page 47*). Ces sorties dites « extravéhiculaires » sont risquées et physiquement éprouvantes. Elles durent en général plusieurs heures et requièrent un niveau de concentration très élevé. Les combinaisons spatiales utilisées lors de ces missions sont de véritables minustations individuelles qui contiennent tous les équipements indispensables au support des fonctions

vitales. À l'intérieur de celles-ci, les astronautes évoluent dans une atmosphère hypobare (0,3 bar), qui améliore la souplesse de la combinaison, nécessaire à la motricité et à la manipulation d'outils. Cette transition entre l'atmosphère de la station et l'atmosphère hypobare de la combinaison est contrôlée et préparée au sein d'un sas de dépressurisation, en vue de protéger les astronautes du risque de maladie de décompression, similaire à celle, bien connue, des plongeurs. Enfin, il existe une menace importante de collision avec des débris spatiaux ou des micrométéorites, qui circulent à plusieurs kilomètres par seconde.

Autre contrainte environnementale, et non des moindres : l'impesanteur. Sur Terre, nous pouvons marcher, sauter, courir, garder l'équilibre, ajuster notre débit cardiaque à l'effort et aux changements de position grâce à notre physiologie, adaptée à la pesanteur terrestre. Nos muscles, nos os, notre oreille interne, notre pompe cardiaque et notre réseau vasculaire ont évolué depuis des millions d'années en présence de cette force. Cependant, à 400 kilomètres d'altitude, les astronautes sont en chute libre (voir l'encadré page 50). Chaque système physiologique de l'organisme tente de

retrouver une nouvelle homéostasie, c'est-à-dire un nouveau point d'équilibre fonctionnel, mais ces adaptations ont des limites. L'absence de contrainte... devient une contrainte : l'os se déminéralise et se fragilise peu à peu, la réduction des sollicitations fonctionnelles entraîne par exemple une déminéralisation osseuse rapide qui aggrave le risque de fractures et de formation de calculs rénaux. Les muscles posturaux s'atrophient, les parois des vaisseaux sanguins s'épaississent. L'acuité visuelle baisse parfois à cause, entre autres, d'une hypertension intracrânienne accompagnant la redistribution des flux sanguins vers la moitié supérieure du corps. La coordination sensori-motrice est altérée. Cette suppression de la pesanteur entraîne un ensemble de symptômes que l'on retrouve lors du vieillissement ou d'un alitement prolongé, ce qui prédispose à la survenue de certaines pathologies et réduit la réserve physiologique en cas d'affections médicales ou traumatiques. Même la régulation et l'expression génique sont modifiées, comme cela a été constaté lors de la remarquable *twins study* (voir la photo page 50).

Pour protéger la santé des astronautes dans cet environnement exceptionnel et loin des

