

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

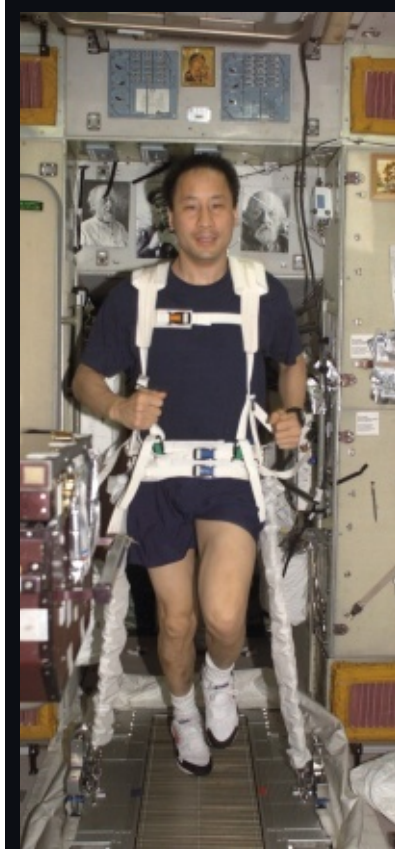
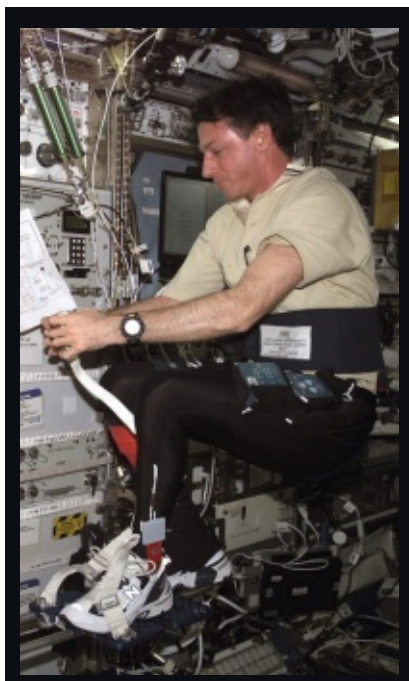
Pour réduire les risques et désagréments d'un séjour dans l'espace, les agences spatiales attachent une grande importance au développement d'un programme de contre-mesures efficaces. En ce qui concerne les conséquences négatives de l'impesanteur, l'intervention actuelle au sein de la Station spatiale 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.

NASA

vieillesse accélérée 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,