

Plan de l'exposé

- *1 - Introduction : Notion de système Homme-Machine*
- 2 - La Physiologie*
- 3 - L'Ergonomie*
- 4 - L'I.S.S. : La vie à bord*
- 5 - Conséquences d'un long séjour*
- 6 - Le retour sur terre*
- 7 - Les laboratoires de Médecine Spatiale*
- 8 -A la conquête de l'espace*
- Conclusions*

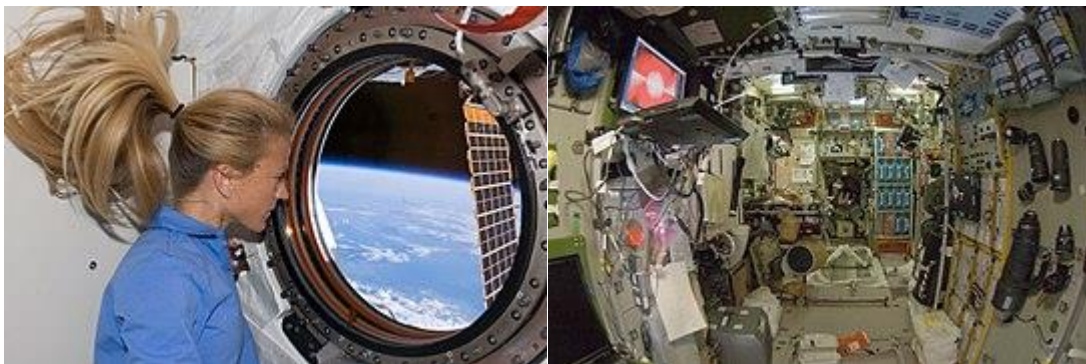
Nota : Nous traiterons les chapitres :

1,4,5,6,7,8 et la conclusion

Nous irons voir dans les chapitres 2 et 3 si nécessaire pour des explications complémentaires.

1-Introduction : Notion de système Homme-Machine

L'ISS est à ce jour le **Système Homme Machine** le plus complexe mis au point.



C'est quoi un système Homme Machine ?

C'est une situation dans laquelle l'homme utilise un outil ou une machine dans un environnement donné et se trouve en interface avec lui ou elle.

Dans la vie quotidienne nous sommes chaque jour confrontés à des systèmes Homme machine de plus en plus nombreux ; La voiture, le train, l'avion, l'ordinateur et internet, l'utilisation de toutes les machines domestiques ou de travail..etc.

Le plus simple : c'est un bucheron dans la forêt avec sa hache



Déjà plus compliqué



Le plus complexe : Intervention à l'extérieur de L'I.S.S.



L'interface étant très différent en fonction de notre position par rapport à la machine : simple utilisateur comme passager d'un avion ou pilote du même avion

On conçoit tout de suite que dans cette situation d'interface la machine doit être conçue en fonction des capacités de l'homme.

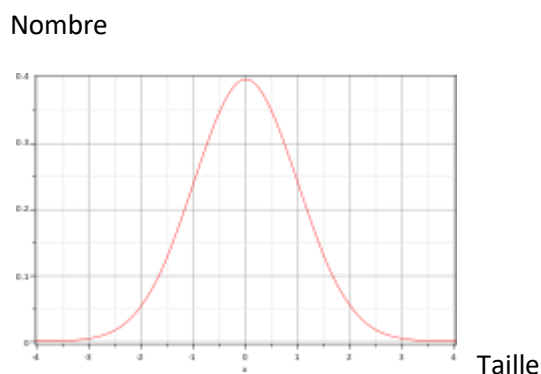
- **Capacités de l'Homme** : Domaines de la **Physiologie**, de la psychologie des sciences cognitives.etc.....
- **Adaptation de la machine à l'homme** : Domaine de **l'Ergonomie**

2 - La physiologie : L'Homme ce qu'il est.

La physiologie (du grec φύσις, phusis, la nature, et λόγος, logos, l'étude, la science) étudie le rôle, le fonctionnement et l'organisation mécanique, physique et biochimique des organismes vivants et de leurs composants (organes, tissus, cellules et organites cellulaires). La physiologie étudie également les interactions entre un organisme vivant et son environnement. Dans l'ensemble des disciplines biologiques, en définissant schématiquement des niveaux d'organisation, la physiologie est une discipline voisine de l'histologie, de la morphologie et de l'anatomie.

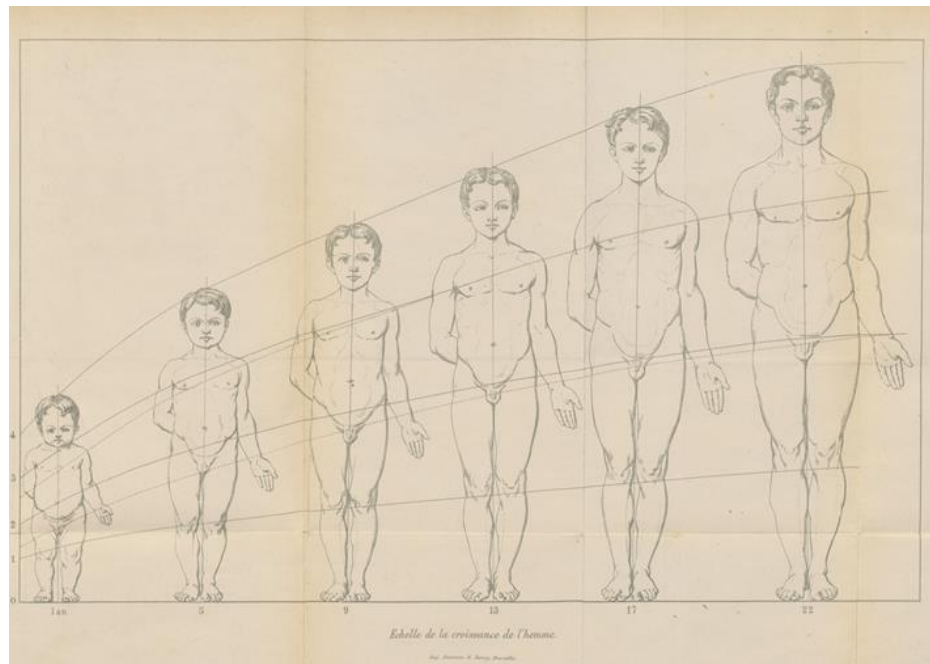
La physiologie regroupe des processus qu'elle étudie en grandes fonctions qui sont :

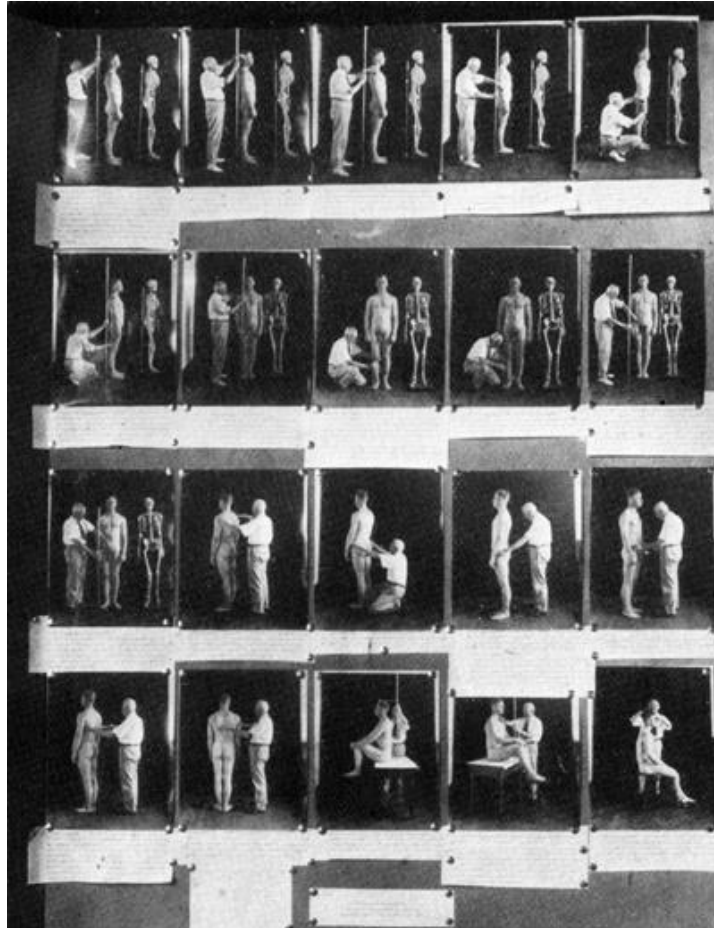
Toute mesure physiologique obéit à la loi de Gauss



L'anthropométrie

Qui est la mesure de l'homme dans toutes ses dimensions et capacités





En France, en 2007, la taille moyenne des hommes était de 1,75 m et de 1,63 m pour les femmes ; contre respectivement 1,66 m et 1,54 m en 1900. Cette évolution a connu une forte accélération entre 1960 et 1990 : 5 cm gagnés en trente ans. La taille moyenne des Néerlandais a, quant à elle, gagné 15 cm en cinquante ans.

Ce qui revient à dire que la conception d'une machine qui est faite pour la moyenne de la population, avec quelques écarts de correction, ne convient pas aux extrêmes.

Les fonctions de nutrition et de métabolisme

Le métabolisme est l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent au sein d'un être vivant pour lui permettre notamment de se maintenir en vie, de se reproduire, de se développer et de répondre aux stimuli de son environnement. Certaines de ces réactions chimiques se déroulent en dehors des cellules de l'organisme, comme la digestion ou le transport de substances entre cellules. Cependant, la plupart de ces réactions ont lieu dans les cellules elles-mêmes et constituent le métabolisme intermédiaire.

Dans le cas qui nous intéresse, celui des cosmonautes, la mesure du métabolisme est une donnée fondamentale. La mesure du métabolisme et particulièrement la différence entre le métabolisme de base et celui d'activité est un critère très significatif de l'état de santé.

La fonction de reproduction ;

Les fonctions de circulation sanguine et de respiration

Nous vivons sur terre en équilibre avec notre milieu dans les conditions suivantes : Pression atmosphérique (mer = 1013 h Pa) avec 20 % d'oxygène, une température de 20-22°C ave, un taux' humidité de 60% et nous sommes soumis à la gravité .

Nous avons trois positions fondamentales debout, assis, couché .

Notre vitesse de déplacement est de 4 Km/h (base de mesure de référence) à 800 km/h si nous voyageons en avion .(+ déjà bas de contention si durée sup à 3 heure)

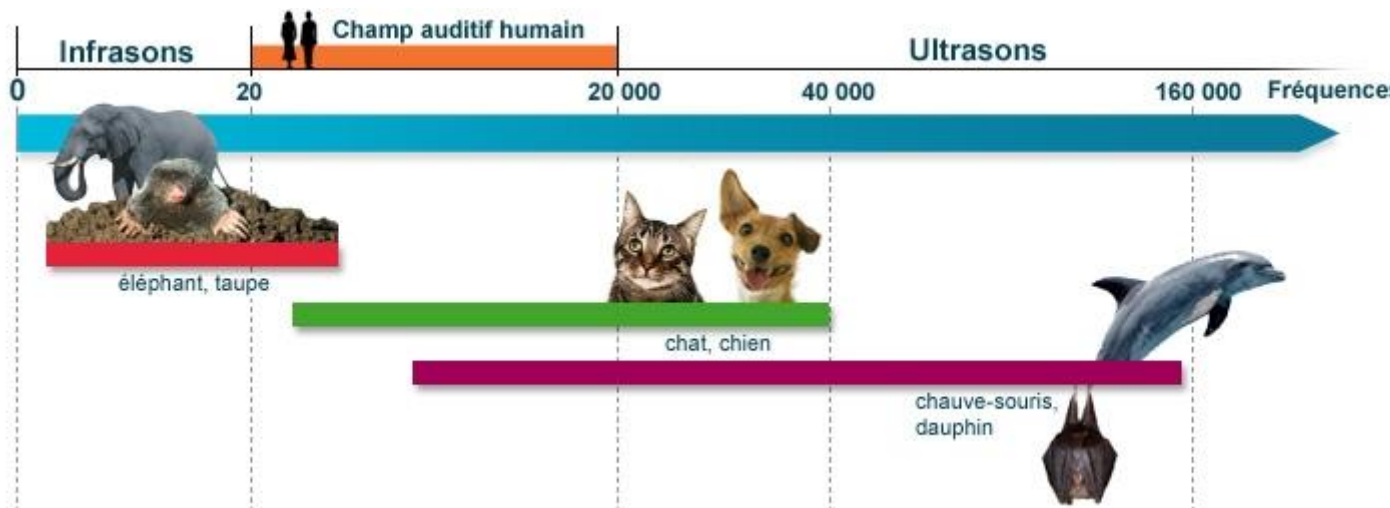
Dans ces conditions notre circulation sanguine et notre ventilation qui sont les fondamentales du métabolisme sont optimum

Les fonctions sensorielles

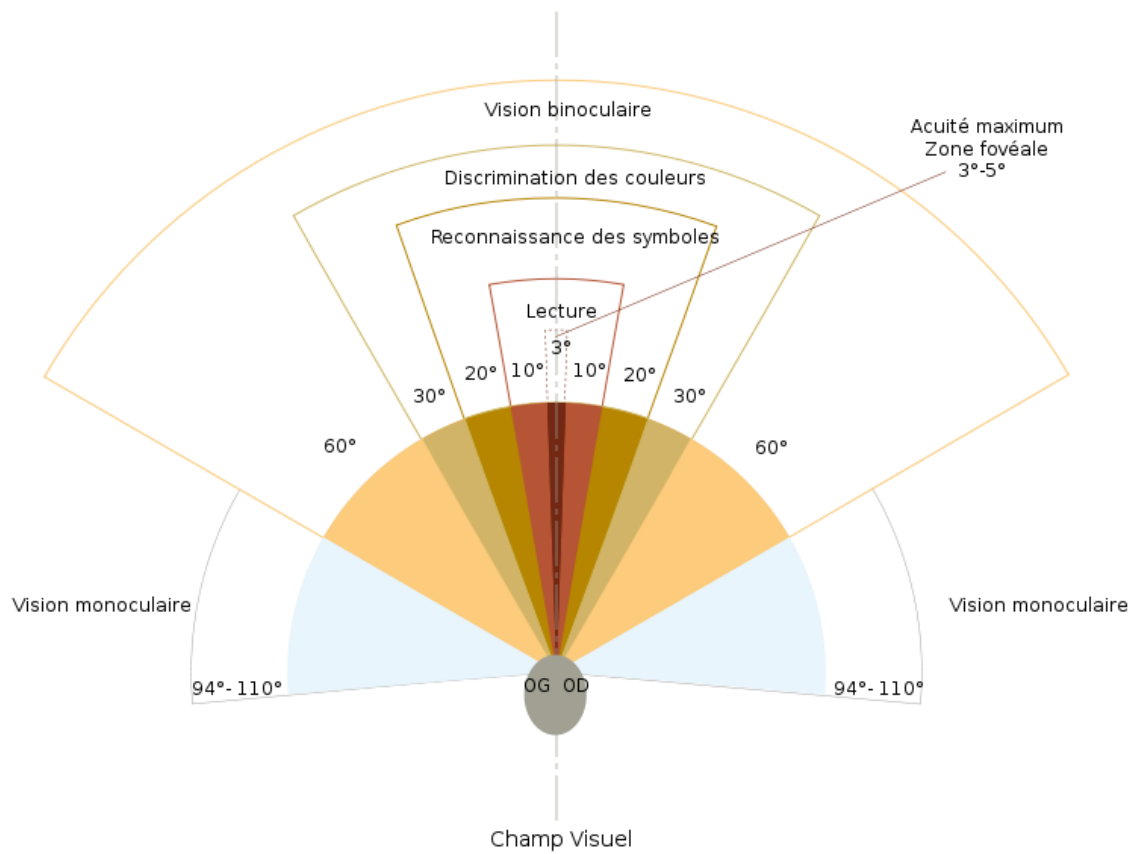
Plus particulièrement la vision et vision des couleurs, l'audition .Sans oublier le sens de l'équilibre qui est géré par l'oreille interne (très important pour les astronautes

Champ sonore :

FRÉQUENCES PERÇUES PAR L'OREILLE HUMAINE ET CELLE DE QUELQUES AUTRES MAMMIFÈRES



Champs visuel :



Pouvoir de résolution de l'œil

Le pouvoir de résolution de l'[œil](#) est d'environ une [minute d'arc](#) ($1' = 1/60^\circ = 0,017^\circ$), soit environ 100 km sur la surface de la [Lune](#) vue de la [Terre](#), ou plus proche de nous, un détail d'environ 1 mm pour un objet ou une image situé à 3 m de distance. Il est limité par la densité de [cônes](#) au niveau de la partie la plus sensible de la [rétine](#). Il est intéressant de constater que cette densité est naturellement optimisée pour correspondre à la limite de [diffraction](#).

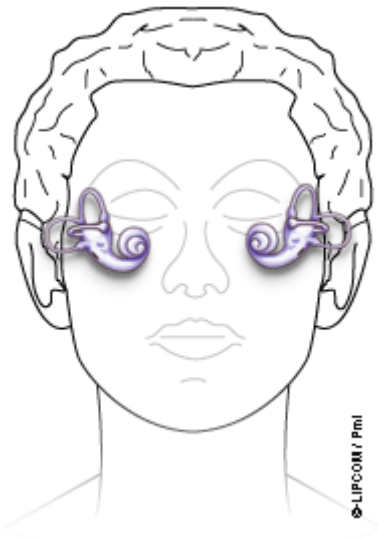
L'image ci-dessous fait apparaître un même sujet avec trois résolutions différentes. À partir d'une certaine distance, l'œil ne fait plus la différence. Il est alors possible de déterminer la résolution d'un ou des deux yeux : il s'agit du rapport entre la taille des gros pixels (image de droite) et la distance à partir de laquelle on ne perçoit plus de différence entre les images.



Position Spatiale

L'oreille est l'organe de l'audition, mais également celui de l'équilibre. L'[oreille interne](#) ou [labyrinthe](#) contient les organes qui donnent le sens de l'équilibre, coordonnent les mouvements de la tête et des yeux et les ajustements de la posture du corps. Les récepteurs de l'équilibre ou récepteurs vestibulaires, au cœur des problèmes de [vertiges](#), informent en permanence le cerveau sur la position exacte de la tête et sur ses déplacements.

Ces informations participent en priorité aux réactions d'adaptation qui maintiennent l'équilibre du corps.



Position des labyrinthes

L'oreille interne est constituée du labyrinthe osseux, qui contient dans sa partie postérieure l'organe de l'équilibre, le vestibule. L'oreille interne de mammifères est composée de deux organes : la [cochlée](#), organe de l'audition, et le [vestibule](#), organe de l'équilibre. La cochlée est responsable de la détection des sons et le vestibule responsable de la détection des accélérations par des [mécanorécepteurs](#) spécifiques. Le vestibule comprend à droite et à gauche de la tête, un ensemble d'organes spécialisés, sensibles aux déplacements ainsi qu'à la position de la tête par rapport au [vecteur gravitaire](#). Le stimulus physiologique des capteurs vestibulaires est l'[accélération](#).

UN CONFLIT D'INTERPRÉTATION DES INFORMATIONS SENSORIELLES DONT LE RESULTAT EST UNE PERCEPTION ERRONÉE DE LA POSITION ET DU MOUVEMENT DU CORPS DANS L'ESPACE PEUT ABOUTIR A UNE DÉSORIENTATION SPATIAL.

Les Stéréotypes : Par nos sens et particulièrement la vision et l'audition nous obéissant physiquement à des signaux de manière instinctive. Mais nous sommes également très limités dans notre champ sonore et visuel.

En psychologie, l'ancrage désigne la difficulté à se départir d'une première impression. C'est un biais cognitif qui pousse à se fier à l'information reçue en premier dans une prise de décision.

Les stéréotypes de couleurs

Le **symbolisme des couleurs** est l'ensemble des associations mentales entre les différentes [couleurs](#) et des fonctions sociales et des valeurs morales. Ce symbolisme varie d'une société à l'autre, dans le temps et dans l'espace.

La couleur en général, en ce qu'elle s'oppose à la grisaille, a sa symbolique, et chaque [champ chromatique](#) en particulier s'associe à des significations qui se sont confirmées dans le temps ou ont pris une connotation nouvelle suivant l'évolution des mœurs ou de la [technologie](#), et des faits [historiques](#).

Oppositions dans le cercle chromatique selon Goethe

Plus

Jaune

Activité

Lumière

Clarté

Force

Chaleur

Affinité pour les acides

Moins

Bleu

Passivité

Ténèbres

Obscurité

Faiblesse

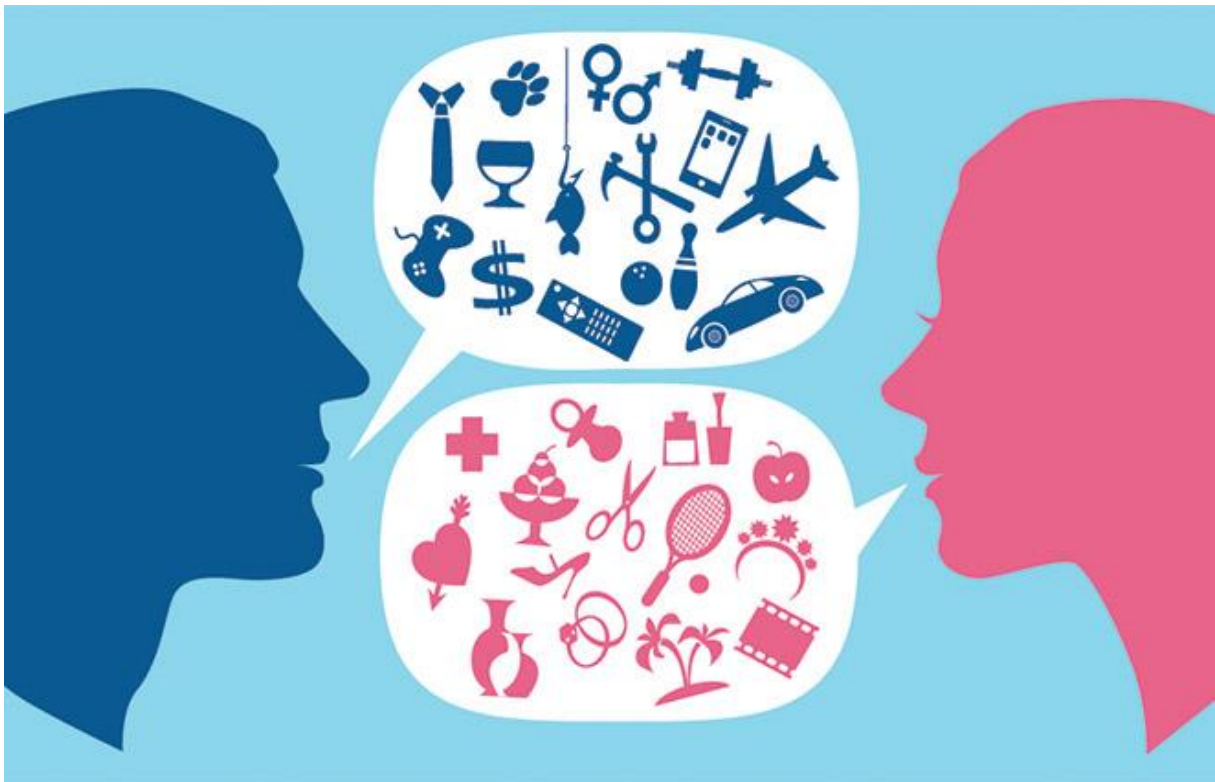
Froid

Affinité pour les alcalis

Comme le remarquera Portal, les symboles s'organisent toujours comme des oppositions¹⁵. C'est ainsi que procède Goethe, associant et opposant les caractères des couleurs. Dans la nomenclature des couleurs, Goethe associe le rouge et le jaune à l'activité, le vert et le bleu à la passivité. Il associe aussi, comme le remarquera Helmholtz, la lumière à la vérité et celle-ci à la pureté, c'est ce qui lui rend scandaleuse l'affirmation de Newton selon laquelle la lumière blanche est un mélange de toutes les couleurs¹⁶. Cependant, soucieux de rester proche des praticiens, Goethe organise les couleurs dans un cercle chromatique et dans un triangle, où leurs relations sont plus complexes.



Les stéréotypes de Visions et D'images



Les stéréotypes de Position, les Pictogrammes les Panneaux

Nous vivons dans un monde d'images qui véhiculent des informations et nous obéissons de manière instinctive à ces pictogrammes et panneaux .Le développement des machines a rendu obligatoire cette signalétique simplifiée .

Les rue de nos villes, nos routes, nos machines (ordinateurs, portables..etc.) nos édifices publics sont couverts de ces dessins dont le seul but est de nous communiquer un stimulus visuel qui se traduit par une réaction de notre part.

Une flèche vers le bas sur un bouton indique que si nous appuyons sur le bouton la machine répondra par une action dirigée vers le bas ...etc. ..Etc.



Vitesse de Réaction et Capacités de stockage du cerveau

Le cerveau humain obéit à des stimulus avec une vitesse de perception de l'ordre du 1000^{ème} de seconde et de réaction de l'ordre du 100^{ème}. L'ordinateur lui c'est au milliardième.

La capacité de stockage d'information est limitée au volume de notre boîte crânienne, pour l'ordinateur il n'y a pas de limite.

Dans le même ordre d'idée notre force physique est très limitée par rapport à celle des machines.

Les cycles et autres fonctions végétative

Nous sommes réglés par le cycle des 24 heures de rotation de la terre sous forme de plusieurs cycles qui portent le nom de cycles circadiens

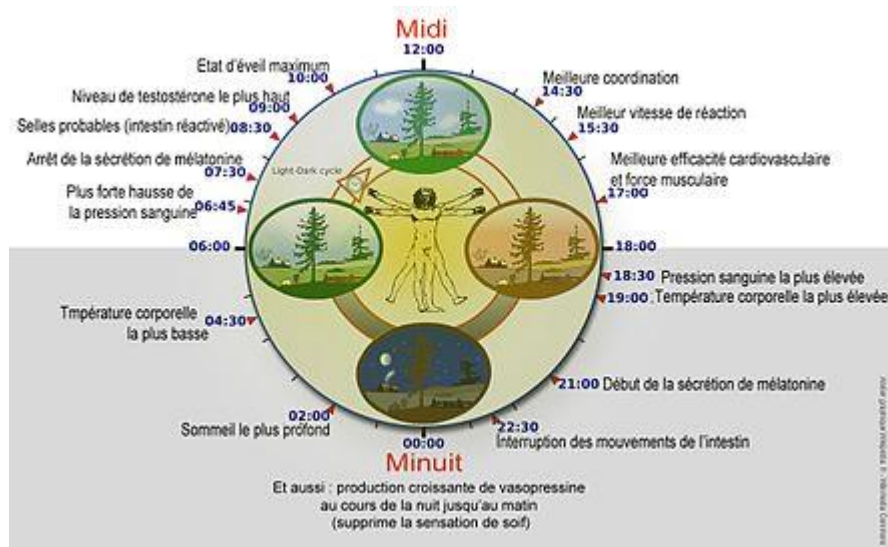
Un rythme circadien est un rythme biologique d'une durée de 24 heures environ, qui possède au moins un cycle par période de 24 heures. Le terme « circadien », inventé par Franz Halberg, vient du latin circa, « autour », et dies, « jour », et signifie littéralement cycle qui dure « environ un jour »².

Le rythme veille-sommeil est celui qui marque le plus nos vies quotidiennes. Il est présent chez la plupart voire la totalité des animaux, incluant les invertébrés. Le rythme circadien le plus visible chez les plantes concerne la position des feuilles et des pétales, qui se redressent ou s'ouvrent plus ou moins selon l'heure de la journée. Des rythmes circadiens peuvent aussi s'observer chez des organismes unicellulaires, comme des moisissures³ et des cyanobactéries.

Au sens strict, les rythmes circadiens sont endogènes. Ils sont produits par des horloges biologiques, qualifiées elles aussi de circadiennes. Celles-ci « tournent » même en absence de tout stimulus extérieur, dans des conditions parfaitement constantes de lumière et de température, pendant des semaines voire des mois. Ce tournage continu s'appelle « free-running ». Dans des conditions constantes, les rythmes endogènes « free-run » pour maintenir la périodicité de 24 heures, mais les rythmes exogènes, sans stimulus, « tournent » indépendamment et ne se conforment pas à la période de 24 heures.

Pour décrire un rythme biologique qui se manifeste uniquement quand l'organisme est exposé à l'alternance jour-nuit, on parle plutôt de rythme nyctéméral. (Important pour les astronautes)

L'étude formelle des rythmes biologiques est appelée chronobiologie.



3 - L'Ergonomie : La machine la façon dont elle est conçue.

Suivant la définition de l'ANACT, l'ergonomie rassemble des connaissances sur le fonctionnement de l'homme en activité afin de l'appliquer à la conception des tâches, des machines, des outillages, des bâtiments et des systèmes de production.

L'ergonomie puise son savoir dans les diverses sciences ayant trait au comportement humain (physiologie, médecine, psychologie, sociologie, linguistique, anthropologie, économie, management, ainsi que les sciences de l'ingénieur) pour les mettre au service de l'Homme au travail.

L'ergonomie est ainsi multidisciplinaire. Elle se définit par l'objectif à atteindre et non par la méthode. Elle vise simultanément la santé de l'humain au travail et son efficacité.

L'ergonomie est fondée sur des modèles de la situation de travail qui mettent l'accent sur la différence de nature entre la tâche (projet, consigne, du domaine du virtuel, du futur) et l'activité (réalité, réponse aux aléas du quotidien), le corps prend ainsi des postures, actionne des commandes, gère (consciemment ou non) des processus de pensée, communique avec autrui, organise ses actions, etc.

Les systèmes concernés par l'adaptation du travail à l'Homme peuvent être des espaces physiques de travail (par ex. postes de contrôle, chaînes de production ,poste de pilotage d'un avion , habitacle d'une voiture ou d'une satellite comme l'I.S.S....ect), des éléments de ces espaces (par ex. synoptiques, tableau contrôles-commandes), des processus de gestion de la production, des interfaces professionnelles ou grand public (on parle alors d'interface homme-machine, telles que des logiciels, des sites internet/intranet), ainsi que l'organisation du travail (rotation des horaires, organisation des services) et modes de management.

L'Interface Homme-Machine : I.H.M ,.ou les relations de l'homme avec la machine

Le domaine d'interactions Homme-machine, appelé IHM, s'intéresse à la conception et au développement de systèmes interactifs en prenant en compte ses impacts sociétaux et éthiques. L'homme interagit avec les ordinateurs qui l'entourent, cette interaction nécessite des médiatrices qui facilitent la communication entre l'homme et la machine. La facilitation de l'utilisation de dispositifs devient de plus en plus importante avec le nombre croissant d'interfaces numériques dans la vie quotidienne. L'IHM a pour but de trouver les moyens le plus efficaces, les plus accessibles et les plus intuitifs pour les utilisateurs afin de compléter une tâche le plus rapidement et le plus précisément possible. L'IHM est pluridisciplinaire, elle bénéficie de la physiologie, des sciences cognitives, linguistiques et de psychologie.

C'est la machine dès son apparition au milieu du 19^{ème} siècle qui a posé problème.

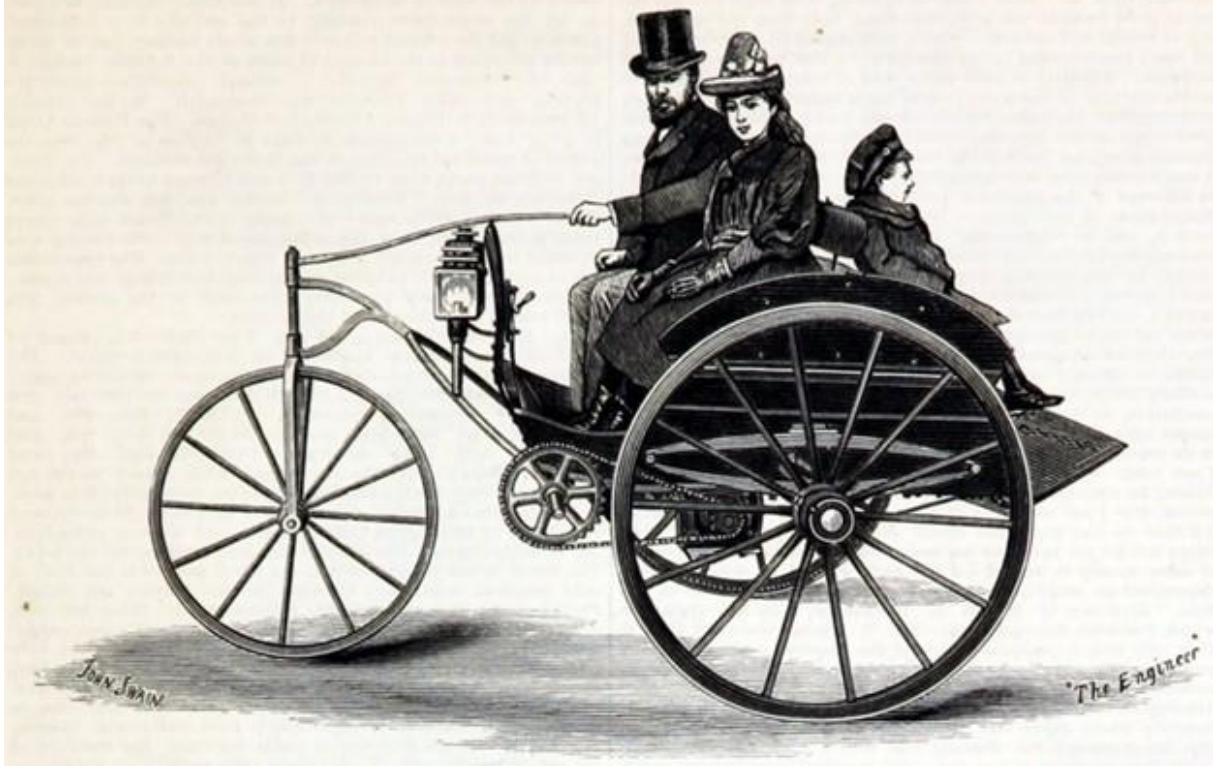
Dans un premier temps la technique prenant le pas, l'homme s'est adapté tant bien que mal mais très vite en raison des risques, des accidents et de la pénibilité la question de l'adaptation de la machine à l'homme s'est imposée avec le nombre croissant de machines utilisées.

L'ergonomie a très vite progressé avec le développement des automobiles, des avions des ordinateurs et de la conquête spatiale.

Une voiture dans son environnement terrestre est déjà un système Homme-Machine relativement complexe ; c'est ce système largement diffusé et étudié qui a fait faire d'énormes progrès à l'ergonomie, progrès par la suite transposés à l'aviation et au domaine spatiale.

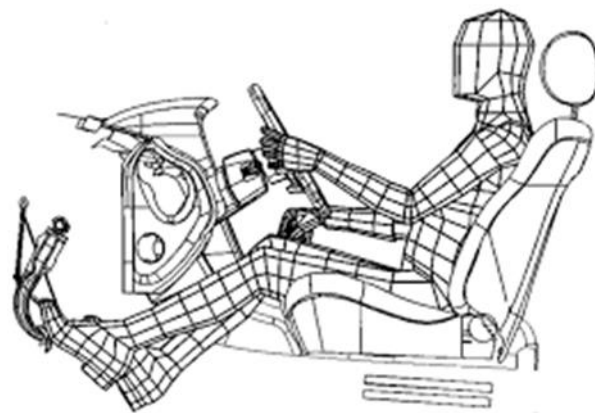
Première approche : Début du 20^{ème} siècle on passe directement de l'hippomobile à l'Automobile sans tenir compte de l'évolution imposée par la vitesse .

VOLK'S ELECTRICALLY PROPELLED DOG CART.



Deuxième approche 35 ans plus tard on tient déjà compte des facteurs de risque et de confort





Situation actuelle : Le confort et la sécurité sont totalement pris en compte dans la conception de la machine. Un siècle de recherche et d'adaptation pour intégrer la dimension humaine



Prochaine étape (en cours de réalisation) l'homme passera de conducteur à spectateur par la conduite automatique.

4 l'I.S.S. : La Vie à Bord

C'est à ce jour le système Homme-Machine le plus complexe qui a détrôné celui du couple pilote d'avion et contrôleur aérien.

On flotte



On fait du Sport



On se prépare à Sortir



On est dehors pour des missions délicates

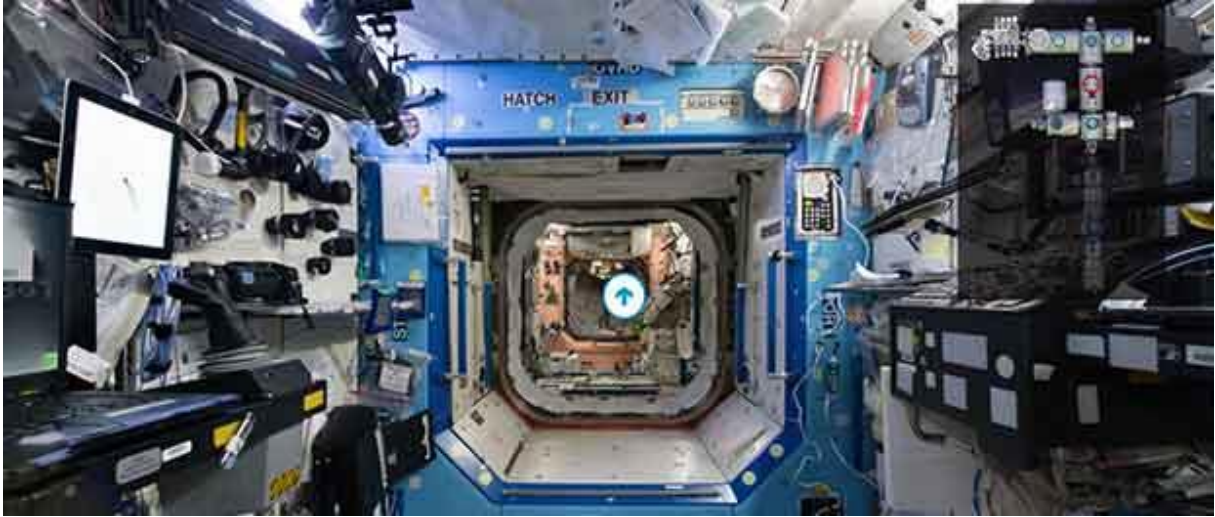


S114E6646

On Y travaille dans des laboratoires



On peut se déplacer dans de longs couloirs, Pressurisés



Hygiène



On prend des repas à table



On prépare son lit avant de dormir

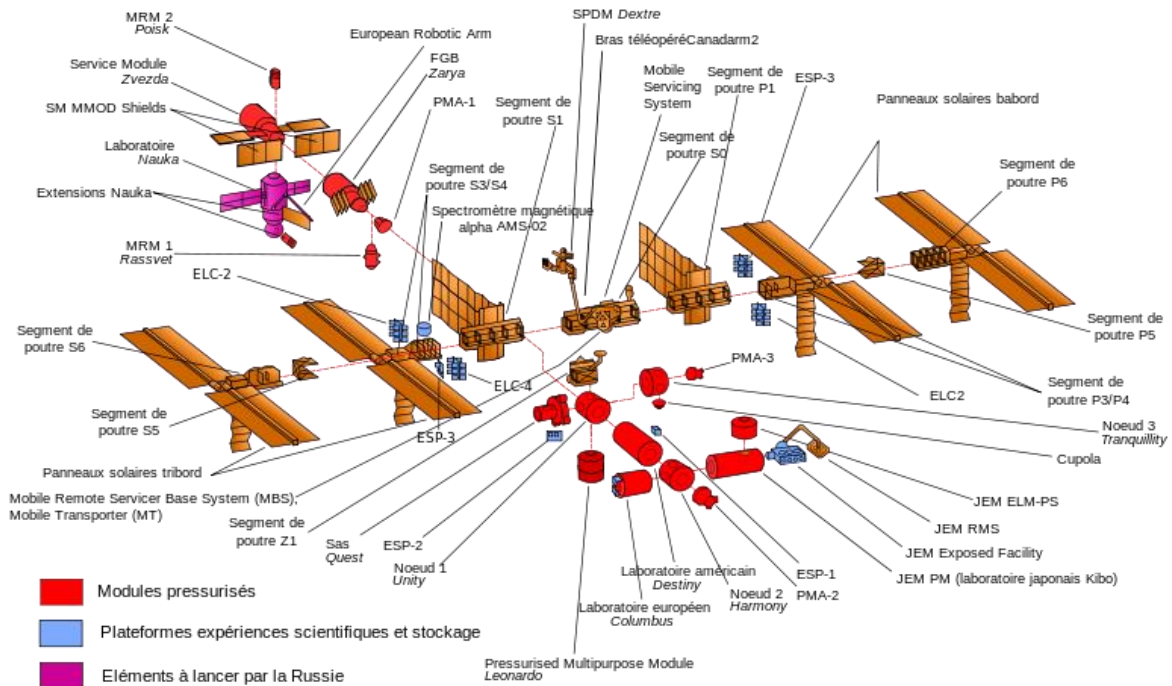


On s'amuse



Configuration de la station spatiale internationale

In mai 2011 (ULF6 - STS-134)



Hauteur de l'orbite 408 km Vitesse 27600 km/h Poids 400 t long.110m larg.74m haut.30m

Volume de 900 m3 dont 400m3 habitables 15 modules pressurisés

4 laboratoires : biologie- Physiologie de l'impesanteur – sciences des matériaux-astronomie

6 astronautes

Les 3 données Fondamentales du Système Homme-I.S.S.

-L'Homme : Doit être dans un état physique et de santé optimum.

Ce qui suppose une sélection drastique des candidats sur le plan physiologique et de santé mais également sur le plan psychologique .Les tests physiques, médicaux et cognitifs sont nombreux complétés par une préparation physique longue et contraignante de plusieurs années .Les candidats sont nombreux et les élus beaucoup moins.

Le niveau de formation requis est très élevé, ce sont souvent des médecins spécialisées, des ingénieurs, des chercheurs, qui sont parfois passés par des écoles de pilotage.

Exemples :

- Taille/poids .dans la moyenne.

- Etat Musculo /squelettique : Ni trop ni pas assez de muscles (Pb de métabolisme et Micropesanteur, ou d'impesanteur)
- Oreille Interne : parfaite.
- Antécédents médicaux : néant
- Très bon équilibre psychologique
- Très bonne formation à l'utilisation des machines.
- Très intensive préparation physique.

- **- L'Environnement**, Très hostile pour plusieurs raisons :
 - -Très forte vitesse d'éjection pour vaincre l'attraction terrestre.
 - *La vitesse de satellisation minimale autour de la Terre est de 7,9 km/s (soit 28440km/h)*
 - - Absence d'oxygène.
 -
 - - Absence de pesanteur ou micropesanteur ou impesanteur
 - - Exposition aux rayons cosmiques.
 - - Risque lié à des micrométéorites.
 - -Très grande vitesse de rotation autour de la terre.
 - -Risques liés aux machines en raison de leur complexité (satellisation , retour sur terre et en cours de séjour)
 - - Milieu confiné.
 - - Sur le plan psychologique : A la fois relation avec le groupe et isolement par rapport à la famille et amis.
 -

- **La Machine** : C'est un euphémisme de dire que c'est une machine qui condense à la fois toutes les avancées technologiques et scientifiques du moment, qui est un véritable laboratoire qui met à l'épreuve toutes les capacités physiologiques de l'homme.
- On se situe au sommet des interactions Homme-Machine dans un processus d'amélioration et de complexification permanent.

5- Conséquences sur le Plan Physiologique d'un Séjour dans l'Espace

Le mal de l'espace, qui est assimilable au mal des transports au niveau des causes (perte d'orientation) comme des symptômes (nausée), affecte certains astronautes mais disparaît généralement au bout de quelques jours.

L'Atrophie Musculaire et la Décalcification, un séjour prolongé de 6 à 7 mois en impesanteur a des conséquences physiologiques bien plus importantes. Les plus graves sont l'atrophie musculaire et la décalcification du squelette due à l'absence de stimulation par le poids corporel des mécanismes de renouvellement de la masse osseuse.

Pour réduire les conséquences néfastes de l'impesanteur, la station est équipée de deux tapis roulants (TVIS et T2/COLBERT), deux cycloergomètres (CEVIS et VELO) et une machine de musculation sur lesquels chaque astronaute doit pratiquer des exercices durant au minimum deux heures par jour. Les astronautes utilisent des tendeurs pour se maintenir en place. Ces exercices intensifs ne permettent pas de combattre totalement la perte de densité osseuse et l'atrophie musculaire chiffrées respectivement à 7 % et 10 % pour les parties les plus touchées, selon une étude récente sur un échantillon de 15 astronautes ayant séjourné environ 6 mois dans la station.

Congestion Faciale, On constate également une redistribution des fluides corporels entraînant entre autres une congestion faciale (le sang monte à la tête).

Un ralentissement du rythme cardiaque.

Une diminution de la production des globules rouges.

Une exposition à des radiations cosmique, La station spatiale n'est pas protégée par le champ magnétique et l'atmosphère terrestre qui au sol filtrent les rayonnements nocifs et l'équipage est exposé à un niveau de radiations plus élevé généré par les rayons cosmiques. Les astronautes reçoivent en moyenne chacun 1 millisievert de radiation par jour, soit la quantité reçue par une personne sur Terre au cours d'une année du fait du rayonnement naturel. Il en résulte une probabilité plus forte que l'astronaute développe un cancer dans le futur (le taux de mortalité par cancer est de 2,48 fois plus élevé chez les astronautes mais l'échantillon est trop faible pour savoir si ce chiffre est représentatif). Un niveau de radiation élevé crée des dommages dans les chromosomes des lymphocytes. Or ces cellules jouent un rôle central dans le système immunitaire et donc tout dommage occasionné à celles-ci réduit l'immunité des astronautes

Un affaiblissement du système immunitaire. Ce qui peut avoir des conséquences très graves car c'est un milieu fermé avec forte promiscuité. . Au bout d'un certain temps, la faiblesse des défenses immunitaires peut conduire à la propagation d'infections au sein de l'équipage, dont la diffusion est par ailleurs favorisée par le milieu confiné dans lequel ceux-ci vivent. Les radiations favorisent également l'apparition de cataractes. Des boucliers antiradiations et des médicaments pourraient réduire ces risques à un niveau acceptable, mais les données disponibles sont peu nombreuses. Aujourd'hui tout séjour de longue durée dans la station entraîne un risque croissant³⁰. Malgré des protections antiradiations renforcées par rapport aux stations précédentes comme Mir, le niveau de radiation à l'intérieur de la station spatiale n'a pu être réduit de manière significative, et on pense que de nouvelles avancées technologiques seront nécessaires avant que l'homme puisse effectuer des vols de longue durée dans le système solaire.

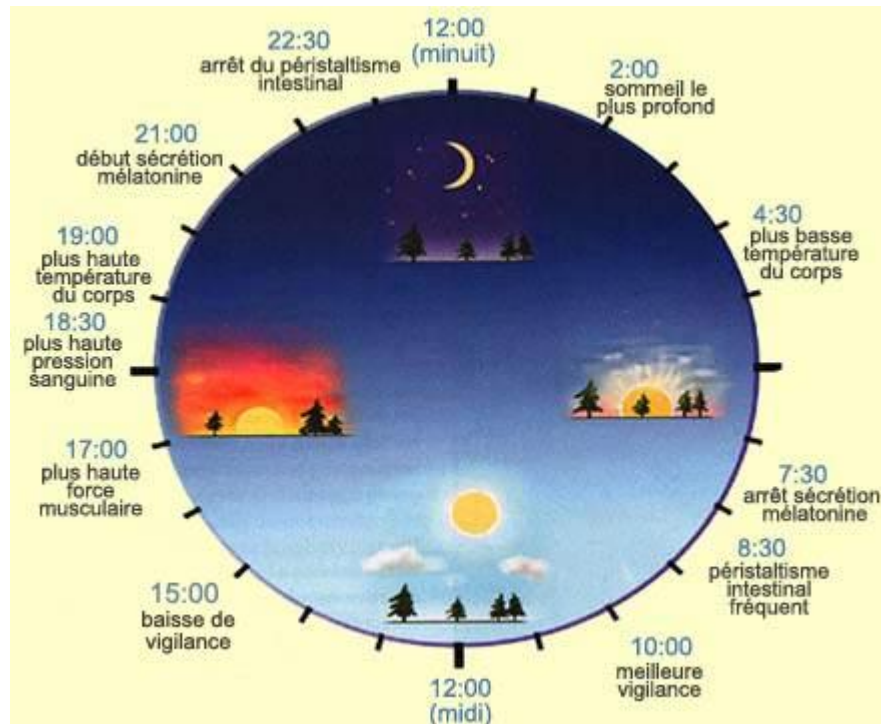
Une perte de poids.

Une perturbation du sommeil, due au dérèglement de la sécrétion de la mélatonine, hormone du sommeil du fait de l'éclairage, du travail sur écran et de la perturbation d'un des cycles circadien par le nombre de rotation par 24 heures autour de la terre .le cycle nycthéral

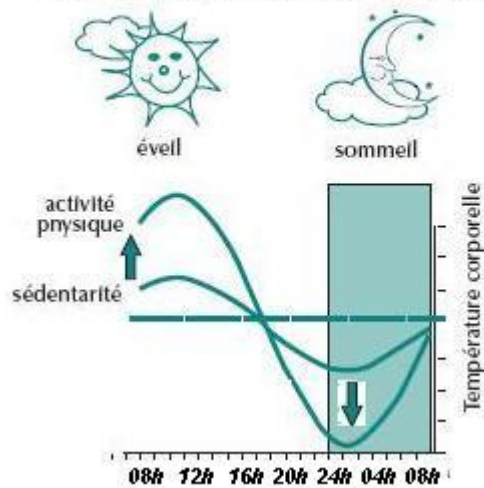
Le Rythme Nycthéral

La mélatonine est une hormone commune dans le monde animal, qui intervient dans la synchronisation du rythme biologique sur la durée jour/nuit qui varie selon les saisons, et la position géographique du sujet concerné (d'autant plus qu'il est proche des pôles et éloigné de l'équateur).

Certaines professions occasionnent ce qu'on appelle des « troubles » du nycthéral notamment le travail de nuit et les travaux en horaires décalés (cosmonautes, pilotes d'avion, steward, conducteur de trains, chauffeurs routiers, infirmier, etc.).



Représentation schématique des effets de l'activité physique sur le rythme circadien de la température centrale



Des flatulences.

Les deux dernières catégories d'effets disparaissent toutefois rapidement une fois l'astronaute revenu sur Terre.

Emploi du temps et vie dans L'I.S.S.

Emploi du temps

Une journée typique à bord de la station démarre à 6 heures. Une inspection de la station est effectuée puis l'équipage prend son petit déjeuner. Une conférence a lieu avec le centre de contrôle pour organiser la journée avant d'entamer le travail à 8 h 10. Une séance d'exercice physique est planifiée au cours de la matinée de travail. Cette dernière s'achève à 13 h 5. Après une pause déjeuner d'une heure, le travail reprend avec un nouvel exercice physique intercalé au cours de l'après-midi. La journée de travail s'achève à 19 h 30. Le dîner et une réunion de l'équipage suit. Enfin la période allouée au repos démarre à 21 h 30. En général, l'équipage travaille dix heures par jour en semaine et cinq heures le samedi, le reste du temps étant consacré aux activités de détente¹⁰³.

Les phases de repos

La station comporte des compartiments destinés au repos : deux dans la partie russe, deux dans le module Harmony, un dans le module Kibo. Les compartiments américains sont amovibles et s'installent dans un emplacement de rack tandis que les Russes disposent de mini-cabines avec des cloisons en dur. Dans les deux cas, l'occupant y dort dans un sac de couchage accroché à la paroi ; il peut y écouter de la musique, utiliser un ordinateur et y stocker quelques effets personnels¹. Les visiteurs, qui n'ont pas d'emplacement réservé pour dormir, accrochent leur sac de couchage sur une cloison libre (on peut dormir en flottant dans la cabine mais généralement les astronautes évitent de le faire car ils peuvent heurter et endommager durant leur sommeil un équipement fragile)¹. Toutes les 24 heures se succèdent 16 périodes d'obscurité et de jour, aussi, durant la période définie comme étant la nuit, des rideaux obturent les hublots. Par ailleurs il est nécessaire que dans les compartiments affectés au repos l'air soit bien ventilé, car en [impesanteur](#) l'air chaud ne monte pas et l'astronaute peut se réveiller à cause d'une sensation d'asphyxie car sa tête se retrouve entourée d'une bulle de dioxyde de carbone exhalée durant son sommeil¹⁰⁶.

Les Repas

Les menus, qui reviennent selon un cycle de 15 jours, sont choisis par chaque astronaute plusieurs mois avant son départ pour la station avec l'aide de diététiciens qui veillent à l'équilibre des repas. Des ajustements sont effectués pour tenir compte des conditions qui règnent dans la station : diminution de la proportion de fer qui est moins bien assimilé car le volume de globules rouges diminue, réduction de la quantité de sodium et augmentation de la dose de vitamine D pour favoriser la croissance osseuse. La nourriture épicée a généralement la préférence des astronautes

car, en l'absence de gravité, les senteurs ne montent plus jusqu'aux muqueuses du nez et le sens du goût disparaît en grande partie^{106,109}.

L'hygiène

Depuis que le projet de module d'habitation américain a été abandonné, il n'est plus prévu que la station spatiale dispose de douche. Les membres de l'équipage se lavent en utilisant un robinet, des lingettes humides avec du savon présenté dans un conditionnement similaire à celui des tubes dentifrice. L'équipage dispose de shampoing ne nécessitant pas de rinçage et de pâte à dentifrice qui peut être avalée. Il y a deux toilettes dans la station, situées respectivement dans les modules Zvezda et Destiny. Les toilettes utilisent un système de suction généré par un ventilateur semblable à celui mis en œuvre dans la navette spatiale américaine. Les astronautes doivent s'attacher à la cuvette des toilettes, qui est équipée avec un système assurant l'étanchéité durant l'opération¹⁰⁶. La suction générée par le ventilateur permet d'évacuer les déchets qui sont conditionnés dans des sacs stockés dans un container en aluminium. Lorsqu'un container est plein, il est transféré dans le vaisseau cargo Progress qui l'évacue. Les urines sont collectées à l'aide d'un tuyau, au bout duquel se trouve connecté un embout personnalisé adapté à l'anatomie de l'utilisateur, ce qui permet aux hommes comme aux femmes d'utiliser le même système.

6- Le Retour sur Terre



RÉACCLIMATATION. L'astronaute Thomas Pesquet et son collègue russe Oleg Novotski ont atterri au Kazakhstan vendredi 2 juin 2017, après un séjour de six mois dans l'ISS et un vol de près de 4h à bord d'un Soyouz MS-03. Le Français a ensuite rejoint Cologne (Allemagne) et le Centre européen des astronautes, où il a passé sa première nuit. Il y demeurera sous surveillance médicale pendant trois semaines de réacclimatation à la gravité terrestre. Brigitte Godard, son médecin à l'Agence spatiale européenne (ESA) a déclaré à l'AFP qu'il se réadapte déjà de façon "rapide" et va "vraiment bien", ce qui lui a permis de retrouver son appartement dès dimanche soir. Elle a assisté à l'atterrissage de la capsule Soyouz vendredi après-midi dans les steppes du Kazakhstan et est ensuite revenue en avion à Cologne avec Thomas Pesquet. Le premier examen clinique mené sous une tente dressée près de la capsule n'a montré aucun stigmate de son séjour. Le plus difficile a été de retrouver la gravité après six mois en apesanteur.



Les astronautes comme Thomas Pesquet sont soumis à des conditions de vie qui peuvent altérer leur santé. De véritables changements s'opèrent au niveau physiologique, certains réversibles, d'autres non.

Après six mois passés à bord de la Station spatiale internationale pour sa mission Proxima, l'astronaute de l'Agence spatiale européenne Thomas Pesquet est revenu sur terre le vendredi 2 juin 2017 à bord de la capsule Soyouz. Une période que le Français a bien mise à profit puisqu'il a mené pas moins de 60 expériences scientifiques ainsi que des opérations de maintenance de l'avant-poste orbital. Il a également effectué deux sorties dans l'espace et partagé sur les réseaux sociaux son extraordinaire aventure.

Suite à ce retour, l'astronaute sera soumis à une batterie de tests de santé, qui permettra aux scientifiques d'en savoir toujours plus sur les effets d'un long séjour dans l'espace sur l'organisme. Si Thomas Pesquet a passé ces six mois dans l'espace sans problème de santé, il s'est tout de même exposé à des risques connus. Dès leur arrivée, certains astronautes peuvent subir un "mal de l'espace", comparable au mal des transports sur Terre.

"C'est un phénomène assez mystérieux qui apparaît dans la majorité des cas quelques heures après le départ, l'astronaute peut être incapable de faire quoi que ce soit. Cela s'explique par une hypertension intracrânienne: avec l'impesanteur, l'eau est attirée vers le haut du corps. C'est pour cela que certains ont une tête bouffie".

Tout le corps se fragilise.

Les astronautes reviennent sur terre plus grands qu'au départ de 1 à 3,5cm

Un phénomène qui ne dure pas plus longtemps que deux à trois jours étant donné que l'organisme s'adapte. Il faut attendre plusieurs semaines avant que des conséquences plus graves ne se manifestent. Encore une fois, la fautive n'est autre que l'impesanteur qui agit sur plusieurs parties du corps: le débit sanguin se réduit, les os s'allègent, les muscles fondent, le système cardiovasculaire et même l'horloge interne sont déréglés.

En clair, plus un astronaute séjourne dans l'espace, plus l'organisme perd les caractéristiques utiles à son fonctionnement sur Terre. "C'est pourquoi les astronautes sont sous haute surveillance et que tout est fait pour préserver leur condition physique.", indique le Centre national d'études spatiales (CNES). Ainsi, il précise "qu'un astronaute peut perdre jusqu'à 20% de sa masse osseuse en six mois dans l'espace. Et il lui faudra deux à trois ans sur Terre pour les récupérer. "

Il s'agit de la partie du corps la plus touchée. "On ne connaît pas les raisons exactes de cette perte osseuse mais on soupçonne une perte de calcium. Cela ressemble à de l'ostéoporose car les os se fragilisent et il y a également un risque de calculs rénaux." Plus généralement, le corps humain se dégrade, comme s'il vieillissait en accéléré. Les muscles sont rapidement touchés: "puisque'il n'y a plus de gravité, ils sont beaucoup moins sollicités."

Ce qui explique pourquoi les astronautes se doivent réellement de garder la forme avec une activité physique intense en orbite. Le système nerveux est lui aussi perturbé puisque le sommeil, la concentration et les capacités d'orientation et de coordination sont altérés. "C'est pour cette raison qu'après leur retour sur Terre, il leur est interdit de conduire pendant un moment". Autre modification physiologique, le système cardiovasculaire qui devient paresseux puisque le cœur n'a pas à travailler aussi fort que sur Terre.

Que se passera-t-il pour des missions de très longue durée comme la colonisation de la planète Mars? "Les passagers seraient en vie mais pas suffisamment en bonne forme pour travailler.



Quid des radiations?

. Les scientifiques s'intéressent également à d'autres répercussions d'un séjour dans l'espace, plus difficiles à évaluer: les radiations. Le danger réside dans le fait qu'une exposition au rayonnement cosmique peut modifier l'ADN et provoquer des dommages aux cellules.

On pense notamment au cancer mais selon Nicolas Foray, chercheur au centre de recherche en cancérologie de Lyon, celui-ci est minime. "Le risque peut être mesurable à partir de 250 jours de voyage dans l'espace mais très peu d'astronautes restent aussi longtemps". Ce dernier estime par ailleurs qu'il est encore difficile d'estimer précisément le danger car "la cohorte d'astronautes qui a vécu dans l'espace est trop faible". Certes, les astronautes sont exposés chaque jour aux radiations mais c'est aussi le cas sur Terre.

"Dans l'espace la radioactivité ambiante est de l'ordre de deux fois plus importante que la radioactivité naturelle la plus forte sur Terre. Mais Thomas Pesquet a dû recevoir plus de radiations sur Terre avec des scanners que pendant sa mission. Par ailleurs nous ne sommes pas tous égaux face à ce risque, en fonction de notre radiosensibilité et il n'est pas possible pour les agences spatiales de le savoir."

Ce qui est sûr en revanche, c'est que dans l'espace les radiations ont un effet sur le cristallin de l'oeil, ce qui favorise une cataracte, une opacification du cristallin principalement due au vieillissement. "C'est le principal risque radio-induit", atteste Nicolas Foray selon qui des recherches pourraient être menées pour élaborer des lunettes spéciales.

Un astronaute de l'ISS reçoit en moyenne une dose de rayonnement de 5 mSv par semaine, ce qui correspond à la dose annuelle que nous recevons sur terre. Autre comparaison : en 4 semaines, il absorbe 20 mSv qui est la limite annuelle autorisée pour les travailleurs du secteur nucléaire.

Dernières Nouvelles de la recherche médicale spatiale

Scott Kelly est désormais un homme à part. Cet astronaute américain de 54 ans a passé quelque 340 jours à bord de la station spatiale internationale entre 2015 et 2016. Et aujourd'hui, 7 % de ses gènes sont modifiés, rapporte BFM TV, citant une étude de la Nasa, dont les premiers résultats avaient été publiés en 2017. Une mise à jour avait été effectuée en janvier 2018, puis une seconde le jeudi 15 mars 2018.

Pour parvenir à ce résultat, l'agence américaine a étudié l'ADN de Scott Kelly et celui de son frère jumeau Mark (identique donc). Mark Kelly aussi est astronaute, mais ses pieds n'ont jamais quitté la terre ferme. Les chercheurs ont analysé les protéines de l'astronaute, mais aussi ses métabolites, ou encore la cytokine produite par ses cellules immunitaires. Et ce avant, pendant et après sa mission à bord de l'ISS. L'étude montre que deux ans après le retour de Scott Kelly sur Terre, son ADN a changé de façon permanente.

7- Les Laboratoires spécialisés dans la médecine spatiale

Ils sont très nombreux à travailler sur les problèmes de physiologie dans l'espace aux U.S.A. ,en Russie , en Chine , au Japon .

En France c'est le **MEDES** qui dépend du CNES

Depuis sa création en 1989, MEDES œuvre pour maintenir et contribuer à développer une compétence française en médecine et physiologie spatiales et pour promouvoir les applications de la recherche spatiale dans le domaine de la santé.

MEDES s'implique ainsi activement dans 3 principaux secteurs : le support en médecine et physiologie spatiales pour l'exploration spatiale, la recherche clinique et enfin la télésanté et le support au suivi épidémiologique. MEDES, filiale santé du CNES, soutient la mission Proxima.

MEDES s'investit notamment auprès du CADMOS pour la préparation puis le suivi des expériences de physiologies embarquées à Bord de l'ISS et détache une partie de son personnel au Centre des astronautes européens (EAC), à Cologne, pour le suivi de l'entraînement et l'accompagnement médical des astronautes.

Et LE CADMOS

Mise en œuvre des expériences scientifiques réalisées par les astronautes dans l'espace

Lieu : CNES, Toulouse

Le CADMOS est le Centre d'Aide au Développement des Activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales. C'est une entité du CNES créée en 1993 qui accompagne le volet scientifique des vols habités. Le CADMOS intervient sur la préparation, et le suivi en vol des expériences, ainsi que sur l'archivage des données issues de ces expériences. Sa particularité est d'être un expert en Micropesanteur. Ses ingénieurs connaissent parfaitement les contraintes liées aux missions habitées en termes de sécurité et de modification de l'environnement. Ses activités sont concentrées autour de la physiologie et des sciences de la matière. Dans le cadre de Proxima, en plus de ses activités habituelles, le CADMOS a développé 7 expériences exclusivement conçues pour la mission de Thomas Pesquet.

Ses équipements comprennent une salle de contrôle et des laboratoires. La salle de contrôle permet aux ingénieurs d'assurer le suivi des opérations à bord de la station spatiale internationale.

- Le CADMOS est pleinement impliqué dans la mission Proxima puisqu'une vingtaine d'expériences de la mission de Thomas Pesquet sont suivies dans ses locaux.

A l'occasion des vols spatiaux, les scientifiques organisent régulièrement des expériences en état de micropesanteur (la micropesanteur est un état où l'absence de pesanteur n'est pas totale, comme à bord de la Station Spatiale Internationale par exemple). Le but ? Observer des phénomènes physiques et physiologiques qui, au sol, seraient invisibles à cause de la pesanteur. Concrètement, il peut s'agir d'étudier le fonctionnement du cœur, d'analyser les propriétés de certains fluides ou encore d'observer le comportement d'un matériau à haute température. Des expériences dans lesquelles le CADMOS joue un rôle central : implanté au Centre Spatial de Toulouse, ce laboratoire aide les scientifiques à préparer ces expériences, en assure le suivi, et recueille les données obtenues. Quant aux dispositifs spatiaux que les scientifiques du CADMOS utilisent pour accéder à

cet état de micropesanteur, il s'agit principalement de la Station Spatiale Internationale, de l'Airbus A300-Zéro G et de capsules automatiques.

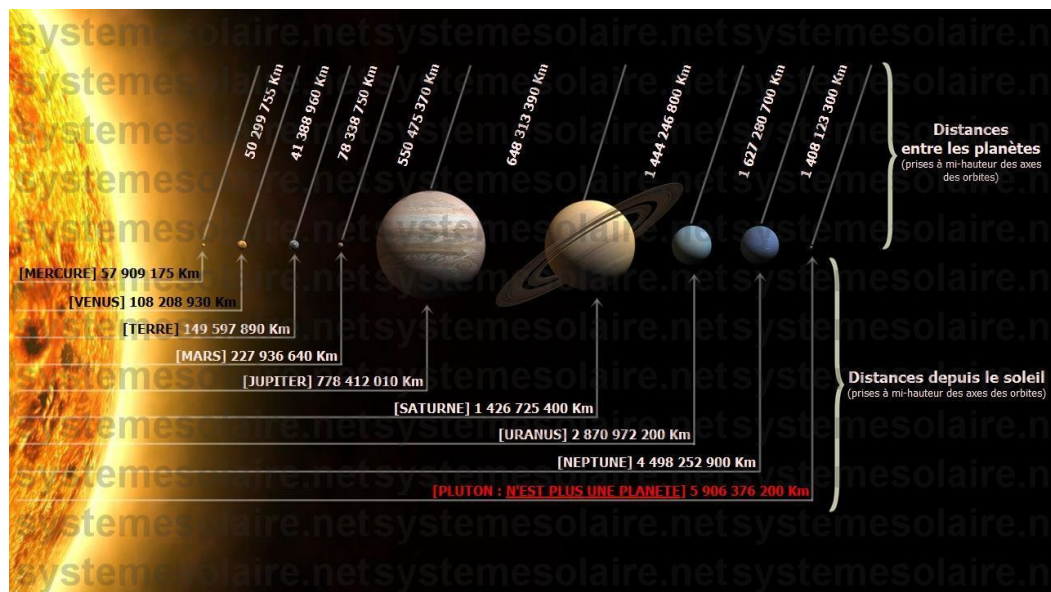
Créé en 1993, le CADMOS mène des expériences dont l'échelon est tout à la fois national, européen (pour le compte de l'ESA), ou bien s'inscrivant dans le cadre de coopérations multilatérales (notamment avec la Russie et les Etats-Unis). Preuve de son savoir-faire, le CADMOS est l'un des neuf centres au sol européens à avoir été retenu par l'ESA pour aider les utilisateurs de la Station Spatiale Internationale à en exploiter les équipements.

---Pour résumer : Le MEDES réalise les études et le CADMOS le suivi directement avec la station spatial.

Consulter : www.medes.fr

8 A la Conquête de l'espace

A- Le système solaire



Le premier Homme dans l'espace



Youri Gagarine – Vostok 1 le 12 avril 1961



Nombre d'astronautes qui ont voyagés dans l'espace

Si les planètes, la Lune et les étoiles font rêver des milliards d'humains à travers le monde, les chanceux qui ont eu droit de vivre cette expérience sont bien moins nombreux ! En 57 ans d'activité, un peu plus de 550 personnes se sont envolées pour l'espace.

1957-2017, 60 ans d'espace : hommes et femmes en orbite

554 voyageurs
de l'espace
1247 passagers
au total

554

312 vols orbitaux
habités
6,3% du total des
lancements

312

~140 personnes-
années
Temps global passé
en orbite

140

27 hommes ont
survolé la Lune
12 astronautes ont
marché sur la Lune

27

6 échecs
(5 mortels)
18 morts en cours
de mission

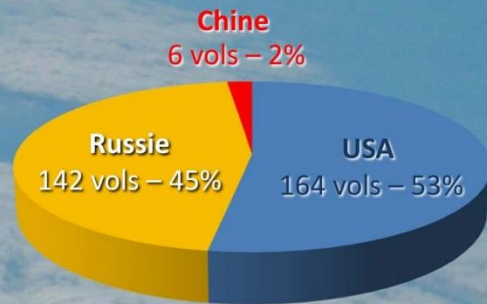
6



Hommes :
493 (89%)



Femmes :
61 (11%)



Programme	Missions
Vostok	6
Mercury	4
Voskhod	2
Soyouz	134
Gemini	10
Apollo	11
ASTP	2
Skylab	3
Space shuttle	134
Shenzhou	6



Et les Français !

- Jean-Loup Chrétien, est le premier spationaute français et européen occidental à s'être aventuré dans l'espace. Il s'envole le 25 juin 1982 à bord d'un vaisseau Soyouz pour rallier la station spatiale soviétique Saliout. Une mission qui durera au total 189 jours mais ne sera pas la seule de l'astronaute.

Le 17 novembre 2016, Thomas Pesquet a pris son envol en direction de la Station spatiale internationale (ISS). Il est devenu alors le 10e astronaute français à avoir voyagé dans l'espace.

La Lune : Les américains ont posé le pied sur notre satellite pour la premier fois en juillet 1961avec le programme Apollo.

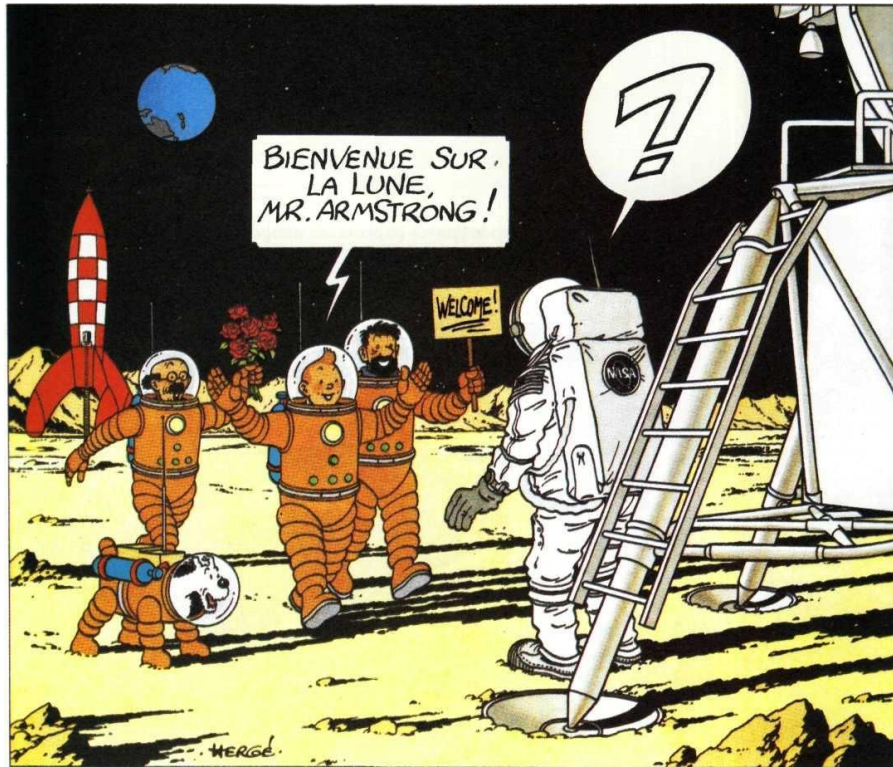


Apollo 11 lancement de la fusée Saturne V en juillet 1969



Premier pas sur la lune : de Niel Amstrong le21 juillet 1969

« That's one small step for [a] man, one giant leap for mankind » ce qui peut se traduire par « C'est un petit pas⁴³ pour [un] homme, [mais] un bond de géant pour l'humanité ».



Dessin envoyé par Hergé à Armstrong en 1969

ETUDES REALISEES DAS LE CADRE DE LA MISSION PROXIMA

Nota : Les résultats de ces études seront définitivement publiés en septembre 2018

Chaque astronaute a eu dans son programme une succession d'expériences variées. Pour Thomas Pesquet, une centaine

d'expériences ont été comptabilisées. Elles sont réparties à parts égales entre la NASA et l'ESA. Dans la cinquantaine d'expériences européennes, environ la moitié sont accompagnées au CADMOS qui intervient en tant que centre de support aux utilisateurs de la micropesanteur (USOC). Hormis les 7 expériences développées spécialement par le CNES pour Proxima, les expériences prévues au programme de Thomas Pesquet fonctionnent dans la station spatiale quel que soit l'astronaute qui les opère.

GRIP Précision des gestes et micropesanteur

Les impacts de la micropesanteur sur le système nerveux restent mal connus. L'expérience GRIP s'attache donc à mesurer la perte de précision liée à l'absence de gravité. L'objectif est de contrer la perte de dextérité des astronautes. Pour cela, l'expérience utilise l'objet Manipulandum, un instrument qui permet de mesurer en 3D la force et le couple appliqués par l'index et le pouce. Lors de cette expérience, les mouvements du coude et du poignet sont également enregistrés. Sur Terre, les conclusions de GRIP apporteront des informations précieuses pour l'élaboration de méthodes thérapeutiques pour les personnes atteintes de troubles de la motricité.

GRASP Réflexes et perte de repères spatiaux

Au-delà des effets directs de la micropesanteur sur le corps humain, l'un des changements les plus notables dans l'environnement spatial

est l'absence de "haut" et de "bas". Avec l'aide du système Perspectives, Thomas Pesquet testera ses réflexes grâce à la réalité virtuelle.

Equipé du casque Perspectives, il devra envoyer un projectile virtuel dans une cible virtuelle orientée par une grille qui n'apparaît que brièvement. L'expérience GRASP permet l'étude de l'influence de la perception et de l'orientation en micropesanteur mais aussi de la plasticité du cerveau. Ses conclusions permettront de mettre en place des contre-mesures pour une meilleure adaptation des astronautes à la micropesanteur. Sur Terre, GRASP servira à l'élaboration de traitements des troubles de l'équilibre.

STRAIGHT-AHEAD IN MICROGRAVITY

Fonctions sensorielles en micropesanteur

Straight-ahead in microgravity est une étude conjointe ESA-NASA qui s'intéresse aux modifications des fonctions sensorielles des astronautes et à leur impact sur l'orientation, les mouvements et la locomotion en vol et au retour. Concrètement, l'étude se fait à partir d'enregistrements des mouvements des yeux, de mesures des mouvements de la tête, du bras, du tronc qui se font exclusivement avant et après le vol. Là encore, il s'agit de déterminer les contre-mesures qui permettront aux astronautes d'effectuer des missions de longue durée. Outre le domaine spatial, cette expérience trouve également une application terrestre dans le traitement des troubles vestibulaires.

ENERGY Dépense énergétique des astronautes

La question centrale sur laquelle repose Energy est celle de la dépense énergétique des astronautes. Son objectif à long terme est d'anticiper les besoins pour les vols spatiaux de longue durée. Toute la difficulté de cette expérience repose sur la détermination de l'équilibre parfait entre un approvisionnement suffisant pour l'astronaute et un encombrement minimal.

Le stock alimentaire doit donc être le plus précis possible. Les expérimentations ont lieu avant et pendant le vol. Concrètement, sur les phases d'expérimentation l'astronaute doit noter toutes ses prises de nourriture et collecter des échantillons d'eau et d'urine. Puis, un masque mesure l'absorption d'oxygène pour déduire la consommation énergétique de l'astronaute. Les données ainsi enregistrées permettront d'établir des modèles prévisionnels de grande précision.

CIRCADIAN RHYTHMS Connaissance de l'horloge biologique

Notre horloge biologique, basée sur l'alternance jour/nuit, est perturbée par l'évolution des styles de vie. La généralisation de l'éclairage et aujourd'hui l'omniprésence des écrans faussent le rapport du corps à la lumière du jour et entraînent des altérations du sommeil dont les mécanismes sont encore mal compris par les chercheurs. Dans la Station spatiale internationale, les astronautes

enchaînent 16 alternances de jour et nuit par 24 h. Cela représente une excellente opportunité d'observer les rythmes circadiens. L'horloge biologique de Thomas Pesquet sera donc observée à travers des mesures de température et de mélatonine. L'objectif final est de trouver les conditions idéales au repos pour obtenir une forme optimale en cas de travail de nuit dans la station spatiale comme sur Terre.

PK-4 Formation des plasmas complexes

Sur Terre, même les microscopes les plus puissants ne permettent pas d'observer les atomes et molécules qui sont à la base de tout. L'expérience PK-4 propose donc d'utiliser la micropesanteur pour observer ces particules en recréant des interactions atomiques à grande échelle.

Cette expérience en coopération ESA-Roscomos consiste à injecter des particules microscopiques de poussière dans un tube de néon et argon qui fait office de substitut d'atome. On peut alors observer la formation d'un plasma complexe, considéré comme le 4ème état de la matière. Cette expérience est impossible à mettre en oeuvre sur Terre car la gravité influence fortement les mécanismes atomiques. PK-4 rend l'échelle atomique visible et permet donc aux scientifiques d'étudier les interactions des atomes.

DOSIS 3D Dosimétrie des radiations

Avec DOSIS 3D, il s'agit de déterminer les doses de radiations absorbées par les astronautes à bord de l'ISS. Le dispositif propose une cartographie tri-dimensionnelle de la distribution de doses pour les différents espaces de la station spatiale. L'équipage n'intervient que pour l'installation des détecteurs. Ensuite, le dispositif fonctionne en continu et les données sont récupérées chaque mois depuis le sol. Ces données permettent d'évaluer l'exposition des astronautes mais aussi d'établir les niveaux de références pour les expériences menées dans l'ISS.

SARCOLAB Atrophie musculaire en micropesanteur

La micropesanteur prolongée a de nombreuses incidences physiologiques sur les astronautes. Dans ce contexte, Sarcolab est dédiée à l'analyse des mécanismes d'atrophie musculaire liés à l'absence de gravité. Les mesures impliquent la participation de Thomas Pesquet avant, pendant et après le vol. Pour réaliser les sessions expérimentales, l'astronaute utilise l'équipement MARES (Muscle Atrophy Research and Exercise System), sur lequel il doit effectuer des séries d'exercices.

Le but de cette expérience est d'obtenir une meilleure compréhension des mécanismes de détérioration musculaire pour développer les contre-mesures nécessaires aux vols habités de longue durée. Sur Terre, les contre-mesures développées apporteront une aide aux personnes dans l'incapacité d'utiliser leurs muscles.

CARTILAGE Etude des pertes cartilagineuses

L'expérience Cartilage est consacrée à l'évaluation des risques de la micropesanteur sur le cartilage du genou. Plus précisément, il s'agit de déterminer une possible corrélation entre la perte cartilagineuse constatée sur les astronautes et l'absence de contrainte sur les os. Les mesures sont basées sur des IRM du genou réalisées avant et après le vol de Thomas Pesquet. Dans le domaine spatial, les résultats permettront d'établir des contre-mesures à la dégénérescence cartilagineuse lors des vols de longue durée. Sur Terre, ils participeront à la recherche de traitements contre les affections articulaires telles que l'arthrose et à la mise en place de contre-mesures en aide aux patients alités.

Exemple d'expérience : blog.esa.int/thomas-pesquet

Les expériences Proxima-CNES

Les Coûts et les Retombées de L'I.S.S.

L'ISS a coûté quelque 100 milliards d'euros, dont 8 milliards pour l'Europe, soit 1 euro par Européen et par an pendant 20 ans, d'après l'Esa. Près de 90 % du coût de la contribution européenne à l'ISS est supporté par l'Allemagne (41 %), la France (28 %) et l'Italie (20 %)*. Pour des raisons techniques, l'espoir initial de retombées industrielles, grâce à la fabrication, en l'absence de gravité, de médicaments et matériaux nouveaux, ne s'est guère concrétisé. Les industriels n'ont donc jamais investi de manière significative dans ces deux secteurs que Ronald Reagan citait en exemple dans son discours du 25 janvier 1984 pour justifier le lancement du projet. De leur côté, les retombées scientifiques du projet en justifient-elles le coût ? À titre de comparaison, la construction, près de Genève, du grand accélérateur de particules (LHC), l'instrument scientifique le plus onéreux de l'histoire, a coûté 9 milliards d'euros. Dans un rapport français de 2010, l'Académie des sciences exprimait déjà sa perplexité : l'utilisation prolongée de l'ISS jusqu'en 2020 « ne peut pas être justifiée sur sa seule utilité pour la recherche »**. De fait, l'ISS n'a pas été conçue à des fins scientifiques, mais industrielles et géopolitiques. Ce qui n'interdit pas d'utiliser cet outil hors du commun au bénéfice de la science. Bien au contraire ! D'autant que les autres plates-formes disponibles, comme les vols suborbitaux, ne permettent pas de mener des expériences dans la durée.

* **Source** : Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Les enjeux et perspectives de la politique spatiale européenne, novembre 2012

De nombreux projets existent pour y établir une base de vie sur la lune

L'agence américaine imagine donc un plan visant la Lune. Attention, pas question d'en refaire la conquête, mais plutôt d'utiliser son orbite afin de préparer des voyages plus lointain, vers Mars ou ailleurs. D'où l'idée d'une station orbitale, la Deep Space Gateway [Passerelle vers l'espace profond], une sorte de base avancée aux missions potentiellement multiples: remplacer ISS, permettre un retour à la surface de l'astre sélène, le coloniser ou encore en faire un site de ravitaillement. "Mais on ne va pas se mentir, Mars n'est pas atteignable avant 2040, 2050, or la Nasa ne va pas licencier son personnel et lui dire de revenir dans 20 ans. Cette Station va surtout servir à maintenir un savoir-faire opérationnel", tranche Francis Rocard Littéralement la "passerelle vers l'espace profond" qui pourrait permettre de faciliter les expéditions à destination de la Lune, voire vers Mars., littéralement la "passerelle vers l'espace profond"

Si tout se passe bien, l'assemblage de ce nouveau Meccano géant commencera en 2020 et les premiers modules seront opérationnels dès 2024. Les astronautes rejoindront leur nouvelle demeure spatiale grâce à la colossale fusée SLS et le vaisseau Orion, deux programmes en cours de développement.

En parallèle, l'agence américaine compte sur ses partenaires privés de monde aéronautique. Elle a signé des contrats avec cinq constructeurs astronautiques: Boeing, Lockheed Martin, Orbital ATK, Sierra Nevada Corporation et SSL afin de mener des études, de réaliser des concepts d'habitats et de vaisseaux spatiaux et de concevoir un module pour Deep Space Gateway.

L'Europe rêve d'une base sur la lune en 2030

Dans la même optique de coopération, la Nasa a ouvert son programme à la communauté internationale. Les agences spatiales européennes (ESA), japonaise et canadienne ont rapidement répondu à l'appel. Même les Russes ont signé.

De son côté, l'Inde veut lancer début 2018 la sonde Chandrayaan 2 -un d'orbiteur, un atterrisseur et un rover. La Corée du Sud, suivra de près avec l'envoi d'un satellite fin 2018 puis d'un atterrisseur en 2020. Le Japon, enfin, planche sur Selene 2, un vaisseau qui pourrait se poser près du pôle Sud lunaire en 2021.

Les ambitions SpaceX

En attendant, SpaceX l'entreprise fondée par Elon Musk, veut propulser deux touristes autour de la Lune fin 2018. Autrefois moqué, le fantasque milliardaire a forcé le respect en envoyant une fusée en orbite avant de reposer un étage au milieu de l'océan. "L'orbite lunaire, ce sera probablement après 2018, mais il le fera sûrement". "Elon Musk est très crédible sur le court terme, moins quand il promet Mars pour 2030". Son grand rival, le PDG d'Amazon et Blue Origin Jeff Bezos, a lui annoncé des cargos pouvant apporter 5 tonnes sur la Lune à partir de 2021.

Elon Musk rêve de développer la BFR, la Big Fucking Rocket [Putain de grosse fusée], l'équivalent de la fusée SLS de la Nasa. Le but: voyager dans le système solaire, voire se poser sur Mars.

Et Google, "l'entreprise la plus puissante du monde" a lancé en 2007 le Lunar Xprize, une compétition internationale dotée de 30 millions de dollars. Elle récompensera la start-up qui arrivera en premier à poser un robot sur la Lune, lui faire parcourir au moins 500 mètres tout en transmettant des photos, vidéos et données. Cinq finalistes s'affrontent: les Américains de Moon Express, les Japonais du projet Hakuto, les Indiens de TeamIndus -aidés par le CNES-, les Israéliens de Space IL et la petite coalition Synergie Moon. Le nom du vainqueur sera dévoilé fin mars 2018, s'il y en a un. Une chose est sûre, la course vers la Lune ne fait que (re)commencer.

Mars :

Mars, une cible en mouvement :

Les deux planètes bougent, chacune à un rythme différent. Si ce n'était pas le cas, il ne faudrait que 39 jours à un vaisseau rapide comme New Horizons pour atteindre la Planète rouge. Mais la Terre met un an pour faire le tour du Soleil et Mars, 1,9 an. Pour les ingénieurs qui veulent envoyer une sonde ou un robot — et bientôt des êtres humains — sur Mars, cela revient à tirer une flèche sur une cible en mouvement tout en étant soi-même en mouvement. Il ne faut donc pas attendre d'être au plus près pour partir mais anticiper ce moment. Typiquement, une fenêtre de tir s'ouvre tous les 26 mois. Pour les agences spatiales, il ne s'agit donc pas de la manquer.

La route vers Mars n'est pas directe et la distance, constante. Sans oublier qu'il faut prévoir de ralentir à l'arrivée pour ne pas manquer le rendez-vous. Enfin, la durée du voyage vers Mars va dépendre aussi de la puissance du vaisseau. Il faut donc tenir compte de tous ces paramètres pour calculer le voyage le plus court possible.

Bien sûr, si nous pouvions nous déplacer à la vitesse de la lumière, le voyage ne prendrait que quelques minutes : au minimum, 3 mn et au maximum (quand les deux planètes sont au plus loin l'une de l'autre) 22,4 mn. Mais ce n'est pas encore le cas.

Actuellement, un voyage vers Mars, à la faveur d'un rapprochement réduit des deux planètes — cela se produit tous les 1,6 an —, prend environ 260 jours. Avec un vaisseau plus puissant que ceux d'aujourd'hui, le vol pourrait être divisé par deux. Et dans un avenir pas très lointain, la propulsion photonique par exemple, ou une autre technologie en développement pourrait nous mettre Mars à quelques jours seulement.

En 1964, la première sonde américaine Mariner 4 avait fait le voyage vers Mars en 228 jours. Pour Viking 1 et 2, il leur avait fallu respectivement 304 et 333 jours. Quant à Curiosity, son transfert s'est fait, lui, en 254 jours.

Au-delà du système solaire : Les Etoiles de la galaxie

Le projet Dédale devenu Icare

Dédale

Le vaisseau interstellaire Dédale, imaginé dans les années 1973-1978, reste la référence en matière de voyage vers les étoiles.

La plus proche étoile de la Terre est 272 000 fois plus éloignée que le Soleil. Une vitesse équivalente à 10% de la vitesse de la lumière, soit 30 000 Km/seconde est requise pour l'atteindre en quelques dizaines d'années. Mais à cette vitesse, il faut une réserve de carburant considérable pour freiner le vaisseau à destination. Les dimensions du vaisseau sont donc énormes et un tel engin serait sans doute assemblé dans l'espace.

La masse initiale serait de 54000 tonnes dont 50000 tonnes de carburant et seulement 500 kgs d'équipements scientifiques.



Dédale par rapport à la fusée Saturne 100,6m

Icare

Le projet actuel " Icare " est consacré à l'étude d'un vaisseau interstellaire inhabité pour explorer les étoiles proches, à 15 années-lumière (maximum) de la Terre afin d'étudier leurs systèmes solaires. Dès 2014 l'équipe du projet pourrait présenter l'étude du réel vaisseau Icare.

Icare un héritage du projet Dédale

« Nous ne partons pas de zéro, notre point de départ est le projet Dédale » souligne le physicien Kelvin Long, fondateur du projet. Proposé en 1978, ce concept de vaisseau automatique de 190 m de long, à destination de l'étoile de Barnard, avait fait rêver toute une génération d'ingénieurs. Mais 30 ans plus tard, il est probablement obsolète !

L'équipe de Richard Obousy et de Kelvin Long proposera son nouveau concept en 2014.

La conception d'un vaisseau pour voyager vers les étoiles occupe une vingtaine de physiciens, ingénieurs et spécialistes du vol spatial.

Son nom ? Icare. Son objectif : atteindre un système planétaire situé à moins de 15 années-lumière dans le temps d'une vie humaine. Et avec une technologie actuelle ou à portée de main.

Un moteur à Fusion Ionique

Tsiolkovski, le visionnaire de la propulsion spatiale

« La Terre est le berceau de l'humanité, mais on ne passe pas sa vie entière dans un berceau. » Ainsi s'exprimait, dans une lettre de 1911, Constantin Tsiolkovski, l'un des pères de l'astronautique. Il fut influencé par les romans de Jules Verne et les idées de son mentor (le philosophe Nikolaï Fiodorov, l'une des principales figures du cosmisme russe), préfigurant étrangement le contenu du roman d'Arthur Clarke, 2001, L'odyssée de l'espace. Tsiolkovski a utilisé ses compétences en mathématiques pour l'étude des lois du voyage interplanétaire.

Russe d'origine polonaise, dur d'oreille à la suite d'une scarlatine contractée à neuf ans, Tsiolkovski a été refusé dans les écoles traditionnelles. Il a donc été forcé de devenir autodidacte, notamment en mathématiques. Le philosophe Nikolaï Fiodorov le guidera cependant pendant trois ans à Moscou, et lui ouvrira des horizons divers comme l'exploration de l'espace.

Les moteurs à propulsion chimique atteignent rapidement leurs limites pour la vitesse d'éjection des gaz. Il n'en est pas de même pour les moteurs ioniques qui peuvent, en théorie, accélérer des particules chargées au moyen de champs électriques ou électromagnétiques à des vitesses très élevées. Tsiolkovski fut le premier chercheur à mentionner publiquement, toujours en 1911, l'idée d'accélérer des électrons ou des ions pour la propulsion d'un vaisseau spatial.

Constantin Tsiolkovski a ainsi découvert, entre autres, une équation reliant la quantité de carburant nécessaire pour atteindre une vitesse donnée à la vitesse d'éjection des particules d'un moteur de fusée. Il en découlait que plus la vitesse d'éjection était élevée, moins il fallait de carburant.

L'équation de Tsiolkovski s'écrit :

Plus exactement la loi s'énonce ainsi :

$$\Delta V = V_e \ln m_i / m_f$$

Dans laquelle :

ΔV est la variation de vitesse entre le début et la fin de la phase propulsée considérée ;

V_e est la vitesse d'éjection des gaz ;

m_i est la masse totale de l'astronef au début de la phase propulsée (i pour initial) ;

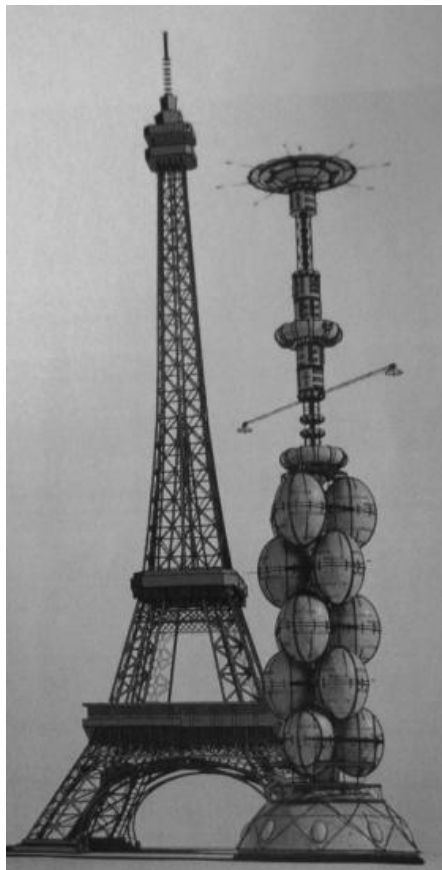
m_f est la masse totale de l'astronef à l'issue de la phase propulsée (f pour final), exprimée dans la même unité que m_i ;

\ln est la fonction logarithme népérien.

L'idéal serait bien sûr d'atteindre presque la vitesse de la lumière. C'est pourquoi on a aussi pensé éjecter des photons produits par l'annihilation de particules d'antimatière. Or, la mise au point d'un tel moteur ne sera guère facile.

Même assurée par la fusion nucléaire (la technologie retenue par l'équipe d'Icare), la propulsion d'un vaisseau à 10% de la vitesse de la lumière nécessitera par exemple d'énormes réserves de carburants.

Une sonde aussi grande que la tour Eiffel



Icare sera donc un engin gigantesque. Il devra aussi avoir une forme effilée. Car à cette vitesse, les poussières interstellaires elles-mêmes deviendront une menace. Au final, le vaisseau, inhabité mais bardé d'instruments de mesure, pourrait être d'une taille comparable à celle de la tour Eiffel.

9- Conclusion

Les Etoiles les Plus Proches

- Proxima du Centaure à 4,24 années-lumière.

- L'étoile de Barnard est une étoile de la constellation zodiacale de l'Ophiuchus².

Cette naine rouge, variable de type BY Draconis¹, est l'étoile connue dont le mouvement propre est le plus élevé¹ (10,3" par an). Elle est nommée en l'honneur de l'astronome américain Edward E. Barnard qui découvrit cette propriété en 1916. Située à une distance d'environ 5,96 années-lumière), c'est la cinquième étoile la plus proche de la Terre après le Soleil et les trois composantes d'Alpha Centauri. Elle est cependant invisible à l'œil nu en raison de sa faible luminosité.

La Galaxie la plus proche

La galaxie d'Andromède, également identifiée sous les numéros M31 et NGC 224, est une galaxie spirale située à environ 2,55 millions d'années-lumière du Soleil, dans la constellation d'Andromède.

Distance de la Terre : 2,537 millions années-lumière

Rayon : 110 000 années-lumière

Constellation : Andromède

Étoiles : 1 billion

Ces distances posent la grande question du temps et des capacités physiologiques de l'homme pour endurer des voyages aussi longs.

Pour Mars : Au-delà des paris un peu exagérés il est aujourd'hui certain que nous irons sur cette planète dans la ou les décennies qui viennent .car pour le voyage il est question de mois .

Pour les étoiles il est question de dizaines d'années.

Ne rêvons pas à la galaxie la plus proche pour laquelle le voyage demanderait des millions d'années, bien au-delà des temps de durée de nos civilisations.

Même en durée de mois ou d'années ces voyages constitueront des paris physiologiques risqués.

Pour cette raison il est fort probable que la conquête de mars, voire des étoiles, se fasse surtout avec des robots ; l'homme restant toujours présent mais dans des opérations de contrôle à distance.

C'est bien ce qui se passe actuellement avec toutes les sondes que nous envoyons dans l'espace.

Cela sera d'autant plus vrai que le décalage entre les progrès technologiques et l'évolution de nos capacités physiologiques se creusera de plus en plus.

Les robots seront dans l'avenir nos esclaves technologiques pour la conquête du cosmos sauf à concevoir une transformation biotechnologique du corps humain....ce qui peut être envisagé !

La conclusion, empruntée à l'excellent livre d'André Brahic « Terres d'Ailleurs »

En 2015 on dénombrait plus d'une centaine de projets d'envergure pour détecter de nouvelles exo planètes aussi bien à partir du sol qu'à partir de l'espace. Nos ancêtres de l'antiquité n'imaginaient pas les grandes explorations des marins de la Santa Maria, de la Victoria ou de la Boudeuse .Nous devinons à peine sur quels mondes les hommes vont réussir à débarquer, mais dorénavant tout est en place pour que nos rêves d'exploration au-delà de notre système solaire deviennent réalité dès le XXIème siècle .La nouvelle frontière n'est plus à l'ouest mais dans l'espace !

Les siècles à venir seront spatiaux ou ne seront pas.



Georges Méliès : Le Voyage dans la Lune 1901