

# **ENGINS SPATIAUX**

## **INITIATION**

**-**

# **LA CONQUETE DE L'ESPACE**

# SOMMAIRE

## **1. Description et Caractéristiques géométriques de la fusée**

- 1.1 Généralités
- 1.2 Description
- 1.3 Les Charges Utiles

## **2. Les principaux "moteurs-fusées"**

## **3. Caractéristiques des propulseurs**

## **4. Fonctionnement d'une fusée**

- 4.1 Le moteur et la propulsion
- 4.2 Le vol, et les lois de la mécanique
- 4.3 Le contrôle et le guidage de la fusée (pilotage)

## **5. Le vol des fusées**

- 5.1 La phase propulsée
- 5.2 La phase balistique

## **6. Orbite des satellites**

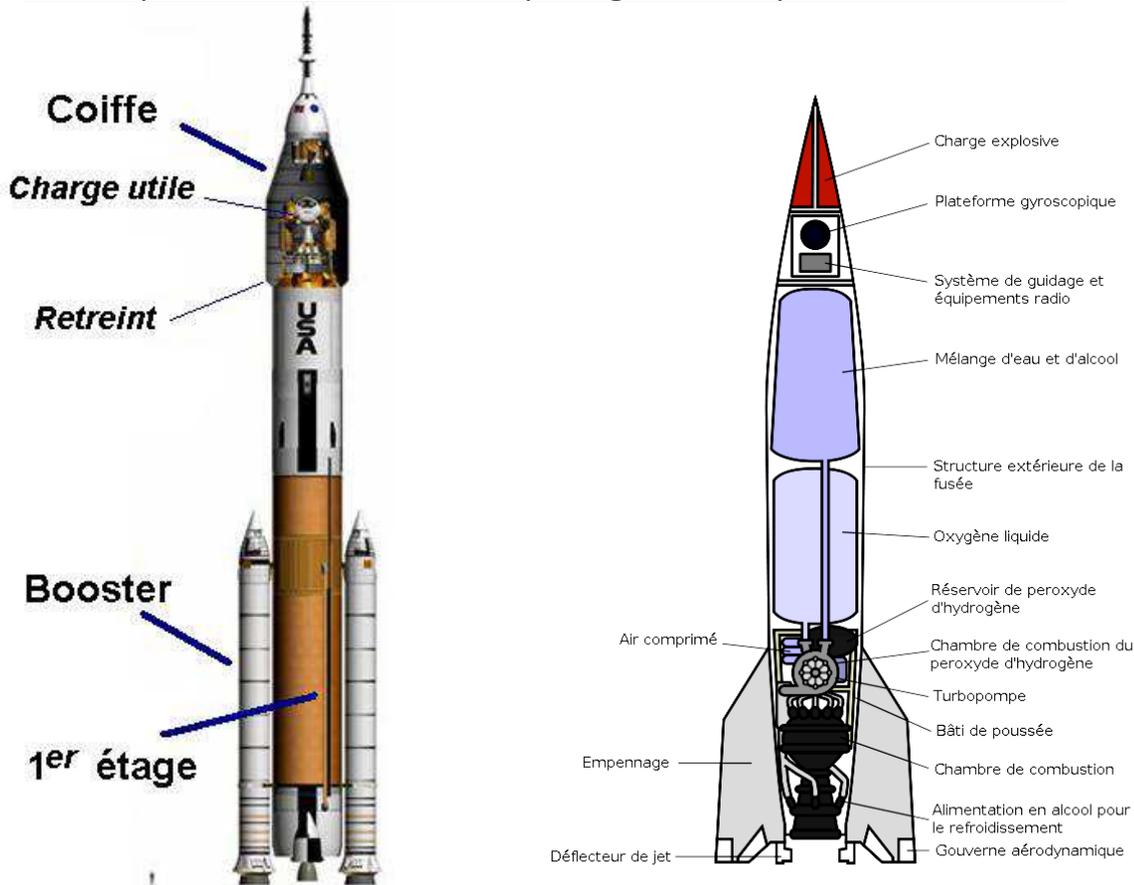
- 6.1 Les orbites
- 6.2 Les orbites circulaires
- 6.3 Les orbites elliptiques
- 6.4 L'orbite géostationnaire
- 6.5 Les orbites héliosynchrones

## **7. Les vitesses de satellisation et de libération**

## **8. La vitesse de déplacement**

LA CONQUETE DE L'ESPACE

# 1 Description et Caractéristiques géométriques de la fusée



## 1.1 Généralités

Une **fusée** en astronautique est un véhicule qui se déplace dans l'espace grâce à un moteur-fusée en emportant à la fois le combustible et le comburant nécessaires à son fonctionnement. Une fusée comprend plusieurs étages pour maximiser sa capacité d'emport. La charge utile désigne ce que la fusée doit emporter dans l'espace. Elle est limitée en poids, selon la puissance des moteurs de la fusée qui permettent de soustraire l'ensemble de l'attraction terrestre.

## 1.2 Description

L'axe de la Fusée est l'axe de symétrie que l'on s'efforce de maintenir parallèle à la trajectoire pour minimiser la traînée. En général symétriques, il existe cependant des fusées non symétriques. C'était le cas par exemple de la navette spatiale installée sur son lanceur. On retrouve dans ce cas les axes de roulis, tangage, et lacet sur la navette spatiale qui ressemble à un gros avion.

On appelle maître couple, la section S perpendiculaire à l'axe de la fusée. Elle est utilisée pour le calcul de la traînée aérodynamique.

On appelle retreint d'une fusée, le raccord conique reliant deux éléments de sections différentes du corps de la fusée, le diamètre le plus grand étant du côté de la "coiffe".

On appelle  finesse d'une fusée, le rapport Longueur fusée / Diamètre le plus grand de la fusée

On appelle rapport des masses ou indice de construction la valeur du rapport :

**Indice de construction = Masse totale au décollage / Masse finale**

L'altitude maximum atteinte dépend de la masse de carburant et de la masse de son enveloppe. On utilise plusieurs étages pour se débarrasser des enveloppes inutiles au fur et à mesure que le carburant est consommé. Au final, la **charge utile** contenue dans **une coiffe** n'excède pas **5% de la masse totale**.

### 1.3 **Les charges utiles (CU)**

**Les Satellites** (télécom, météo, imagerie, GPS, espionnage.....)

**Les Sondes** (vers les planètes du système solaire pour comprendre l'origine de l'univers)

**Les Télescopes spatiaux** (explorer le passé)

**Les composants des Laboratoires** (Stations orbitales MIR, International Space Station)

**Les Hommes** et véhicules spatiaux

- pour la Russie: toutes CU + hommes (**Cosmonautes**)
- pour les Etats Unis: toutes CU + hommes (**Astronautes**)
- pour l' Europe: toutes CU + (**Spatonautes**)
- pour la Chine: toutes CU + hommes (**Taïkonautes**)
- pour L'Inde: satellites

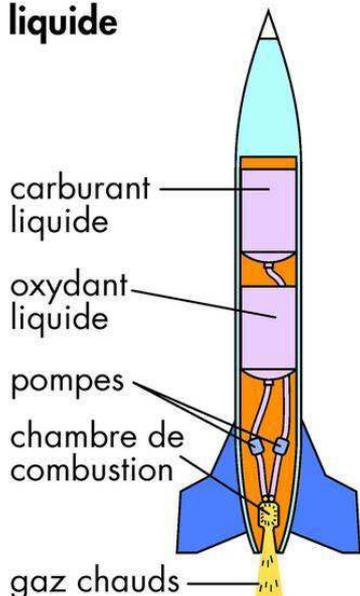
## 2. Les principaux "moteurs-fusées"

Le moteur-fusée est le type de moteur au principe de fonctionnement le plus simple : deux **ergols** brûlent dans une chambre de combustion, sont accélérés par une tuyère de Laval et sont éjectés à grande vitesse par une tuyère.

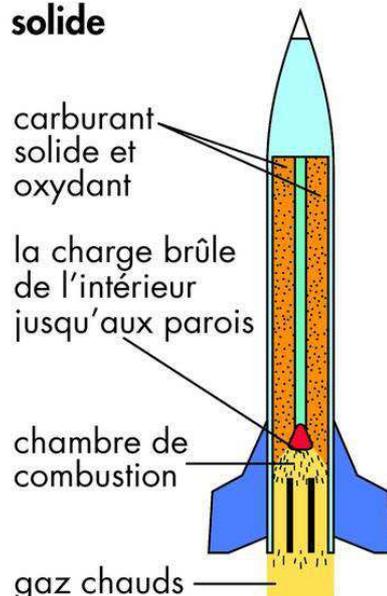
Il en existe deux grandes catégories principales:

- \* moteurs-fusées à **ergols solides** ;
- \* moteurs-fusées à **ergols liquides**.

### **fusée à carburant liquide**



### **fusée à carburant solide**



## 3. Caractéristiques des propulseurs fusées

### 3.1 Plusieurs caractéristiques importantes des moteurs de fusées :

L'**impulsion spécifique**, exprimée en seconde, mesure combien de secondes un kilogramme d'ergol fournit une poussée de un kilogramme-force, soit 9,8 Newton.

*Plus elle est élevée, meilleur est le rendement massique du système, en termes de force exercée ; attention cependant, ce qui compte en réalité n'est pas cette force, mais la quantité de mouvement transmise au véhicule, de sorte que l'optimum énergétique ne s'obtient pas en maximisant l'impulsion spécifique.*

Le **débit massique**, correspondant à la masse d'ergols consommée par unité de temps (Kg/s).

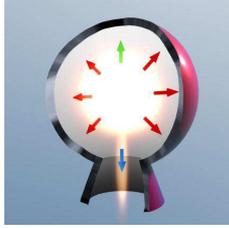
La **vitesse d'éjection des gaz**, dont dépend indirectement la vitesse atteinte par le véhicule (m/s).

Le **rapport poids/poussée**, qui représente le poids du moteur sur sa poussée. Plus le moteur est léger et plus sa poussée est importante, et plus avantageux est son rapport.

## 4. Fonctionnement d'une fusée

### 4.1 Le moteur et la propulsion

La propulsion d'une fusée est similaire à celle d'un avion "à réaction". (Principe d'interaction – 3ème loi de Newton).



Interaction (Action et Réaction)

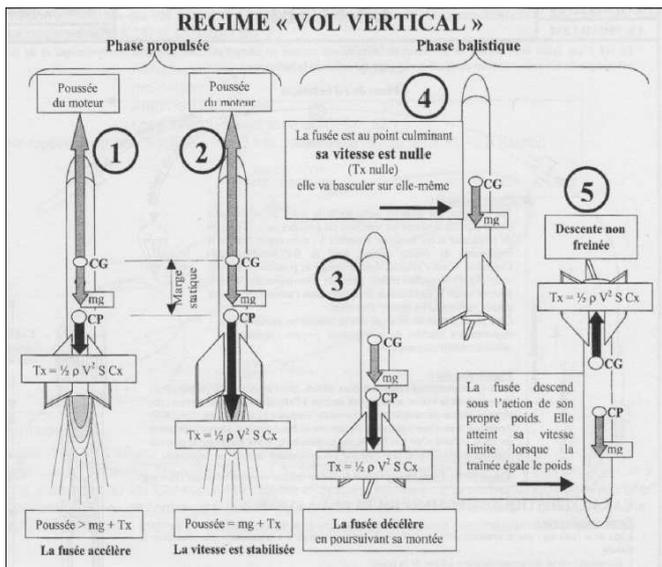
La nuance provient du fonctionnement des moteurs qui, en atmosphère raréfiée ou hors de l'atmosphère, doivent emporter le comburant (la plupart du temps de l'oxygène) en plus du carburant !

### 4.2 Le vol, et les lois de la mécanique

Les lois de la mécanique utilisées correspondent à la **conservation de la quantité de mouvement** à chaque instant...(M.V = cste)

Dans le système fusée, le décollage étant vertical, on se préoccupe très peu des lois de l'aérodynamique (*portance entre autre*), ce sont alors les lois de la balistique qui sont prises en compte.

La fusée décolle lorsque la poussée devient supérieure au poids. A noter que le poids diminue au fur et à mesure de la combustion (aucun apport extérieur). **Poussée  $\geq$  M.g + Tx** avec  $T_x = 1/2\rho.S.V^2.C_x$



La caractéristique principale des fusées est que les réservoirs représentent **80 à 90 % de la masse et du volume total du système**. (exemple: Ariane 5: 640 t de carburant pour 6 t de satellite)

Régime de vol vertical:

1 la fusée accélère

**Poussée  $\geq$  M.g + Tx** avec  $T_x = 1/2\rho.S.V^2.C_x$

2 La fusée stabilise sa vitesse

**Poussée = M.g + Tx**

3 La fusée décélère en poursuivant sa montée

**M.g + Tx s'oppose à la montée**

4 la vitesse est nulle

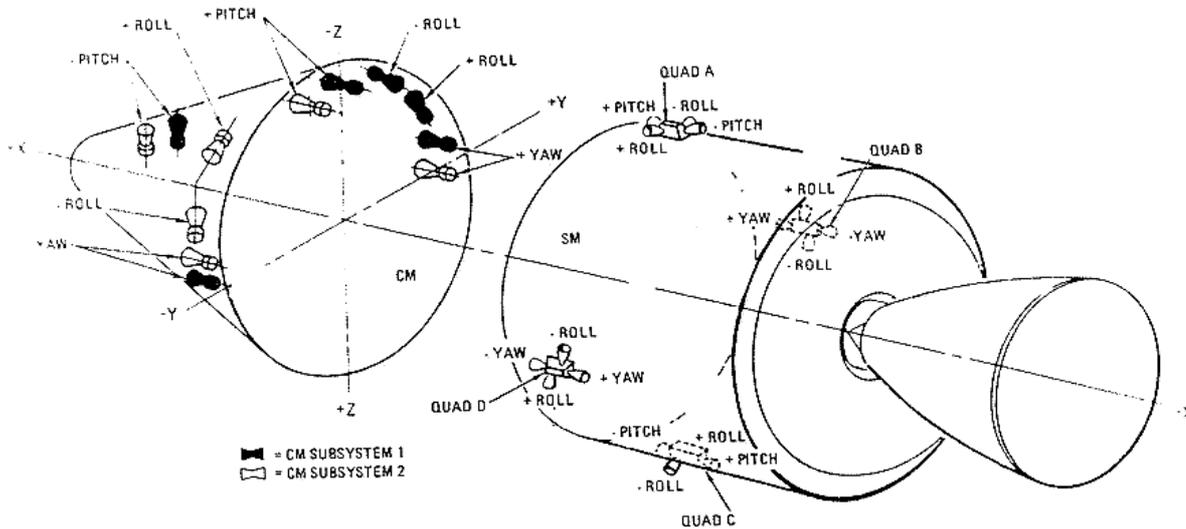
**Il n'y a plus de traînée  $T_x=0$  et la fusée n'est soumise qu'à son poids M.g**

5 la fusée descend sous l'action de son propre poids et la traînée reprend. **La vitesse atteint sa limite à l'équilibre lorsque  $M.g + Tx = 0$**

### 4.3 Le contrôle et le guidage de la fusée (pilotage)

Le contrôle de trajectoire est effectué par des **gyroscopes**. Le guidage s'effectue selon plusieurs systèmes :

- Des **tuyères orientables** (ou des **défecteurs de jet**) pour les premières parties du vol (forte puissance)
- Parfois, pour les engins évoluant dans la troposphère, des **gouvernes aérodynamiques**
- Puis de **petits moteurs auxiliaires** pour les petites corrections en dehors de l'atmosphère terrestre



P.198

*Location of reaction control subsystem engines*

## 5. Le vol des fusées.

Lancement d'un satellite altimétrique Jason-2 par un lanceur Delta II en 2008

### 5.1 La phase propulsée

Elle comprend une première partie accélérée ( $V_z$  augmente) et une deuxième partie durant laquelle la vitesse est stabilisée par équilibre entre la poussée du propulseur et les forces de résistance à l'avancement (traînée et composante de poids) comme pour le vol aérodynamique.

Cependant est effectué dans la mesure du possible à incidence nulle afin d'obtenir une traînée minimale (sans portance). Seule la poussée assure le déplacement de la fusée dans l'atmosphère comme pour le vol en montée verticale d'un avion.

Une inclinaison programmée en fin de propulsion permet d'atteindre l'objectif visé (orbite ou point précis).

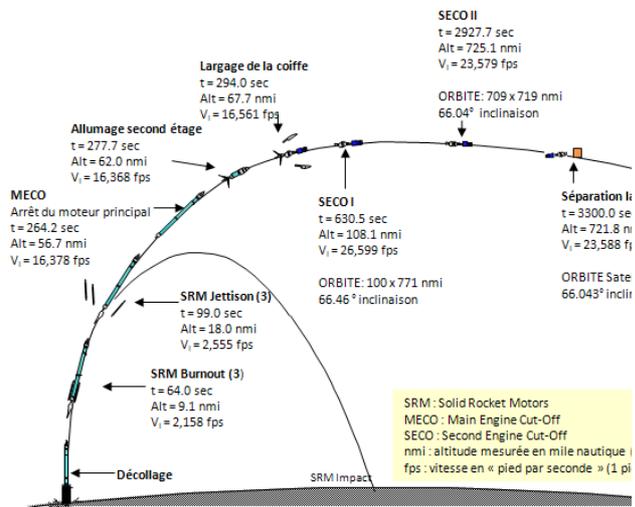
### 5.2 La phase balistique

Cette phase comprend également 2 parties. Dès l'extinction du propulseur, la fusée exploite la vitesse acquise pour accéder à l'altitude culminante. Durant cette phase la vitesse est ralentie par les forces de résistance à l'avancement (poids + traînée).

Lorsque la plus haute altitude a été atteinte, la fusée commence à descendre. Durant la descente, si la fusée n'est pas freinée par un parachute, sa vitesse augmente due à la composante du poids sur sa trajectoire.

La vitesse limite d'une fusée est celle atteinte en phase balistique ( $T_x + mg = 0$ )

**Le vol de la fusée terminé, la charge utile contenue dans la coiffe s'en sépare et poursuit son vol orbital, lorsque c'est le but du lancement.**



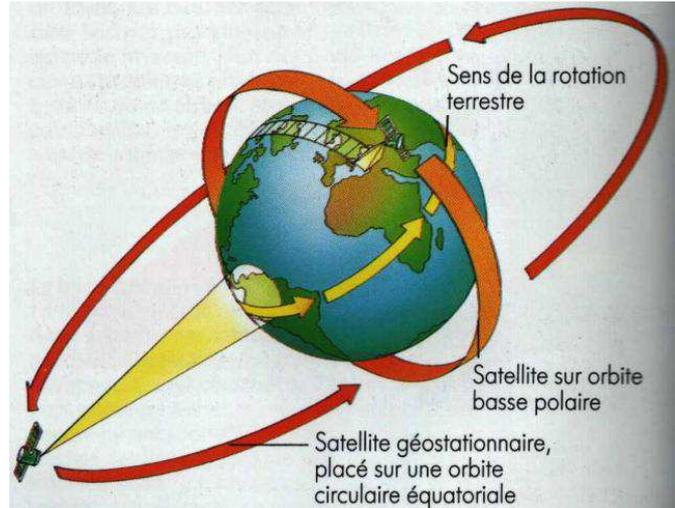
## 6. Orbite des satellites

### 6.1 Les orbites.

Les **orbites** : ce sont les trajectoires, parcourues par les engins spatiaux autour de la Terre (ou autour d'autres planètes). Cette trajectoire est nécessairement plane et inclut le centre d'attraction... donc le centre de la Terre pour les satellites

Selon leur distance par rapport à la terre, il y a plusieurs types d'orbites.

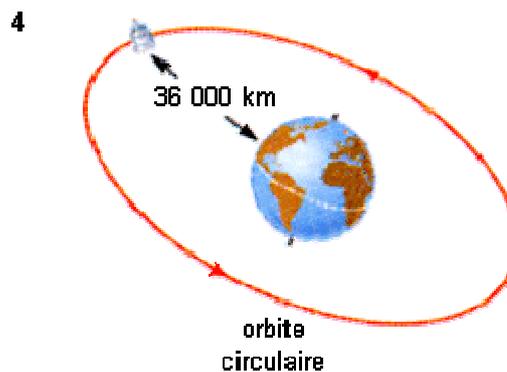
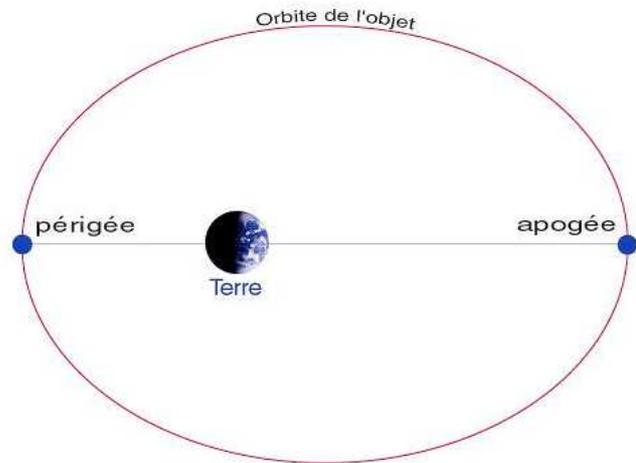
**6.2 Les orbites circulaires** peuvent être **polaires** ou **équatoriales** ou d'inclinaisons différentes, on distingue les orbites circulaires basses (200 à 1.000 km d'altitude), utilisées pour les vols habités et pour les satellites d'observation, et les orbites circulaires hautes (surtout pour les satellites de navigation).



Une orbite circulaire se définit par :

- le **plan de l'orbite**
- l'**inclinaison** (*i* angle en degré) / **plan de l'écliptique**
- la **période** (*T*) de révolution ou période orbitale

**6.3 Les orbites elliptiques**, avec **apogée** (point distal) et **périgée** (point proximal). En pratique les objets satellisés suivent des orbites elliptiques... le cas particulier des orbites circulaires étant exceptionnel. Le grand axe de l'ellipse s'appelle aussi ligne des **apsides**. Il relie les deux points remarquables ou extrêmes de l'orbite d'un objet céleste pour lesquels la distance est minimale (apside inférieure, ou **périapside** ou périapse) ou maximale (apside supérieure, ou **apoapside**, ou apoapse) par rapport au foyer de cette orbite. On utilise aussi des termes **périhélie** et **aphélie** ou encore **périgée** et **apogée**.



**6.4 l'orbite géostationnaire** est une orbite circulaire particulière qui est située à environ **36 000 km**. Au delà de cette distance évoluent les fusées interplanétaires, capables d'échapper à l'attraction terrestre.

de télécommunications et télévision. Elle sert pour certains satellites d'observation de la terre. Elle ne peut se situer que sur le plan équatorial avec une période de révolution identique et de même sens que à celle de la terre.

- Altitude : 36 000 km
- Inclinaison : 0°
- Période orbitale: **23 h 56 minutes**
- $V = 3\,070$  m/s

Sur cette orbite un satellite reste à la verticale d'un point situé sur la terre. Elle est fondamentale pour les satellites

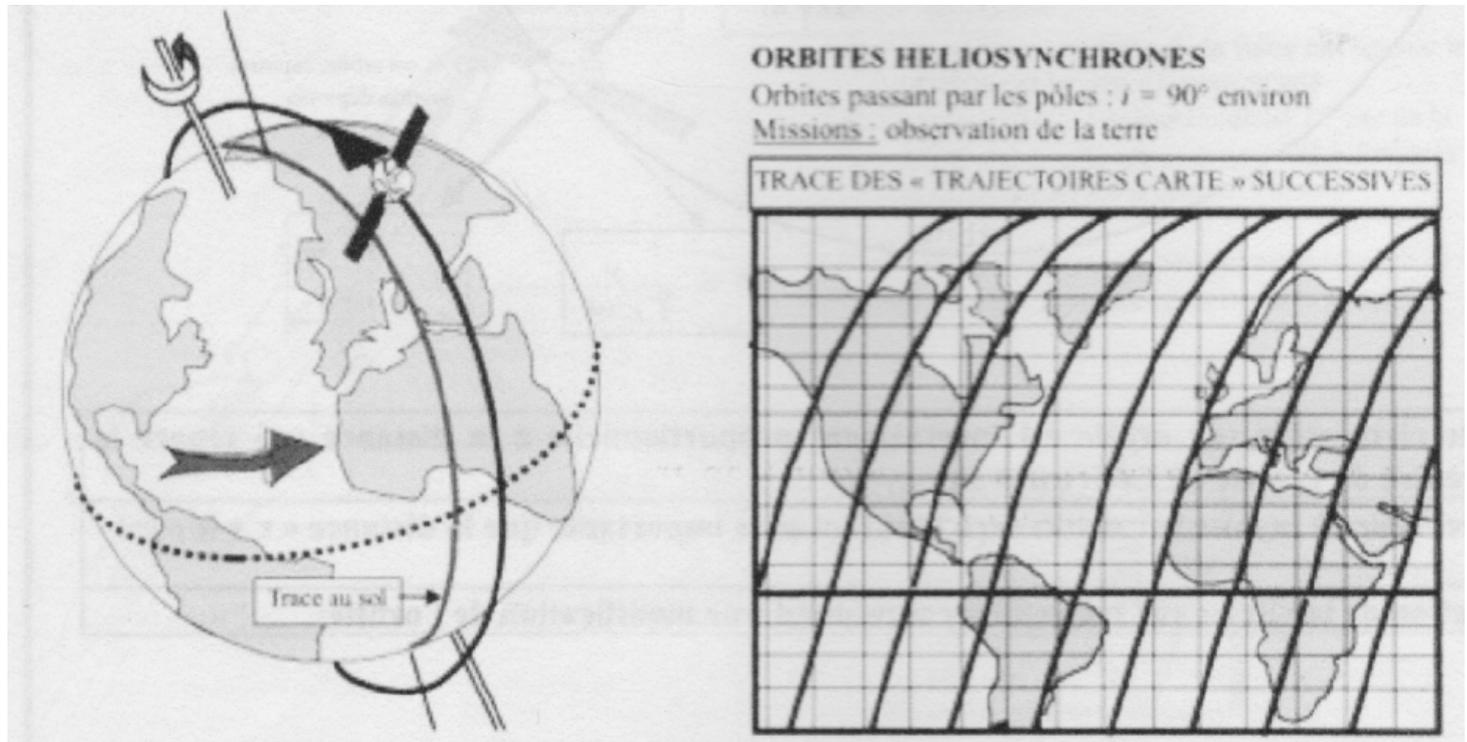
## 6.5 L'orbite héliosynchrone est une orbite circulaire particulière.

Un satellite placé sur une telle orbite repasse au-dessus d'un point donné de la surface terrestre à la même heure solaire locale.

Cette orbite est utilisée par tous les satellites qui effectuent des observations photographiques en lumière visible, car l'éclairement solaire du lieu observé sera peu variable d'un cliché à l'autre : satellites météorologiques, satellite de reconnaissance, satellite de télédétection, etc...

Il s'agit d'une orbite polaire (qui passe près du pôle), basse (entre 600 et 1000 km) et de périodicité courte (décrite toutes les 96 à 110 minutes).

Le satellite coupe environ 12 fois par jours le plan de l'équateur terrestre et survole les lieux vers 15 h locale.



## 7. Les vitesses de satellisation et de libération

La **vitesse de satellisation** est la vitesse à laquelle un engin spatial peut rester en orbite s'en s'écraser sur la planète qui l'attire gravitationnellement. Elle varie en fonction de l'altitude désirée du satellite.

La **vitesse de libération** (aussi appelée vitesse d'évasion, en anglais escape velocity) d'un engin spatial est la vitesse qui, si elle est communiquée à un objet partant depuis la surface d'une planète, sera suffisante pour qu'il s'échappe définitivement de l'attraction gravitationnelle de cette planète (on néglige la résistance de l'atmosphère).

C'est la **vitesse minimale** que doit atteindre théoriquement un corps **pour s'éloigner indéfiniment d'un astre malgré l'attraction gravitationnelle de ce dernier.**

## CALCUL THEORIQUE

### Vitesse minimale de satellisation

$$\frac{v^2}{R} = \frac{G \cdot M_{planete}}{(R_{planete} + a)^2}$$

$$v^2 = \frac{G \cdot M_{planete} \cdot R}{(R_{planete} + a)^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_{planete}}{(R_{planete} + a)}}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + 0}}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6,375 \cdot 10^6}}$$

$$v \approx 7\,920 \text{ m/s}$$

La vitesse minimale pour quitter la terre sans retomber dessus à altitude nulle est de **7920 m/s**

### Vitesse de libération

$$\frac{v^2}{2} = \frac{G \cdot M}{R}$$

$$v^2 = \frac{2G \cdot M}{R}$$

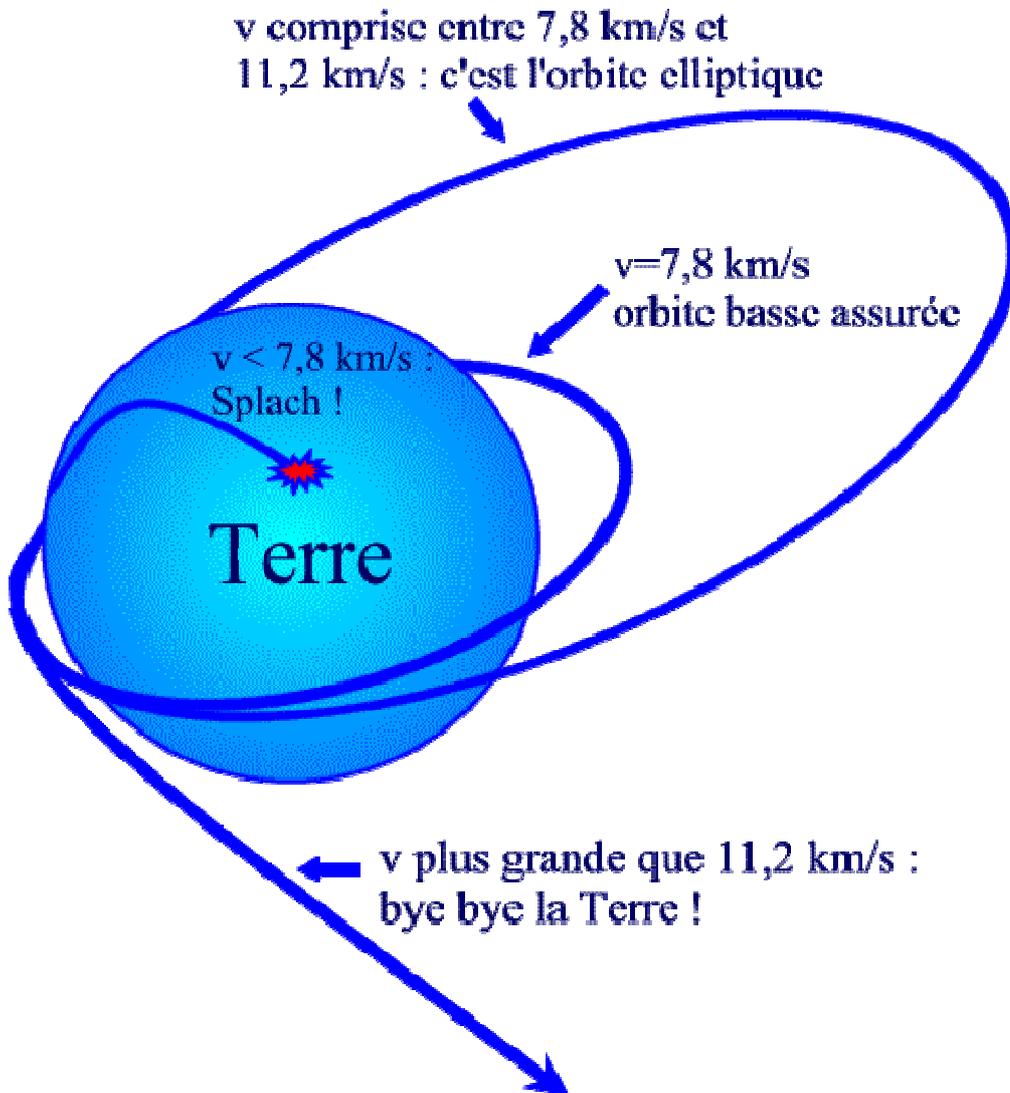
$$v = \sqrt{\frac{2G \cdot M}{R}} \implies v_{liberation} \geq \sqrt{\frac{2G \cdot M}{R}}$$

$$v_{liberation} \geq \sqrt{\frac{2G \cdot M}{R}}$$

$$v_{liberation} \geq \sqrt{\frac{2G \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6,375 \cdot 10^6}}$$

$$v_{liberation} \geq 11\,205 \text{ m/s}$$

La vitesse de libération pour quitter définitivement l'attraction terrestre est environ **11 205 m/s**



## 8) La vitesse de déplacement

La vitesse d'un satellite dépend donc de son altitude : plus le satellite est éloigné plus il évolue lentement !

En prenant (*pour simplifier*) des trajectoires circulaires on a les ordres de grandeurs suivant :

A 280 km d'altitude un satellite évolue à **7,75 km/s** et fait le tour de la Terre en 1 h 30.

A 35 900 km d'altitude on tombe à **3,07 km/s** et une durée de quasiment 24 h pour un tour !

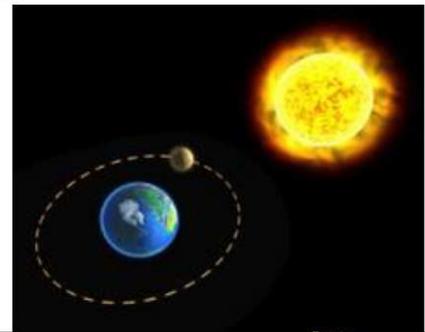
# LA CONQUETE DE L'ESPACE.

## La Terre et l'espace...

### La Terre dans le système solaire

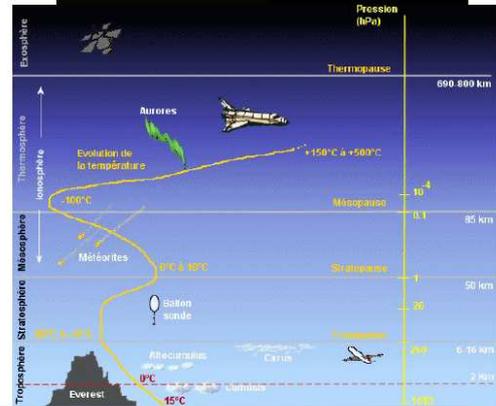
Notre planète, la Terre, a une circonférence de: 42.000 km et un diamètre de 12.756 km. Elle tourne en 23 h 56' autour de son axe dont l'inclinaison est de 23°43' par rapport au plan de l'écliptique. Elle gravite autour du Soleil, situé à environ 150 millions de km, en 365,25 jours.

Son satellite naturel, la Lune, évolue à une distance moyenne de 370.000 km



### De la troposphère au vide spatial on peut rencontrer :

- de 0 à 5.000 mètres : les petits oiseaux, les oiseaux migrateurs et les petits avions (aéro clubs),
- vers 9.000 mètres : les avions de ligne (Airbus, Boeing...),
- à 17.000 mètres évoluait le Concorde
- à 40 km : les ballons stratosphériques,
- à 300 km : la navette spatiale américaine, et les satellites espions (très faible durée de vie mais très basse altitude pour de meilleures photos)
- vers 400 km : les stations spatiales. La station Mir (avant son abandon !) jusqu'en 2001, remplacée depuis par l'ISS
- de 600 km à 800 km: les satellites d'observation comme Hubble, Spot-3, ou le satellite français d'observation Eutelstat...
- à 35.768 km : les satellites géostationnaires : Météostat, Télécom-2,



*Discovery est l'une des 3 navettes américaines encore opérationnelle en 2009*

⇨ Du 19 fév 86 au 23 mars 2001... La station MIR

⇨ Le télescope spatial Hubble (HST) lancé en avril 1990.

*Le satellite MétéoSat MSG-2 lancé par une Ariane V fin 2005 ⇨*

Les orbites inférieures à 200 km sont peu utilisées car trop sensibles aux perturbations atmosphériques.

La durée de vie des satellites y est très faible... seulement quelques jours pour des satellites militaires (espions) lancés pour couvrir un conflit



## Les évolutions des engins spatiaux.

Avant d'atteindre l'espace ou lors de leur retour, les engins spatiaux doivent traverser l'atmosphère Terrestre.

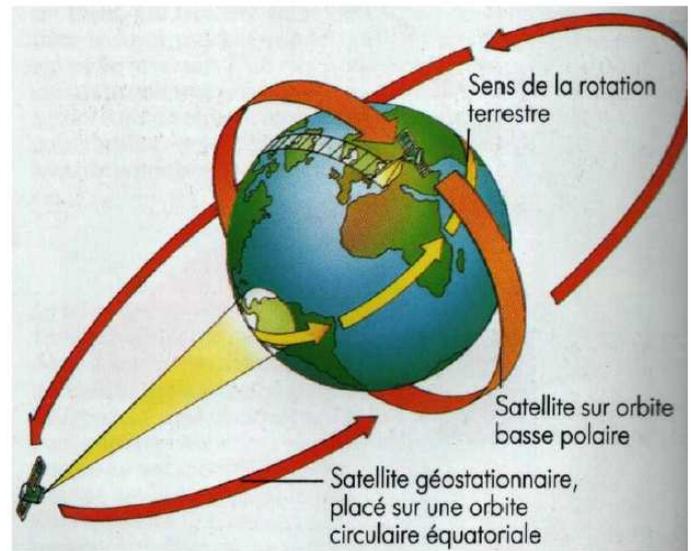
**L'atmosphère** : c'est l'enveloppe gazeuse de la terre. Son épaisseur est difficile à définir puisque sa densité s'atténue lentement, mais on peut obtenir des satellites évoluant (pas longtemps !!!) à partir de 250 km d'altitude. Les corps qui la traversent sont soumis à l'attraction terrestre mais aussi à des frottements. L'atmosphère est très dense surtout dans les 100 km les plus proches, que l'on appelle la "sphère de Karman".

**L'espace** (espace extra-atmosphérique ou cosmos) : c'est ce qui se situe au-delà de l'atmosphère terrestre et qui n'a pas de limite.

Les **orbites** : ce sont les trajectoires parcourues par les engins spatiaux autour de la terre (ou autour d'autres planètes).

Selon leur distance par rapport à la terre, il y a :

- les **orbites circulaires** qui peuvent être **polaires** ou **équatoriales** ou d'incidences différentes, l'on distingue les orbites circulaires basses (200 à 1.000 km), utilisées pour les vols habités et pour les satellites d'observation, et les orbites circulaires hautes (surtout pour les satellites de navigation).

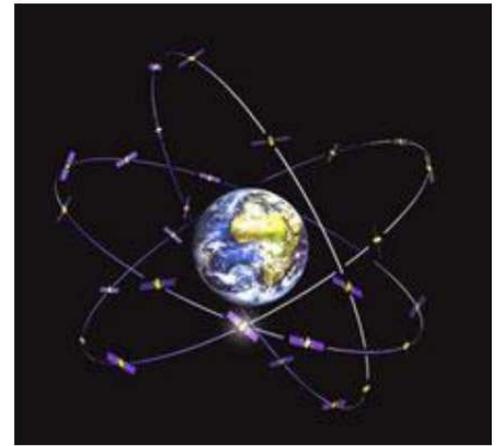


- les **orbites elliptiques**, avec apogée (point distal) et périégée (point proximal)
- l'**orbite géostationnaire**, située à 37.568 km. Au delà de cette distance évoluent les fusées interplanétaires, capables d'échapper à l'attraction terrestre.

⇨ *Spot-5.*

*Les 30 satellites du projet européen Galileo : 9 satellites équidistants tournant sur chacune des 3 orbites et trois satellites de rechange. ⇨*

*Le GPS compte pour sa part 5 satellites de rechange s'ajoutant aux 24 actifs.*



La vitesse d'un satellite dépend de son altitude. D'après une **Loi de Kepler** : une orbite est parcourue à une vitesse d'autant plus faible que son altitude est plus élevée.

Sur ce schéma la trajectoire est elliptique ce qui permet de constater que, pour une durée identique (t), les distances parcourues sont plus faibles lorsque le satellite est éloigné de la Terre.

*A 280 km d'altitude un satellite évolue à 7,75 km/h et fait le tour de la Terre en 1 h 30.*

*A 35 900 km d'altitude on tombe à 3,07 km/h et une durée de 24 h pour un tour !*

*Loi des aires (Képler) ⇨*

Cette loi s'applique à tous les corps en gravitation autour d'un corps attracteur.

## Les satellites

Un satellite (artificiel) est un engin qui a été placé en orbite autour d'un astre de masse plus importante. Il y a les satellites à défilement et les satellites géostationnaires

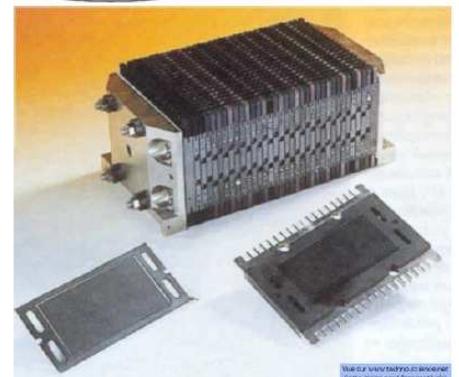
On distingue des satellites

- d'astronomie,
- de navigation,
- de météorologie (à défilement ou géostationnaires),
- de télécommunication,
- militaires (d'observation, de surveillance ou de reconnaissance),

Les satellites sont alimentés

- par l'énergie lumineuse solaire convertie en énergie utilisable par effet photovoltaïque, par des batteries ou par des piles à combustibles...

*pile à combustible ⇨*



## Les lanceurs de satellites

- les fusées, type la fusée Ariane : elles placent sur différentes orbites des charges dont elles n'assurent pas le retour,
- les lanceurs avec navette de retour, type le **Programme Discovery** qui comprend un propulseur (la fusée elle-même) et un orbiteur (la navette spatiale).

*Discovery - Shuttle* ⇨

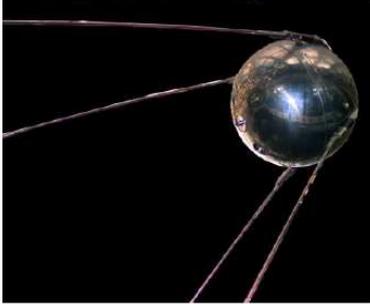
Leurs combustibles sont :

- le mélange Oxygène et Hydrogène
- les **ergols** (ou propergols) qui sont les carburants spécifiques des fusées dans l'espace.



## Les premières incursions de l'homme dans l' Espace

L'étude de l'Espace a été entreprise moins par curiosité scientifique que par une concurrence entre les grandes puissances qui s'affrontaient dans une guerre froide.



*Sputnik* ⇨

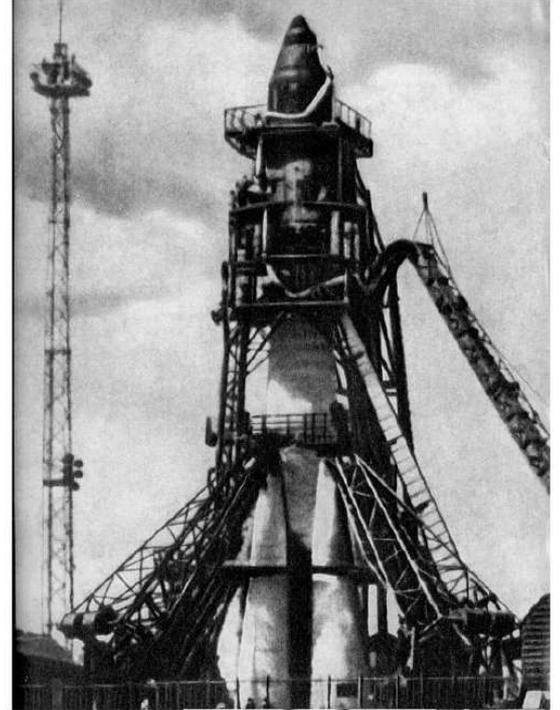


*Gagarine entrant dans le vostok* ⇨

## **Les premiers succès sont soviétiques :**

Le premier satellite artificiel envoyé dans l'espace, appelé **Sputnik**, a été lancé par l'U.R.S.S. le 5 octobre 1957, sur une orbite elliptique. C'était une sphère métallique hérissée d'antennes et pesant 83 kg. Sputnik faisait le tour de la terre en 90 minutes sur une orbite elliptique (947 228 km) et émettait régulièrement un signal radio qui exaspérait les américains.

*Lanceur Vostok 1-19 qui va emporter Youri Gagarine* ⇨

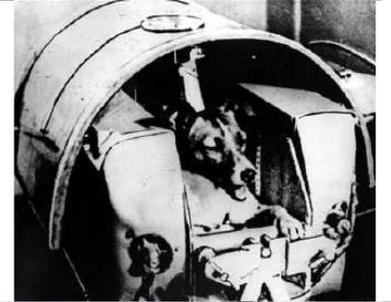


Un mois plus tard, le 3 Novembre 1957, les russes mettaient sur orbite un deuxième Sputnik qui pesait 508 kg.

A cette époque les américains avaient lancé le **Programme Vanguard**, pour un petit satellite de quelques kilos seulement.

Les soviétiques, avec le **Programme Vostok**, ont encore été les premiers à lancer dans l'espace des êtres vivants : d'abord une petite chienne (**Laika**), puis le 12 avril 1961 le premier homme, **Youri Gagarine**, qui a parcouru une orbite autour de la terre en 108 minutes.

*Laika* ⇨



Aux États-Unis, les budgets de la **N.A.S.A.** furent débloqués grâce au discours de L. Johnson (*alors Vice-Président, chargé de l'Espace*) au Sénat américain, qui déclarait "L'Angleterre a été la maîtresse du monde grâce à ses navires et les américains grâce à leurs avions. Celui qui maîtrisera l'espace maîtrisera le monde. Je ne veux pas m'endormir sous une lune communiste".

*Alan Shepard*

⇨

Comme pour le transport aérien subsonique, les américains ont fait preuve au début d'une certaine inertie. Mais une fois provoqués, ils ont mis en oeuvre des moyens techniques et industriels gigantesques. Piqués au vif, ils lancent le **Programme Mercury** et, un mois après le premier vol de Gagarine, ils envoient dans l'espace **Alan Shepard**. Le vol de Shepard n'est qu'un simple vol parabolique et non un véritable vol orbital.



## Les USA rattrapent leur retard et gagnent la course à la Lune.

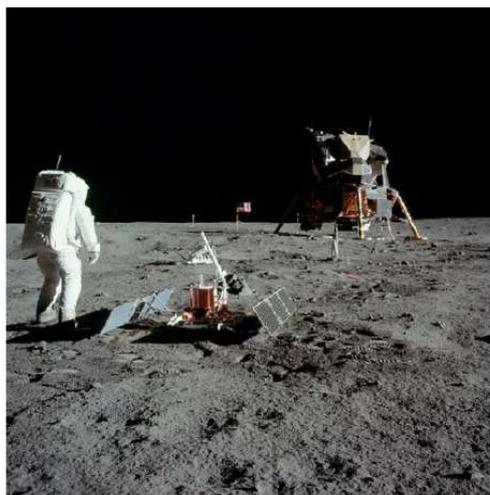
Le **Président Kennedy** s'est vite rendu compte que le vol de Alan Shepard n'était qu'un vol bien léger par rapport à l'avance soviétique et il a réclamé au Congrès des crédits supplémentaires pour la NASA.

Le **Programme Mercury** a été intensifié et, le 20 février 1962, **John Glenn** est le premier américain à effectuer une révolution complète autour de la terre avec un vol de 5 heures (trois tours et demi autour de la Terre).

*Départ de John Glenn dans une fusée Atlas en fév 1962 ⇒*

A la suite du Programme Mercury, les américains développent le **Programme Gemini** pour acquérir une meilleure maîtrise de l'espace : vols de longue durée et sorties de E. White dans l'espace le 3 juin 1965.

Le Président Kennedy décide alors que les américains seront les premiers à poser le pied sur la lune.



*Armstrong sur la lune avec Apollo XI ⇄*

Avec le **Programme Apollo** et la fusée **Saturne V**, ils atteignent ce but. **Neil Armstrong** est le premier homme qui a posé le pied sur la lune, le **20 juillet 1969** :

*"Un petit pas pour l'homme, un grand pas pour l'humanité", a-t-il déclaré alors.*



*⇄ Mission Apollo XVII avec la jeep lunaire.*

**Neil Alden Armstrong**, né en 1930 est décédé le 25 août 2012 est le premier homme à avoir posé le pied sur la Lune le 21 juillet 1969 UTC, durant la mission **Apollo XI**. Lors de cette première mission lunaire **Edwin "Buzz" Aldrin**, qui accompagne Armstrong sur le sol lunaire, et **Michael Collins**, pilote du module de commande qui restera en orbite lunaire.

*L'équipage d'apollo XI : N. Armstrong, M. Collins et Buzz Aldrin. ⇄*

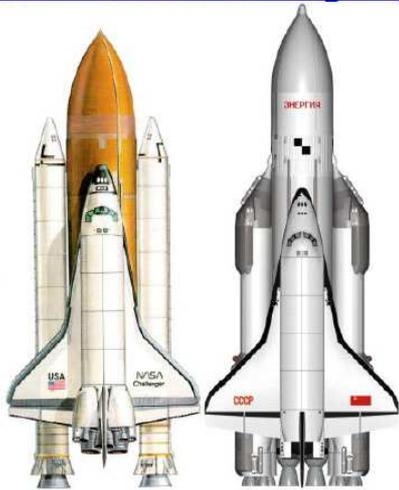
Citons les 6 autres missions... dont 5 réussies. Les 12 membres d'équipages ayant posé le pied sur la lune sont soulignés dans ce texte sur les missions Apollo :

- La mission **Apollo XII** avec **Pete Conrad** (commandant) et **Alan Bean** pilote du module lunaire qui se poseront sur Lune alors que Richard Gordon reste avec le module de commande.
- **Apollo XIII** est la mission qui a fait enthousiasmé les médias et les cinéphiles : "**Houston nous avons un problème**" par son semi-échec (ils ne se sont pas posé sur la Lune mais ont su réparer d'énormes dégâts. Le commandant est Jim Lovell le pilote du module de commande aurait du être Ken Mattingly mais il est remplacé par Jack Swigert (parce qu'il a été exposé à la rougeole, qu'il n'avait jamais eue) alors que Fred Haise est en charge du module lunaire.
- **Apollo XIV** est composé de son commandant **Alan Bartlett Shepard Jr** du pilote du module lunaire **Edgard Dean Mitchell** et du pilote du module de commande Stuart Allen Roosa.
- **Apollo XV** avec dans le même ordre **David R. Scott**, **James B. Irwin** et Alfred M. Worden. C'est la première mission faisant intervenir le **rover lunaire**, parcourant 27,9 kilomètres.
- **Apollo XVI** avec **John W. Young**, **Charles M. Duke Jr** (\*) et Thomas K. Mattingly... et un rover Lunaire.
- **Apollo XVII**, du 7 au 19 décembre 1972, est la dernière mission du programme spatial Apollo à emmener des hommes... et un rover, à la surface de la Lune. L'équipage est constitué de **Harrison Schmitt**, **Gene Cernan** et Ronald Evans pour le module de commande.

*(\*) Charles Duke (Apollo XVI) est aussi le célèbre CAPCOM d'Apollo XI. Avec son accent du sud distinctif il est devenu la voix de contrôle de la mission. Lors de l'atterrissage c'est lui qui guide Armstrong et le module lunaire "Eagle" l'Aigle sur la Mare Tranquillitatis. Célèbres premiers mots de Duke à l'équipage d'Apollo XI sur la surface de la Lune sont « Roger... Tranquility, vous êtes sur le terrain. Vous avez un tas de gars sur le point de virer au bleu. Vous respirez à nouveau. Merci beaucoup ! »*



# L'invention du cargo spatial réutilisable : la navette (Shuttle)



## ⇔ Comparatif Bourane / Challenger

La lune ayant été explorée, les américains changent d'objectif avec les **navettes spatiales**, qui sont récupérables : après un séjour dans l'espace, la navette rentre sur la terre en planant.

L'intérêt d'une telle procédure est de pouvoir réparer un satellite et même de le ramener sur terre.

*Le projet Hermès qui n'aboutira qu'à une maquette... ⇔*



## États-Unis

- **Enterprise** (test)
- **Pathfinder** (maquette)
- **Columbia** (*détruite en 2003*)
- **Challenger** (*détruite en 1986*)
- **Discovery** (en service)
- **Atlantis** (en service)
- **Endeavour** (en service)

## URSS : Projet Bourane

- **1.01 Bourane** (détruite en 2002)
- **1.02 Ptichka** (inachevée)
- **2.01** (incomplète)
- **2.02** (démantelée)
- **2.03** (démantelée)

## Russie

- **Klipper** (abandonné)

## Europe

- **Hermès** (abandonné)



↑ *L'accident de challenger en 1986*

Les russes tenteront de suivre avec la navette **Bourane** mais le projet est abandonné après le premier vol, totalement automatique (*sans équipage*), en 1988.

### *Décollage d'Endeavour* ⇔

Coté américain les coûts s'avèrent plus importants que prévus... et deux accidents endeuillent ces missions (Challenger en 1986 et Columbia en 2003).



L'Europe étudie le concept avec **Hermès** puis abandonne devant le coût prohibitif.

## Une troisième puissance spatiale : la France puis la communauté Européenne.



La France est entrée dans l'ère spatiale avec le lancement de la fusée **Diamant-A** le 26 juin 1956. Ce type de fusée mettra sur orbite le premier satellite Français baptisé **Asterix**, le 26 novembre 1965.

Les européens ont choisi l'option de la **fusée Ariane**. C'est un lanceur de satellites conçu par l'Agence Spatiale Européenne. Le premier tir a eu lieu à **Kourou**, en Guyane française, en 1979. La gestion technique a été confiée au Centre National d'Études Spatiales (**C.N.E.S.**).



### ⇔ fusée Diamant-A et Asterix ⇔

### *Ariane Test 02 en 1980* ⇔

La fusée Ariane est opérationnelle depuis 1982.

Elle a déjà lancé avec régularité plus d'une soixantaine de satellites. Elle présente deux gros avantages par rapport à la navette américaine





- elle permet une mise sur orbite plus éloignée,
  - elle est beaucoup plus économique.
- La fusée **Ariane 5**, plus puissante encore, vient de prendre la relève. Elle a récemment mis un satellite en orbite à 3.500 km de distance.

⇨ **Ariane V**

Les satellites artificiels se sont montrés rapidement très utiles dans des domaines tels que

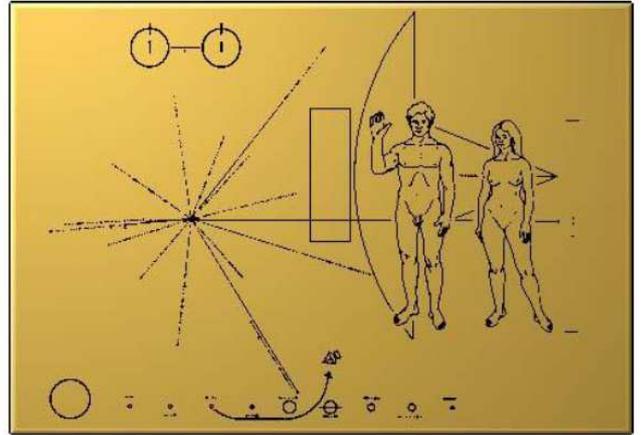
- les télécommunications,
- la télévision,
- les observations météorologiques et géologiques,
- la navigation et la localisation,
- l'exploration de l'espace
- les applications militaires,

**Une réglementation se met en place.**

Devant le nombre important de satellites mis en orbite autour de la terre, il est devenu nécessaire de réglementer l'utilisation de l'espace. Cette mission a été confiée en 1958 au Comité de l'Espace des Nations Unies et ses grands principes sont les suivants :

- l'espace appartient à tous les pays,
- l'exploration de l'espace doit être faite pour l'intérêt de tous,
- pas d'utilisation d'armes nucléaires dans l'espace,
- les astronautes sont considérés comme des envoyés de l'humanité,
- des réserves devraient être faites sur l'utilisation des images obtenues lors de survols...

*Le message de paix porté par les sondes Pioneer 10 et 11 ⇨*



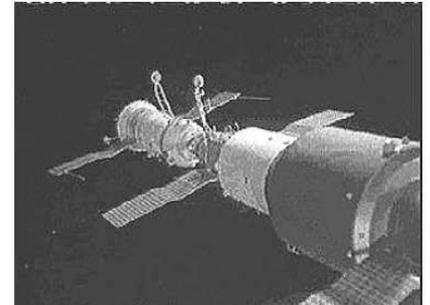
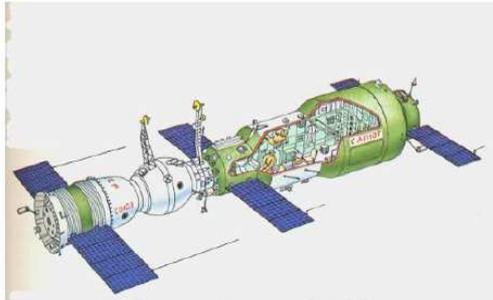
**Habiter dans l'espace ! De Saliout 1 à l'ISS en passant par MIR.**

Lorsque l'on souhaite aller plus loin que la Lune on sait qu'il faudra des vols de très longue durée (plusieurs années pour un aller retour sur Mars !). Les scientifiques ont besoin d'informations. Ils vont utiliser des stations habitées pour réaliser des expériences de longue durée dans l'espace.

La première station est russe elle se nomme **Saliout-1**. Sa masse de 18 tonnes a été mise en orbite par un lanceur **Proton**.

*Saliout 1 arrimé au vaisseau Soyouz 11 ⇨*

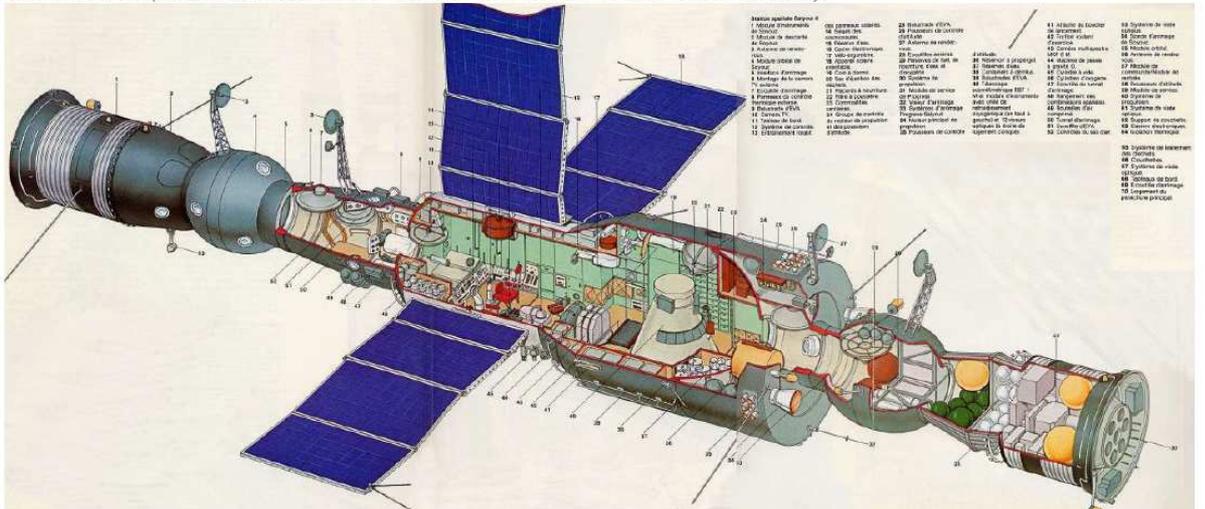
Du 19 avril au 16 octobre 1970 elle effectue 2 929 révolutions en 175 jours. Elle ne sera habitée que 23 jours par les 3 hommes d'équipage du Soyouz 11.



De 1973 à 1977 les stations russes se succèdent ( **Cosmos-557** puis **Saliout-2, 3, 4 et 5**). La guerre froide n'est pas encore terminée et les objectifs sont encore militaires (*observations du territoire "ennemi" et destruction de satellites au canon !!!*).

Une seconde génération de station Saliout est ensuite conçue dans le but d'accueillir bien plus longtemps les cosmonautes. **Saliout 6** (1977 à 1982) est occupé pendant 617 jours et **Saliout 7** (1982 à 1991) pendant 1 075 jours.

*Saliout 6 ⇨*



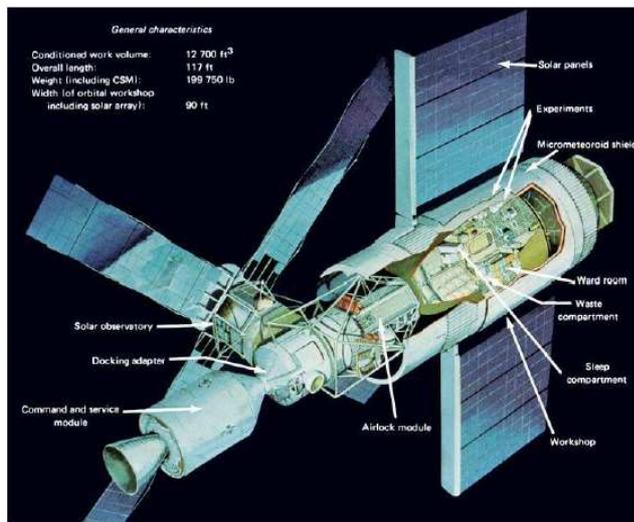
Ces stations comportent un second point d'amarrage pouvant accueillir un cargo ravitailleur **Progress** pour l'équipage.

Les américains ne restent pas inactifs et lancent leur première station **Skylab** le 14 mai 1973. Après quelques déboires (non déploiement d'un panneau solaire et insuffisance de climatisation),

3 missions seront effectuées sur cette station (28, 59 et 84 jours) avant son abandon par manque de crédits après seulement 9 mois d'utilisation en 1973.

*Skylab et son panneau non déployé* ⇨

Les USA perdront le contrôle de Skylab en 1979 à la suite d'une éruption solaire. La station se désintégra au-dessus de l'océan Indien le 11 juillet 1979 en rentrant dans l'atmosphère.



Avec les **Saliout 6** (1977 – 1982), puis **Saliout 7** (1982 – 1991), dans lequel le français **Jean loup Chrétien** passera quelques jours, la coopération internationale reprend des couleurs.

⇨ *Saliout 6*

*Saliout 7* ⇨

Les modules de liaison sont toujours des **Soyouz** ↓ :



Les russes construisent ensuite à la station **MIR**.

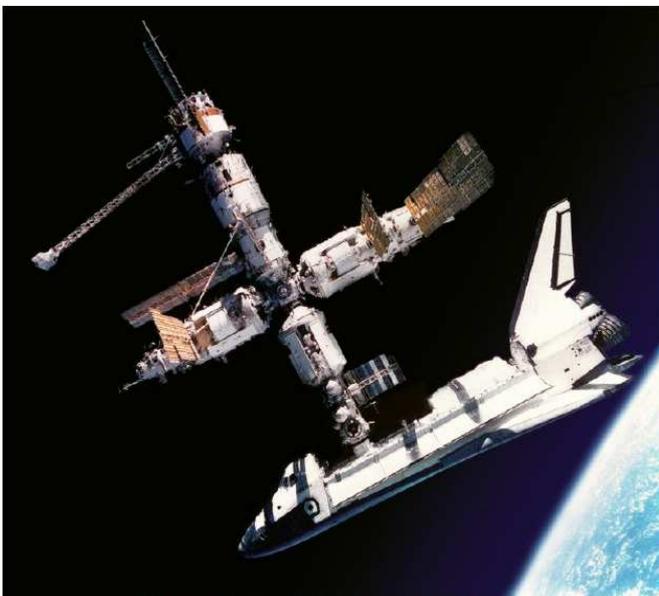
La station **Mir** (du russe *Mup* signifiant *paix et monde*) était une station spatiale russe. Mise en orbite le 19 février 1986 elle fut détruite en 2001. Son assemblage en orbite a duré 10 ans (jusqu'en 1996). Mir été constituée de différents modules (inspiré des stations Saliout). Une coopération USA /Russie a permis de combiner ses possibilités avec celles des navettes spatiales des États-Unis.

La station était un grand laboratoire scientifique dans l'espace. D'une masse supérieure à 100 tonnes, Mir était aussi grande que six autobus. Excepté pendant deux périodes courtes, la station Mir a été habitée sans interruption jusqu'en août 1999. C'était un étroit labyrinthe, envahi de tuyaux, de câbles et d'instruments scientifiques, pouvant accueillir normalement trois hommes d'équipage (maxi 6).

*La station MIR en 1998* ⇨

La station subira deux accidents graves en 1997 (un incendie et une collision avec un cargo Progress). Abandonnée en 1999 elle tombera dans le pacifique en 2001.





*Atlantis accroché à la station MIR ⤴*

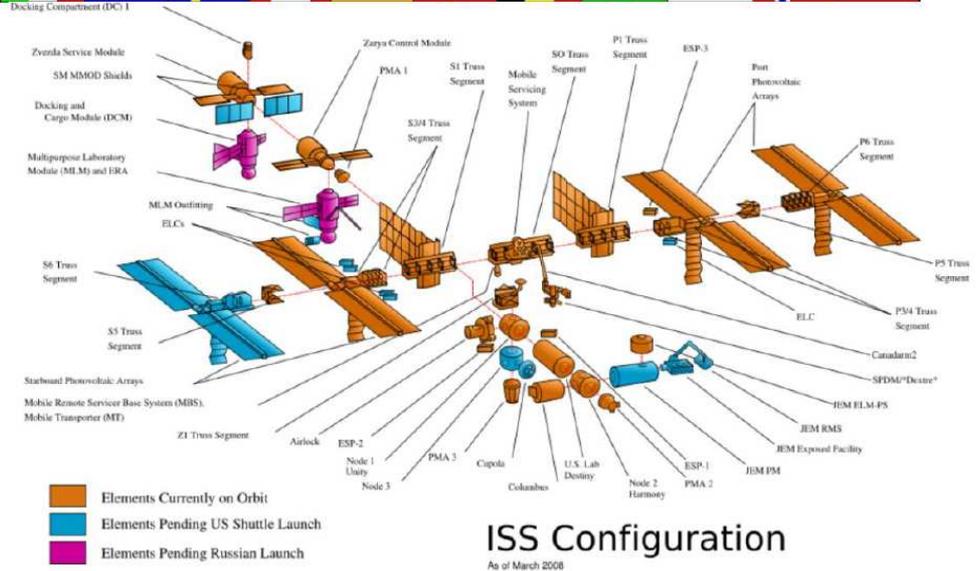
La succession de Mir sera un programme international : la station ISS. Lorsque l'accord final est signé en 1998, ce sont 16 nations qui participent au projet : les États-Unis, la Russie, le Canada, le Japon, 11 États de l'Union Européenne et le Brésil.



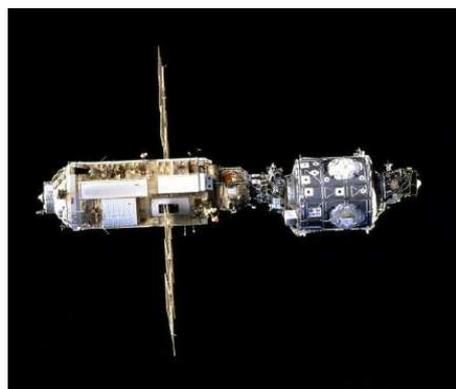
L'ISS (*International Space Station*) se déplace en orbite autour de la Terre à une altitude d'environ 340 kilomètres, à une vitesse de 27 700 km/h (7,7 km/s).

*Schéma d'assemblage de l'ISS en Mars 2008... repérer Zarya en haut à gauche ⇨*

Elle effectue le tour de notre planète 15 fois par jour et l'observation visuelle de son passage est facilité par différents sites internet indiquant les horaires d'observation très précis son passage spectaculaire ne dure que quelques minutes.

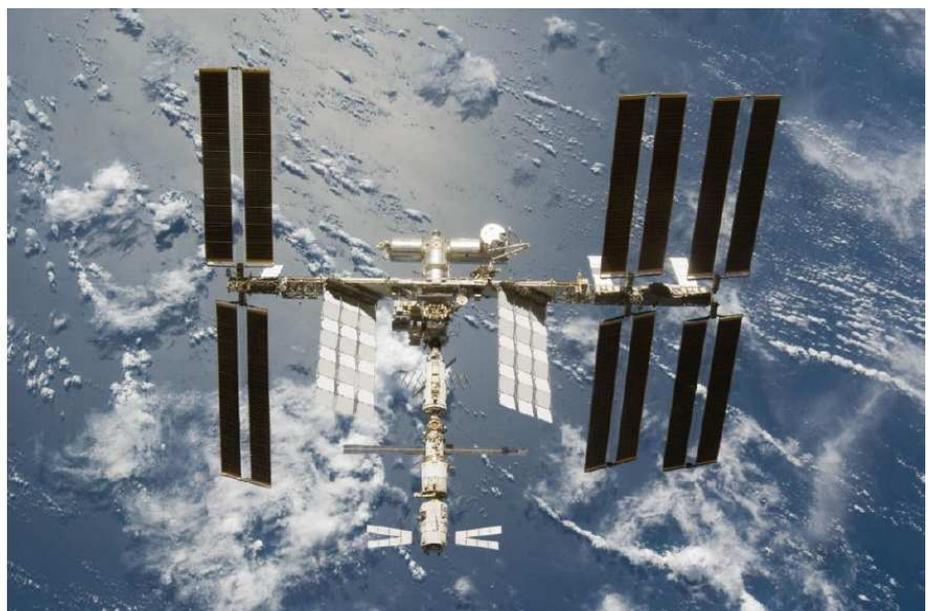


**ISS Configuration**  
As of March 2008



*Le module Zarya en 1998 ⤴*

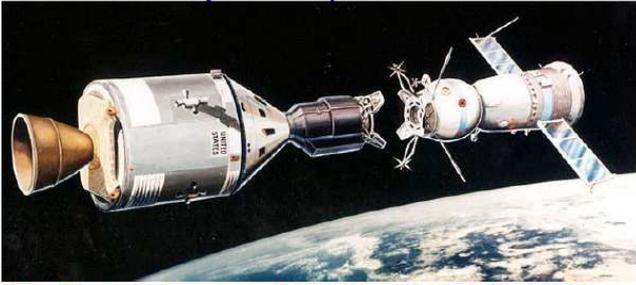
Le premier élément de la Station Spatiale Internationale, le module Zarya, est mis en orbite par une fusée Proton le 20 novembre 1998. Dix ans plus tard, en mars 2008, L'ISS a une masse de 277 tonnes.



*L'ISS en 2008. Le petit module Zarya (centre/bas) reconnaissable à son panneau solaire très étroit ⤴*

Lorsqu'elle sera terminée, la Station spatiale internationale mesurera **108 mètres** de longueur sur **74 mètres** de large, pour une masse de **415 tonnes**. Avec un volume habitable de plus de **1 200 m<sup>3</sup>**, elle pourra accueillir 7 astronautes en permanence. Son énergie sera fournie par les plus grands panneaux solaires qui aient jamais été construits, d'une puissance maximale de 110 kW.

### La rencontre Soyouz 19 Apollo 18



*Vue d'artiste de la rencontre Apollo-Soyouz du 17 juillet 1975* ↕

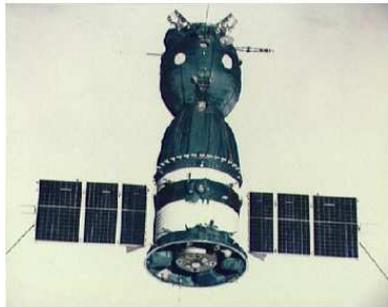
**Apollo-Soyouz** (souvent abrégé en **ASTP** pour Apollo-Soyouz Test Project) a été en 1975 la première mission spatiale conjointe entre l'Union soviétique et les États-Unis après l'affrontement de la guerre froide et la course à la Lune.



*Les deux équipages réunis* ↕

Cette mission **Apollo-Soyouz** restera une grande réussite qui permit aux deux camps de trouver des sujets d'entente.

↔ *Soyouz 19 photographié depuis Apollo XVIII.*



Ce [http://fr.wikipedia.org/wiki/1975remier rendez-vous orbital américano-soviétique](http://fr.wikipedia.org/wiki/1975remier_rendez-vous_orbital_americano-sovietiq) du **17 juillet 1975** se répètera en 1996 avec la visite de la navette spatiale américaine à la station spatiale Mir.

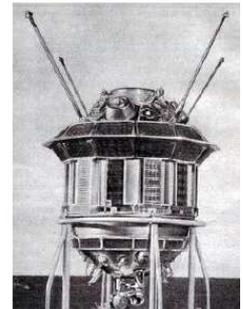
Cette collaboration constituera les fondations des projets qui suivront (**ISS**).

### L'exploration du système solaire

Pour un premier survol, une première exploration, ou pour aller visiter des corps ou des planètes lointains sans billet de retour il faut évidemment utiliser des sondes spatiales. Ces vaisseaux d'exploration inhabités sont chargés d'effectuer diverses missions : mesures, photos, prélèvements et analyses. Ces engins spatiaux connaissent un taux d'échec très élevé mais certaines missions apportent des images ou des résultats spectaculaires faisant autant rêver le grand public que les scientifiques. Le nombre de sondes envoyées dans l'espace depuis 50 ans est très élevé et nous ne reprendrons ici que quelques missions car il n'est pas possible de s'intéresser à toutes ces missions.

#### La première sonde : Luna 3

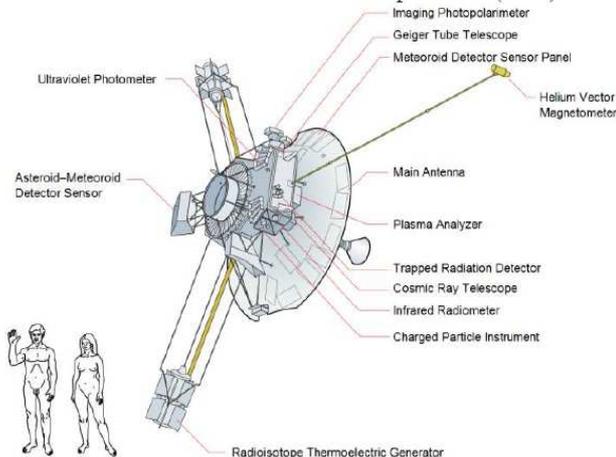
En 1959 **Luna 3** fut le premier essai concluant de lancement de sonde spatiale. Cet engin soviétique réussit une orbite autour de la Lune et parvint à envoyer des photos de sa face cachée.



*↕ Luna 3*

#### Les sondes Pioneer 10 et 11

La sonde **Pioneer 10** fut lancée en 1972 dans le but de survoler Jupiter (succès en 1973). C'est aussi la première sonde qui s'est aventurée au-delà de la ceinture d'astéroïdes. Sa mission terminée elle s'éloigne définitivement du Soleil à plus de 44 000 km/h en direction de l'étoile Aldébaran. Un an plus tard (1973) sa sœur **Pioneer 11** est, elle aussi, lancée vers Jupiter qu'elle survole en 1974.



*Schéma et symbole de Pioneer 10 et 11* ↕

Elle est ensuite dirigée vers Saturne qu'elle atteint en 1979. Pioneer 11 se dirige ensuite vers la constellation de l'Aigle qu'elle atteindra... dans 4 millions d'années !

Les deux petites (258 kg) sondes Pioneer 10 et 11 sont actuellement présumées perdues. Leur dernier contact remonte à septembre 1995 pour Pioneer 11 et à janvier 2003 pour Pioneer 10.



*Pioneer 10 (assemblage)* ↕

Le suivi reste possible et fournit des données utiles à la communauté scientifique. Leur décélération, très faible (de  $8 \times 10^{-10}$  m/s<sup>2</sup>), mais inexplicable par les connaissances de la physique actuelle, a été nommé **l'anomalie Pioneer**.

## Les sondes Voyager 1 et 2

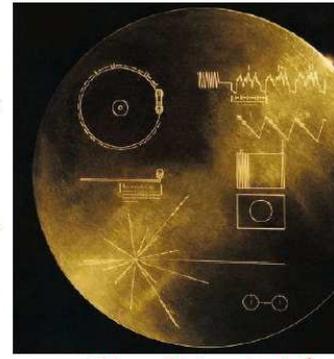
Plus imposantes (800 kg) et plus performantes, **Voyager 1 & 2** sont lancées en 1977 et à 15 jours d'intervalle (*Voyager 2 est partie la première le 20 août 1977, 15 jours avant sa sœur jumelle partie le 5 septembre*) en direction de **Jupiter** (atteinte en 1979) et de **Saturne** (atteinte 1980 pour *Voyager 1* et 1981 pour *Voyager 2*). La mission a été conçue pour profiter d'un alignement astral exceptionnel survenant une fois tous les 175 ans !



*Voyager 1 (dessin) ↗*

Comme les deux sondes Pioneer qui portaient une plaque, les sondes Voyager contiennent un message destiné à d'éventuels extra-terrestres. C'est un vidéodisque (accompagné de son mode d'emploi) renfermant une encyclopédie audiovisuelle de la Terre.

**Voyager 1** a pris ensuite la direction de **Titan** (Satellite de Saturne) puis a quitté le plan de l'écliptique pour s'enfoncer indéfiniment dans l'espace. C'est le **premier objet de réalisation humaine à avoir quitté le système solaire.**



*Disque d'information ! ↗*



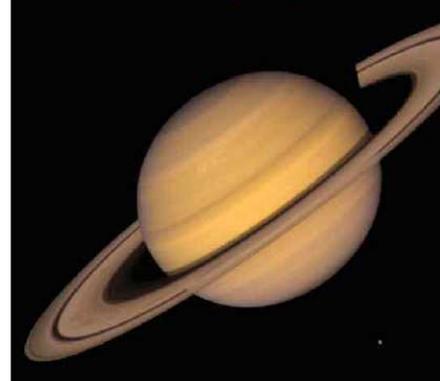
*Grande tache rouge de Jupiter ↗ Voyager 1*

De son côté, **Voyager 2**, a été reprogrammée à distance pour rejoindre **Uranus** (en 1986) puis **Neptune** (en 1989).

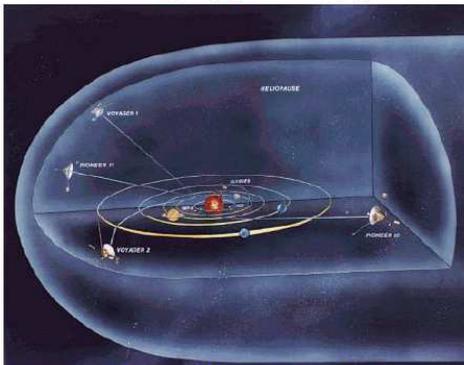
Ensuite *Voyager 2* prit, à son tour, une direction la faisant sortir du système solaire.

La mission de ces deux sondes est donc un énorme succès scientifique. Une très grande quantité de mesures et de photos ont été réalisées sur ces planètes et beaucoup (48) de leurs très nombreux satellites.

Mais l'aventure n'est pas terminée !



*↗ Saturne photographiée par Voyager 2*



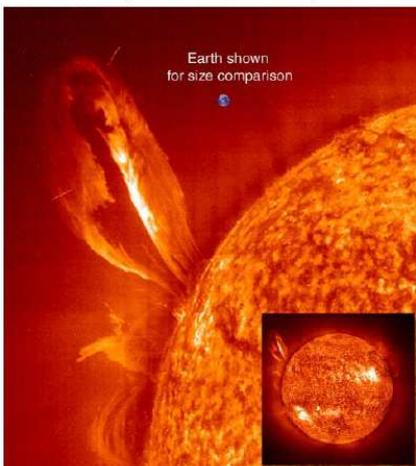
Les sondes Voyager 1 et 2 produisent leur électricité à partir de la chaleur émise par source de plutonium 238. La décroissance radioactive occasionne une baisse progressive de l'énergie disponible mais les sondes sont toujours actives et la NASA espère maintenir les contacts et recevoir des informations scientifiques jusqu'en 2025. On sait donc que, depuis le 16 décembre 2004, **Voyager 1 est la première création humaine à quitter le système solaire** en franchissant sa frontière : l'**héliosphère**. Cette frontière, le **choc terminal**, se trouve à environ 14,1 milliards de kilomètres Soleil, soit 94 unités astronomiques (1 UA = dist Terre Soleil = 150 M de km). Ce fut ensuite tour de *Voyager 2* à franchir le choc terminal en 2007.

Le 15 août 2006, *Voyager 1* a dépassé la barrière symbolique des 100 UA de distance par rapport au Soleil, soit 15 milliards de km.

↔ *Position des 4 sondes sortant du système solaire*

## La surveillance du Soleil : SoHO.

**SoHO** (*Solar and Heliospheric Observatory*), est un satellite de l'ESA, construit par Matra et lancé par la NASA et dont les instruments, au nombre de 12, ont été conçus et réalisés par des scientifiques Européens et Américains.



Lancé en 1995, il est positionné aux alentours du point de Lagrange L1 (endroit où les attractions terrestre et solaire s'équilibrent), le satellite est situé à 1,5 million de kilomètres de la Terre, dans la direction du Soleil. Sa mission débute en 1996. Plusieurs fois prolongée elle devrait se terminer fin 2009. SoHo est destiné à étudier le Soleil sous plusieurs aspects : l'héliosismologie, le rayonnement électromagnétique, le plasma et le vent solaire. Mais c'est aussi un fabuleux détecteur de comètes puisque plus de 1500 ont été découvertes grâce à lui.

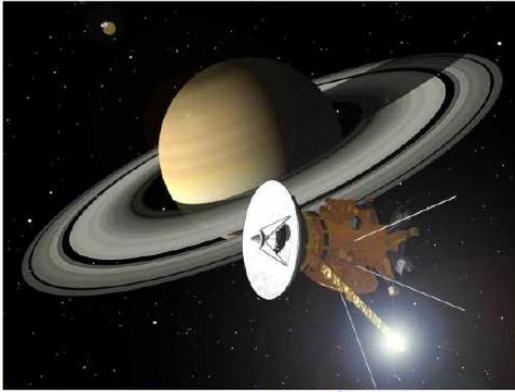
*SoHO avant son départ ⇒*

↔ *Une image du Soleil*



## L'exploit de la mission Cassini-Huygens vers Saturne et Titan

La mission **Cassini-Huygens** est une mission conjointe de la NASA, de l'Agence spatiale européenne dont le but principal est d'explorer Saturne et ses satellites, en particulier **Titan**. La sonde Cassini-Huygens est composée d'un **orbiteur** : **Cassini**, équipé au total de 12 instruments, et d'un **atterrisseur** : **Huygens**, équipé de 6 instruments.

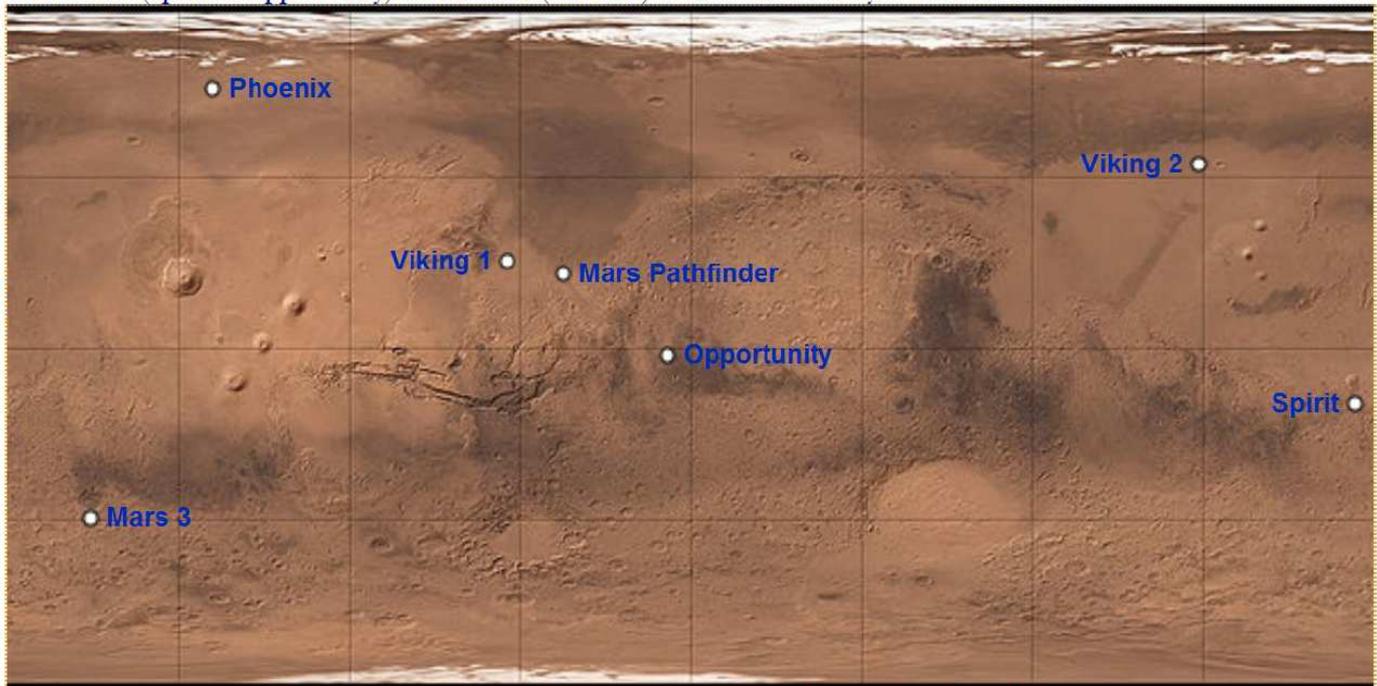


Le lancement est effectué le 15 octobre 1997 et, après 7 ans de voyage, Cassini se place en orbite autour de Saturne. Après avoir traversé les anneaux de cette planète géante le module Huygens se détache puis réussit l'exploit de se poser sans dommages sur Titan le 14 janvier 2005.



### Explorer Mars avec des véhicules autonomes pour préparer la venue de l'homme.

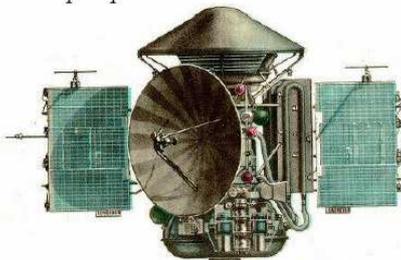
Actuellement (2009) Mars est survolé par 3 sondes (**Mars Odyssey**, **Mars Express** et **Mars reconnaissance Orbiter**). Au sol deux rovers (**Spirit** et **Opportunity**) et un lander (**Phoenix**) fournissent des analyses détaillées du sol.



*Carte des robots ayant réussi leur atterrissage sur Mars. 3 sont encore actifs en 2009-02-20*

L'exploration de la planète Mars a tenu, et tient encore, une place importante dans les programmes d'exploration spatiale. Près de quarante sondes, orbiteurs et atterrisseurs, ont été envoyées vers Mars, faisant d'elle la planète la mieux connue après la Terre. Dans le cas de Mars, le **premier survol** et la **première mise en orbite** furent réalisées par les sondes **Mariner 4** et **Mariner 9** dans la deuxième moitié des années 1960.

**Mars 3** sera le **premier atterrisseur à se poser à la surface de la planète rouge** au début des années 1970 malheureusement il cesse d'émettre au bout de quelques secondes. *Mars 3 ↕ Mars Odyssey ⇔*



En 2001, la NASA envoie l'orbiteur 2001 **Mars Odyssey** dont le spectromètre gamma découvre de grandes quantités d'eau gelée à quelques mètres sous la surface et dresse la première carte des éléments chimiques composant le sol martien. Aujourd'hui, la sonde est toujours en activité en servant de relais pour les communications avec les engins au sol.





Les Chinois se replacent sur ce marché et décrochent ainsi une demi-douzaine de contrats. En janvier 1995 un accident (*fusée chinoise porteuse d'un satellite commercial s'écrase peu après son décollage, tuant six personnes et en blessant 127 autres*) retransmis en direct à la télé nationale met un terme à tous les contrats de commerciaux avec la Chine.

La recherche spatiale continue tout de même et aboutit le **15 octobre 2003** à la mise en orbite du **premier Chinois de l'Espace**.

**Yang Liwei** a été lancé dans l'espace à bord du vaisseau spatial **Shenzhou 5**, propulsé par une **fusée Longue Marche** (fusée) 2F du centre spatial de Jiuquan.

Cet exploit permet à la Chine de devenir la troisième puissance, après la Russie et les Etats-Unis, capable d'envoyer un homme dans l'espace par ses propres moyens.

En 2005 ce sont deux **taïkonautes** qui effectuèrent une mission de cinq jours à bord de la navette **Shenzhou VI**.

En 2008 trois astronautes (taïkonautes) chinois réalisent une mission avec sortie dans l'espace **Shenzhou VII**.

*Fusée Longue Marche 2 F* ⇨

*Yang Liwei* ⇨



⇨ *Schéma de Shenzhou V*



⇨ *Shenzhou VI*



*Direct TV* ⇨ *Zhai Zhigang : sortie de Shenzhou VII*



*Lancement de Shenzhou V* ⇨



*Chang'e* ⇨

Toujours en 2008 la Chine lance son **premier satellite autour de la Lune** !

Baptisé **Chang'e**, du nom d'une déesse de la mythologie chinoise, le satellite a été propulsé par un lanceur Longue Marche 3-A depuis la base de Xichang, dans le Sichuan.

*Lancement de Chang'e avec un lanceur Longue Marche 3-A* ⇨



Ce satellite de reconnaissance est la première étape d'un programme visant à envoyer un astronaute chinois sur la Lune vers 2020.

## Et maintenant le tourisme spatial !

Le tourisme spatial est le bien sûr réservé aux personnes particulièrement fortunées qui peuvent déboursier plusieurs millions pour participer à l'aventure spatiale. C'est donc avant tout une entreprise commerciale !



*Astronaute "vendant" deux satellites récupérés par la navette → En fait cette plaisanterie de l'astronaute Dale A. Gardner concerne les satellites Palapa B-2 et Westar 6 qui, après avoir été lancés par Challenger en février 1984, ont été récupérés par Discovery en novembre suite à la défaillance de leurs moteurs.*

### Space Adventures,

Actuellement, la seule entreprise fournissant un tel service est **Space Adventures**, qui détient un contrat d'exclusivité pour quatre lancements jusqu'en 2007 avec l'Agence spatiale fédérale russe (FKA). Le prix d'un séjour est estimé à 20 millions de dollars.

A ce jour (2009) six touristes ont pris leur billet pour l'espace.

Le premier "touriste" : **Dennis Tito** : du 28 avril au 6 mai 2001.

Puis, par ordre chronologique : Mark Shuttleworth ; Gregory Olsen ; la **première femme touriste de l'espace** : l'américano-iranienne **Anousheh Ansari** ; Charles Simonyi et enfin Richard Garriott.

*Dennis Tito, premier touriste de l'Espace, à l'entraînement →*



*Projet de mini navette ↕*

Eric C. Anderson (PDG de Space Adventures) va proposer des **vols suborbitaux** mais il envisage aussi la création de **deux aéroports spatiaux** et le lancement du **premier voyage privé sur la lune**.



*Le Spaceport ↕*

### Virgin Galactic

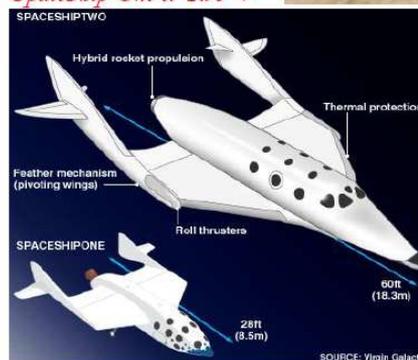
La société **Virgin Galactic** de **Richard Branson**, créée en 2004 propose quant à elle un **vol parabolique** à plus de 100 km d'altitude (limite théorique de l'Espace) à bord d'avions spatiaux de type **SpaceShipTwo** (de l'entreprise Scaled Composites), pouvant emporter 2 pilotes et 6 passagers payant dans un premier temps 200 000 dollars la place. Le prix devrait baisser vers les 30 000 à 40 000 dollars si le succès est au rendez-vous.

Le premier vol en automatique eut lieu en 2003. Puis, le 21 juin 2004, lors de son 15e vol, le pilote d'essai et astronaute **Mike Melvill**, a atteint l'altitude historique de 100,095 km effectuant ainsi le **premier vol privé dans l'espace**.

*WhiteKnight Two ↕*

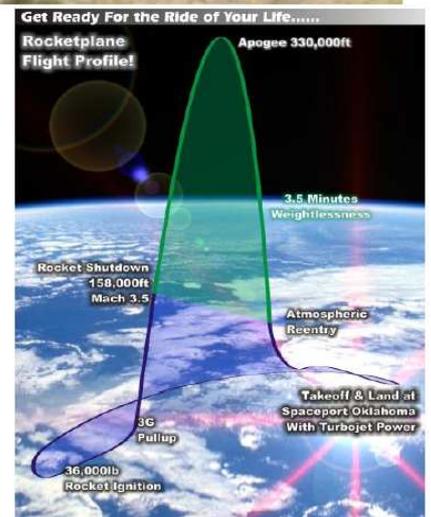
*SpaceShip One →*

*SpaceShip One et Two ↕*



Le 4 octobre 2004, (date anniversaire du lancement du premier satellite dans l'espace *Sputnik 1*), il a gagné le **Ansari X Prize** en effectuant un second vol spatial cinq jours après le premier, en brisant du même coup le record d'altitude (314 750 pieds) de l'avion-fusée américain X-15. *Le second vol devait être fait dans les deux semaines pour obtenir le prix.*

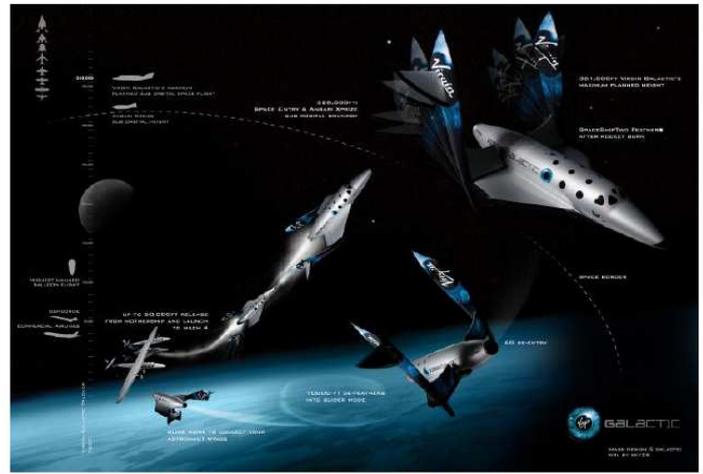
Le **WhiteKnight Two** est l'avion porteur du **SpaceShipTwo**, capable de le lâcher à une altitude proche de 50 000 pieds. Le premier exemplaire a effectué son premier vol le 21 décembre 2008 sur le Mojave Air & Spaceport.



*Le vol parabolique ↕*



↕ WhiteKnight One portant SpaceShip One



Le vol parabolique ↕ Projet SpaceShipTwo

## EADS Astrium

La société EADS Astrium, filiale du groupe EADS, a dévoilé en 2007 son projet de tourisme spatial. Un avion-fusée conçu par Astrium permettra à quatre passagers d'atteindre une altitude de plus de 100 km, pour un coût se situant entre 150 000 et 200 000 euros par personne. La durée du vol sera d'environ une heure et demie. Le premier vol pourrait avoir lieu en 2012.

Avion-fusée : projet EADS Astrium ⇔



## Les spationautes français

Treize spationautes français sont sélectionnés par le CNES entre 1980 et 1990. Neuf d'entre eux effectuent au moins un vol ; seize missions de spationautes français sont ainsi réalisées de 1982 à 2002, dont 13 directement organisées par le CNES.



Noms	Missions	Dates	Observations
Jean-Loup CHRETIEN	Soyouz T 6	24 06 au 02 07 1982	1er spationaute français - Saliout 7
Patrick BAUDRY	STS 51 G - Discovery	17 06 au 24 06 1985	-
Jean-Loup CHRETIEN	Soyouz TM 7	26 11 au 21 12 1988	2 <sup>ème</sup> mission, Aragatz - 1 sortie EVA
Michel TOGNINI	Soyouz TM 15	27 07 au 10 08 1992	mission Antares
Jean-Pierre HAIGNERE	Soyouz TM 17	17 08 au 02 09 1996	mission Altair
Jean-François CLERVOY	STS 66 - Atlantis	03 11 au 14 11 1994	mission Atlas 3
Jean-Jacques FAVIER	STS 78 - Columbia	20 06 au 07 07 1996	-
Claudie ANDRE-DESHAYS	Soyouz TM 24	17 08 au 02 09 1996	mission Cassiopée
Jean-François CLERVOY	STS 84 - Atlantis	15 05 au 24 05 1997	2 <sup>ème</sup> mission - jonction avec MIR
Jean-Loup CHRETIEN	STS 86 - Atlantis	18 09 au 06 10 1997	3 <sup>ème</sup> mission - jonction avec MIR
Léopold EYHARTS	Soyouz TM 27	29 01 au 19 02 1998	station MIR
Jean-Pierre HAIGNERE	Soyouz TM 29	20 02 au 28 08 1999	2 <sup>ème</sup> mission - Perséus - 1 sortie EVA
Michel TOGNINI	STS 93 - Columbia	23 07 au 28 07 1999	2 <sup>ème</sup> mission - deux Français dans l'espace
Jean-François CLERVOY	STS 103 - Discovery	20 12 au 27 12 1999	3 <sup>ème</sup> mission - ISS - 3 EVA
Claudie HAIGNERE	Soyouz TM 32	21 10 au 31 10 2001	2 <sup>ème</sup> mission - ISS - Andromède
Philippe PERRIN	STS 111 - Endeavour	05 06 au 17 06 2002	ISS - 3 EVA - mission Le Petit Prince
Léopold EYHARTS	STS 122 - Atlantis	07 02 au 26 03 2008	2 <sup>ème</sup> mission - arrimage de Columbus à l'ISS Retour STS 123 Endeavour



Le spationaute français **Jean-Loup Chrétien** est le premier Européen de l'Ouest, et donc le premier Français, dans l'espace en 1982. Il a volé trois fois en quinze ans !

⇨ *Jean-Loup Chrétien*

*Claudie Andre-Desbays – Haignere.* ⇨

La première, et pour l'instant la seule, française à avoir voyagé dans l'espace est **Claudie Andre-Desbays – Haignere**.



## Les pays ou organisations lanceurs de satellite en 2009

Liste chronologique des pays ou organisation disposant de leur propre capacité de lancement d'un satellite :

1.  **Union soviétique**, le 4 octobre 1957 avec le lancement de **Spoutnik-1** ;
2.  **États-Unis**, le 1er février 1958 avec le lancement d'**Explorer 1** ;
3.  **France**, le 26 novembre 1965, avec la Fusée **Diamant** qui lance **Astérix** ;
4.  **Japon**, le 11 février 1970, grâce au lanceur à poudre **Lambda** ;
5.  **Chine**, le 24 avril 1971, avec sa fusée **Long-Marche** ;
6.  **Royaume-Uni**, le 28 octobre 1971, lors du lancement du satellite **Prospero** avec son lanceur **Black-Arrow** ;
7.  **Europe**, le 24 décembre 1979 avec le lanceur **Ariane** de l'**ESA** ;
8.  **Inde** rejoint le club le 18 juillet 1980 ;
9.  **Israël**, le 19 septembre 1988, avec le lancement du satellite **Ofek-1** ;
10.  et  En 1993, suite au démantèlement de l'URSS, la **Russie** et l'**Ukraine** sont les deux seuls états "ex-soviétiques" à disposer de lanceurs.
11.  La société **SPACE-X** réussit, le 28 septembre 2008, le tir d'un lanceur **Falcon 1** qui place une charge factice (165 kg) en orbite.
12.  **Iran**, le 2 février 2009, avec le lancement du satellite **Omid** ;

## Chronologie des faits ayant marqué les vols habités de 1961 à 2009

Liste chronologique des événements marquant l'envoi d'un vol habité dans l'espace :

Date	Equipage	Vaisseau	Commentaire
12 avril 1961	<b>Youri Gagarine</b>	Vostok 1 	<b>Premier homme dans l'espace.</b>
5 mai 1961	<b>Alan Shepard</b>	Mercury 3 	<b>Premier Américain dans l'espace</b> (vol suborbital).
20 février 1962	<b>John Glenn</b>	Mercury 6 	<b>Premier vol orbital américain.</b>
16 juin 1963	<b>Valentina Terechkova</b>	Vostok 6 	<b>Première femme dans l'espace.</b>
19 juillet 1963	<b>Joseph A. Walker</b>	X-15 Flight 90 	<b>Premier avion dans l'espace.</b>
23 août 1963	<b>Joseph A. Walker</b>	X-15 Flight 91 	<b>Première personne à voler pour la deuxième fois.</b>
18 mars 1965	<b>Alexei Leonov et Pavel Belyayev</b>	Voskhod 2 	<b>Première sortie dans l'espace</b>
16 juillet 1969	<b>Neil Armstrong, Michael Collins, Buzz Aldrin</b>	Apollo 11 	<b>Premiers pas de l'Homme sur la Lune</b> (le 20 juillet 1969).
26 juillet 1971	<b>David Scott, Alfred Worden et James Irwin</b>	Apollo 15 	<b>Ont conduit la Jeep lunaire</b>
12 avril 1981	<b>John Young, Robert L. Crippen</b>	STS-1, Columbia 	<b>Premier vol de la navette spatiale, test des systèmes</b>
15 octobre 2003	<b>Yang Liwei</b>	Shenzhou 5 	<b>1<sup>er</sup> vol habité chinois</b>
21 juin 2004	<b>Mike Melvill</b>	Space ShipOne - Vol 15P	<b>Premier vol spatial privé</b>
29 septembre 2004	<b>Mike Melvill</b>	SpaceShipOne - Vol 16P	1 <sup>er</sup> vol concourant pour le <b>Ansari X Prize</b>
4 octobre 2004	<b>Brian Binnie</b>	SpaceShipOne - Vol 17P	2 <sup>nd</sup> vol validant le <b>Ansari X Prize</b> .

12 octobre 2005	Fèi Jùnlóng et Niè Hǎishèng	Shenzhou 6 	Second vol habité chinois.
25 septembre 2008	Zhai Zhigang , Liu Boming et Jing Haipeng	Shenzhou 7  <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/28_septembre">http://fr.wikipedia.org/wiki/28_septembre</a>	Troisième vol habité chinois. Première sortie extra-véhiculaire chinoise.