

Le corps humain en apesanteur

RONALD WHITE

Les séjours prolongés dans l'espace perturbent la physiologie humaine. La médecine progresse par l'étude des astronautes en orbite.

Le 22 mars 1995, le cosmonaute Valeri Polyakov quitte la capsule *Soyouz* après un séjour de plus de 14 mois dans la station spatiale *Mir*. Son apparente bonne santé montre pour la première fois que l'être humain supporte bien de longues périodes dans l'espace.

Pourtant, on avait craint une adaptation difficile. Ainsi, en janvier 1951, plus de dix ans avant le bref vol de Iouri Gagarine (108 minutes), le médecin américain Heinz Haber avait prédit de nombreux troubles chez les personnes qui resteraient longtemps en apesanteur. Ses prévisions n'ont pas toutes été confirmées, mais celle du mal de l'espace était exacte.

Même aujourd'hui, les réactions du corps humain soumis à des conditions inédites telles qu'un voyage spatial sont difficilement prévisibles. L'homme a souvent prouvé qu'il possède de remarquables capacités d'adaptation, mais elles sont restées longtemps mystérieuses. Lentement, les médecins ont accumulé les observations afin de comprendre les réactions du corps humain à l'apesanteur. Aujourd'hui, l'étude de 400 spationautes qui ont passé l'équivalent de 45 ans dans l'espace donne une meilleure compréhension du mode de fonctionnement du corps humain aussi bien en apesanteur que dans son environnement naturel terrestre.

Lors d'un vol spatial, l'apesanteur est le principal phénomène qui perturbe la physiologie. Elle touche d'abord les récepteurs de la gravité, dans l'oreille, les liquides du corps et les structures de soutien, puis, finalement, l'ensemble du corps, des reins jusqu'au cerveau.

L'adaptation sensorielle à l'apesanteur

Lorsque les spationautes s'agrippent aux parois des véhicules spatiaux et qu'ils se tirent vers l'avant ou se repoussent vers l'arrière, ils se sentent immobiles et ont l'impression que c'est le véhicule spatial qui se déplace. Ils perçoivent difficilement les mouvements, car leur organisme n'a plus la gravité comme référence.

En permanence soumis à la gravité, nous n'en avons plus conscience, mais notre corps, lui, ne l'oublie jamais. Nous sommes adaptés aux contraintes d'une vie en champ gravitationnel constant. Nous ne la percevons consciemment que par ses variations ou bien, indirectement, par les varices ou les vertiges qu'elle cause.

Notre système nerveux analyse sans cesse les informations sensorielles externes et internes. Il reçoit ces informations des capteurs sensoriels, tels que ceux de l'ouïe, de la vue ou du toucher. Ainsi, des capteurs situés dans les organes vestibulaires de l'oreille interne, dans les muscles et dans les articulations nous renseignent sur la position de notre centre de gravité, sur les positions relatives des parties de notre corps. Nombre de ces signaux dépendent de l'intensité et de la direction de la gravité terrestre.

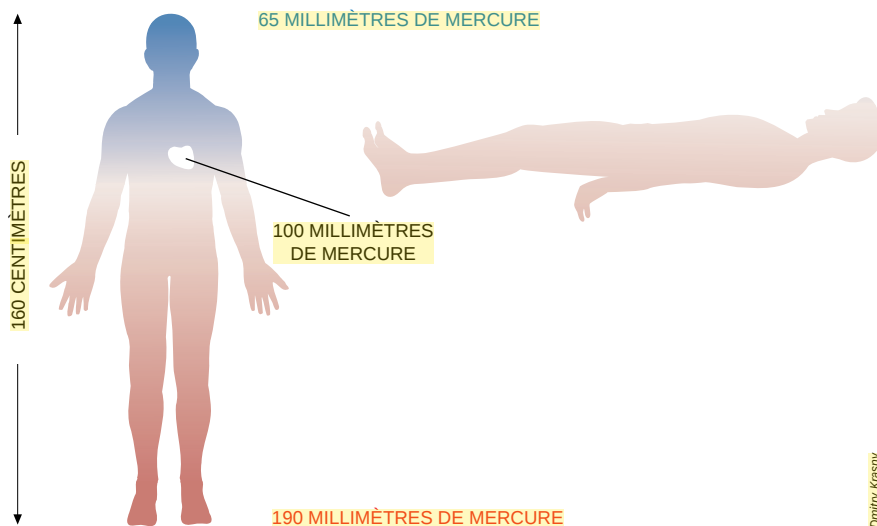
L'appareil vestibulaire de l'oreille interne détecte les accélérations par deux structures : les canaux semi-circulaires (trois tubes remplis de liquide et tapissés de cellules ciliées reliées à des fibres nerveuses) et les otolithes (des cristaux de carbonate

de calcium posés sur des cellules nerveuses). Les premiers sont sensibles à l'accélération angulaire de la tête, c'est-à-dire aux mouvements de rotation de la tête ou du corps ; les seconds réagissent à l'accélération linéaire, donc aux mouvements de translation de la tête et à son inclinaison par rapport à la gravité. Comme les otolithes détectent des accélérations linéaires et que la gravité est une force, c'est-à-dire une accélération linéaire, on a nommé les otolithes les récepteurs de la gravité. Ils ne sont pas les seuls à donner cette information : des récepteurs mécaniques dans les muscles, dans les tendons et dans les articulations, ainsi que des capteurs de pression dans la peau (surtout sous la plante des pieds) sont sensibles à l'attraction terrestre : ils réagissent au poids des membres et des autres parties du corps.

En l'absence de gravité, les otolithes ne perçoivent plus les inclinaisons de la tête. Les membres étant dépourvus de poids, les muscles n'ont plus à se contracter pour maintenir le corps et le mettre en mouvement. Les récepteurs du toucher et de la pression des pieds et des chevilles n'indiquent plus l'orientation vers le bas. Ces changements provoquent des illusions d'orientation

1. L'APESANTEUR, malgré le sentiment de liberté qu'elle procure, a des effets secondaires gênants : les spationautes souffrent du mal de l'espace, de congestion du visage et de perte osseuse. Sur cette photographie, on voit Bruce McCandless lors d'une sortie dans l'espace, en 1984. B. McCandless essayait le nouveau système de propulsion par fusée de la NASA. Il a effectué la première sortie dans l'espace sans lien avec le véhicule spatial.





2. LA PRESSION DU SANG dans les vaisseaux sanguins varie selon la position. Chez une personne de taille moyenne, debout, elle atteint, dans les parties inférieures du corps, jusqu'à deux fois la pression mesurée au cœur ; elle est inférieure au-dessus du cœur. Les liquides descendent vers le bas du corps, et le débit sanguin diminue. En position allongée (ou en apesanteur), les pressions s'équilibrent dans l'ensemble de l'organisme et les fluides se répartissent également dans l'ensemble du corps.

visuelle et des sensations d'auto-inversion, comme l'impression que le corps ou le véhicule spatial change subitement d'orientation. En 1961, durant son vol spatial d'une journée seulement, le spationaute Gherman Titov a eu la vive sensation d'un voyage la tête en bas. L'année dernière, l'Américain Byron Lichtenberg a eu la même sensation lors de l'arrêt des moteurs principaux : il a aussitôt eu l'impression que son corps avait basculé de 180 degrés. De telles illusions réapparaissent quelquefois, même après un certain temps passé dans l'espace.

Contrairement aux prédictions de H. Haber et de son collègue Otto Gauer en 1950, les spationautes ne ressentent pas les effets d'une chute libre, bien qu'un vol orbital corresponde à une telle chute (le vaisseau spatial tombe vers la Terre sans s'en rapprocher, parce qu'il a une vitesse perpendiculaire à la direction de la gravité). Des signaux visuels, la perception d'un courant d'air et des informations perçues par les récepteurs de la gravité sont probablement nécessaires à la perception d'une chute.

Chez plus de la moitié des spationautes, l'ensemble des modifications sensorielles provoque le mal de l'espace, caractérisé par des maux de tête, une déconcentration, une perte d'appétit, des nausées et des vomissements. Le mal de l'espace dure rarement plus de trois jours, mais des spationautes ont fait état d'une sensation équivalente à la fin de vols prolongés.

Les physiologistes attribuaient le mal de l'espace à une activité inhabituelle du système vestibulaire, qui déroutait le cerveau accoutumé à un certain type de signaux. Cette explication était simpliste. Le mal de l'espace résulte notamment de la modification de l'ensemble des informations motrices requises pour le contrôle de la tête. On peut déclencher un mal similaire en plaçant un individu dans un environnement virtuel, calculé par ordinateur, où les forces et les stimuli sont différents de ceux d'un mouvement réel.

Progressivement, le cerveau s'adapte au nouvel environnement et, pour certains spationautes, le bas devient l'endroit où se trouvent les pieds. Des adaptations des récepteurs et des cellules nerveuses favorisent probablement cette accoutumance. Des modifications similaires se produisent sur la Terre lors de notre croissance et pendant les périodes de fortes variations pondérales. Les mécanismes de contrôle de l'équilibre restent toutefois mal connus. Après un vol spatial, la plupart des spationautes, par ailleurs en bonne santé, présentent des troubles temporaires de l'équilibre. L'étude de ces cas aidera ceux qui présentent naturellement les mêmes difficultés sur la Terre. Bernard Cohen, de la Faculté de médecine du Mont-Sinaï, à New York, et Gilles Clément, directeur de recherche au Centre de recherche Cerveau et Cognition, à Toulouse, ont entrepris une telle étude lors

de la mission *Neurolab* de la navette américaine, au printemps 1998. Sur la base de leurs résultats, Barry Peterson et ses collègues de l'Université du Nord-Ouest, de la NASA et de l'Institut américain de la santé (NIH) ont mis au point le premier modèle informatique des postures du corps humain et du contrôle de l'équilibre.

Le rhume de l'espace

L'absence de gravité perturbe également la répartition des liquides dans le corps humain. Au bout de quelques minutes, dans un environnement sans gravité, les veines du cou d'un spationaute enflent et son visage se boursouffle. La montée de sang vers la poitrine et vers la tête provoque une congestion des poumons, des sinus et du nez ; le spationaute présente les mêmes symptômes qu'un rhume terrestre. Cette gêne persiste durant tout le vol, sauf quand la pression sanguine varie, comme au cours d'efforts physiques intenses. Le goût et l'odorat sont également affaiblis ; les spationautes ont besoin de plats épicés. Au temps des premiers vols spatiaux, les médecins craignaient que la congestion des poumons ait les mêmes conséquences que les œdèmes pulmonaires chez les cardiaques ; heureusement, cette inquiétude semble infondée.

Toutes ces modifications surviennent parce que l'eau constitue environ 60 pour cent de la masse du corps. Elle se répartit dans les cellules (liquide intracellulaire), dans les artères et les veines (plasma sanguin), et dans les espaces entre les vaisseaux et les cellules (lymphe interstitielle). Chez un individu debout, sur la Terre, cette eau pèse sur l'ensemble de l'organisme. Dans le système vasculaire, composé de tous les vaisseaux sanguins connectés, la pression augmente de la tête aux pieds, tout comme la pression de l'eau augmente avec la profondeur dans l'océan. Chez une personne debout et immobile, l'effet de la pression hydrostatique est considérable ; les soldats au garde-à-vous perdent parfois connaissance. La pression varie en effet selon l'endroit du corps : équivalente à 100 millimètres de mercure au niveau du cœur, elle diminue dans les vaisseaux situés au-dessus et augmente vers le bas. Dans les jambes, les pressions artérielle et veineuse atteignent jusqu'à 190 millimètres de mercure (voir la figure 2).