



LE VOYAGE DANS L'ESPACE ET LES EFFETS DE L'APESANTEUR SUR LE CORPS HUMAIN

Le corps humain est une machine extraordinaire mais aussi excessivement complexe. Comme ceux des autres organismes vivants, notre corps a évolué en s'adaptant à l'attraction que la Terre exerce sur nous. La structure et les mécanismes biologiques de notre corps se sont édifiés en fonction de la gravité terrestre.

Qu'est-ce que la gravité ?

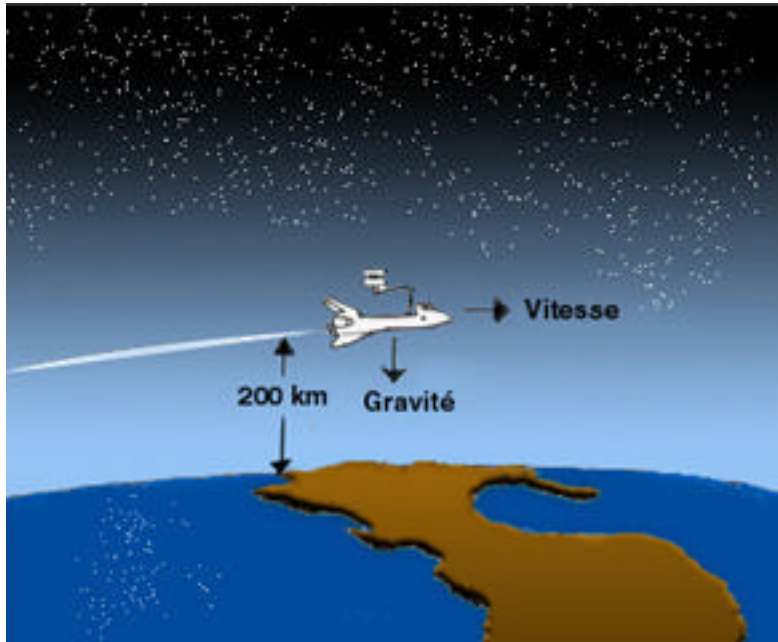
Le phénomène gravitationnel est créé par l'interaction entre deux corps. La force de la gravité est d'autant plus importante que les masses des deux corps sont imposantes et que la distance entre les deux corps est courte.

La gravité qui agit sur l'humain lorsqu'il est sur la Terre est la résultante de l'interaction entre la Terre et le corps humain. Comme la Terre est plus imposante, la force gravitationnelle attire le corps humain vers le centre de la Terre. C'est la pesanteur. Croyez-vous que vous pèseriez la même chose si vous vous trouviez sur une autre planète du système solaire ? La masse (m) est l'ensemble de la matière constituant un objet, alors que le poids (P) est le résultat de la force de la gravité (g) sur la masse. La formule mathématique est la suivante :

$$P = m * g$$

Sur Terre, la gravité est égale à 1. Ce chiffre, au départ arbitraire et égocentrique (la Terre servant de repère pour tout le reste de l'univers), permet étrangement sur la Terre d'avoir le même chiffre pour la quantité de matière et le poids. Il n'en est pas de même sur les autres planètes qui ont des forces gravitationnelles différentes. Ainsi, sur la Lune la gravité est 6 fois moins importante que sur la Terre. Aussi, un astronaute pèserait 6 fois moins sur le sol lunaire.

Envoyé en orbite autour de la Terre, le corps de l'astronaute reste soumis à la force de la gravité, mais cette force est alors plus faible du fait de la distance. De plus, la vitesse donnée au vaisseau spatial pour envoyer l'astronaute permet de contrecarrer la force gravitationnelle qui continue d'agir sur le vaisseau spatial. C'est la loi de l'inertie. Ainsi la gravité disparaît et le corps de notre astronaute se trouve en état d'apesanteur.



Ce dernier terme signifie l'absence de la sensation de poids. Les scientifiques, voulant éviter un piège du langage (le terme **apesanteur** qu'on mélangeait souvent avec **la pesanteur**) ont aussi suggéré le mot «**impesanteur** ». Le terme **microgravité** (*micro – gravité*) fut également adopté, car les effets de la force gravitationnelle terrestre ne sont toutefois pas totalement effacés dans l'espace.

Pourquoi flotte-t-on dans l'espace ?

L'astronaute est en **chute libre** quand il se retrouve en orbite autour de la Terre. Il flotte dans le vaisseau spatial, car il tombe en même temps que celui-ci.

Le phénomène de flottaison causée par la chute libre est envisageable aussi sur la Terre. Prenons l'exemple d'une personne dans un ascenseur. Subitement cet ascenseur qui était au 30^e étage se détache et tombe. La personne dans l'ascenseur tombe à la même vitesse que la machine. Elle flotte alors dans l'ascenseur.



Évidemment, notre astronaute à bord de la navette ne tombe pas sur la Terre bien qu'étant en chute libre, car la vitesse donnée au vaisseau lui permet de se maintenir en orbite.

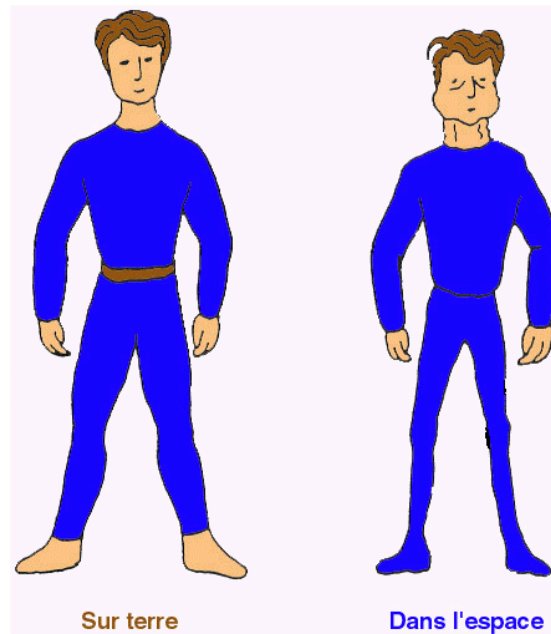
Ces deux phénomènes, microgravité et flottaison, vont influencer sur le corps d'un astronaute dans l'espace. Grâce aux recherches menées dans l'espace, les propriétés physiques et chimiques de la matière sont mieux comprises. Ce vaste champ de recherche porte le nom de « *sciences en microgravité* ». Les effets de la gravité sur notre corps et les mécanismes biologiques impliqués pour s'adapter à l'apesanteur sont étudiés en conditions réelles de microgravité. Les recherches menées auprès d'astronautes ont démontré que le fonctionnement du corps en condition de microgravité est perturbé. Les agences spatiales poursuivent donc leurs recherches afin d'en arriver un jour à réduire ou à éliminer certains de ces effets physiques indésirables qui apparaissent lors d'un séjour dans l'espace. Les fruits de ces recherches, alors que nous sommes à l'aube de la construction de la Station spatiale internationale, rendront plus sécuritaires les séjours prolongés dans l'espace, et permettront peut-être un jour à des êtres humains de s'aventurer en direction de la planète Mars.



L'astronaute de l'Agence spatiale canadienne Chris Hadfield éprouvant les effets physiologiques et la sensation de liberté que procure l'apesanteur

Influence sur la circulation sanguine

Un des effets les plus visibles d'un séjour dans l'espace est sans doute l'aspect de la *tête bouffie* et des *pattes d'oiseaux* observé chez les astronautes.





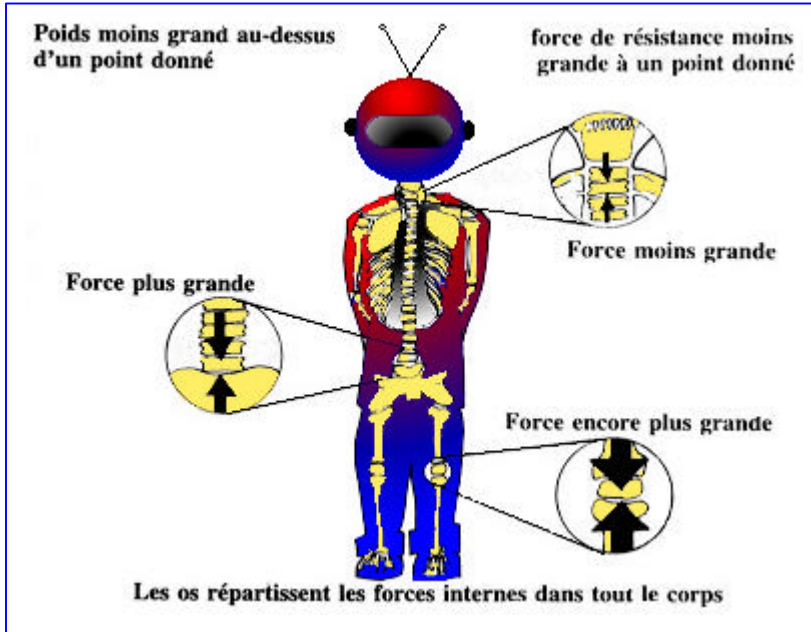
Sur Terre, notre cœur est programmé pour répartir le sang également dans tout le corps. Le cœur doit fournir un travail plus important pour alimenter les organes supérieurs, car le sang est naturellement attiré vers le bas à cause de la gravité. Les membres inférieurs ne rencontrent pas ce problème. Le sang leur arrive plus facilement aidé par l'attraction terrestre.

Dans l'espace, les fluides corporels ne redescendent plus aussi simplement par la gravité. Le cœur reste toujours programmé comme sur Terre. Aussi, poussés principalement vers le haut par le cœur et la pression des veines et des artères, les fluides remontent plutôt vers le torse et la tête de la personne qui ressent alors le *syndrome de la tête pleine*. Les veines du cou et du visage ressortent plus qu'à l'habitude et les yeux rougissent et se gonflent. Cet effet s'accompagne aussi souvent d'une congestion du nez et des sinus et parfois même de maux de tête. Les jambes d'un astronaute deviennent alors plus minces, car le sang, qui avait l'habitude de descendre facilement vers les organes inférieurs, ne peut y arriver maintenant que par le système de pompage du cœur.

À cause de ces changements physiologiques, les astronautes souffrent du mal de l'espace ou du syndrome d'adaptation à l'espace (version spatiale du mal des transports sur Terre). Environ 40 % de ceux qui ont voyagé dans l'espace ont souffert d'étourdissements ou de nausées. Ces deux phénomènes disparaissent généralement au bout de 2 ou 3 jours, le temps pour l'organisme de l'astronaute de se réajuster.



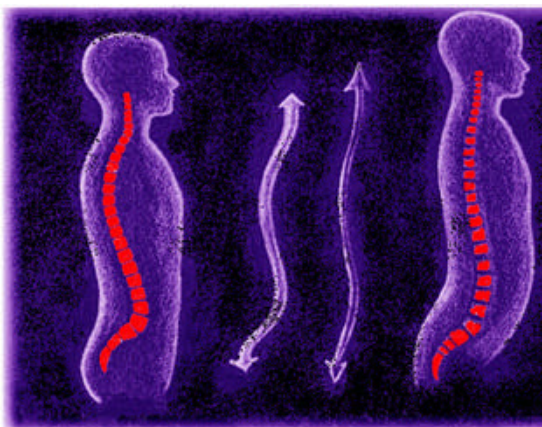
Influence sur la structure osseuse et musculaire



Dans l'espace, il y a dégradation continue du système musculo-squelettique. Les muscles, et surtout ceux des jambes qui sont très peu sollicités, perdent de leur tonus, se relâchent et rapetissent. Les astronautes sont alors sujets à une *atrophie musculaire*. Les os quant à eux s'affaiblissent en se

déminéralisant (perte de calcium, de potassium et de sodium). Cette dégradation osseuse peut atteindre jusqu'à 10% des os des membres inférieurs.

Les astronautes tentent d'atténuer l'ampleur de ces changements en prenant des médicaments et surtout en faisant de l'exercice le plus souvent possible.



Pendant un vol spatial, la colonne vertébrale d'une personne peut s'allonger de plus de sept centimètres en l'absence de pesanteur.

Saviez-vous que le corps humain grandit dans l'espace ? En effet, comme la colonne vertébrale n'est plus comprimée par la force de la gravité, les vertèbres se séparent légèrement les unes des autres et le corps de l'astronaute s'allonge. Les astronautes ressentent parfois des maux de dos qu'on croit être causés par le relâchement des muscles et des ligaments de la région dorsale. Une fois de retour sur Terre, la force de la gravité agit sur la colonne de l'astronaute qui retrouve sa grandeur normale.

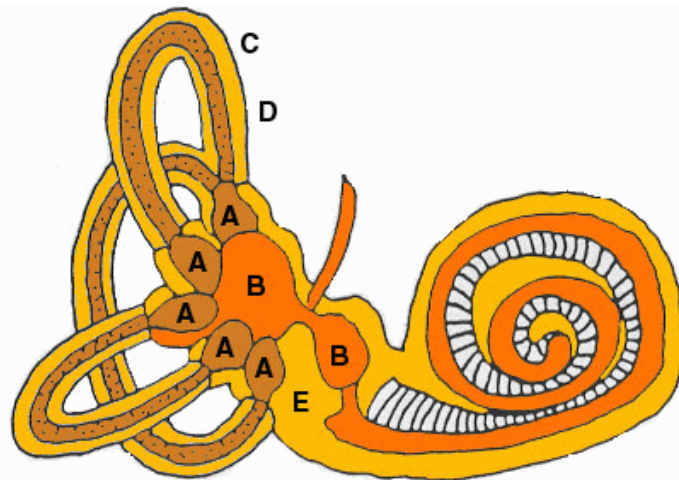


Influence sur les sens de l'équilibre et de l'orientation

Les sens de l'équilibre et de l'orientation sont aussi perturbés, car, dans l'espace, le corps est privé de ses repères habituels. Quel que soit le milieu dans lequel se trouve le corps humain, le cerveau reçoit les informations de son environnement par les yeux (*l'appareil visuel*), par les muscles et les tendons (*l'appareil propriocepteur*) et par un ensemble de capteurs sensibles au mouvement du liquide situé dans les canaux de l'oreille interne (*l'appareil vestibulaire*).

L'appareil vestibulaire

- A. Ampoule
- B. Utricule/Saccule
- C. Canaux semi-circulaires
- D. Conduits semi-circulaires
- E. Vestibule



Le cerveau d'un astronaute quittant la Terre continue de croire que les repères sont terrestres. Aussi, recevant des informations discordantes, l'astronaute a du mal à s'adapter à ce nouveau milieu de microgravité. Il est désorienté, car les capteurs de l'oreille interne et de l'appareil musculaire ne sont pas capables de s'orienter en apesanteur. Il ne reste à l'astronaute que ses yeux pour pouvoir indiquer à son cerveau un minimum d'informations.



Définitions à retenir :

Effets physiologiques des vols spatiaux : Conséquences sur le corps humain des voyages dans l'espace : mal de l'espace, désorientation, migration des liquides organiques vers le haut du corps, dégradation des os, atrophie musculaire, allongement de la colonne vertébrale, maux de dos, etc.

Gravité : Résultante des forces de gravitation exercées par un astre sur un corps quelconque.

Masse : Quantité de matière d'un corps.

Poids : Lourdeur qu'un objet a en raison de la force d'attraction gravitationnelle.

Apesanteur (ou impesanteur) : État d'un corps tel que l'ensemble des forces gravitationnelles et inertielles auxquelles il est soumis possède une résultante nulle.

Microgravité : État d'un corps tel que l'ensemble des forces d'origine gravitationnelle auxquelles il est soumis possède une résultante très faible par rapport à la pesanteur à la surface de la Terre.

Mal de l'espace (ou Syndrôme de l'adaptation à l'espace) : Ensemble de symptômes physiques manifestés dans l'espace par l'homme et par certains êtres vivants.

Désorientation : Malaise occasionné par une sensation de perte d'équilibre et de direction.

Appareil vestibulaire : Un des systèmes physiologiques qui, avec les systèmes visuels et propriocepteur, est responsable de notre sens de l'équilibre et de l'orientation.



Bibliographie

Cette bibliographie se veut instructive, mais elle n'est pas exhaustive. Tous ces documents peuvent être consultés (et reproduits dans le cas des documents vidéos) aux Centres canadiens de ressources spatiales.

Livres en français

Habiter dans l'espace : De Gemini aux cités du futur, Éditions Hatier, Paris 1992.

Ils voulaient la Lune, Alan Shepard, Deke Slayton: Éditions J'ai lu, Paris 1995.

L'exploration de l'espace: Voyage à travers l'univers, Editions Time Life, 1990.

Mission Mir : Journal de bord, Jean-Loup Chrétien, Éditions Michel Lafon, Paris 1998.

Livres en anglais

How do you go to the Bathroom in Space?, William R. Pogue, Edition Tom Doherty Associates, 1991.

The Astronauts: Canada's Voyageurs in Space, Lydia Dotto, Editions Stoddart, 1993.

Vidéocassettes.

- *Living in Space: Shuttle Life in the World of Weightlessness*
- *Living in Space: Lift off to Learning*
- *NASA Biology: On Earth and in Space* (épisodes 1 à 14)
- *The Musculoskeletal System in Space: The Biology and Space Exploration Series*