Partie 1 - La Vie en orbite autour de la Terre

- L’histoire des stations spatiales
- La vie quotidienne en apesanteur
- Les cultures de plantes en apesanteur

L’histoire des stations spatiales

Saliout : le programme pionnier des soviétiques.

Saliout («feux d’artifices» en russe) est le nom de la première série de stations spatiales mises en orbite autour de notre planète. Elles étaient soviétiques, et, conçues en pleine période de guerre froide, donc essentiellement destinées à imposer leur supériorité dans le domaine spatial. Après avoir laissé la conquête de la Lune leur échapper, les soviétique pouvaient, avec ces stations, redevenir des pionniers dans ce domaine. Ce qu’ils réussirent à faire, et très efficacement ! Bien sûr, une station en orbite pouvait aussi avoir un but de surveillance… Ou de défense !.

De conception sobre (ce qui, en ce qui concerne l'aérospatiale soviétique, est proverbial !), la toute première d'entre elles, la station Saliout 1, connut bien des déboires.

Elle comportait 4 compartiments cylindriques, pour une longueur de 14 mètres. Autant dire une large boîte de conserve. Ou plutôt un assemblage de grosses boîtes de conserve. Mais voguant à 200km au-dessus de nos têtes. Ils prouvèrent qu’on pouvait passer du temps en orbite et même y faire de la science. Et nos connaissances sur le corps (et l’esprit) humain doivent beaucoup à tous ces explorateurs. Mise sur orbite en avril 1971, Saliout 1 ne sera que peu utilisée. Un premier vol en avril 1971 ne parvient pas à réaliser un arrimage parfait (la manœuvre d'accrochage à la station, permettant de passer d'entrer ensuite dans celle-ci): bien que le vaisseau Soyouz (« union » en russe) utilisé soit bien arrimé à la station, les cosmonautes ne peuvent pas accéder à elle. Le sas ne peut être ouvert. L'équipe de cosmonautes est donc forcée de retourner sur Terre sans être entrée dans la station.

Le second vol sera tout aussi malchanceux.

L'équipage se compose de 3 cosmonautes : Georgi Dobrovolksy, Vladislav Volkov et Viktor Patseyev. Ils passent 3 semaines dans l'espace, travaillant dans la station, avant de procéder au voyage retour. Tout se déroule comme prévu, mais l'équipe chargée de les accueillir retrouve les trois hommes morts dans l'habitacle. Une dépressurisation a tué les cosmonautes en vidant de son air le vaisseau, pendant leur retour dans l’atmosphère.

Cela changera complètement les voyages spatiaux organisés par les soviétiques. Par mesure de sécurité, afin qu'un tel accident ne se reproduise pas, on impose le port du scaphandre aux cosmonautes durant les vols spatiaux. Le vaisseau Soyouz étant compact (oui, c’est le mot gentil pour dire petit, très petit), cela suppose un équipage réduit à deux hommes au lieu de trois pour gagner un peu de place en équipement de survie. Un véritable dilemme de sécurité, donc.

La deuxième Saliout, lancée par les russes en avril 1973, ne sera pas utilisée. Après 26 jours en orbite le contrôle de l’orbite de la station n'est plus assuré, et elle retombe en brûlant dans l’atmosphère.

Il y aura deux « Saliout 3 ». La première, lancée en vitesse en mai 1973, est placée en orbite. Mais ses moteurs de correction d'orbite se déclenchent et ne s'arrêtent que lorsque leur carburant est épuisé. Ces moteurs ne peuvent donc plus fonctionner, ce qui empêche toute correction d'orbite, or c'est absolument nécessaire pour maintenir tout objet sur son orbite en toute sécurité. Sinon, de petites collisions avec des débris ou des astéroïdes peuvent aboutir à la chute de l'objet. La station, sans ces moteurs, est inutilisable. Elle se désintègrera dans l'atmosphère et sera rebaptisée Cosmos 557. La seconde « Saliout 3 », placée en orbite autour de notre planète en juin 1974, connaîtra un beau succès puisqu'un équipage y passera deux semaines. Mais le second vol de réussira pas à s'arrimer.

On a su seulement en 1998 que la station Saliout 3 était aussi une arme défensive : Prévoyants ou paranoïaques (mais les deux termes n'étaient-ils pas synonymes au temps de la guerre froide ?), les soviétiques lui avaient adjoint un canon monté sur le côté de la station, en défense contre d'éventuelles armes américaines en orbite. On notera que les américains ne seront pas en reste avec le projet « guerre des étoiles » (voir encadré).

Les programmes spatiaux sont ainsi, longues litanies de hauts et de bas, de succès incroyables, de réussites toutes menues, et d'échecs plus ou moins cuisants. L'essentiel des programmes spatiaux ayant eu pour cadre historique la guerre froide, les expérimentations, vols à répétitions et enchaînements de tentatives n'ont pas manqué. La course à la suprématie spatiale, à la fois technologique et symbolique, poussait les gouvernements à bien des dépenses. De plus, la connaissance du coros humain a fait de grand progrès lors de ces missions… Les premiers cobayes étant les astronautes eux-mêmes. D'ailleurs, l'astronaute Scott Kelly, qui est rentré en Mars d'un séjour de 340 jours dans l'espace à bord de l'ISS, ne pourrait pas dire le contraire : il est officiellement un cobaye, suivi sous toutes les coutures avant son vol, puis pendant son séjour. Et il continuera à être suivi durant un an après son retour sur Terre, afin de préparer les futurs voyages longs dans l'espace.

Les russes enverront en tout 8 stations « Saliout » en orbite, jusqu'à la station « Saliout 7 », qui retombera dans l'atmosphère en février 1991. Mais à cette époque, sa succession est assurée : Mir est en orbite.

Il faut noter qu'à bord de la « numéro 6 » du lot, le record de durée d'une mission en orbite sera battu successivement 4 fois, avec 96, 140, 175 puis 185 jours ! Impressionnant si on pense aux conditions de vie à bord, plutôt spartiates.

Parallèlement au programme des soviétiques, les Etats-Unis mènent le projet « Skylab », en orbite de 1973 à 1979. Comme son nom l'indique, il s'agit de placer un lieu d'expérience en orbite, afin de tester les effets de l'apesanteur. Il est nécessaire de replacer les choses dans leur contexte : on ne sait rien des effets de l'apesanteur, à moyen et long terme, sur les êtres vivants mais aussi sur leur matériel. De plus, il n'est pas seulement question de pesanteur. Les circuits électroniques seront-ils perturbés par les rayonnements présents dans l'espace ? Les astronautes seront-ils capables d'avoir le même niveau physique et intellectuel que sur Terre ? Quelles sont les fonctions physiologiques qui seront affectées ?

Grâce à ce programme, les américains vont eux aussi constater que la vie est possible en orbite. Le premier équipage, composé de Pete Conrad, Paul Weitz and Joe Kerwin passera 28 jours à bord de la station. Il y aura trois missions en tout. Le record de temps passé dans l'espace par un américain sera détenu pendant vingt ans par la dernière équipe du programme avec 84 jours.

La station servira pour l'observation du Soleil, et de la Terre bien évidemment. C'est aussi un laboratoire d'étude de la microgravité. Les astronautes sont très occupés à faire les expériences qui ont été prévues, et d'autres qu'ils conçoivent eux-mêmes. Ils disposent d'un peu de confort puisque des douches, toilettes, sac de couchage, cuisine ainsi des machines de sport, bien sûr adaptés aux circonstances, sont disponibles sur la station.

Un aboutissement : la station MIR

Les russes poursuivront leurs avancées en matière de vie en orbite, après les « Saliout », avec la plus grande réussite historique en la matière, la station MIR. En projet alors que les trois dernières « Saliout » n'ont pas encore été lancées, la station se veut l'aboutissement du programme d'occupation de l'espace orbital. Le premier module de Mir est lancé en février 1986, et la station durera jusqu'en mars 2001. C'est probablement la plus célèbre des stations, dont on peut encore visiter des répliques (voir encadré), et elle aura cette particularité d'être le premier projet incluant des collaborations internationales.

La première collaboration sera le programme « Intercosmos », mis en place à partir de 1969, avec des pays d'Europe de l'Est, mais aussi avec la France et l'Inde. Ce sera l'occasion pour ces pays d'envoyer des êtres humains dans l'espace pour la première fois.

A partir de 1994, les américains font partie d'un programme conjoint avec les russes, baptisé « Shuttle-Mir ». A cette époque, un rapprochement politique a lieu entre les deux pays. Le président américain Georges Bush (père) et le dirigeant russe Boris Eltsine ont signé en 1992 un accord de collaboration dans le domaine du spatial. Financièrement, des deux côtés, les programmes spatiaux sont en difficulté. En effet, les russes n'ont pas la possibilité de lancer leur deuxième projet de station de typé « Mir » baptisé « Mir 2 ». Quant aux américains, leur rêve de station « Freedom » (le mot « mir » signifie « paix » en russe, les USA auraient-ils fait preuve de malice ?) ne s'est jamais concrétisé. Compte tenu des avancées politiques, une alliance semble donc un excellent compromis pour les deux parties. Cette collaboration va permettre aux russes de continuer le programme de station spatiale, et aux américains d'acquérir les connaissances plus vite que s'ils devaient poursuivre leur propre programme. Et ce programme est une partie d'un tout plus grand, puisqu'il s'agira en fait de la première phase du programme ISS (International Space Station). Un galop d'essai pour tester les collaborations entre les deux grandes puissances, mais aussi pour régler tous les aspects techniques de constructions spatiales conjointes. En effet, amarrer un vaisseau américain à une station russe, cela ne s'improvise pas… Du reste, ce seront les américains qui construiront le module d'amarrage de leur navette. On n'est jamais si bien servi que par soi-même… Et puis quand on pense que dans leur première fusée saturne, le vaisseau ne s'enclenchait pas avec les autres éléments, faute de quelques centimètres, parce que des entreprises différentes avaient fabriqués les morceaux… Mais ne soyons pas moqueurs.

Le 3 février 1994, un cosmonaute russe du nom de Krikalov prend donc place à bord de la navette américaine. Une première, et heureusement, ce ne sera pas une expérience isolée. A partir de cette mission (STS-60), les équipages de nationalités multiples seront vite la norme plutôt que l'exception Bien des nationalités se succèderont à bord, et même quelques femmes auront l'honneur de flotter dans la station. On rappelle qu'aucune femme n'a foulé le sol de la Lune, puisque seuls douze hommes américains y sont allés.

Une station MIR fut plutôt rentabilisée, avec une occupation de plus de douze ans sur ses quinze ans d'existence. Ce qui fait qu'elle a duré le triple du temps initialement prévu, puisqu'elle était conçue pour cinq années !
Certains astronautes ont d'ailleurs raconté que toute la station paraissait usée les dernières années, et certains problèmes commençaient à apparaître, comme des fuites dans le système de recyclage d'air, causant une dégradation de l'atmosphère que les occupants respiraient. Il était temps de passer à un autre habitat…

La station actuelle : ISS

International Space Station, ou Station spatiale internationale. Un projet titanesque qui tourne au-dessus de nos têtes, fleuron de l'aérospatiale… Et collaboration mondiale. Il faut quand même saluer ce bel instrument comme la seule réalisation d'un *aussi grand nombre de pays* ! Il y a quinze nations impliquées dès le départ : *Etats-Unis, Canada, Japon, Russie, Belgique, Danemark, France, Allemagne, Italie, Pays Bas, Norvège, Espagne, Suède, Suisse et Grande Bretagne.*
Ces pays signent le 29 janvier 1998 le « Space Station Intergovernmental Agreement », une charte qui fixe les modalités de cette coopération internationale inédite. Un accord complexe, puisque, si la station est en elle-même dépourvue de nationalité, les différents pays gardent leur juridiction sur certains éléments, ceux qu'ils construisent en général, sur lesquels ils ont aussi une priorité d'utilisation. Pour chaque partie de la station, des pourcentages d'utilisation sont donc discutés et définis. Aujourd'hui, quatre-vingt-trois pays ont des liens avec la station.

Ce gigantesque habitat international est comme un gros jeu de construction. Il a fallu treize années pour assembler l'essentiel en orbite, à partir de 1998. Le dernier vol apportant une partie de la station a eu lieu en 2011. Il a livré un module, et une curiosité : Robonaut 2, un robot de forme (grossièrement) humaine mais qui jusqu'à 2014 ne possédait pas de jambes. Pour l'instant, ses capacités sont limitées : tourner des boutons ou actionner des commutateurs, ou bien rattraper des objets. Il est le précurseur, sans doute, de nouvelles formes d'aide pour les astronautes : il leur évitera probablement un jour les tâches répétitives, ou dangereuses.
Depuis le début des années 2000, des restrictions budgétaires sont intervenues dans tous les pays. Et beaucoup de projets d'ajouts à l'ISS ont été annulés. Toutefois, la station comprend aujourd'hui un grand nombre de laboratoires, équipements et baies d'amarrage. L'essentiel des éléments de sa structure est résumé dans la tableau suivant

Partie de la station	Origine	Longueur (m)	Largeur (m)	Utilité
Destiny	NASA	9.2	4.3	Laboratoire
Colombus	ESA	6.9	4.5	Laboratoire
Kibo «espoir »	Japon	11.2	4.4	Laboratoire
Unity	NASA	5.5	4.3	Jonction
Tranquility	NASA/ESA	6.7	4.3	Jonction
Harmony	NASA/ESA	6.7	4.3	Jonction
Cuppola	NASA/ESA	1.5	3	Coupole d'observation
PMM	NASA/ASI	6	4.5	Multifonction

PMA (plusieurs)	NASA	1.6	1.9	Adaptateurs pour amarrage
Zarya (Aube)	NASA/KSRPSC	12.9	4.1	1er élément de l'ISS station autonome
Pirs (Pier)	Roscosmos/ RSC Energia	4.9	2.55	Station d'amarrage russe
Poisk (Explorer)	Roscosmos/ RSC Energia	4.9	2.55	Laboratoire/Permet les sorties
Rassvet (Crépuscule)	Roscosmos/ RSC Energia	6	2.35	Laboratoire
Zvezda (Etoile)	Roscosmos/ RSC Energia	13.1	4.2	Module de service/ Centre de la partie russe

ESA: European Space agency, Agence spatiale européenne.
ASI: Agence Spatiale Italienne,
KSRPSC : Khrunichev State Research and Production Space Center (Russie)
Roscosmos: Agence spatiale fédérale russe.
RSC Energia: Serguei Petrovitch Korolev Rocket and Space Corporation Energia

L'ISS flotte loin au-dessus de la Terre, à environ 400 kilomètres d'altitude. Son orbite est régulièrement corrigée par des propulseurs.
Toutes sortes d'expériences y sont conduites, mais aussi des actions éducatives, allant du conte lu par un astronaute face caméra au-dessus d'un hublot montrant la Terre, à l'éclosion d'une multitude de papillons sur l'ISS pour le projet d'une classe.
Les astronautes, toutes nationalités confondues, sont très actifs dans le domaine de la transmission. Il est pour eux fondamental que le public, spécialement le jeune public, ait l'occasion de rêver à ce qu'est l'espace.
Mais bien évidemment, la station spatiale est avant tout un laboratoire de recherche.
Actuellement, beaucoup de projets concernent des expériences ayant pour but d'avancer vers des voyages spatiaux longs, ou une vie en micro-gravité. L'ISS est par exemple très bien équipée pour des cultures de plantes.

Encadré : La « guerre des étoiles » façon guerre froide…
Les films hollywoodiens y ont fait référence, les sites internet faisant commerce de théories du complot plus ou moins farfelues aussi… Qu'en est-il des armes dans l'espace ? Evidemment, ce genre de choses est connu à retardement, les pays qui ont pensé à mettre des armes en orbite se sont bien gardé de le dire immédiatement.
Hormis l'exemple de l'arme que comportait la station russe Saliout 3 (1974), on sait que des armes étaient présentes à bord de la station Mir. Toutefois, il semble que la raison soit à chercher ailleurs que dans des conflits humains : les cosmonautes russes ont fait la désagréable expérience de se retrouver bloqués dans leur vaisseau qui venaient d'atterrir suite à la présence d'une meute de loups… Le problème, c'est que ce petit huis-clos a duré 2 jours ! Il paraissait donc assez réaliste de leur fournir de quoi se défendre contre d'éventuels animaux agressifs à l'arrivée.

Toutefois, il a très vite été question, pour les deux grandes puissances qui se faisaient une « guerre » larvée, de profiter de l'espace comme d'un débouché de militarisation. Le véritable nom du programme « guerre des étoiles », qui est dans toutes les mémoires, est « initiative de défense stratégique ». Il fut lancé en 1983 par le président Ronald Reagan, et fait suite à toute une période de course effrénée à l'armement et de scandales et déboires diplomatiques liés à l'installation de missiles soviétique et/ou américains, en particulier sur le territoire européen.
L'idée qui sous-tend ce programme est celle d'un « bouclier spatial » anti-missiles. Les Etats-Unis voudraient réussir à rendre leur pays intouchable, complètement imperméable aux bombes volantes de leurs ennemis. Plusieurs types de boucliers sont envisagés, dont, et c'est cela dont tout le monde se souvient, une constellation de satellites placés tout autour de la Terre, et équipés d'armes capables d'intercepter (comprendre : de détruire en vol) toute arme lancée par l'URSS. Le programme en question, qui n'est qu'une solution parmi d'autres, est nommé « brilliant peebles ». Certains spécialistes vont jusqu'à dire que ce programme a peut-être été conçu par les américains pour forcer le gouvernement russe à une nouvelle course à l'armement, course qui se révélerait fatale pour l'économie soviétique.
Mais mettre une arme dans l'espace, ce n'est pas simple. Il y a déjà le transport,qui est très coûteux, compliqué et bien sûr dangereux. Et puis un satellite, c'est loin de la Terre. Et ça bouge, et plutôt vite. Songez que l'ISS fait le tour de la Terre en quatre-vingt-dix minutes ! Pas facile de viser tranquillement, et impossible de cacher une arme pour la déployer ensuite, comme on peut le faire en installant un silo de missiles dans le sous-sol de la Terre, par exemple. Et si le satellite est « immobile » au-dessus d'un point du sol, il est géostationnaire, ce qui veut dire en orbite à 36000km de la surface ! Autant dire qu'il est hors de portée, une telle distance laissant largement le temps à l'adversaire de détruire le missile avant son arrivée.
Ces difficultés techniques pour placer, mais aussi et surtout, utiliser des armes dans l'espace convaincront assez rapidement (ouf!) les deux grandes puissances de s'accorder sur une absence d'utilisation militaire de l'espace. Certes, mais la surveillance demeure : les satellites espions, nombreux, sont aussi des atouts stratégiques, et lorsqu'il permet de commander un drone, un simple satellite de communication peut devenir une arme de guerre !

Encadré : L'arrimage
La manœuvre d'arrimage est une des plus techniques à réaliser pour les astronautes. Pour passer d'un vaisseau spatial (fusée ou navette) à un habitat en orbite (ou ailleurs, s'il n'y a pas d'air respirable, le problème reste le même) il faut qu'il n'y ait un contact étanche entre les deux « habitats », et une pièce intermédiaire nommée « sas ». En effet, l'ouverture d'une des deux portes entraînerait, en cas de fuite, une perte rapide de l'air (dépressurisation) pouvant être fatale. Obtenir l'étanchéité suppose que la jointure entre la porte du vaisseau et celle de l'habitat soit parfaite. Les éléments de contact entre les deux doivent donc être parfaitement emboîtés, ce qui requiert non seulement qu'il soient usinés de façon extrêmement précise, mais aussi qu'il soient placés sans erreur. Ce qui signifie, approcher avec un appareil un autre appareil en ne s'autorisant que quelques millimètres de marge. Or, en orbite, rien n'est immobile. La station spatiale internationale est à 320km d'altitude, et se déplace à plus de 27000 km/h. Pour pouvoir s'arrimer, il faut donc

s'approcher en se déplaçant à la même vitesse, pour que la vitesse relative (la différence de vitesse entre les deux objets) soit nulle. Cela simule l'immobilité, mais ce n'est pas équivalent. Essayez d'imaginer simplement la difficulté qu'il y aurait à accrocher un train à un autre à leur vitesse de croisière... Cela paraîtrait fou, digne d'un film d'action peu crédible… Et les trains en question sont pourtant sur des rails ! Alors des vaisseaux en orbite autour de la Terre...

Le problème, c'est que, si l'arrimage ne réussit pas, il n'y a rien à faire à part faire demi-tour! Le coût est alors exorbitant, puisqu'il s'agit d'un aller/retour dans l'espace pour rien... L'arrimage est un des moments les plus difficiles des vols spatiaux vers des habitat en orbite, et les problèmes techniques possibles sont tellement nombreux que les arrimages ratés émaillent toute l'histoire des stations spatiales.

Encadré : Visitez les engins spatiaux pendant vos vacances !

Cela vous dirait de visiter la station Mir ou bien une navette américaine? C'est faisable !

Des répliques de ces installations existent dans le monde entier et peuvent être visitées. La station MIR est visible dans le parc d'attraction européen « Europapark », en Allemagne. On peut voir trois modules de la station, et les visiter. Une autre réplique de Mir est visible à la cité de l'espace à Toulouse, qui propose un très beau « voyage spatial » au vu du nombre d'engins dont on peut explorer l'intérieur, ou bien simplement admirer les lignes... Ou la taille! L'occasion, au même endroit, de découvrir une véritable fusée Ariane, et d'expérimenter un peu ce que vit un astronaute. Evidemment, on peut aussi aller au centre spatial européen de Kourou, en Guyane, mais Toulouse, c'est quand même un poil plus près…

Les navettes américaines sont exposées dans plusieurs sites aux Etats-Unis. Le Smithsonian Air and Space Museum de Washington a une collection impressionnante, incluant par exemple une navette Discovery, le module de commande Columbia d'Apollo 11, des éléments de la fusée américaine Saturn V (c'est elle qui a lancé les missions spatiales vers la Lune), des scaphandres, des objets utilisés par les astronautes…

Le « US Space and Rocket center », à Hunstville en Alabama, abrite lui aussi une belle collection d'artefact spatiaux américains, et propose même des stages découvertes pour les groupes, adultes ou enfants !

En revanche, pas de visite d'engins spatiaux américains en dehors des USA…

Pour finir, notons que les russes ne sont pas en reste sur leur territoire. A Moscou et à proximité, on trouve le centre d'entraînement des cosmonautes, dans la fameuse « cité des étoiles ». Une partie se visite : une réplique de Mir, une centrifugeuse, un Soyouz... Et le site de Baïkonour, au Kazakhstan, est aussi une destination de choix puisqu'il abrite un musée qui semble fort bien garni. La maison où a vécu Serguei Korolev, le génial ingénieur auquel l'Union soviétique doit son programme spatial, peut elle aussi être visitée. Elle est près de Moscou.

Encadré: Deux génies pour un rêve

Les programmes spatiaux américains et soviétiques ont permis à l'Homme de s'extraire de sa planète natale et même, de fouler le sol de notre satellite naturel. La guerre froide avait fait de l'espace le terrain de la bataille qui opposait les deux grandes puissances, et il est certain que cette compétition est pour beaucoup dans les avancées réalisées. Mais les deux programmes rivaux n'auraient pu être les mêmes sans leur deux têtes pensantes, deux véritables visionnaires, qui partageait le même but sans avoir entendu parler l'un de l'autre, et étaient pourtant très dissemblables.

Coté américain, l'homme qui rêvait de fusées s'appelait Werner Von Braun (1912 - 1977). Officier du parti nazi, il était à la tête du programme des missiles « V2 » des allemands, de triste mémoire, responsables de destructions catastrophiques en Europe. Il avait conçu ces missiles, qu'il considéraient apparemment comme une expérimentation pour de futures engins spatiaux. Le fait que ses créations puissent semer la mort sur leur passage ne lui occasionnait sans doute que peu d'état d'âme, puisqu'on sait qu'il signa lui-même l'ordre de recourir au travail forcé pour les construire. La fabrication de ces missiles produisit plus de morts que leur utilisation. Au moment de la capitulation de l'Allemagne, il trahit l'ordre qui lui avait été donné de détruire tous ses plans et les traces de ses travaux avant l'arrivée des alliés, les cacha, et se rendit avec ses plus proches collaborateurs aux américains. Il se doutait bien que ceux-ci ne jugeraient et n'emprisonneraient pas des savants capables de leur faire faire un véritable bond technologique. Pragmatiques, les Etats-Unis ont ainsi « récupéré » chez leur ennemis tous les éléments qui pouvaient avoir une valeur scientifique, leur évitant ainsi la délicate confrontation pourtant mérité avec des tribunaux. Le programme est connu sous le nom de « paperclips ». La suite des événements a donné raison à Von Braun après sa reddition: installé confortablement aux Etats-Unis, il fut d'abord prié de recréer le programme de missiles pour les U.S.A., afin de donner un véhicule performant au nouvel engin de mort des américains, la bombe atomique. Et même s'il fût parfois contrarié dans ses plans, il réussit à obtenir le budget pour démarrer un programme spatial, et participa à la création de la NASA. Ce qui aboutit, entre autres choses, à la construction d'une fusée révolutionnaire, la Saturn V, qui emmena les trois équipiers Aldrin, Armstrong et Collins sur la Lune (même si ce dernier resta en orbite autour d'elle durant ce voyage de 1969), et surtout, il parvint à les ramener sur Terre. Un véritable triomphe suivit en direct par une bonne partie de l'Humanité.

Mais un rival de choix lui vola la politesse pour le premier homme dans l'espace, en menant à bout de bras le programme des soviétiques dans des conditions bien plus difficiles, et en réussissant à placer en orbite autour de la Terre le cosmonaute Youri Gagarine le 12 avril 1961.

Serguei Pavlovitch Korolev, né en 1907, était au goulag depuis plusieurs années sur dénonciation (de son adjoint, probablement sous la menace), comme cela pouvait arriver lors des « purges »organisées par Staline lors de son règne en Union soviétique à cette époque. Les soviétiques ont dû se dire ensuite qu'ils avaient eu de la chance que Korolev ait survécu à ces années. Génial inventeur, il mis au point pour eux de son coté, en parallèle de son rival aux Etats-Unis, mais dans des conditions matérielles bien moins avantageuses, le premier satellite qui orbita autour de la Terre (Spoutnik). Viendront ensuite la capsule Vostok, et une fusée nommée « R7 » qui fit d'un russe le premier homme dans l'espace.

Les américains n'avaient aucune idée de son existence. Pour décourager toute tentative d'enlèvement, le gouvernement soviétique décida que l'identité de Korolev ne devaient être dévoilée sous aucun prétexte. Le régime alla jusqu'à trouver un prête-nom pour endosser le rôle de père du programme spatial. Même les cosmonautes ne faisaient sa connaissance que le plus tard possible. Malheureusement, Korolev travaillait sous une pression constante et harassante, les dirigeants soviétiques exigeants toujours plus avec peu de moyens, et son corps, déjà éprouvé par le goulag, ne résista pas longtemps. Il mourut en 1966 pendant une intervention chirurgicale exploratrice, au cours de laquelle son cœur fatigué lâcha. Sans ce décès qui porta un coup terrible au programme dont il était l'âme, les américains auraient-ils été les premiers sur la Lune? L'adjoint de Korolev, Michkine, repris un temps la direction des opérations, mais ne parvint pas à les mener de la même façon. C'est seulement lors de ses funérailles nationales (ses cendres sont scellées dans le mur du Kremlin) que le reste du monde appris le nom, et l'histoire, de ce pionnier d'exception.

Encadré : La navette américaine

Son nom de code, ou plutôt leurs noms de code puisqu'il y a eu toute une série de navettes, est STS, pour Space Transportation System (système de transport spatial, chic, c'est le même acronyme en français !).
Le but de ce programme est de concevoir un moyen moins coûteux d'aller dans l'espace, avec un véhicule réutilisable. En effet, une fusée ne sert qu'une fois, mais pas une navette.. C'est un vaisseau qui est propulsé pour l'aller par un « lanceur », sorte d'assemblage simple moteurs-réservoirs de carburant, puis revient sur Terre à la manière d'un avion. Le lanceur ne sert, lui, qu'une seule fois, donc il y a quand même des pertes lors de ce genre de vol, mais il est bien moins cher à produire qu'une fusée puisque c'est « juste » une propulsion et un gigantesque réservoir.

Passons en revue les navettes, dans l'ordre d'apparition dans notre ciel:

- *Enterprise : 1976-1977*
- *Columbia : 1981 - 2003. En 2003, c'est un crash dû à un défaut dans le bouclier thermique qui met fin à cette série de navettes. Un équipage de 7 personnes perd la vie au retour d'une mission spatiale pourtant sans histoire. Ce qu'il ne savaient pas, en montant dans leur vaisseau pour le voyage de retour, c'est qu'une toute petite dalle de bouclier thermique s'étaient détaché de la navette. Insuffisamment protégée, la navette s'est échauffée puis embrasée lors de son entrée dans l'atmosphère.*
- *Challenger : 1983 - 1986 - L'explosion de la navette 73 secondes après le décollage tue sept personnes dont une civile.*
- *Discovery : 1984 - 2011. C'est cette navette qui a mis le télescope spatial Hubble sur orbite. C'est aussi ce modèle qui a pris la relève et effectué la première mission après la tragédie de Challenger. Et cela s'est reproduit après le catastrophique accident de Columbia !*
- *Atlantis : 1985 - 2011 : c'est cette navette qui clôturera tout le programme en effectuant le dernier vol d'une navette américaine.*

- *Endeavour 1992 - 2011 : Cette navette effectuera la première mission pour l'ISS en 1998.*

Bien sûr, on constate tout de suite que certaines navettes ont volé aux mêmes périodes. Depuis 2011, il n'y a plus de navette en fonctionnement. Les vols de rotation d'équipe pour la station spatiale internationale sont essentiellement assurés au départ de Baïkonour via les véhicules russes.

La vie quotidienne en apesanteur.

Manger, boire, dormir, se laver, aller aux toilettes... Rien de tout cela n'est facile en situation d'apesanteur.
Toutes sortes de dispositifs ont été mis au point pour faciliter ou parfois, simplement permettre, la vie quotidienne des astronautes, dans les stations spatiales successives.
Vous ne le savez peut-être pas, mais bien des objets anodins du quotidien ont été inventés pour les spationautes, et vous les utilisez tous les jours !
La nourriture des astronautes en orbite est en conserve ou surgelée la plupart du temps sur Mir, et plutôt lyophilisée sur l'ISS. Il est vrai qu'un aliment sec est plus facile à transporter et plus léger. Or, la praticité est le critère principal pour les ravitaillements, qui sont très coûteux et complexes à organiser. Et c'est aussi un type d'aliment qui se conserve longtemps sans se dégrader. Du temps de Mir, on ne disposait pas de techniques permettant de lyophiliser des plats en gardant une certaine qualité, d'où les surgelés et les conserves. Toutefois, des fruits à légumes frais sont régulièrement apportés sur la station par les nouvelles équipes.
Apparemment, les menus proposés ne sont pas des repas de fin gourmets, mais si on en croit les astronautes, leurs papilles sont moins sensibles en apesanteur, si bien qu'il serait inutile de déployer trop de talents culinaires. Toutefois, on s'accorde aujourd'hui à dire qu'il est important pour l'équilibre psychologique des astronautes que leur repas soit un peu agréables. Et l'équilibre psychologique d'un adulte coincé dans une boîte de conserve avec quelques autres, c'est important ! On notera qu'on offre par exemple aux astronautes plusieurs boissons différentes, livrées sous forme de poudre à réhydrater… Et sur Mir, il y avait même certains alcools !
Physiquement, le corps des astronautes subit un énorme stress. Lorsqu'on se retrouve en apesanteur, l'oreille interne (et donc le cerveau) ne comprend pas ce qui se passe. Concrètement, le cerveau a besoin de savoir où est le bas, et où est le haut. Si, si, vous ne vous en apercevez pas, mais c'est fondamental. C'est pour cela que vous pouvez vous sentir vaseux après avoir tourné trop longtemps sur vous-même (si vous avez moins de dix ans, ça arrive !), ou bien dans un manège (non, pas après le train fantôme, ça c'est un autre problème...). Savoir où sont le haut et le bas, c'est impossible dans une station spatiale, puisque ces deux notions n'ont aucun sens. Désorienté, l'astronaute va subir, du fait de l'oreille interne qui se retrouve au chômage technique, des nausées importantes, et pouvant durer plusieurs jours. Les pauvres n'ont ainsi pas faim pendant un temps, et ce, même si ce n'est pas leur première mission dans l'espace...
De plus, leurs muscles fondent littéralement faute de devoir lutter contre notre bonne vielle pesanteur terrestre. Ils font donc plusieurs heures d'exercices tous les jours. Par ailleurs, ils subissent aussi une décalcification du squelette, due aux mêmes causes, faute d'une bonne circulation sanguine. Le sang à tendance à monter à la tête parce que les fluides du corps ne sont plus contraints par la seule gravité. Le système immunitaire en prend un coup, ce qui n'est pas une bonne idée lorsque des humains sont en milieu confiné. Mais ces effets « moyens » disparaissent au retour sur Terre. Pour les muscles et les os, cela prend un peu de temps !

Et à long terme, la santé des astronautes peut être affectée : la dose de radiation subie est plusieurs centaines de fois supérieure à la normale sur Terre, ce qui peut entraîner des cancers mais aussi des complications oculaires (cataracte).
Pour l'instant, trop peu d'êtres humains ont été astronautes pour qu'on en tire des statistiques correctes.
Boire, c'est plus compliqué que sur le plancher des vaches, mais pas trop. En gros, il faut juste remplacer les verres par des sortes de gourdes ou de « biberons », faits pour qu'aucune goutte d'eau ne s'échappe. Parce que ça fait des dégâts, des petites gouttes d'eau, surtout quand les murs sont bardés d'électronique !
Et pour se reposer, c'est tout une gageure : se coucher, cela n'existe pas. Il faut se harnacher dans un sac de couchage fixé à une paroi, en fixant bien sa tête, et ses bras, pour (par exemple) éviter de les voir flotter devant ses yeux au réveil. Le but étant de réussir à rester dans le sac de couchage. Même problème qu'avec le haut et le bas : le fait de ne pas pouvoir se mettre en station « couchée » est un vrai problème pour réussir à se relaxer et à s'endormir.
L'hygiène, c'est fondamental… Et si on pense au nombre de gestes de soins et/ou de nettoyage que nous faisons tous les jours, c'est très compliqué ! Une station spatiale n'a pas l'eau « courante ». La quantité d'eau est limitée et doit être recyclée. La plupart des systèmes de « support vie » (ce qui rend la station habitable par des êtres humains) de l'ISS existaient déjà sur Mir. Leur fiabilité a conduit à réutiliser les mêmes systèmes.
Pour se laver, les astronautes ont un temps bénéficié d'une douche sur Mir, mais le système était contraignant, compliqué et encombrant. Cela sera vite remplacé par un nettoyage avec des lingettes humides. Pour les cheveux, des shampooings secs, et pour les dents, du dentifrice comestible. Encore un peu d'eau économisée.
Aller aux toilettes… Pour évacuer correctement les déchets, il faut un contact hermétique entre le système (la « cuvette ») et l'astronaute. Des pompes puissantes se chargent de l'aspiration puis du transfert vers des systèmes de traitement. Puisque l'urine contient de l'eau, celle-ci doit être récupérée.
Mais nous oublions un besoin fondamental, auquel on ne pense pas… Respirer ! Pour avoir une atmosphère correcte pour un être humain, il faut produire de l'oxygène, garder une proportion modérée (les 20% de notre atmosphère terrestre) et purifier l'atmosphère en question de tous les « déchets »gazeux : du méthane produit pas la digestion, ou bien de l'ammoniac issu de la transpiration par exemple. Les systèmes qui gèrent cette atmosphère sont complexes, et sur MIR, il avaient fini par vieillir un peu trop…
Bien sûr, les astronautes bénéficient dans la station de moyens de communication efficaces, y compris une connexion internet.

Encadré : L'apesanteur, la gravité et l'astronaute qui voulait boire.

Le mot apesanteur est trompeur : on pense très souvent qu'il signifie une absence de pesanteur... Donc de gravité (et c'est exactement là qu'est l'erreur !).
La gravité ne peut pas disparaître. Elle existe partout dans l'Univers.

Une « interaction gravitationnelle » (une force de gravité) existe dès que deux masses sont en présence l'une de l'autre, même à des distances élevées. C'est une interaction qui produit une attraction mutuelle, donc les deux masses s'attirent l'une l'autre.

Si les masses sont faibles (deux êtres humains par exemple), cette force a une intensité très faible. C'est vraiment, vraiment pas grand-chose. En revanche, lorsque l'une des deux masses est élevée (prenons l'exemple d'un être humain et de la planète sur laquelle il habite, ou pire, une planète et le soleil...), la force devient très intense.

Par ailleurs, plus la distance entre les deux masses est élevée, moins l'intensité de la force est grande.

Résultat, si la force s'exerçant entre la Lune et les océans est assez intense pour provoquer les marées, Jupiter, la planète la plus grosse du système solaire (toutes les autres planètes peuvent y loger) n'a aucune influence notable sur notre planète.

Entre un astronaute en orbite autour de la Terre et notre planète, une force de gravité s'exerce donc bel et bien. La Terre attire l'astronaute et inversement.

Pourquoi donc cet astronaute flotte-t-il, et pourquoi a-t-il l'impression de ne plus rien peser (d'où le mot apesanteur) ? Et surtout : pourquoi du liquide s'échappant d'un récipient se met à flotter sous forme de bulle ?

L'explication n'est pas si compliquée. Pour rester en orbite autour de la Terre, la Station Spatiale Internationale (ou un satellite, ou notre astronaute) doit avoir une vitesse suffisante pour se maintenir à une distance fixe du centre de notre planète. Si la vitesse n'était pas suffisante, il tomberait petit à petit, en décrivant des orbites de plus en plus petites. Il chuterait en spirale jusqu'au sol.

Cette vitesse et la forme du mouvement (un cercle dont le centre est au centre de la Terre) produit une accélération centrifuge, c'est à dire une accélération dirigée vers l'extérieur du cercle. Et une accélération, cela ressemble beaucoup à une force. Si bien que l'astronaute (ou la station, ou le satellite) subit deux forces dirigées sur un même axe, opposées et… Egales. Elles se compensent.

Du coup, ce qu'il ressent, c'est une « absence » de force. Et il flotte... En ayant la sensation de ne plus rien peser.

De la même façon, un fluide (une boisson par exemple) qui sort de son récipient se retrouve à flotter, et... Quand un peu de fluide « flotte » (pensons à notre goutte d'eau), la tension superficielle, une petite force tout discrète mais étonnante, qui s'exerce entre les molécules de fluide, de façon attractive, lui donne la forme d'une sphère.

Les cultures de plantes en apesanteur

En janvier 2016 a éclot la première fleur issue d'une plante ayant poussé en apesanteur, a bord de l'ISS.
C'est une fleur de Zinnia, une plante ornementale. Scott Kelly, un astronaute américain qui a passé 340 jours dans l'ISS et qui est rentré en mars 2016, était e « jardinier en chef » de cette expérience. C'est lui qui a pris soin des plants de Zinnia qui avaient été plantés, et dont beaucoup sont morts suite à une infestation de champignons, cause d'un arrosage trop fréquent. Lorsqu'il a constaté l'émergence de la fleur, l'astronaute a immédiatement pris en photo son « trophée » et l'a posté sur internet.
Mais si cette fleur était la première à apparaître dans l'espace, c'est loin d'être le coup d'essai de la culture de plante en orbite.
Au départ, le but est d'étudier l'influence de la gravité sur le développement d'une plante. Vous avez l'habitude que la fleur soit en haut et les racines en bas, non ? Alors, est-ce la gravité qui permet à la plante de pousser « dans le bon sens » ? Et, si jamais c'est le cas, comment la plante peut-elle « sentir » la gravité ? Et les rayonnements présents dans l'espace, vont ils altérer le génome des plantes et comment ? La plante pourra-t-elle faire des graines dans l'espace ? C'est pour répondre à ce type de question que les premières expériences ont eu lieu.
Dès les années 1940, des graines ont été placées dans l'espace (certaines sans être récupérées, ce qui limite quand même l'intérêt de l'expérience) ou bien simplement exposées à l'espace quelques minutes pour observer d'éventuels effets du rayonnement. On a aussi placées des graines dans le vaisseau de la mission « Apollo 14 », puis fait pousser ces graines sur Terre de façon classique, dans le sol, afin de voir si elles se comportaient différemment de celles qui n'avaient pas fait ce voyage. Et leur croissance fut tout à fait normale. Ce qui était déjà un bon début : une exposition modérée à l'espace n'entraîne pas de problèmes pour la plante.

Mais ces premières expériences, limitées en temps et en matériel, ne sont rien en comparaison des études de plus en plus poussées, de plus en plus sophistiquées que les stations spatiales ont rendu possible.

Sur Saliout 7, en 1984, des cosmonautes ont réussi à démontrer que des plantes pouvaient passer par toutes les étapes d'un cycle complet en microgravité. Un cycle complet, pour une plante, cela veut dire partir de la graine, voir la plante pousser, se développer... Et en obtenir de nouvelles graines. Des études équivalentes furent reproduite sur la station MIR par la suite. Il s'agissait de graines de « brassica rapa » et de blé. En 2007, sur la station spatiale internationale, des astronautes ont ainsi pu obtenir plusieurs générations successives de pois (Pisum Sativum).

Pour savoir si la gravité avait une influence sur la croissance d'une plante, il ne suffit pas de constater une différence. Cela, des études l'ont montré assez vite. Mais il fallait encore comprendre si la plante était directement sensible au phénomène gravitationnel, ou bien si les changements de gravité induisaient simplement des changements trop importants dans l'environnement de la plante. C'est ce qu'on appelle les « effets secondaires » de la microgravité. Et c'est de ce coté que des explications fascinantes se profilent. Dans les années 2000, des astronautes ont

montré que les plantes ayant poussé en apesanteur avec leurs bons soins, portaient les traces d'un stress due à une hypoxie. En d'autres termes, les plantes ayant grandi en apesanteur avaient manqué d'oxygène. Pourquoi ?
Parce que l'absence de pesanteur a des conséquences sur les mouvements de l'eau dans la zone des racines de la plante. En microgravité, le mélange terre/eau ne se fait pas bien, et la plante ne parvient pas à puiser via ses racines ce dont elle a besoin. Ce qui, d'ailleurs, concerne aussi les nutriments habituellement captés par le système racinaire.

Les changements qui s'opèrent dans l'environnement d'une plante lors d'un séjour en vaisseau spatial ne se déroulent pas que près des racines. Le comportement du gaz dans lequel est placé la plante est terriblement important. Lors de trois expériences successives menées en 1993 dans un mini laboratoire, embarqué sur la navette américaine, des astronautes ont constaté qu'il était très difficile d'obtenir une pollinisation dans l'espace. Dans les premiers plants étudiés, rien ne se passa. En fait, le développement des plants mâles et femelles s'arrêta très vite. Lors du deuxième essai, on fournit à ces plants une atmosphère plus riche en dioxyde de carbone (le gaz que vous et moi expirons, et dont les plantes se nourrissent-on appelle cela la photosynthèse). Ce régime enrichi permit la croissance des plantes, mais pas la pollinisation. Il fallu ajouter un système complexe de ventilation pour que cette étape soit finalement franchie. Sur Terre, dans l'air d'une pièce, il y a en permanence de la convection : l'air chaux monte, l'air froid descend, ce qui est une conséquence de la gravité. C'est parce que les deux types de gaz n'ont pas la même densité (l'un est plus « lourd » que l'autre) que la convection apparaît. Ce phénomène brasse l'air d'un pièce. Si on observait les molécules de gaz dans une zone délimitées de la pièce, on s'apercevrait que ces molécules changent tout le temps, se déplacent énormément. Or, si la convection disparaît, la gaz présent dans une zone ne se renouvelle plus, il stagne. La plante a un air « usé » autour d'elle, elle a déjà exploité ses ressources, et se retrouve privée de nourriture. De même, les gaz que la plante rejette s'évacuent mal, ce qui met en danger sa respiration. Et bien sûr, sans convection, pas de transport de pollen d'un plant à un autre, donc pas de reproduction.
Ce qui a montré que les effets secondaires de la microgravité font qu'une plante a besoin, lorsqu'elle est placée dans l'espace, de conditions pour se développer qui sont différentes de celles qui lui conviendront au sol.

Malheureusement, l'atmosphère contenue dans une station spatiale ou un vaisseau peut aussi se révéler toxique. Durant plusieurs expériences menées sur la station MIR, les astronautes se sont aperçu que la présence d'éthylène dans l'atmosphère des plantes, qui était identique à celle de la cabine, avait causé une stérilité chez les végétaux. Ce fut la première preuve de la toxicité des composés de l'éthylène sur les êtres vivants (on appelle composés les molécules qui ont la même structure, ou une structure très proche). Toxicité avérée par la reproduction de l'expérience. Heureusement, des solutions ont été trouvées pour supprimer l'éthylène de l'atmosphère dans laquelle les plantes grandissent sur l'ISS.
Et en leur apportant une ventilation adaptée, les chercheurs en orbite ont pu contrecarrer les effets secondaires gênants de l'absence de convection.

Mais il y a un autre point crucial pour la croissance des plantes qui pose problème dans l'espace sans avoir un quelconque rapport avec la gravité : la lumière !
La lumière du soleil est utilisée par les plantes pour la photosynthèse, série des réactions chimiques impliquant aussi l'eau et le dioxyde de carbone. Or, la lumière du soleil a une composition particulière. Elle résulte d'un mélanges de lumières de « couleurs » différentes. En physique, le concept de couleur ne correspond pas à une grandeur mesurable, et on parlera plutôt des « fréquences ». Ce sont les valeurs qui correspondent aux vibrations lumineuses. La lumière est en effet une onde, comme les vagues ou bien le son, mais de type électromagnétique. Cela signifie simplement que ce qui vibre dans la lumière, c'est un champ électrique et un champ magnétique. On appelle « spectre » la liste de fréquences (ainsi que leur proportions relatives) présentes dans une lumière. C'est la « recette » de la lumière étudiée. Donc, le spectre du soleil est particulier, et il fallait réussir à le reproduire.
Des lampes à fluorescences (similaires aux lampes fluocompactes « basse consommation » qui se sont répandues dans les foyers ces dernières années) ont été largement utilisées sur les précédentes station spatiales. Mais aujourd'hui, ce sont les LEDs, comme dans nos maisons, qui ont la cote dans l'espace. Fort peu gourmandes en énergie, légères, efficaces, elles n'ont pratiquement que des qualités. Dont celle d'être dépourvues des gaz toxiques présents dans les lampes à fluorescence (du mercure en particulier). De plus, la découverte des LEDs bleues (une révolution qui a eu lieu en 1992, et a valu le Nobel 2014 aux chercheurs impliqués) a permis de reproduire un spectre très proche de celui de la lumière du Soleil.
C'est un peu la même chose que pour nos intérieurs : il existe aujourd'hui des lampes à lumière « blanche » ou « naturelle » bien moins fatigante pour nos yeux que les lampes à la lumière jaunâtre auxquelles nous étions auparavant habitués.

Toutes ces avancées ont permis à une équipe d'astronaute de déguster en 2015 la première « salade spatiale ». L'événement, largement médiatisé, constitua la première expérience de culture alimentaire en microgravité. Cela ouvre directement la voie pour les futurs voyages vers Mars, qui ne peuvent se faire qu'avec une certaine autonomie. Pas de ravitaillement en fruits frais possibles lors d'un trajet spatial de plusieurs mois... Il est donc fondamental que les futurs astronautes embarqués dans cette expédition puissent faire pousser un peu de nourriture eux-mêmes.