ATTEINDRE L'ESPACE

A) LES FUSEES

1°) Dénomination

Le terme générique employé pour les véhicules spatiaux destiné au lancement de charges importantes, est LANCEUR, notamment pour les tirs d'applications civiles. Jusqu'en 1999, les tirs ont toujours été effectué à partir de bases terrestres, avec un lanceur érigé à la verticale. Mais en 99, les soviétiques ont réalisé le premier tir depuis une plate-forme en plein océan, située sur l'équateur, ce qui est excellent pour les tirs GTO.

On parlera de MISSILE pour des engins militaires, la plate-forme de tir pouvant être fixe et terrestre ou mobile (sous-marin ...)

Le terme FUSEE est souvent réservé à l'expérimentation, aux petits engins, et pour des applications civiles, notamment en météorologie avec les fusées-sondes.

2°) Etude de quelques engins :

Deux grands hommes ont marqué de leur empreinte, le développement des fusées et des lanceurs, l'allemand Von Braun récupéré par les USA et le russe Korolev, père des véhicules spatiaux soviétiques.

a°) Le cas d'un lanceur: L'Ariane 5

a) Naissance du projet :

La décision européenne a été prise en 1987 à La Haye, de construire un lanceur lourd nouveau, performant et apte au vol habité, versatile. (avec coiffe spécialisée)

Ce lanceur est prévu pour participer à la mise en place de la station orbitale internationale basse, puisque sa performance est de l'ordre de 18.5 tonnes.

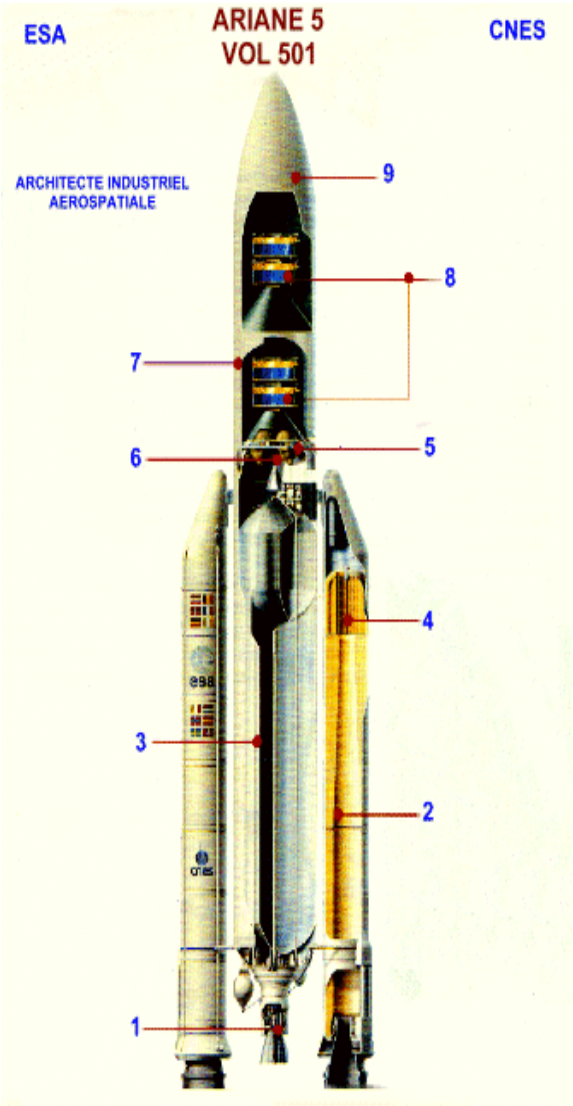
L'emport d'un véhicule spatial est prévu, y compris habité.

La polyvalence du lanceur est assurée par une partie base commune à tous les lanceurs et une partie haute adaptable à la mission.

b) Architecture du lanceur :

Le dessin est une copie d'un document aérospatiale. Nous donnons les éléments et le maître d'œuvre du composant cité.

Ariane 5 est un lanceur dit à deux étage et demi car il se compose d' un étage principal accolé par deux boosters. Ces derniers sont largués en vol, alors que l' étage central continue sa route. Au lancement l' étage principal à propergol liquide est allumé en même temps que les deux boosters, l' ensemble fournissant quelques 1344 tonnes de poussée dans le vide. Le lanceur mesure 51,4 m (version Ariane 5G) pour ne masse de 746 tonnes.



1 - Moteur Vulcain (SEP) :

C'est le moteur de l'étage EPC (Etage à Propulsion Cryotechnique)

. 2 -Etage d'Accélération à Poudre (Aérospatiale) :

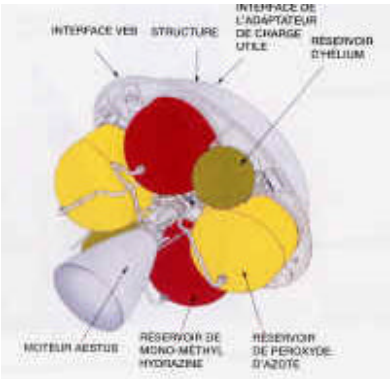
Ce sont les 2 EAP, propulseurs à propergols solides de masse 270 tonnes chacun, de poussée unitaire 640 tonnes, contenant 237 tonnes de poudre brûlant 130 s.

3 -Etage à Propulsion Cryotechnique (Aérospatiale) :

C'est l'EPC de masse totale de 170 tonnes , avec 25 t de LO2 et 130 t de LH2, fonctionnant 570 s et une poussée de 100 tonnes.

4 -Moteur à propergol solide (Europropulsion) :

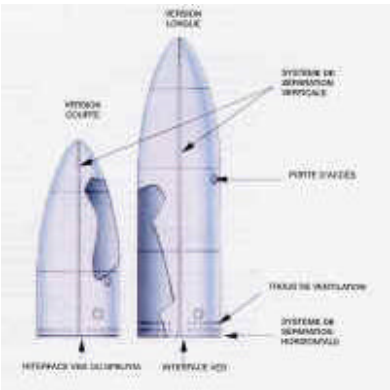
5 -Case à équipements (MMS) :Cerveau électronique du lanceur, avec ses centrales inertielles, le système de pilotage et de guidage, les calculateurs .....



6 -Etage A propergols Stockables (DASA) : Nommé EPS, avec un moteur AESTUS de masse 1150 kg, doté d'une poussée de 27.5 kN, contenant 9.7 tonnes d'ergols fonctionnant 1100 s. Son fonctionnement est extra atmosphérique. Il est réallumable et contribue à l'adaptabilité du lanceur. Il permet la stabilisation des satellites dans leurs orbites.

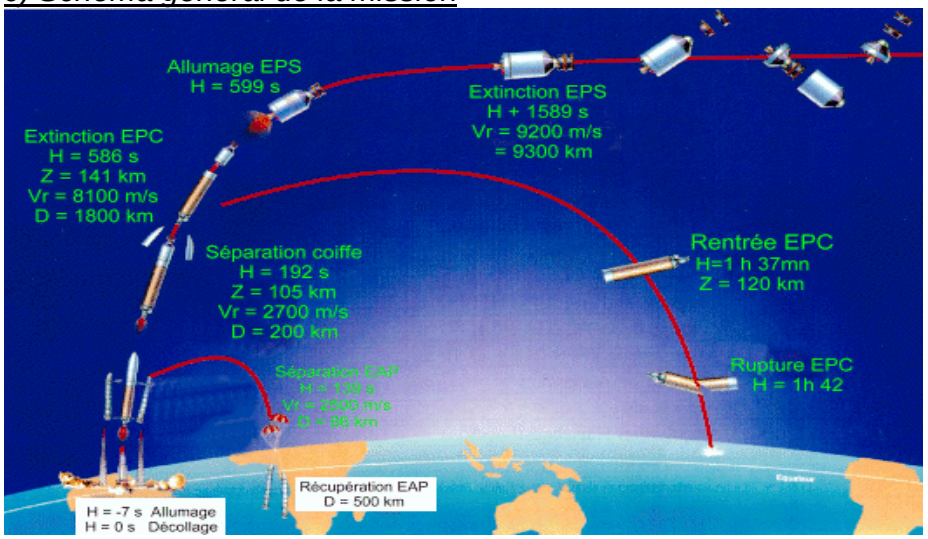
7 -SPELTRA (Dornier) : Structure Porteuse Externe pour un Lancement multiple Ariane. Elle permet des lancements doubles de deux satellites.

8-satéllite

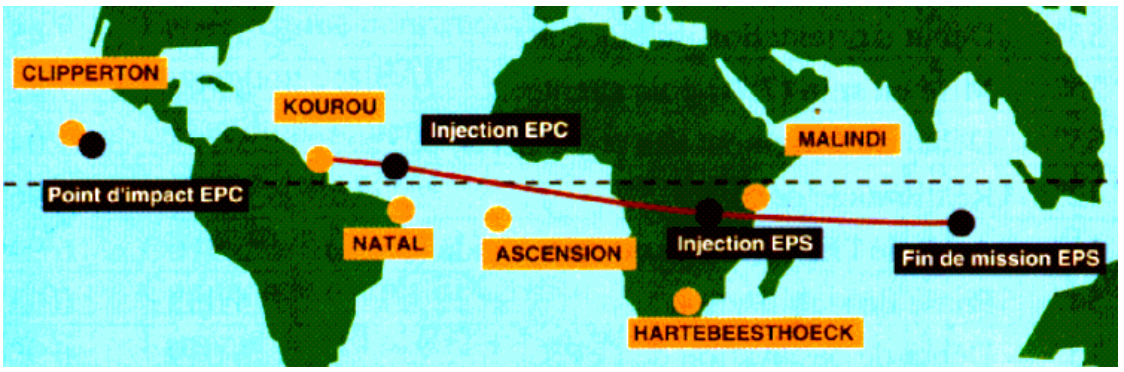


9 -Coiffe (OERLIKON-CONTRAVES) : Constituée de deux demi coquilles, elle protège les satellites des agressions externes. D'un volume de 200 m3 elle a une masse de 1750 kg. Cette coiffe est larguée dès que la pression dynamique chute au dessous d'un certain seuil, le largage est assuré par un dispositif pyrotechnique.

c) Schéma général de la mission



Nb : La récupération EAP à titre expérimental



La trace lanceur stations de poursuite (Kourou, Natal, Ascension, Hartebeesthoeck, Malindi) sont visibles sur le dessin ci-dessus.

b°) L'exemple de fusées habitées

a°) Saturne

C'est certainement le plus gros lanceur construit par l'homme avec ses 111 mètres de long. Composé de trois étages, sa masse avoisinait les 2720 tonnes sans la masse utile de 45 tonnes, destinée à une mission lunaire bien connue de tous.

Saturne V pouvait envoyer 120 tonnes en orbite basse circumterrestre.

ETAGE I : 2135 tonnes, une poussée 33450 kN ou encore 3400 tonnes, durée de combustion 150 s pour 2000 tonnes d'ergols et 5 moteurs.

ETAGE II : 469 tonnes, une poussée de 4454 kN ou encore 454 tonnes, durée de combustion 37 s, pour 430 tonnes d'ergols et 5 moteurs.

ETAGE III : 116 tonnes, une poussée de 890 kN ou 91 tonnes, durée de combustion 360 s, un seul moteur

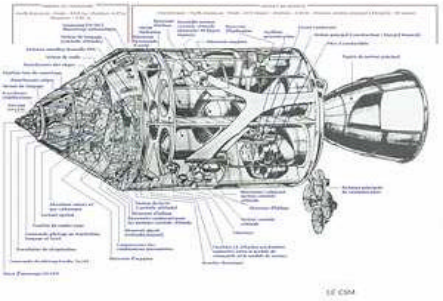
Juste au-dessus du troisième étage, on trouvait : la case des équipements qui contennait 2,5 tonnes de matériel électronique chargé d'effectuer et de transmettre pendant le lancement et le vol des milliers mesures ; le module lunaire (LEM) dont le train d'atterrissage était replié (et qui contiennait dans ses soutes, lors des dernières missions la Jeep lunaire); le module de service qui était la salle des machines du vaisseau Apollo ; le module de commande avec

lequel les trois astronautes amerrissaient en fin de mission. Le module de commande, bardé de boucliers thermiques très résistants, était attaché par une structure métallique à la tour de sauvetage, chargée de l'arracher en cas de dysfonctionnement du première étage lors du lancement.

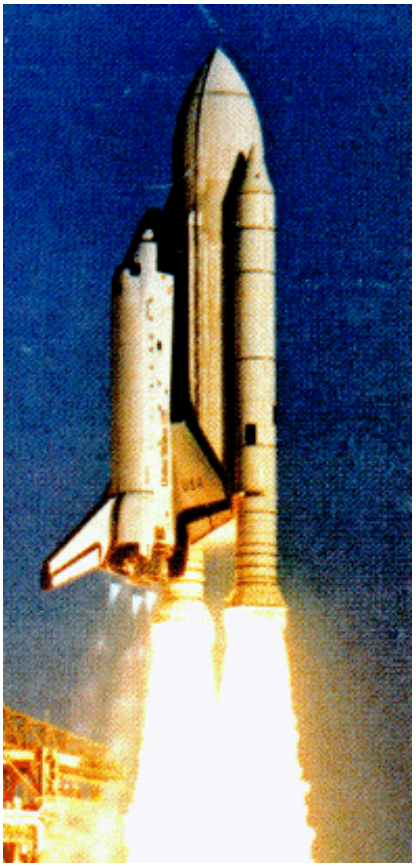
Bouclier d'Apollo

Vaisseau Apollo :

Il mesurait au total 5,70 de longueur, 3,60 m de hauteur, et 3,80 de diamètre dans sa partie la plus large. Son poids total s'élèvait à 5,6 tonnes.



b°) Shuttle: Premier concept de lanceur réutilisable.



Dans les années 70, la National Aeronautics and Space Administration (NASA) met au point la navette pour servir de vaisseau spatial et de fusée réutilisable. Le 12 avril 1981, après 10 ans de travaux, la première navette Columbia est lancée.

Actuellement trois navettes sont utilisées (dut à l'explosion du Columbia le 2 février 2003), Discovery, depuis 1984, Atlantis, arrivée en 1985, et Endeavour, qui remplace en 91 Challenger, détruite en 1986. (des détails sur les navettes)

Sous le ventre de cet avion spatial est fixé un énorme réservoir (47 m de haut) ; il contient le combustible (hydrogène liquide) et le comburant (oxygène liquide) qui alimentent la combustion des trois moteurs principaux.
Deux propulseurs à poudre, situés de part et d' autre du réservoir extérieur, aident au décollage. Ces propulseurs d' appoint sont largués au bout de 2 minutes. Leur chute est freinée par des parachutes, ce qui permet de les réutiliser

La navette spatiale (shuttle) est composée principalement de 9 parties inter-reliées pour donner la structure complète presque entièrement faite d'aluminium. La première partie, est le fuselage avant constitué lui-même de trois parties : le compartiment pressurisé pour les passagers et deux sections (supérieure et inférieure) recouvrant le compartiment comme une coquille. La seconde partie, le fuselage du milieu, est une section de 60 pieds destinée à contenir l'équipement de travail et les satellites que la navette

transporte. Cette section est faite de panneaux d'aluminium usinés en ruche d'abeille et renforcé d'aluminium. Sur la partie supérieure du fuselage moyen se trouvent les portes de la soute, elles-mêmes faites d'aluminium et de graphite d'époxy. Complètement à l'arrière se trouve le fuselage arrière. Construite de manière conventionnelle, cette section sert principalement à distribuer la force du moteur principal au fuselage moyen et aux autres parties. Ensuite, rattachées de chaque côtés par une traverse passant dans le fuselage et mesurant près de 60 pieds chacune, les ailes sont également faites en composites d'aluminium en ruche d'abeille et sont recouvertes d'un isolant thermique. Finalement, l'empennage vertical est construit de la même manière que les ailes et est rattaché au fuselage arrière par des rivets aux deux principales barres de maintien. La partie inférieure des trois fuselages et des ailes est recouverte d'isolant fait en composites de céramique pouvant résister à des chaleurs de près de 3000 degrés Fahrenheit. Sans cette protection, la structure serait désintégrée au moment de la rentrée atmosphérique.

c°) Schéma de la mission

1. Les trois moteurs principaux s' allument, puis c' est au tour des deux propulseurs d' appoint. La navette décolle 2 secondes plus tard.

2. Les deux propulseurs d' appoint sont largués puis freinés par des parachutes.

3. Les trois moteurs principaux sont arrêtés et le réservoir extérieur est largué, il se désintègre lors de la descente dans l' atmosphère.

4. Les deux moteurs du système de propulsion orbitale sont mis en marche pour placer la navette sur sa bonne orbite.

5. La navette ouvre les portes de sa soute pour placer en orbite un ou plusieurs satellites.

6. Pour des approches délicates lors de réparations de satellites en orbite, le commandant utilise les moteurs du système de contrôle d' attitude.

7. A la fin de la mission, qui a duré plusieurs jours, la navette réalise une rotation pour un bon retour sur Terre.

8. Vers 70 km d' altitude, l' échauffement de certaines parties de la voilure de la navette est le plus fort (1 400 °C). Pour supporter ces températures, la navette est recouverte d' un ensemble de tuiles réfractaires.

9. Vers 25 km d' altitude, la navette en vol plané négocie plusieurs virages afin de se mettre dans l' axe de la piste d' atterrissage.

Explosion de la navette challenger

La navette spatiale américaine Challenger explosa 72 secondes après son lancement le 28 janvier 1986, devant des millions de spectateurs horrifiés. L'explosion s'est produite à cause d'une faille dans l'un des deux propulseur à poudre qui aurait incendié le réservoir d'essence liquide (ergol liquide) principal. Les sept personnes qui formaient l'équipage y trouvèrent la mort. Parmi les victimes, Christa McAuliffe, enseignante de son état, avait été sélectionnée pour être la première femme à voler dans le nouveau programme des "citoyens dans l'espace". Le vol avait déjà été reporté cinq fois, dont trois à cause de mauvais temps. Avant la mise à feu, il avait fallu ôter à la main des glaçons fixés sur la navette. Cet accident, qui fit les premières victimes américaines de l'espace, porta un coup dévastateur à un programme qui connaissait déjà de sérieuses difficultés pour cause de dépassement spectaculaire du budget alloué. L'explosion est devenue l'un des événements les plus importants des années '80, alors que des millions de téléspectateurs ont vu l'accident et ont sympathisé avec les astronautes qui y ont perdu la vie.

Explosion de la navette Columbia

L'analyse des dernières données transmises par Columbia a orienté les enquêteurs vers l'hypothèse d'une perforation dans la structure de l'aile.

Cette perforation aurait servi de point d'entrée au plasma environnant la navette lors de sa rentrée dans l'atmosphère. L'effet chalumeau consécutif, s'épanchant sans obstacle dans le puits du train d'atterrissage, aurait alors attaqué la structure en aluminium de l'aile, provoquant sa déformation puis sa rupture.

Rappel des faits

17 ans presque jour pour jour après l'explosion de Challenger au décollage, La navette spatiale Columbia, avec sept astronautes à bord, a définitivement cessé de transmettre ses données de télémesure durant le processus de rentrée dans l'atmosphère alors que son atterrissage était prévu samedi 1er février 2003 à 09H16 locales (15H16, heure française).

L'agence spatiale américaine a perdu le contact avec la navette Columbia le 1er février 2003 à 9H00 (15H00, heure française) après une dernière communication incomplète avec l'équipage, tandis que la navette survolait Dallas, à 60 kilomètres d'altitude et à 21 000 km/h.

Columbia s'est désintégrée lors de son processus de rentrée dans l'atmosphère.

Cette phase est une des plus délicates de la séquence de retour, pendant laquelle l'équipage ne dispose d'aucune sortie de secoure en cas de coup dur. La mort des 7 membres d'équipage a été officiellement confirmée quelques minutes après l'explosion.

.Défaillance du bouclier thermique. – Les hausses de températures dans l'aile gauche constatées peu avant la catastrophe pourraient indiquer qu'une des 24000 tuiles qui composent le bouclier thermique de la navette spatiale s'est arrachée sous l'effet de la friction avec l'air. Par effet « domino », des tuiles voisines ont pu être arrachées. Les températures extrêmement élevées (jusqu'à 1650° C) entraîneraient alors une surchauffe du métal et sa fonte. Sous l'effet des forces et de la fournaise, la navette se disloquerait.

B°) Stations spatiales

1°) MIR (« paix »ou « monde »)

Première station orbitale à graviter autour de notre planète, la station Mir était un laboratoire scientifique unique au monde. Laboratoire d'impesanteur, elle a servit la recherche fondamentale mais c'est aussi une formidable plate-forme d'observation de la Terre et de l'univers.

Le bloc principal de la station a été lancé le 19 février 1986 par un lanceur Proton. Depuis 1986, la station s'est agrandie avec l'adjonction de modules complémentaires et constitue aujourd'hui un complexe spatial de près de 130 tonnes.

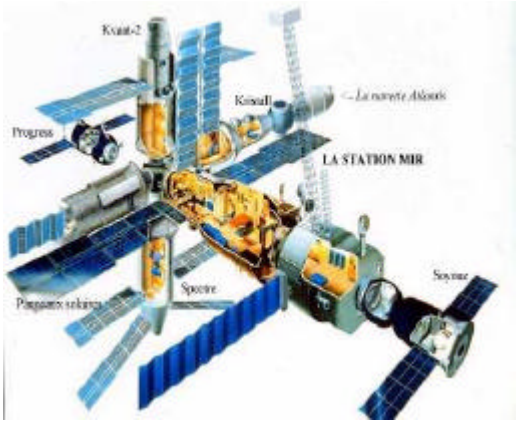
De 1971 à 1982, l'URSS a satellisé et exploité sept stations Saliout, toutes détruites aujourd'hui. La station Mir constitue donc son huitième laboratoire orbital. Lancée sans passager, elle a été conçue pour une présence humaine.

Durant ces quinze années de service, elle a été fréquemment occupée, recevant de nombreux équipages internationaux pour des missions de courte et de moyenne durée. Une quinzaine de cosmonautes russes y ont effectué de longs séjours. Le record est détenu par le médecin russe Valéri Poliakov qui a passé 467 jours à bord de Mir en 1994-1995, et capitalise plus de 707 jours en orbite en cumulant ses deux séjours.

Afin de préparer les opérations futures d'assemblage et d'exploitation de la station spatiale internationale, huit missions communes américano-russes ont eu lieu de 1995 à 1997, avec des rendez-vous orbitaux entre la navette américaine et la station Mir (premier amarrage de la navette américaine Atlantis le 29 juin 1995).

-Caractéristiques :

Station Mir
Lancement bloc principal : 19 février 1986
Modules complémentaires :
1987 : Kvant 1
1989 : Kvant 2
1990 : Kristall
1995 : Spektr
1996 : Priroda
Orbite : entre 380 et 410 km
Inclinaison : 51.60° par rapport à l'équateur
Poids total : 130 tonnes
Longueur totale : 40 m
Volume utile : 400 m3



Le bloc principal de la station

D'une nouvelle génération, le module central de la station Mir est impressionnant : cylindre long de 13 m, son diamètre atteint jusqu'à 4,2 m et son poids est de 20,4 tonnes. Poste de commandement et lieu de vie, il bénéficie d'un aménagement intérieur amélioré et surtout, de la présence à ses extrémités, de six pièces d'amarrage (une à l'arrière et les cinq autres à l'avant).

Élément central de la station, le compartiment de travail, long de 7,6 m, offre un volume habitable d'environ 100 m2. Au centre, une grande pièce sert à la fois au pilotage de la station, au travail (réalisation des expériences scientifiques), aux préparatifs culinaires et à l'entraînement sportif.

Afin de faciliter l'orientation des spationautes que l'impesanteur prive de tout autre repère, le sol a été recouvert de moquette vert foncé, les murs sont de couleur vert pâle et le plafond est blanc avec des lampes fluorescentes. Treize

hublots sont utilisés pour l'observation visuelle ou l'installation d'instruments scientifiques. La température intérieure est maintenue entre 18 et 28°C et l'humidité de l'atmosphère entre 30 à 70%. L'air respiré à la même composition et la même pression que sur Terre. Le bloc principal est équipé également d'un réfrigérateur, d'un stock de vivres et d'eau potable, d'un petit lavabo, d'une douche et de toilettes. Deux cabines individuelles sont réservées à l'équipage principal. Elles possèdent un hublot, une petite table de travail et un strapontin ainsi qu'un sac de couchage, le long de la paroi latérale.

-Les modules complémentaires amarrés a la station

Kvant 1 (1987), structure de 11 tonnes, d'une longueur de 5,80 m qui vient allonger la station. Dotés de télescopes, c'est un laboratoire dédié à la recherche dans le domaine de l'astrophysique qui étudiera les phénomènes dans l'atmosphère et dans l'espace. Kvant 1 est aussi équipé d'un laboratoire de biotechnologie (spécialisé dans la recherche des antivirus).

Kvant 2 (1989), module de 19,6 tonnes, ajoute diverses capacités à la station : eau, provisions d'oxygène, douches, équipement de lavage ainsi qu'un accès au vide spatial pour les sorties extra véhiculaires (EVA). Divisé en trois compartiments pressurisés, il est également doté d'un laboratoire spécialisé en recherche biologique. Kvant 2 est aussi équipé pour la fourniture de données d'observation de la Terre.

Kristall (1990),19,6 tonnes et 11,9 m de longueur, est amarré à la station un an après sur le côté opposé à Kvant 2. Il est doté de deux panneaux solaires rétractables et transporte des équipements scientifiques. Avec Kristall, on peut développer des produits biologiques et des matériaux dans un environnement spatial.

Spektr (1995), 19,6 tonnes et longueur d'environ 12 m, a été amarré à la station à la place du module Kristall (lequel a été placé face à Priroda). C'est le module qui génère le plus d'électricité (7000 watts) grâce à ses grands panneaux solaires de 35 m2. Il contient, lui aussi, des instrument scientifiques, dont plus de 800 kilos de matériel américain. Son premier objectif est l'observation de la Terre, et plus spécialement l'étude de ses ressources naturelles, l'atmosphère et les rayonnement X et gamma. Heurté le 25 juin 1997 par un vaisseau Progress, Spectre a été endommagé au niveau de ses panneaux solaires, générant une perte d'importante d'électricité pour la station.

Fixé au module Kristall, un module d'interface a été lancé par la navette américaine Atlantis en 1995. Il est utilisé pour amarrer des navettes spatiales américaines avec la station Mir.

Priroda (1996) est le dernier module ajouté à la station Mir. Amarré le 26 avril 1996, il vient renforcer la capacité d'observation de la Terre de la station. Dédié

aux problèmes écologiques et d'environnement, il permet de faire un point sur l'influence des grandes zones industrielles, d'étudier la concentration de l'ozone comme la température des océans ainsi que les nuages.

-Les véhicules spatiaux de liaison entre la station et la terre

L'autonomie de la station Mir est relativement limitée et son exploitation requiert un ravitaillement périodique. Aussi, elle est prévue pour recevoir plusieurs types de véhicules spatiaux :

- Les vaisseaux pilotés Soyouz, utilisés pour le transport des spationautes (limités à 3 personnes) et d'un peu de matériel entre la Terre et la station (et dans le sens inverse). Ils ont été conçus pour assurer cinq jours de vol autonome (il en faut 2 pour effectuer le trajet Terre-Mir) et peuvent rester amarrés à la station pendant 180 jours. D'une masse totale de 7 tonnes et d'un volume de 10 m3, le Soyouz comprend trois compartiments pressurisés : l'un destiné aux instruments, un module de vie et un module de descente de trois tonnes. Les Soyouz sont aussi des véhicules de secours pour les spationautes devant quitter la station.

- Les vaisseaux Progress, capables de rejoindre la station et de s'y amarrer de façon automatique. Ils sont utilisés pour l'approvisionnement en nourriture et en eau. Ils transportent des équipements scientifiques mais aussi le courrier des spationautes et leurs objets personnels environ toutes les six à huit semaines. C'est également par leur intermédiaire que l'on réapprovisionne les moteurs de la station en ergols, utilisés pour rehausser l'orbite de la station que le frottement atmosphérique rapproche du sol.

- La navette spatiale américaine, depuis 1995.

La Désorbitation de Mir

Après plus de 15 ans de bons et loyaux services, la station MIR n'existe plus: équipements vieillissants, problèmes techniques divers, coût de maintenance… ont entraîné la décision d'arrêt de son exploitation.

Le 23 mars à 6h07mn36s (Heure de Paris), la dernière manœuvre a amené la station Mir au point d'impact prévu à 7h00 . Lors de la dernière manœuvre, la poussée a été effectuée jusqu'à épuisement des ergols et la variation de vitesse a atteint 28m/s. Le centre de la zone de retombée est située à 40° sud - 160° ouest. La zone de retombée s'est étendue sur 1 500 Km de part et d'autre de ce point, le long de la trace.

2°) L'ISS

La Station Spatiale Internationale devra répondre à des exigences bien particulières qui ont largement contribué à la finalisation de son architecture.

Parmi ses caractéristiques inédites, on peut noter qu'elle doit impérativement être disponible sans interruption, et habitée en permanence par un équipage international. L'accès doit y être possible fréquemment et de manière régulière. De plus, le complexe orbital doit offrir des ressources en termes de capacités de laboratoire, d'installations et de plates-formes extérieures, de puissance, de télécommunications et de traitement des données susceptibles de faire progresser la science et de faire accélérer les innovations technologiques.

La Station Spatiale doit devenir un véritable institut de recherche ultra-performant à l'entière disposition de la communauté scientifique internationale où des chercheurs pourront se consacrer en permanence à des travaux scientifiques et technologiques dans le but d'apporter des solutions inédites et novatrices à des problèmes rencontrés sur Terre.

En rassemblant des équipes de recherche des Etats-Unis, du Canada, de l'Europe, de la Russie et du Japon, ce projet unique constitue le plus important programme de coopération scientifique entre l'Est et l'Ouest. Mais la diversification des objectifs aussi bien que des nationalités qui y participent rendent la tâche particulièrement complexe, car elle exige la multiplication des éléments et de l'infrastructure à mettre en place.

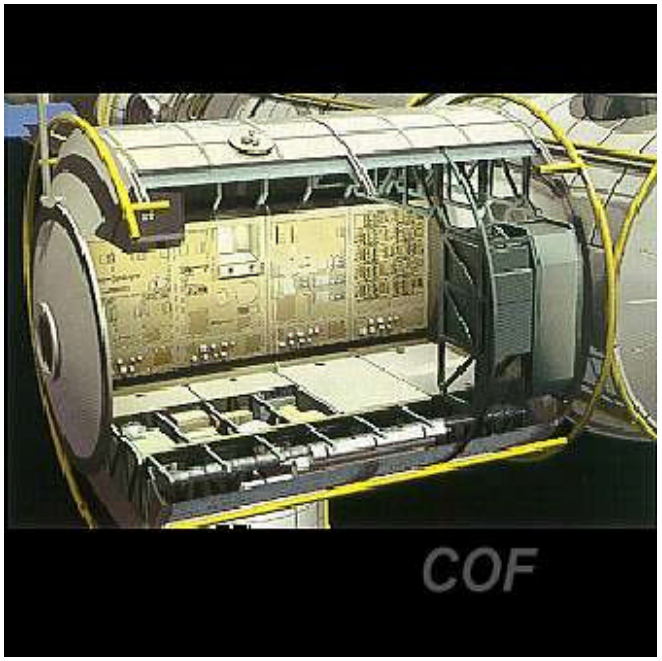
En gros, on peut dire que la Station Spatiale Internationale est un gigantesque mécano de quelque 108 mètres de longueur sur 74 mètres de large et une masse de quelque 415 tonnes lorsqu'elle sera terminée sur orbite. Avec un volume habitable de plus de 1200 m3, elle dépassera en complexité, et de loin, tout ce qui a été conçu jusqu'à ce jour. Elle pourra accueillir sept astronautes en permanence, qui se succéderont et se relaieront selon les exigences des missions, et son énergie sera fournie par les plus grands panneaux solaires qui aient jamais été construits, d'une puissance de 110 kW.

-L'architecture :

L'élément central de l'ISS est le module de fret fonctionnel, connu sous l'abréviation de FGB. Construit par la Russie mais financé par les Etats-Unis dont il reste la propriété, il s'agit en fait d'un véhicule autonome en charge de l'alimentation électrique, de la régulation thermique, ainsi que de la navigation, la propulsion et les télécommunications. Baptisé Zarya, il a été mis en orbite le 20 novembre 1998 par un lanceur Proton depuis Baïkonour.

Unity est le nœud central de la future station. Véritable carrefour, il relie le FGB aux éléments suivants, mais sert aussi d'appui au mât supportant les énormes panneaux solaires. Comportant pas moins de six sas d'amarrage, il a été construit par les Etats-Unis et placé en orbite le 4 décembre 1998 lors de la mission STS-88 de la navette Endeavour.

-La partie européenne de la station est représentée essentiellement par le module laboratoire européen, dénommé Elément orbital Columbus (COF – Columbus Orbital Facility). Extrêmement polyvalent, ce laboratoire à usages multiples peut être adapté à différentes missions par l'échange de bâtis normalisés à bord, tout comme le avions de ligne à cabines modulaires peuvent se reconfigurer pour différents usages. Le COF sera le lieu de travail privilégié des astronautes et chercheurs européens.

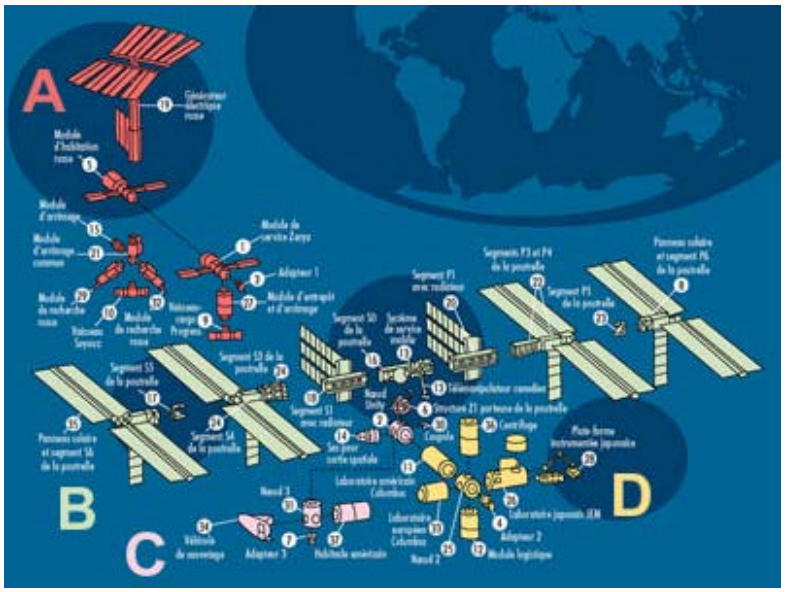


Ce module pressurisé sera raccordé en permanence à la station, dont il fera partie intégrante, et il en recevra toutes les ressources nécessaires. Ses utilisations sont multiples, et portent entre autres sur la science des matériaux, la physique des fluides, les sciences de la vie, la physique fondamentale et de nombreuses autres technologies. Il renfermera aussi la plupart des charges utiles pressurisées européennes.

Le COF se présente physiquement sous la forme d'un cylindre accusant 9500 kg au lancement, mesurant 6,7 mètres sur 4,5 mètres. Raccordé au

point de branchement numéro 2 (node 2), il en recevra sa puissance électrique sous la forme de courant continu à 120 volts et d'autres ressources. Sa consommation pourra aller jusqu'à 13,5 kW.

Nous allons simplifier grâce à un schéma de la structure générale de l'ISS afin de ne pas nous attarder sur tous les modules complémentaires qui la compose.



La station peut être divisée en quatre grandes sections. La partie arrière **(A)** rassemble les composantes russes. Au centre du dessin **(B)**, la longue poutrelle porteuse des panneaux solaires. En dessous à gauche **(C)**, les éléments du cœur de la station et, en bas à droite **(D)**, les laboratoires scientifiques qui constituent la partie avant de la station.

-La vie dans l'ISS

Vivre à bord d'une station spatiale, aussi sophistiquée soit-elle, implique de profonds changements dans le comportement des astronautes, et ce, quelle que soit la situation vécue. De simples actions comme manger, se laver, dormir, demandent d'être complètement repensées simplement en raison de l'absence de pesanteur.
Alors que les missions de navettes dépassaient rarement 2 semaines, les astronautes séjourneront à bord de l'ISS pendant des périodes pouvant atteindre 6 mois d'affilée. L'avantage de la station sera que les modules "vie", c'est-à-dire l'endroit où les occupants mangent, dorment et peuvent se distraire, sont complètement séparés des laboratoires et autres lieux de travail, ce qui contribuera à leur procurer un peu d'intimité.

L'hygiène personnelle

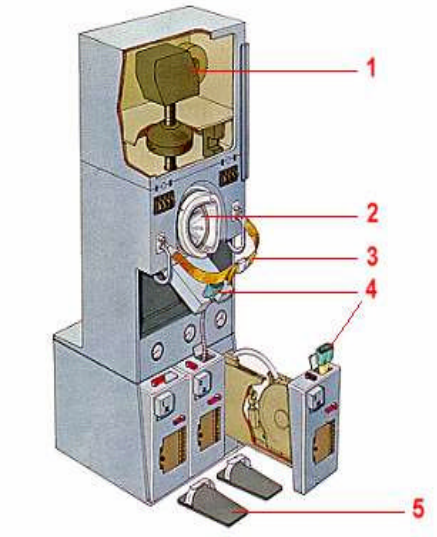
La vie en promiscuité impose des règles d'hygiène extrêmement rigoureuses, et la NASA l'a très bien compris. A bord de l'ISS, et contrairement à la navette spatiale, les astronautes disposeront d'une douche. Mais il est évident que son fonctionnement ne peut être calqué sur ses homologues terrestres, pour deux raisons principales: l'absence de pesanteur et la rareté de l'eau.

Comme il est impossible de recueillir l'eau au fond d'une cuvette en apesanteur, celle-ci doit donc être aspirée en permanence et le dispositif tout entier doit être enfermé dans un espace clos afin d'empêcher les gouttelettes de s'échapper librement dans la station. L'eau elle-même circule en circuit fermé et est constamment recyclée.

Les toilettes

Ce qui est, sur notre bonne vieille Terre, un geste extrêmement banal, est probablement celui qui, depuis l'avènement de l'âge spatial, a posé le plus de problèmes aux techniciens. Aujourd'hui encore, les toilettes des navettes spatiales n'arrivent pas à donner entière satisfaction.

Pas question de s'asseoir sur un siège de WC dans l'espace. Tout simplement parce qu'on ne s'assied pas, on flotte ! Donc, il est impératif de se sangler, à la taille comme aux pieds. Ensuite, les matières ne "tombent" pas au fond de la cuvette, pour la même raison, et il est inutile de penser à les évacuer au moyen d'un système de chasse d'eau. C'est donc de l'air qui est utilisé, dont le déplacement est censé entraîner les déchets vers l'évacuation. Censé… Le corps de l'astronaute, bien entendu, doit s'adapter avec autant d'étanchéité que possible sur le dispositif afin d'éviter toute "fuite". Comme on le voit, ce n'est pas si simple…



Pour uriner, un tube flexible est utilisé, qui est raccordé à la partie inférieure des toilettes. Un système d'entonnoir adapté anatomiquement permet aux astronautes des deux sexes d'utiliser les mêmes toilettes.

1.***Soufflerie.*** 2.***Collecteur fécal.*** 3.***Sangle.*** 4.***Collecteur d'urine.*** 5.***Cale-pieds***

La nourriture à bord

Si la plupart des plats principaux et des desserts se présentent sous une forme surgelée, les conserves seront aussi largement utilisées à bord, notamment pour les fruits et légumes. Des aliments frais seront également disponibles en fonction des ravitaillements, simplement réfrigérés ou traités de façon à augmenter leur durée de conservation comme ce sera le cas pour de nombreux produits laitiers.

Le menu est déterminé par les astronautes eux-mêmes plusieurs mois avant la mission, et leurs souhaits sont transmis à un service de diététique dont le rôle est d'analyser leur valeur nutritionnelle et d'apporter les recommandations nécessaires afin de les équilibrer et de veiller à ce que chaque membre

d'équipage reçoive quotidiennement la valeur adéquate de minéraux et vitamines en fonction du travail qui lui est demandé. Ces aliments sont transportés dans le MPLM (Multi-Purposes Logistic Module), module pressurisé prenant place dans la soute de la navette spatiale.

Tout comme dans un fast-food bien terrestre, les membres d'équipage utilisent un plateau sur lequel prennent place, en s'y fixant, des contenants d'aliments et de boissons qu'ils peuvent choisir à leur guise dans les armoires de rangement. Ils disposent, comme n'importe quel Terrien, d'un couteau, d'une fourchette et d'une cuiller. Une paire de ciseaux a toutefois été ajoutée à leur panoplie pour ouvrir les sachets de nourriture lyophilisée.

L'exercice, les loisirs

Les efforts fournis en état d'apesanteur réclamant moins d'efforts physiques, l'embonpoint guette les astronautes qui ne pratiqueraient pas régulièrement des exercices visant à dépenser leur énergie. Pour cela, tapis roulant et vélo ergonomique sont à leur disposition. Un dispositif de sangles élastiques attire le corps vers le "sol" de façon à imiter la force d'attraction terrestre. Chaque membre d'équipage est astreint à utiliser ces instruments au moins deux heures par cycle de 24 h.

Les divertissements sont tout aussi importants pour des hommes qui devront rester jusqu'à six mois dans cet espace confiné qu'est la Station Spatiale Internationale. Ainsi, jeux de société, jeux de cartes, livres et même instruments de musique sont présents à bord, ainsi que des lecteurs de CD audio.

la sécurité

En quarante ans d'activité humaine dans l'espace, l'homme y a laissé des traces. La Terre est aujourd'hui entourée d'un véritable nuage de débris de toutes sortes. Débris de satellites, étages de fusées, mais aussi un tas d'objets hétéroclites comme des outils, des gants, des boulons, et même des sacs d'excréments parcourent l'espace circumterrestre en tous sens, menaçant de plus en plus tout objet en orbite, d'autant plus si celui-ci est de grande taille.

Bien entendu, le centre de commandes de la NASA se charge de dévier la route de la station lorsqu'un débris est détecté aux alentours. Mais si des objets d'un diamètre supérieur à 10 cm sont aisément repérables depuis le sol, il n'en va pas de même pour des fragments plus petits. Et si un corps de si petites dimensions peut paraître insignifiant face à la taille de la station, il n'en va plus de même si l'on considère les vitesses entrant en jeu, plusieurs kilomètres par seconde, plusieurs dizaines de fois supérieures à celle d'une balle.

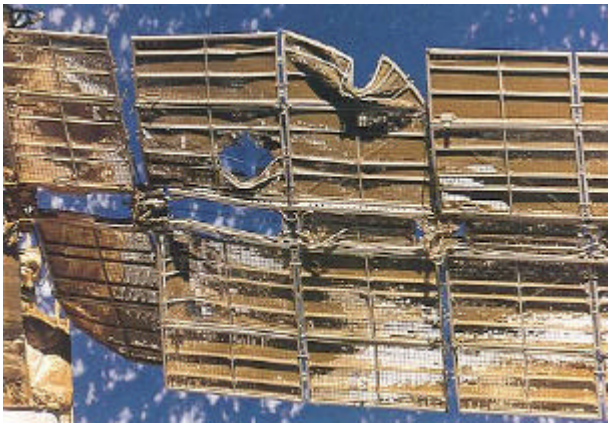
Dans le cas de l'ISS, le risque de rencontre a été évalué par la NASA et varie de 0,3% à 2% par an, suivant la taille du module. Ainsi, Unity, lancé en novembre 1998, a-t-il annuellement 0,75% de probabilités d'être perforé, le réservoir à

xénon (gaz servant à assurer la neutralité électrique de la station) 0,45% et le module d'habitation russe 1,8%. Cela peut paraître faible, mais si on additionne la trentaine de modules de l'ISS, on obtient un risque estimé à 23,75% sur 10 ans, ce taux grimpant à 40,5% sur 20 années

La plupart des perforations pourront heureusement être rebouchées par l'équipage. Mais un trou dans un endroit inaccessible pourrait rendre inopérationnel un module entier, les astronautes de Mir en savent quelque chose… Pire, un impact dans un module clé peut conduire à l'isolement complet d'un segment entier. Quant à la perforation du réservoir de xénon à haute pression, elle entraînerait immanquablement son explosion par phénomène de *catastrophic unzipping*, ou décompression catastrophique. Dans cette hypothèse, il n'y aurait plus rien à récupérer, ni matériel, ni astronautes…

Aussi la NASA a-t-elle décidé d'équiper tous les modules de la Station Spatiale Internationale de boucliers de protection, avec une exception logique pour certaines zones non critiques, comme les panneaux solaires. 200 types de protections différentes barderont l'ISS, mais en général elles se composeront d'un bouclier fait de plusieurs couches d'aluminium et de céramique renforcée au kevlar (dont on confectionne les gilets pare-balles) capable d'arrêter une particule de 1cm de diamètre dont la vitesse ne dépasse pas 7 km/seconde.

La meilleure illustration de l'effet d'une collision à haute vitesse entre deux corps. Au moyen d'un canon à hypervélocité, une bille d'aluminium de 12 mm de diamètre a été projetée contre un bloc du même métal de 15 cm d'épaisseur à une vitesse de 6,8 km/seconde, soit 24.480 km/heure.



Le 25 juin 1997, un vaisseau de ravitaillement Progress manquait son amarrage et entrait en collision avec la station Mir. Même à faible vitesse, les dégâts sont considérables. Deux panneaux solaires ont été détruits, et le module sur lequel ils étaient fixés (Spektr) irrémédiablement inutilisable.

C°) La propulsion

1°) ERGOLS-PROPERGOLS-POUDRES :

Ces trois noms sont donnés aux composés chimiques dont la combustion dans la chambre de combustion permet l'éjection très rapide de gaz et la création d'une poussée.

Ergols liquides : Les composants sont stockés dans des réservoirs séparés puis amenés par des turbopompes dans la chambre de combustion, mélangés et brûlés. Ces ergols sont dangereux à manipuler et ne peuvent rester longtemps dans les réservoirs, obligeant à des vidanges, lorsqu'un vol est retardé.

La possibilité de stopper l'arrivée de carburant, amène donc au concept de moteur réallumable.

Exemples :

- O_2 (oxygène)/ Kérosène: Ce couple présente le défaut qu'est la nécessité de stocker cryogéniquement (-183°c) l'oxygène liquide et qu'il n'est pas hypergolique
- O_2 (oxygène) /H_2 (hydrogène): L'hydrogène est stocké à -253°c, ce qui pose de sérieux problèmes techniques. Ils sont qualifiés d'ergols cryogéniques, à très basse température. De plus, sa faible densité rend les réservoirs encombrants. Mais ce couple est extrêmement performant et non polluant (il ne dégage que de l'eau). Les fusée les plus modernes l'emploient.

Ergols solides :
Utilisés par les militaires pour les missiles, le combustible solide (pains de poudre plastique empilés) est stocké et brûlé dans le moteur même. Ces ergols sont stockables et facilement transportables, et donc pratiques pour des tirs non programmés.

La combustion , une fois initiée, ne peu pas être arrêtée. C'est un fonctionnement en bombe. C'est le concept de moteur non réallumable.

Un inconvénient longtemps rencontré d'un moteur à poudre réside dans sa technologie de tuyère fixe, interdisant une stabilisation du lanceur par braquage de la tuyère.

La navette US possède 2 "boosters" à propergols solides de 500 t de poudre chacun.

Ergols hypergoliques : c'est le qualificatif d'un couple d'ergols dont la combustion est initiée uniquement par la mise en contact des ces ergols, dans la chambre de combustion.

2°) Etude du fonctionnement des réacteur

Pour avancer, le rameur prend appui sur l'eau, l'oiseau sur l'air, le piéton sur le sol. Mais comment se déplacer dans le vide de l'Espace, sans aucun support ?

C'est le Russe ***Konstantin Tsiolkovski*** qui, à la fin du XIX ème siècle, a apporté la solution en imaginant le moteur fusée, capable de créer sa propre force motrice aussi bien dans l'atmosphère que dans le vide spatial.

Son fonctionnement repose sur un phénomène naturel, celui de d'action et de la réaction, découvert par ***Isaac Newton*** deux siècles auparavant. Le principe de l'action et de la réaction selon lequel à toute action correspond une réaction égale et de sens opposé est à l'origine de la propulsion des fusées.

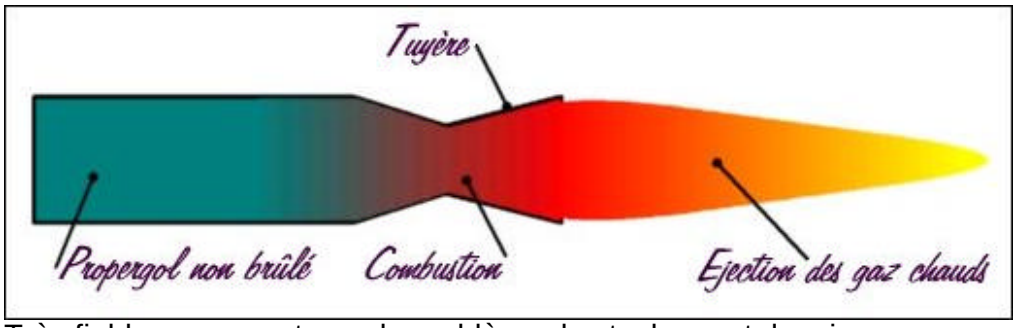
Dans l'Espace, la fusée éjecte des gaz vers l'arrière et se propulse par réaction, sans point d'appui extérieur : au mouvement de la masse de gaz vers l'arrière correspond un mouvement opposé de la fusée vers l'avant. La fusée s'appuie sur les gaz éjectés et fonctionne parfaitement dans le vide. (voir principe de la réaction)

Le premier réacteur

La fusée est le premier réacteur mis au point. Il semble avoir été utilisé par les armées chinoises pendant le premier millénaire, son apparition en europe est beaucoup plus tardive. Ce type de propulseur est aujourd'hui utilisé essentiellement sur les lanceurs de statellites et les missiles.
Une fusée utilise un mélange chimique appelé propergol, le propergol brûle sans utiliser l'oxygène de l'air et produit une grande quantité de gaz chauds utilisés pour la propulsion. Il existe principalement deux types de fusée, les fusée à propergol liquide et les fusées à propergol solide. Les premières sont essentiellement destinées aux engins de petites tailles et aux accélérateurs de véhicules spatiaux (boosters) alors que les secondes sont utilisées sur des engins plus imposants.

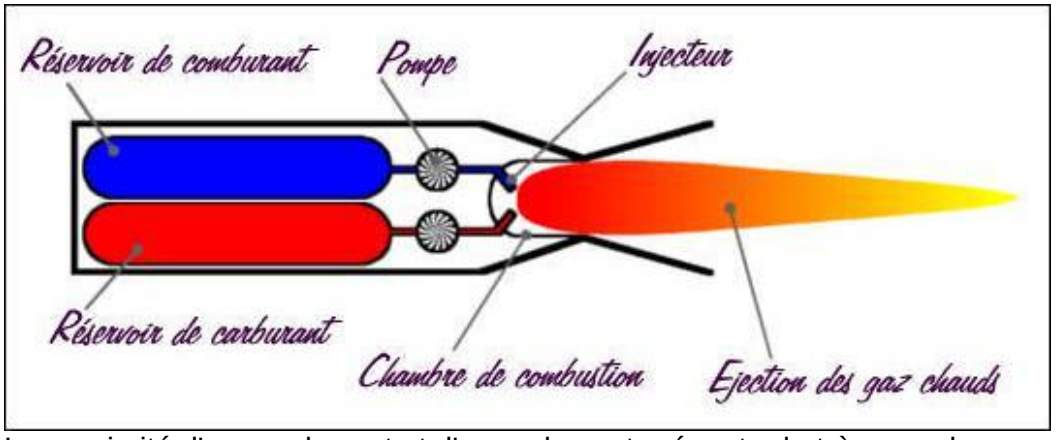
Fonctionnement de la fusée à propergol solide

La fusée se présente comme un conteneur creux contenant une certaine quantité de propergol sous forme solide ou pulvérulente (poudre) assimilable à un explosif. Ce propergol est brûlé dans une tuyère, une grande quantité de gaz chauds qui sont éjectés avec force vers l'arrière de la fusée entraînant sa propulsion vers l'avant.



Très fiable, ne posant pas de problème de stockage et de mise en oeuvre, ce type de fusée est très utilisé sur les petits engins. De très nombreux types de propergol sont employés depuis la poudre noire jusqu'au mélange perchlorate d'ammonium / aluminium des boosters la navette spatiale ou d'Ariane 5 en passant par les poudres nitrocellulosqiues fabriquées à partir de coton...
Les fusées de feux d'artifices fonctionnent également selon ce principe.

Fonctionnement de la fusée à propergol liquide
Ce type de moteur utilise non pas un propergol simple mais un comburant et un carburant distincts et stockés indépendamment dans deux réservoirs. Le comburant peut par exemple être de l'oxygène liquide, le carburant de l'hydrogène liquide. Les comburants et carburants sont aspirés par des pompes à haute pression et injectés dans une chambre de combustion où ils sont brûlés. ils produisent ainsi une grande quantité de gaz chauds éjectés par la tuyère.



La proximité d'un comburant et d'un carburant présente de très grands risques d'explosion, l'accident le plus fréquent sur ce type de moteur est la rupture des réservoirs entraînant rapidement une explosion (c'est ce qui a causé l'accident de la navette spatiale Challenger en 1987).
En général, les réservoirs sont remplis quelques heures avant le lancement de manière à limiter les risques. Les fumerolles que l'on peut observer à cette occasion sont dues aux très basses températures des ergols (-253°C pour l'hydrogène liquide et -183°C pour l'oxygène liquide).
Les performances des propulseurs à propergols liquides sont très bonnes

mais demandent de très lourdes infrastructures compatibles avec la gamme des température atteintes.

3°) PRINCIPE DE LA REACTION :

La mécanique newtonienne nous apprend que , dans le vide, le seul moyen de générer une force autre que la gravitation, est l'éjection de masse. Classiquement par le jeu d'un échange de quantité de mouvement entre la masse éjectée et le lanceur motorisé, il se crée un effet de réaction sur le lanceur, qu'on appelle POUSSEE REACTIVE. Tous les cours de mécanique illustrent ce phénomène. Si le processus ne met pas en jeu des gaz, alors :

$$F = qV_e$$

Dans le cas d'un moteur fusée, l'éjection est réalisée par un processus chimique mettant en jeu des gaz sous pression. De plus si un tel moteur est utilisé sur un premier étage traversant l'atmosphère, il existe une pression de l'air autour du lanceur, dite pression ambiante. Le lecteur consultera un cours de propulsion, pour admettre ou calculer que la poussée d'un moteur fusée chimique, se calcule par la relation :

$$F = qV_e + S_e\left[p_e - p_a(Z)\right]$$

q (kg/s)	Débit massique, en général constant, car correspondant à un régime des turbopompes pour les ergols liquides. Pour les poudres c'est moins évident, mais en moyenne le débit est constant.
Ve (m/s)	Vitesse d'éjection des gaz au niveau de la sortie des tuyères. Cette vitesse est vue du lanceur et correspond à celle mesurée au banc d'essai
Se (m?)	Section de sortie des tuyères.
Pe (Pa)	Pression des gaz au niveau de la sortie de section Se.
Pa(Z) (Pa)	Pression ambiante en atmosphère calme, à l'altitude où se trouve le lanceur. C'est par exemple donné par une atmosphère standard.

REMARQUES: La poussée d'un moteur fusée est donc fonction de l'altitude; et croît avec celle-ci. Les caractéristiques technologiques d'un moteur font souvent apparaître deux poussées, celle au sol et celle dans le vide. L'écart entre les deux est de l'ordre de 10 %.