

LES AVIONS D'AFFAIRES ET DE TOURISME

L'aviation se développe aussi bien dans le secteur du loisir que dans celui de l'aviation d'affaire.

Citons quelques constructeurs d'avions à hélice : **Jodel**, **Scintex**, **René-Leduc**, **Morane-Saulnier** (Rallye), **Wassmer**, **Piper**, **Cessna**... les progrès sont permanents... jusqu'au parachute de sécurité du **Cirrus**.



Jodel ↗



Cirrus en test de parachute ↗

Le marché des avions à réaction (affaire) progresse lui aussi et les équipements deviennent luxueux. Citons par exemple : **Mystère-20**, **Falcon 2000**, **Cessna-Citation**...



↖
Falcon 2000



Cessna Citation ↗

LE TRAVAIL AÉRIEN

Il faut bien en parler car cela revient à se poser la question : en dehors de la guerre et des applications militaires, à quoi servent les avions et les hélicoptères ? Leurs utilisations sont multiples :

- le **transport de passagers** : c'est probablement l'essentiel,
- le **transport du courrier** et des **marchandises**,

Aéropostale : Le Potez 25 de Guillaumet et Lefèvre redressé et bientôt réparé. ↗



- les **secours et le sauvetage** : pour les accidents sur la route, en mer, en montagne, pendant les inondations, pour les urgences médicales nécessitant le transport de blessés ou de malades, pour la localisation et le recueil des personnes en difficulté,

Un hélicoptère médicalisé ⇨



⇨ Un EC 45 de Gendarmerie ⇩

- la **police** : la surveillance du territoire, des routes et des frontières, la recherche des personnes disparues ou bien celles qui sont en fuite,
- la **photographie aérienne**, avec de multiples applications : la mise au point des cartes géographiques, les relevés de terrain, les études hydrologiques et archéologiques, la recherche du pétrole et des gisements miniers,
- la **météorologie**, malgré que cela relève de plus en plus des observations faites dans l'espace par les satellites,

- les **chantiers**, les travaux nécessitant le transport d'engins et de matériaux dans des endroits difficilement accessibles, la pose et la surveillance de lignes électriques, les plates-formes pétrolières,

- l'**agriculture** : les traitements, les ensemencements, la surveillance et l'exploitation des forêts, la **lutte contre les incendies** (les Canadair...),

Canadair ⇨

- la **publicité**, le remorquage d'enseignes et de banderoles,
- l'**instruction aérienne** et la **formation des pilotes**. C'est un peu le point de départ de tout car les avions ne peuvent voler que s'il y a des pilotes aux commandes.



Sikorsky S-60 "grue" ⇨

⇨ Cessna 188 "épandage" ⇨



LA COMPETITION TECHNIQUE

La 2^{ème} guerre mondiale a marqué les esprits et montré l'intérêt d'une suprématie technique. Les Etats Unis, l'Union Soviétique et dans un degré moindre l'Europe et Israël lancent leurs ingénieurs de recherche dans toutes les directions ! Différents conflits, de la guerre Viêt-Nam à la guerre du golfe, permettront de tester le matériel en situation réelle. Même si les productions européennes sont importantes et d'un excellent niveau les plus grandes innovations seront développées par les grandes puissances de la "Guerre froide".

La puissance de feu.

La guerre du VietNam (1959-1975) met en scène des chasseurs (F4) et des bombardiers (B52) très performants...

Le **B52** (mis en services en 1955) sera engagé dans tous les conflits mondiaux (impliquant les USA).

Sur les 744 appareils produits 85 + 9 (réserve) étaient encore en service en 2006.



B52 ↑ et ses munitions !!!!

⇨ F-4F Phantom

L'appréciation des performances permettra aussi d'en commercialiser en Europe (le Phantom ci-dessus est aux couleurs allemandes).

Mis en service en 1960, le **F4 Phantom** est un chasseur embarqué. C'est l'un des avions militaires américains les plus importants du XX^e siècle et **l'avion de combat occidental ayant été le plus produit depuis la Guerre de Corée** (5 195 exemplaires en 20 ans). Il est encore utilisée dans plusieurs armées (9 en 2005).

La puissance de feu augmente avec les **missiles de croisière**.

Historiquement, le premier missile de croisière est le **V1** que les allemands utilisent en 1944 .

Après la Seconde Guerre mondiale, les deux principaux acteurs de la Guerre froide (URSS et États-Unis) développèrent leurs propres programmes de missiles de croisière, certains capables d'emporter une charge nucléaire.

Missiles de croisière Le premier système américain, le missile **TM 61 Matador**, fut déployé à partir de 1954.

Les missiles de croisière peuvent être lancés depuis une infrastructure fixe au sol, d'un véhicule terrestre, d'un navire de guerre, d'un sous-marin ou d'un bombardier. Leur propulsion est assurée par un turboréacteur, un statoréacteur ou un moteur-fusée. Leur vitesse est généralement entre 800 km/h et 1000 km/h, même si les deux grandes puissances ont aussi développé des versions supersoniques.

Leur portée peut dépasser 3 000 km pour les plus gros. Une fois le missile tiré, il est généralement totalement autonome, il rejoint sa cible grâce à un système de guidage inertiel, topographique ou satellite.



Un BGM-109 Tomahawk ↑

L'espionnage



Le **Lockheed U-2** est un avion espion volant à très haute altitude ((70 000 pieds, soit environ 21 000 mètres) pour échapper aux défenses aériennes classiques mais avec une vitesse relativement faible 820 km/h maximum.

La résolution des optiques des satellites rendront ces avions espions obsolètes.

⇨ Lockheed U-2

Le SR 71 Blackbird effectue des missions à 25000 m d'altitude et à Mach 2 tout en pouvant pousser jusqu'à Mach 3,5

Le **SR 71 Blackbird** conçu pour l'espionnage devait aussi échapper aux intercepteurs et à la défense anti-aérienne... son atout principal était la vitesse et l'altitude.

Il décroche successivement différents records mondiaux :

- le 1er septembre 1974, de New York à Londres (5568 km) en 1h54m56,4s soit 2907 km/h de moyenne
- le 13 septembre 1974, de Londres à Los Angeles (8764 km) en 3h47m39s soit 2310 km/h de moyenne
- Le 27 juillet 1976, un SR-71 établit un **record simultané d'altitude et de vitesse** en atteignant 3528 km/h à 25.929 mètres

Lockheed SR-71 Blackbird ⇨ vole de 1968 à 1990 puis de 1995 à 1998



Les avions à géométrie variable.

Pour être performant dans tous les domaines du vol on va rechercher des solutions complexes : les ailes à géométrie variable.



Mig 23 à géométrie variable



F 14 "Tomcat" à géométrie variable

⇨ Un photomontage du Bell X5



Les coûts de développement sont énormes et beaucoup de prototypes performants (Le **Mirage G8** français détient le record d'Europe de vitesse avec Mach 2,234 à 12800 m) ne débouchent pas sur une production en série.

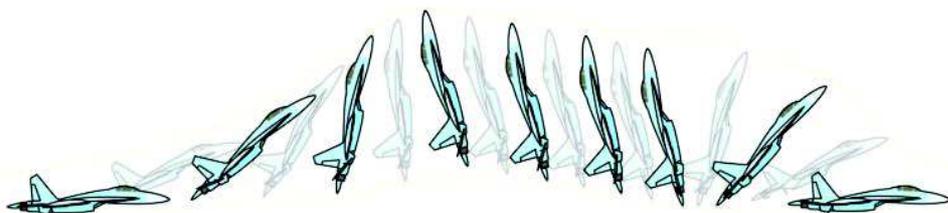


Deux Mirages G8 expérimentaux français en configuration comparées

Citons encore ceux qui ont été produits en série en plus des **Mig 23** et **F14** déjà vus. Un bombardier : le **Rockwell B-1 Lancer** toujours en service. Les General Dynamics EF-111A Raven et F-111 Aardvark. Un Européen : le **Panavia Tornado** et une production importante soviétique **MiG-27** Flogger, Soukhoï Su-17/20/22 Fitter, Soukhoï Su-24 Fencer, Tupolev Tu-22M Backfire, Tupolev Tu-160 Blackjack.

La manœuvrabilité

La manœuvre dite du "Cobra" oblige l'adversaire (assaillant) à une dépassement "involontaire" afin de mieux se replacer en combat aérien.



Le "Cobra" ou "Pugachev Cobra" est une manœuvre de combat aérien, plus particulièrement en post-décrochage. Cette manœuvre est rendue possible grâce à une combinaison du contrôle du tangage, de stabilité, et d'efficacité des moteurs et des entrées d'air à angle d'attaque très élevé. Utile en combat aérien, le "Pugachev Cobra" effectué rapidement permet des virages serrés et peut ainsi désarçonner l'adversaire, l'empêchant ainsi de verrouiller sa cible ou encore de

permettre au pilote de se placer en position d'attaque. Le "Pugachev cobra" est considéré comme l'une des manœuvres les plus exigeantes et difficiles à effectuer durant les spectacles aériens à travers le monde. Le cobra fut nommé "Pugachev Cobra" après que le pilote d'essai de Sukhoi, Viktor Pugachev, ait été le premier à effectuer un cobra au salon aéronautique du Bourget en 1989.



Boeing F18 Super Hornet....

Avec ses nouvelles entrées d'air rectangulaires qui le différencie de l'ancien F 18 Hornet



Mig 29

Les avions capables d'effectuer cette manœuvre sont rares ! Ce sont souvent des versions modifiées. Les systèmes favorisant cette manoeuvrabilité extrême sont : les extensions de bords d'attaque (Apex), les plans canard, les grandes gouvernes et les tuyères vectorielles.



Sukhoï Su 27



Saab Drakken

Le club fermé des avions ayant réussi la manœuvre se réduit à la liste suivante : **Su 27 et Su 35, Mig 29, Saab Drakken, F18 Super Hornet....** Et bien sur le Dassault Rafale

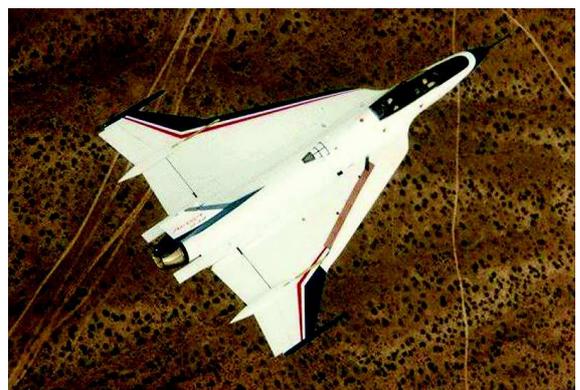
La manoeuvrabilité... Jusqu'à l'instable flèche inversée.. puis à l'aile trapézoïdale

On explore différents types de voilures. Après la géométrie variable pour être performant à haute ou basse vitesse on teste le double delta. C'est le cas du **Saab Drakken** déjà vu mais l'exploration se poursuit avec des avions expérimentaux comme le **F 16X**.

F16 X (X pour eXpérimental)

Les commandes de vols électriques et les ordinateurs embarqués permettent de contrôler des formes très instables mais présentant un fort potentiel manoeuvrant : la flèche inversée !

Le **Grumman X-29A** montra de bonnes qualités de manoeuvrabilité jusqu'à un angle de 45° en montée.



Mais cela nécessitait de constantes corrections (jusqu'à 40 par secondes) initiées par le contrôle de vol électronique. Les prototypes sont au musée depuis 1991 ! Malgré cela les soviétiques construisent le **Soukhoï Su-47** dont le premier vol a eu lieu en 1997. C'est un avion de chasse expérimental surnommé le **Berkut** (l'aigle doré). Le Su-47 a été conçu pour dépasser les performances des chasseurs à la pointe de la technologie actuelle tel que le **F-22 Raptor**.



Sukhoï 47 ⤴



Grumman X-29A ⤵

De leur côté les américains sont partis sur d'autres voies mariant **manœuvrabilité** et **furtivité**. Les **ailes de forme trapézoïdale** ne conservent que la partie arrière de la flèche inversée. Les **Lockheed F-22 Raptor** et **Northrop YF-23 Black Widow II** sont construits et testés. Bilan ? Le F-22 sera produit en série alors que les deux YF-23 finiront au musée...



⤵ *Northrop YF-23 Black Widow II*

Lockheed F-22 Raptor ⤵



La furtivité.

Les formes du **F-22** ont été conçues pour réduire au maximum sa signature radar qui, au final, est environ 100 fois inférieure à celle du **F-15** bien que les deux avions aient à peu près la même taille.

La furtivité radar est caractérisée par un chiffre : la surface équivalente radar (SER). C'est la valeur de la surface plane qui renverrait la même énergie que l'aéronef. En l'absence de traitement la SER d'un avion est de l'ordre de plusieurs dizaines de m² ; après traitement on obtient des valeurs de l'ordre du m² voire moins. Certains avions tels que le F-22 de l'USAF auraient des SER équivalentes à celles des oiseaux mais les chiffres réels sont évidemment tenus secrets par les constructeurs.



Northrop B-2 Spirit ⤴



⤴ *Lockheed Martin F-117 Night Hawk*

Comment obtenir la furtivité ?

- **Travail sur la géométrie.** Suppression des formes en dièdre qui concentrent l'énergie et remplacement par des formes arrondies (diffusion de l'énergie) ou par des formes planes (émission dans une direction privilégiée) ; leur but est de renvoyer les ondes radar dans d'autres directions que celles de l'émetteur.
- **Utilisation de matériaux absorbants** (Radar Absorbent Materials). L'énergie reçue est transformée sous une autre forme (chaleur), ce qui limite la puissance des ondes radar réfléchies.

Le F-22 est donc entièrement d'une peinture absorbant les ondes radar. De plus les surfaces de contrôles sont conçues par thermoformage pour éviter d'utiliser des rivets qui créeraient des aspérités, et ses antennes et détecteurs sont noyés dans le revêtement, même le canon est caché derrière une trappe amovible.

▪ **Réduction de la signature thermique** les sorties de gaz des tuyères sont invisibles du sol car placées sur le dessus des ailes. Ces gaz sont dilués avec de l'air froid pour diminuer au mieux la signature infra rouge.



Les premiers aéronefs développés pour étudier les concepts de furtivité furent le **Have Blue** précurseur du chasseur-bombardier **Lockheed Martin F-117 Night Hawk** (Premier vol en 1981 mise en service 1983 retiré en 2008) et le **Tacit Blue** précurseur du bombardier stratégique **Northrop B-2 Spirit** (Premier vol en 1989 mise en service 1997).

Tous les aéronefs à usage militaire sont maintenant conçus avec pour objectif l'obtention d'une signature radar et infrarouge la plus faible possible sans trop compromettre les qualités de vol de l'appareil.

⇨ **Eurocopter Tigre**

C'est donc aussi le cas de l'**Eurocopter Tigre** dont la signature infra rouge a été extrêmement réduite. (Léger, rapide (280 km/h) avec une très grande autonomie (800 km) cet hélicoptère est aussi très maniable et il peut réaliser un looping !)

Le décollage vertical. (ADAV ou VTOL)

ADAV = Aéronef à décollage et atterrissage verticaux.

VTOL = Vertical Take Off and Landing aircraft.

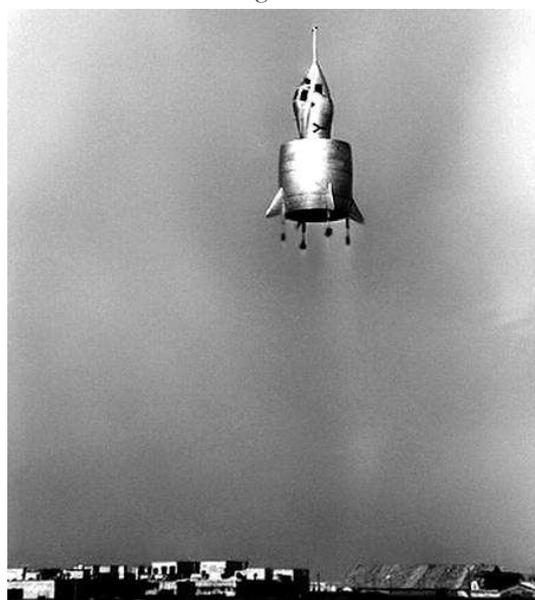


le **Convair XFY-1 Pogo** occupe une place de choix dans l'histoire de l'aviation puisqu'il fut (en 1954) le premier avion à réussir une double transition ce qui fait de lui tout simplement le **premier avion à décollage et atterrissage vertical techniquement réussi !**

⇨ **Convair XFY-1 Pogo**

C-450 coléoptère ⇨

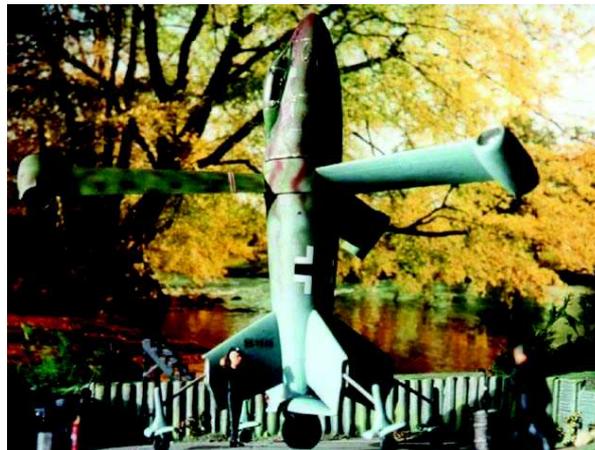
En France (1958 à 59) la Snecma réalise le **C-450 coléoptère**.



Lockheed XFV-1



Ryan X-13 Vertijet



Focke-Wulf Triebflügel

Le **Lockheed XFV-1** et le **Ryan X-13 Vertijet** voleront alors que le très original concept **Focke-Wulf Triebflügel** restera à l'état de projet. Finalement on se rend compte d'un défaut majeur des ADAV : leur énorme consommation de carburant lors des phases de décollage et d'atterrissage. Les projets d'ADAV, à la mode dans les années 60 ne déboucheront que sur 2 mises en service effectives : le Yak-38 Forger et le Hawker Siddeley AV-8B Harrier.



Yak-38 ↗

▪ le chasseur embarqué soviétique **Yakovlev Yak-38 Forger**. Celui ci dispose de moteurs de sustentation à l'avant et d'un moteur de propulsion avec déflexion de poussée à l'arrière

AV-8B Harrier ⇨

▪ l'avion d'attaque anglo-américain **Hawker Siddeley Harrier** (avec ses dérivés *Sea Harrier* et *AV-8B Harrier II*). Le Harrier dispose d'un seul réacteur fixe dont on se contente de faire varier l'orientation du flux (*système de déflexion de la poussée*).



En 1960 les français lancent un programme expérimental d'ADAV.

Le **Mirage III V** est équipé de deux motorisations : des (8 !) réacteurs de sustentation pour le décollage et l'atterrissage et un réacteur classique pour le vol normal.

Mirage III V ⇨

Il sera précédé d'un démonstrateur désigné **Balzac V**.

Deux prototypes seront réalisés et le **Mirage III V** (V pour vertical) atteindra Mach 2 ! Mais la production en série jugée couteuse et complexe sera abandonnée.

Plus récent, le **Lockheed F-35B** est destiné à remplacer les Harrier à partir des années 2010. La formule retenue pour cet avion est cependant

plus proche de celle du Yak 38 que celle du Harrier, puisqu'il est équipé d'une soufflante de sustentation à l'avant et d'un réacteur de propulsion à tuyère orientable à l'arrière.



⇨ Lockheed F-35B ↗

Le prototype effectua son premier atterrissage vertical le 23 juin 2001.

Une autre solution consiste à utiliser des moteurs qui basculent de la verticale pour le décollage/atterrissage à l'horizontale pour le vol normal. (*Système désigné Tilt-rotor dans le cas d'un moteur à hélices et tilt-jet avec un moteur à réaction ou encore tilt-wing si c'est l'aile entière qui bascule*). Mais peu de projets ont réellement abouti. Après beaucoup de difficultés, 20 ans de travail et des interdictions de vol faisant suite à des accidents mortels, les premiers exemplaires de série du **Boeing V-22 Osprey** (avion de transport militaire, premier vol le 19 mars 1989) ont été livrés fin 2005.



⇨ Boeing V-22 Osprey ↗

Le décollage et atterrissage court. (ADAC ou STOL)

ADAC = *Aéronef à décollage et atterrissage court.* **STOL** = *Short Take Off and Landing aircraft.*

Un Avion à Décollage et Atterrissage Court (ADAC) est un aéronef à voilure fixe capable d'utiliser des pistes de longueur très limitée, en général inférieures à **200 mètres**, aussi bien pour le décollage et que pour l'atterrissage.

Les ADAC n'incluent pas les hélicoptères, les ballons ou les dirigeables, qui ne sont pas des avions. Par contre un autogire rentre dans la catégorie des ADAC.

Pour réaliser un ADAC il faut disposer de caractéristiques aérodynamiques particulières améliorant la portance :

- Voilure de taille importante... éventuellement soufflée pour atteindre l'hypersustentation. Aile haute...
- Dispositifs hypersustentateurs tels que les volets et les becs.
- Bon rapport poids/puissance qui permet d'atteindre plus rapidement la vitesse nécessaire à la sustentation.

Au début des années 60 le **Bréguet 941** montre des capacités de décollage et d'atterrissage hors du commun. Une série de démonstrations spectaculaires ont prouvé que cet "avion-miracle" peut se poser partout, dans des clairières, sur l'héliport d'Issy-les-Moulineaux aux portes de Paris, dans une avenue, en centre-ville à Bruxelles, dans un champ en bordure de la zone industrielle de Turboméca, à Bordes... Sa carrière sans succès commercial se terminera en 1974.

Les Américains se sont énormément intéressés à cet appareil lors de ses présentations. Ils s'approprièrent sa technologie avant-gardiste à la suite d'accidents (initiés par des pilotes Américains) qui leur permirent d'étudier le Breguet 941 immobilisé pour réparation dans leurs ateliers !

Bréguet 941 en finale ⇨



La plupart des ADAC sont de petits avions, citons :



↑ Piper J-3 Cub ↑



↑ Fieseler Fi 156 "Storch" ↑

Le **Fieseler Fi 156 "Storch"** est un avion militaire de reconnaissance allemand conçu en 1935. Sa vitesse de décrochage très basse (*46 km/h*) lui donne des performances STOL convaincantes (*décollage 70 m atterrissage 25 m !*). Ce type d'appareil servit à l'évasion de l'ex-dictateur italien Mussolini d'un minuscule plateau lors de l'opération Eiche. On le voit aussi à la fin du film "La grande vadrouille". Citons aussi le **Piper Cub** (ou **J-3**) dont la conception remonte aux années 30. Cet engin était capable de décoller sur 130 m et de se poser sur 115 m.

On revoit ces avions dans les concours de distance (Landing & Take Off) régulièrement organisés aux USA.

Dans les utilitaires performants on trouve des appareils comme le **De Havilland Canada DHC-2 Beaver** fréquemment en version hydravion ou le **Pilatus PC 6 Porter** utilisé par des parachutistes ou dans des conditions extrêmes (Himalaya).



↑ De Havilland Canada DHC-2 Beaver ↑



↑ Pilatus PC 6 Porter ↑

Le transport "tout terrain" de charges lourdes !

Les avions militaires de transport sont étudiés pour des décollages et atterrissages très courts sur terrains sommaires (herbe, latérite). Mais les masses et les volumes demandés par les militaires ne permettent plus le respect des critères "ADAC".



Lockheed C-130 Hercules ⤴



C-160 Transall

Le **C-160 Transall**, par exemple, décolle en 1000 m et se pose très court en 600m, il peut pratiquer approches dites "grande pente" (10-15°) avec des taux impressionnants (4000 ft/mn en opération à Sarajevo). Son concurrent américain est le **Hercules C-130**.



L'Antonov An-70 ⤴



C-141 Starlifter

Citons encore le très performant **C-141 Starlifter** et, coté URSS, l'**Antonov An-70**.

	C-160 Transall	Hercules C-130	Antonov An-70	Airbus A400M	C-141 Starlifter	Lockheed C-5 Galaxy	Antonov An-225
Envergure	40 m	40 m	41 m	42 m	49 m	68 m	84 m
Longueur	32 m	30 m	44 m	45 m	51 m	75 m	88 m
Hauteur	12 m	12 m	16 m	15 m	12 m	20 m	18 m
Poids à vide	30 tonnes	33 tonnes	73 tonnes	66 tonnes	65 tonnes	153 tonnes	350 tonnes
Poids maxi	54 tonnes	79 tonnes	133 tonnes	136 tonnes	147 tonnes	380 tonnes	640 tonnes
Vitesse ascensionnelle	400 m/min	580 m/min			792 m/min	549 m/min	



Lockheed C-5A Galaxy ⤴



Antonov An-225

On double les masses lorsqu'on passe au **Lockheed C-5A Galaxy**, on les multiplie par quatre avec l'**Antonov An-225**.

Un Lockheed C-5A Galaxy décolle sur une longueur maximum de 2 500 m au décollage et de 1 200 m à l'atterrissage.



Lockheed C-130 Hercules avec fusées d'appoint au décollage ↑



Airbus A400M

L'**Airbus A400M** est un transport militaire polyvalent destiné à remplacer les vieillissants C-130 Hercules et C-160 Transall. Dans certaines situations délicates, des fusées d'appoint peuvent grandement améliorer les performances lors d'un décollage ou pour la montée initiale. *Rocket Assisted Take Off (RATO)*

Les très hautes vitesses

Toujours plus vite... Quel que soit l'aéronef aller plus vite a toujours constitué un challenge motivant pour les ingénieurs. On se demande parfois à quoi ça sert lorsque on découvre ce qu'est vraiment un **X-43A Scramjet** !

L'objet : 1,5 m d'envergure, 3,65 m de long et 60 cm de haut pèse 1,2 tonnes à vide. Il est fixé sur le nez d'une fusée Pégasus capable de le propulser à une vitesse supérieure à Mach 6. Cette fusée est elle-même fixée sous l'aile droite d'un bombardier géant octoréacteur B52 modifié pour l'expérience.

X43 fixé au bout d'une fusée Pégasus portée par un B 52 ⇒

Déroulement du vol :

- Le **B 52** largue la **fusée Pégasus** et le **X43** à 13 000 m.
- La fusée propulse le **X-43A** jusqu'à une altitude de 29 000 mètres et lui confère une vitesse supérieure à Mach 7.
- Le **statoréacteur** de l'**X-43A** s'allume alors pendant 10 secondes et porte la vitesse à Mach 10.
- L'avion ensuite a effectué une série de manœuvres aérodynamiques alors qu'il était en vol plané contrôlé pendant environ six minutes avant de plonger dans l'océan Pacifique.



Le **X-43A Scramjet** a donc battu, le 17 novembre 2004, le record mondial de vitesse pour le premier avion propulsé avec un statoréacteur atmosphérique (puisant l'oxygène dans l'atmosphère) en atteignant brièvement 11 000 km/h (Mach 10), soit près de cinq fois la vitesse du Concorde.

Le dernier de la flotte des 3 "avions" X-43A (premier détruit en vol, second avec un record à Mach 7) a été modifié afin de résister aux températures beaucoup plus élevées à mach 10 provenant du frottement de l'air.

Le nez et le bord d'attaque des ailes pourront en effet atteindre 2 000° Celsius, soit près de 900° de plus que lors du précédent vol à mach 7



X-43 A au bout de sa fusée d'accélération ↑

X-15 sous un B-52 avant langage ⇒



Le **North American X-15** est, un avion fusée expérimental.

De 1960 à 1968, les 3 exemplaires construits ont effectué environ 200 vols d'essais pour le compte de la NASA, pulvérisant tous les records de vitesse et d'altitude détenus par un aéronef piloté à aile fixe.



Atterrissage du X-15 sur des skis ↑



North American X-15 en vol ↑

Le **X-15** a établi des records définitifs de **7 272,68 km/h** pour la vitesse (le 3 octobre 1967) et de **107 960 mètres** pour l'altitude (23 août 1963).

Si on se restreint aux avions "autonomes" l'avion à réaction le plus rapide reste le **Lockheed SR-71 Blackbird**. Composé de titane, il supportait des températures de plus de 500 degrés causés par ses vols à grande vitesse.

Le 27 juillet 1976, un SR-71 établit un record simultané d'altitude et de vitesse en atteignant **3528 km/h** à 25.929 mètres.

Lockheed SR-71 Blackbird. ⇒



Pour les avions pouvant emporter des passagers c'est évidemment le **Concorde** qui est à l'honneur avec un Record d'altitude à avec 68000 pieds (Concorde 001) et un Record de vitesse établi à Mach 2,23 soit environ **2 754 km/h** avec Concorde 101.

Premier vol le 2 mars 1969, vol commerciaux le 21 janvier 1976 ... retiré du service le 26 novembre 2003

⇐ *Concorde*

On rappelle que la vitesse commerciale du Concorde est déjà très élevée : **2 170 km.h⁻¹**.

A cette vitesse, malgré le froid qui règne à l'extérieur, environ: -57°C, la peau de l'avion va atteindre une température de: +127°C, ce qui va provoquer un allongement de Concorde d'environ 23 cm..

Un avion de chasse à Mach 3,27 (maxi actuel) supporterait une température de: +350°C.

Pour les avions de chasse il ne reste plus que les **Mig 25 FoxBat** et **Mig 31 Foxhound** à pouvoir évoluer à Mach 3. Le 5 octobre 1967, un Mig 25 (baptisé E-266 pour l'occasion) établit un record à 2 981,5 km/h de moyenne sur un circuit de 500 km.



Mig 25 FoxBat ↑ et son cousin le Mig 31 Foxhound ⇒



Pour compléter le tableau des records il nous faut ajouter quelques engins spatiaux.



Capsule Apollo 10 ↗



*Helios 2 ↗
↔ Discovery à l'atterrissage*

La navette spatiale "évolue" à 28 800 km.h⁻¹ dans l'orbite terrestre basse.

La mission **Apollo 10** (Terre Lune mais sans se poser) détient le record de vitesse le plus élevé pour un véhicule habité avec 39 895 km.h⁻¹. Mais avec une vitesse de 252 792 km.h⁻¹, la sonde solaire **Helios 2** est le plus rapide objet créé par l'homme

Encore des records !



F-8F Bearcat ↗

Il aura fallu attendre le 16 août 1969 pour qu'un **F-8F Bearcat** modifié batte le très vieux record de vitesse pour un avion à moteur à piston, détenu depuis 1939 par le **Me-209** allemand, en le portant à 776,449 Km/h. Ce record sera porté à 850, 263 Km/h en 1989 avec le même type d'appareil

Cet avion est arrivé un peu tard pour la deuxième guerre mondiale fut construit jusqu'en 1949 et servit en Corée en 1950 dans l'US Navy.

La France l'utilisa également en Indochine. Le F-8F Bearcat est le dernier chasseur à piston de l'US Navy.

L'écologie remet le dirigeable au gout du jour.

Le 27 octobre 2004, un **Zeppelin NT** aux commandes duquel se trouvait le milliardaire américain **Steve Fossett** a battu le record mondial de vitesse pour un ballon dirigeable, en volant à une vitesse de 111,8 km/h.

Zeppelin NT ↔



Le record de vitesse pour un hélicoptère est de 372 km/h avec un "**Dauphin**" de la société Aérospatiale (19 novembre 1991).



Hélicoptère Dauphin ↗



↗ Hélicoptère Lama

Le record d'altitude est détenu par un **Lama** de la société Aérospatiale avec 10 856 mètres (19 juin 1972).

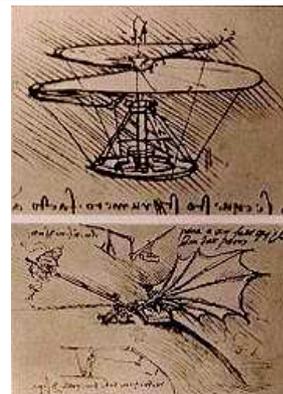
LES HÉLICOPTÈRES

L'hélicoptère est un aéronef dans lequel la sustentation et les déplacements sont assurés par une ou plusieurs voilures tournantes dites "rotors" (on appelle "voilure" l'ensemble de la surface portante d'un avion).

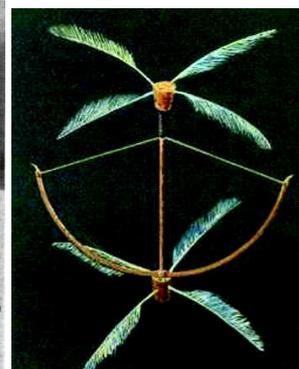
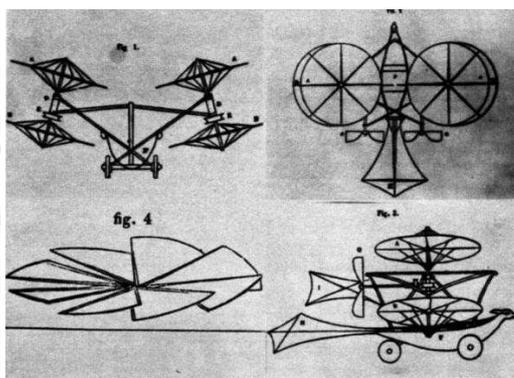
Ce sont les **Chinois** qui ont inventé un jouet, dit "**toupie volante**" qui s'élevait en tournant rapidement. Plus près de nous, **Léonard de Vinci** au début du **XVI^e siècle**, fut le premier à concevoir un engin susceptible de soulever un être humain. Il fit des desseins représentant un appareil à rotor hélicoïdal et il procéda à des expériences avec des maquettes de sa conception. Mais il comptait sur l'énergie musculaire pour faire tourner le rotor, ce qui n'aurait jamais suffi.

De la fin du **XVIII^e siècle** au début du **XX^e siècle**, de nombreux expérimentateurs et des théoriciens se penchèrent sur l'hélicoptère.

Il y eut les études et les réalisations de **George Cayley** en Angleterre (1796) et de **Enrico Forlanini** en Italie (1877).



Dessins de Léonard de Vinci



Quelques dessins ou réalisations de George Cayley

Les français se sont montrés particulièrement fertiles en ce domaine, entre autres **Félix Nadar** et le colonel **Charles Renard**.

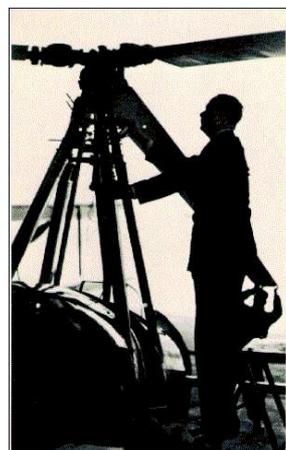
Au début du **XX^e siècle** on remarque le français **Paul Cornu** (qui réalisa le premier décollage vertical en 1907), **Maurice Léger** et **Louis Breguet**, le Hongrois **von Karman**, **Ellehammer** au Danemark et **Igor Sikorsky** en Russie.

Dans l'entre-deux guerres, on citera **Émile Berliner** et son fils Henry aux États-Unis. **George De Bothezat**, originaire de Russie et son collaborateur Ivan Jérôme réalisèrent un appareil à quatre rotors pour l'US Air-Force. D'autres encore s'attaquèrent aux nombreux problèmes du vol vertical.



Paul Cornu en 1907

C'est l'invention en 1922 du **rotor à pales articulées**, due à l'Espagnol **Juan de la Cierva**, qui allait permettre la réalisation d'**autogyres** d'abord puis des hélicoptères fiables, mettant également à profit l'allègement des structures et des moteurs.



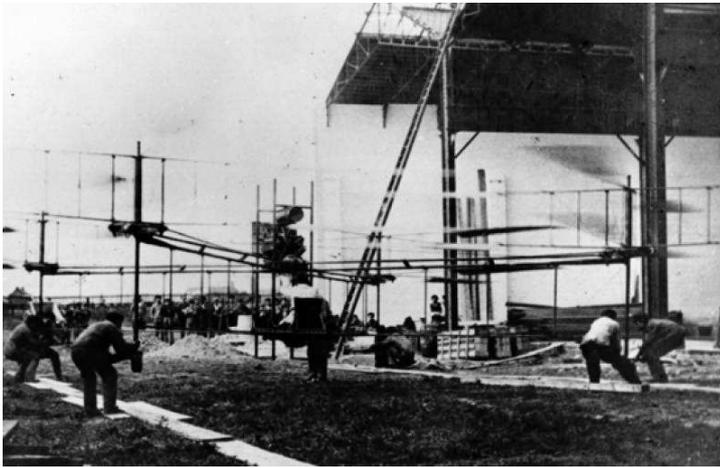
L'hélicoptère des Berliner fut probablement le **premier à effectuer en 1924 un vol contrôlé** en assurant sa sustentation par des rotors motorisés : la distance franchie n'était que de 90 mètres environ, à une altitude de 5 mètres, mais l'appareil montra sa maniabilité.

⇐ Cierva

Berliner ⇨

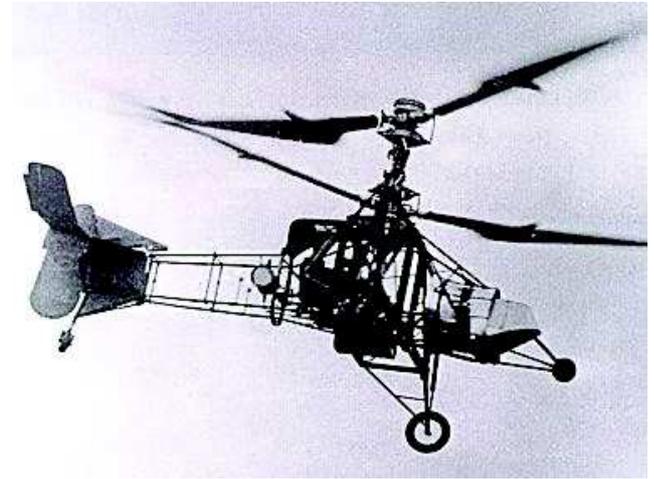


Le premier hélicoptère digne de ce nom fut en 1926 l'appareil expérimental de **Louis Breguet** et **René Dorant**, le "Giroplane-Laboratoire", à rotors coaxiaux, qui tint l'air 1 h 20, parcourut 44 km en circuit fermé et atteignit 100 km/h.



↑ *Breguet en 1924*

Malgré cet appareil très réussi, l'hélicoptère restera un appareil expérimental jusqu'en 1940.



↑ *Breguet "Giroplane-Laboratoire" en 1926*

La même année, l'ingénieur allemand **Focke** mettait au point un appareil à rotors transversaux qui allait pulvériser tous les records, le "**Focke-61**".

Focke en 1924 ⇨



Mais le véritable père de l'hélicoptère paraît être **Igor Sikorsky**.

Né en Russie, il y mit au point plusieurs modèles d'avion et il y construisit le premier quadrimoteur. Il quitta la Russie au moment de la Révolution d'Octobre et, après un bref séjour en France, il partit aux États-Unis où il poursuivit les recherches aéronautiques, surtout pour les hydravions. Devenu citoyen américain, il s'intéressa tout particulièrement aux hélicoptères et en 1939 il fit voler le premier appareil monorotor fiable, le **VS-300**. Il pilotait lui-même et il faisait lui-même les essais de ses prototypes.

Sikorsky VS-300 ⇨



Un autre de ses prototypes, le **XR4**, effectua en 1942 le premier trajet longue distance, depuis Stratford dans le Connecticut jusqu'à Dayton dans l'Ohio, soit environ 1.225 km.

Il allait donner naissance aux R-4, opérationnels dans l'US Air-Force dès la fin de la Seconde Guerre mondiale et qui ouvraient l'ère industrielle de l'hélicoptère.

⇨ *Sikorsky XR4* *Bell 47* ↓

La grande difficulté était la mise au point du rotor qui est une sorte d'hélice de grand diamètre, qui tourne à peu près horizontalement.

Sa réalisation technique est très complexe et c'est la raison pour laquelle il fallut attendre une trentaine d'années pour bien la maîtriser.

Sur les modèles les plus courants, il y a un rotor principal dont les pales sont à pas variable, qui assure la sustentation et les déplacements et un rotor auxiliaire (*ou rotor anticouple ou rotor de queue*) qui compense le couple d'entraînement du rotor principal, qui évite l'autorotation et qui permet d'orienter et de diriger l'appareil.

Quelques hélicoptères possèdent des moignons d'aile et un système de propulsion assurant une poussée horizontale, prenant la relève du rotor de sustentation et du rotor de queue.

Les allemands, de leur côté, avaient étudié et perfectionné l'hélicoptère, à la veille de la deuxième guerre mondiale. C'est aux U.S.A. que l'hélicoptère s'est imposé en premier lieu, grâce à des constructeurs tels que **Sikorsky** et **Bell** (*avec le magnifique **Bell 47** et sa bulle panoramique*), pour ne citer que les plus célèbres.

Bell 47 ⇨



En 1954, le constructeur français Aérospatiale fut le premier à monter sur une **Alouette-2** un moteur à turbine (turbomoteur Astazou), ce qui lui permit de battre le record mondial d'altitude.

Dès la fin de la guerre, l'hélicoptère connut un grand développement, avec la mise au point de systèmes de stabilisation et l'augmentation des puissances et des performances.

⇨ *Alouette-2*

L'hélicoptère allait faire ses preuves pendant la guerre de Corée, puis en Indochine et pendant la guerre d'Algérie.

Quelque 2.000 hélicoptères furent utilisés par les forces américaines dans la guerre du Viêt-Nam pour l'observation, pour l'acheminement des hommes et du matériel et pour l'évacuation des blessés.

Dans les années 1960, l'utilisation du turbomoteur se généralisa, réduisant les vibrations et la consommation, ce qui favorisa la diffusion de ce type d'appareil. D'autres perfectionnements ont porté sur les structures (alliages légers, pales en fibre de verre), sur l'aérodynamique, sur les têtes de rotor (articulations semi-rigides à élastomères), ainsi que sur les équipements (électroniques en

particulier). En 1967, deux hélicoptères **Sikorsky HH-3** ont effectué la première traversée transatlantique, de New York à Paris, avec ravitaillement en vol.

Sikorsky HH-3 (longue perche de ravitaillement) ⇨





Osprey MV-22 ↗

L'hélicoptère est un moyen de transport très souple d'utilisation car il s'affranchit de toutes les infrastructures nécessaires aux avions.

Rapide et confortable sur de courtes distances. Il connaît une vogue croissante qui augmente sans cesse grâce à l'apparition de machines à faible coût d'exploitation.

Il est très utile dans les cas où l'avion ne peut ni décoller ni atterrir (absence d'infrastructure au sol ou nécessité d'une position stationnaire). Ses limites : il, ne peut transporter qu'un faible nombre de passagers et, dans la plupart des cas, il est sans grand intérêt pour les distances supérieures à 400 km.

Sa vitesse limitée débouche sur des recherches d'appareils hybrides tels que le **Osprey** à rotors basculants en bout d'aile.

Les records

Les records de taille et de charge transportées.

Le **plus gros hélicoptère** jamais construit au monde est à ce jour le **Mil Mi-12** de la société russe Mil.

(Masse maxi avec charge : 105 tonnes dont 40 t de charge utile !!!)

Ses deux rotors contrarotatifs sont disposés à l'extrémité de poutres latérales, ce qui permet de faire l'économie d'un rotor de queue.

Sa motorisation (deux fois deux moteurs à turbine) a été reprise du Mil Mi-6, qui avec un seul rotor de ce type était déjà l'un des plus gros hélicoptères de transport au monde.



*Mil Mi-6 ↔
premier vol le 10 juillet 1968.*

Mil Mi-12 ↵.

Le Mi-12 a permis de battre plusieurs **records**.

- Le 22 février 1969, le Mi-12 emporta une charge record de **31 030 kg** à 2951 m d'altitude.
- Le 6 août 1969, **44 205 kg** à 2 255 m.

D'un point de vue théorique et pratique, le Mi-12 était en fait capable de transporter des charges beaucoup plus lourdes à faible altitude du simple fait de la plus forte densité de l'air. Un décollage roulé sur piste permettait en outre de profiter de la portance créée par les ailettes. De tels essais ont eu lieu de toute évidence. On ne sait cependant rien sur les valeurs limites obtenues.... Ni sur le nombre de prototypes (2 ???)



Pour ce qui est du titre de "plus petit hélicoptère du monde" on a le choix entre le CABRI G2 qui est un véritable hélicoptère (*Biplace, 425 kg à vide, maxi 700 kg, carburant 170 litres, Vitesse maxi 100 kts, Autonomie 450 nm*)

↔ **CABRI G2**

BDH-4 ↔

et le BDH-4 ou GEN H4 (*Environ 75 kg, longueur de 3,96 mètres (rotor compris), altitude 150 m, autonomie de 30 minutes, vitesse maximale est de 90 km/heure*).



Les records de distance.

Le 6 avril 1966, un **Hughes YOH-6A** relie Culver City, Californie à Ormond Beach en Floride soit **3561,55 km** en 15 h 8'.



Hughes YOH-6A

Le 31 mai 1967 un **Sikorsky S-61R** parcourt **6870 km** sur le trajet New York - Paris en 30 h 46' min après 9 ravitaillements en vol.



*Sikorsky S-61R –
(Notez la perche de ravitaillement qui s'allonge sous le rotor)*

Les records d'altitude.

En juin 1972 Jean Boulet, a mené son **SA 315 B Lama** (dérivé de l'**Alouette II**) à l'altitude de **12 442 m** au-dessus d'Istres.



SA 315 B Lama

En mai 2005, un hélicoptère monotorbine **Ecureuil AS350 B3** s'est posé à **8.850 mètres** sur le sommet de l'Everest (Népal), pulvérisant ainsi le record du monde de posé et de décollage en altitude. Ce record ne pourra jamais être battu, l'Everest étant le plus haut sommet du monde !



L'Ecureuil AS350 B3 du record

Record de vitesse.

Le record de vitesse en hélicoptère datait de 1986 et détenu par le **Westland Lynx** Britannique " G-LYNX" avec **400,87 Km/h**. (*Plus de 200 nœuds*)



Le Westland Lynx du record

Le record est tombé le 15 septembre 2010 avec **463 Km/h** par une machine expérimentale américaine de nouvelle génération, le **Sikorsky X2**.

Cette machine était en concurrence l'hélicoptère hybride **X3** d'**Eurocopter**. Le 16 mai 2011 ce dernier dépasse son objectif de vitesse en franchissant le cap des **430 km/h** (*232 nœuds*).



Sikorsky X2 . Le record n'a pas été enregistré car il a eu lieu lors d'un vol d'essai de l'aéronef et non lors d'une homologation officielle.



Eurocopter X3. Cet hélicoptère est un gyrodyne puisque les mouvements verticaux sont assurés par un rotor entraîné par un moteur, comme un hélicoptère, et la traction obtenue par plusieurs autres moteurs, comme un avion.

Le **Sikorsky X2** a-t-il gagné la compétition... Pas facile de répondre avant homologation du record.

En outre, le **X3** d'**Eurocopter**, réalisé à partir de la banque d'organe maison est réalisable en série ce qui permettrait de toucher une clientèle d'affaire pressée et riche. Il perdra sûrement la bataille de la vitesse en se consolant avec celle de la commercialisation.

Des objets volants expérimentaux... très spéciaux !

La recherche sur des propulsions sans pétrole...

Peut-on voler sans utiliser de pétrole ?

Cette question cruciale du monde moderne avant le tarissement des sources d'énergie fossile nécessite une réponse complexe.

La réponse est évidemment OUI puisque plusieurs démonstrateurs ont déjà volé (sans oublier les planeurs ou les ballons !) ... mais il faut aussi connaître l'objectif du vol et là ça se corse !

Si on s'intéresse aux performances (charge transportée, vitesse de déplacement ou autre...) le moteur d'avion utilisant des produits pétroliers (turbomachine ou moteur à explosion) a encore de beaux jours devant lui compte tenu de son rapport poids puissance (moteur PLUS réserve d'énergie embarquée). Un A380 "électrique" est actuellement impossible à imaginer !

Faisons donc faire le point sur les différentes recherches en cours...

On citera

- l'avion électrique produisant son énergie à partir du rayonnement Solaire (Panneaux photovoltaïques)
- L'avion à hydrogène (carburant de substitution)
- l'avion "vélo" mu par l'énergie musculaire
- l'avion électrique transportant son énergie (Batteries ou centrale... nucléaire !)
- l'avion utilisant l'effet de sol

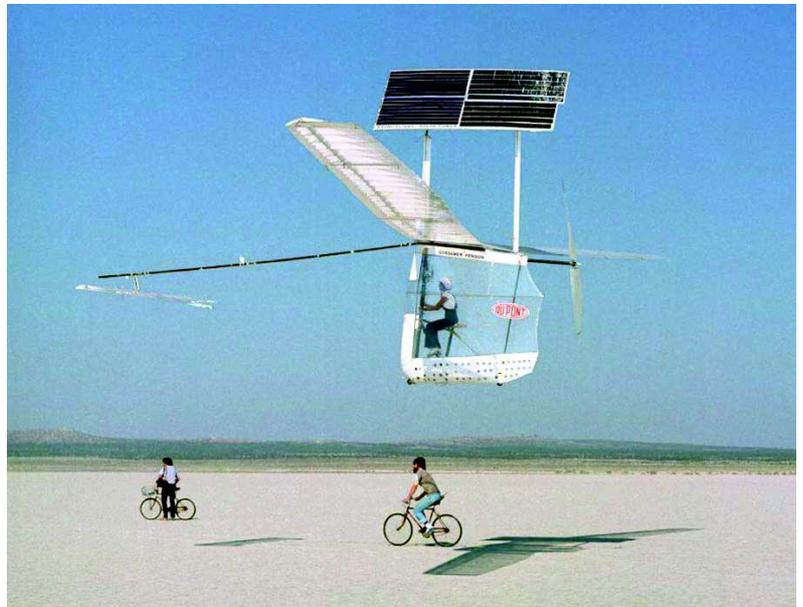
L'avion solaire

Les premiers pas de l'aviation solaire s'appuient sur des prototypes sans pilotes. Dérivé du modélisme (Radio Queen 1957) on construit des modèles imposants tels Sunrise I et II en 1974/75, puis Solaris (1976). Solar solitude (1996) et Solar Excel (1990/99) décrochent des records dans les années 90. L'idée c'est maintenant de passer au vol Solaire "habité".

Solar One (1978) et Solar Riser (1979) volent quelques dizaine de mètres à faible altitude... Puis, après les exploits du Gossamer Albatross (force musculaire), MacCready réalise une version modifiée Solaire habitée renommée Gossamer Penguin.

Le **18 mai 1980**, le **Gossamer Penguin**, avec à son bord le fils de MacCready, Marshall, âgé de 13 ans, accomplit ce qui est considéré comme **le premier vol solaire habité**.

Gossamer Penguin ⇨



Ce résultat encourageant permet la construction d'un nouvel avion destiné à la **traversée de la manche**.

Le **Solar Challenger**, 14.2 m d'envergure couvert de cellules solaires produisant 2500 W, relie Pontoise-Cormeilles près de Paris à la base RAF de Manston à côté de Londres en 5 heures 23 minutes, couvrant 262.3 km, avec l'énergie solaire pour seule source et aucun stockage.



Solar Challenger ⤴



Sunseeker ⤴

En 1989, Eric Raymond réalise **Sunseeker**, un planeur solaire, qui, durant le mois d'août 1990, traversa les USA en 21 vols solaires totalisant 121 heures dans les airs.



Pathfinder Plus ⤴



Helios ⇨

Après les planeurs solaires le nouveau challenge s'appelle **HALE** (High Altitude Long Endurance). Le but de ces plate formes volant éternellement à haute altitude est de remplacer certaines missions des satellites (imagerie, relais etc). Le gouvernement américain finance Halsol qui valide l'aérodynamique puis la NASA lance une série de prototypes : **Pathfinder** place le record d'altitude à 21 802 m en 1995 . Les technologies évoluent **Pathfinder Plus** (1998), les records aussi **Centurion** (24 400 m en 1999). Les objectifs de la **NASA** étaient de faire voler en continu (plus de 24 h) à plus de 15 000 m (idéalement à 30 000 m). En 2001, **Helios** atteignit son premier but près de Hawaii avec un **record du monde d'altitude de 29 524 m** (non-officiel). Malheureusement, une défaillance structurelle, le précipite dans l'océan pacifique le 26 Juin 2003.



Helios plongeant dans le pacifique en 2003 ⤴

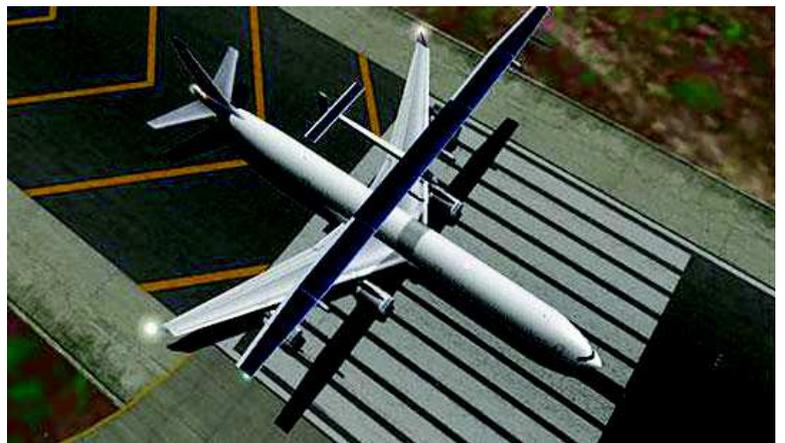


Zephyr ⤴

Il faut aussi parler de **Zephyr** (sans pilote), qui vient de battre le record de durée de vol pour un avion solaire totalement autonome avec un vol de **54 heures** (non homologué). D'une envergure de 18 m et d'un poids de 30 kg, Zephyr est développé par la compagnie britannique QinetiQ, possède une batterie au lithium-soufre rechargée pendant le jour par des panneaux solaires placés sur les ailes. Principalement construit en fibre de carbone, l'appareil peut atteindre une altitude de 18 000 mètres.



SoLong ⤴



⇧ *Le Solar Impulse de Picard comparé à un A 380* ⇧

Zéphyr n'est pas le premier avion de ce genre à faire de longs vols il avait été précédé par **SoLong** en 2005 qui avait volé durant 48 heures (mais il avait des périodes de plané).... Et bien sur la série NASA (**Helios**, **Pathfinder** etc ...)
En 2010, le célèbre pilote de ballon Bertrand Picard a l'intention de lancer un avion piloté nommé **Solar Impulse** (site officiel). Cet avion innovant devra voler autour du globe. L'avion devra avoir l'envergure gigantesque de 80 mètres, soit davantage que l'Airbus A380 ! Comme cet avion ne sera piloté que par une seule personne, il devra faire de nombreuses escales. On pense donc en réalité à la somme de 5 vols de 4-5 jours chacun.

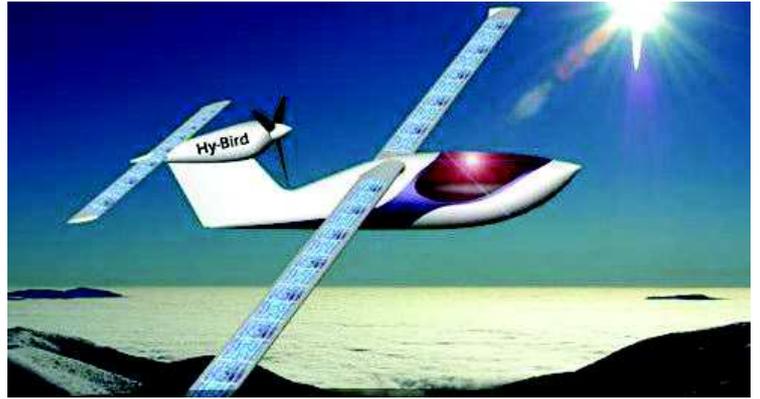
L'avion hybride solaire et hydrogène (projet)

La société savoyarde **Lisa Airplanes** va réaliser un hybride Hydrogène pile à combustible/cellules photovoltaïques. Le Projet **Hy-Bird**, bien avancé car dérivé d'un avion existant **l'Akoya**, espère effectuer un tour du monde (avec escales) avant le projet de Picard (Solar Impulse).

Hy-bird ⇨

L'objectif est ici de commercialiser le résultat de ces recherches pour l'aviation de loisir.

Akoya ⇨



L'avion à hydrogène

L'avionneur américain **Boeing**, concurrent direct d'Airbus, a annoncé avoir réussi à faire voler, début 2008, à plusieurs reprises un avion utilisant de l'hydrogène. L'appareil et son pilote auraient réalisé plusieurs essais depuis le début de l'année, volant pendant 20 minutes grâce à une pile à combustible et atteignant la vitesse de croisière de 100 km/h à 1000 mètres d'altitude.

Boeing à hydrogène ⇨

Au décollage, le biplace a cependant bénéficié d'un système de batterie hybride – moitié lithium, moitié pile à combustible – alimentant un moteur classique et une hélice. L'hydrogène ne pouvant, pour l'instant, servir de "source d'énergie primaire" pour les gros avions



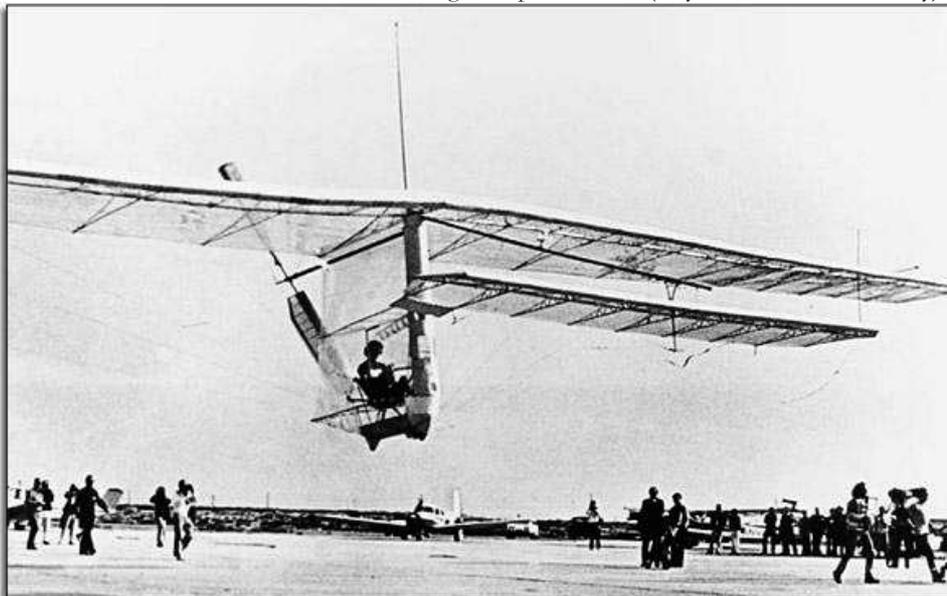
Depuis les années 1970, l'hydrogène, bien qu'éclipsé par le pétrole et le nucléaire, a suscité l'intérêt des scientifiques. Il revient à la mode à mesure que les états et les industriels se confrontent au réchauffement climatique. Son utilisation rencontre toutefois des obstacles importants, de production, de stockage et de rentabilité économique.

Côté européen, la pile à combustible (qui fonctionne à l'hydrogène) a également vocation à se développer.

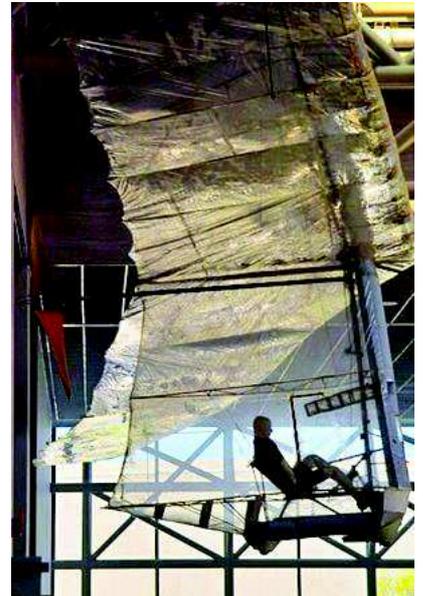
Preuve en est le partenariat scientifique public-privé d'un milliard d'euros sur 6 ans approuvé par les 27 états-membres pour soutenir la filière. L'idée est, cette fois, de réduire la pollution des transports terrestres.

Le vol musculaire...

Le **Gossamer Condor** est le premier avion à énergie musculaire qui a été capable de remporter le Prix Kremer en 1977. Ce défi offrait 50 000 livres (86 000 USD) à la première équipe capable de faire voler un avion à énergie musculaire sur un parcours de 1.6 km en forme de huit. Les premières tentatives d'avions à énergie musculaire qui ont suivi avaient conduit à des engins bien profilés mais trop lourds ou trop rapides, demandant trop de puissance au pilote. Au cours de l'été 1976, Paul MacCready (américain) et sa société AeroVironment ont relevé le défi organisé par la RAeS (Royal Aeronautical Society).



Le Gossamer Condor a gagné le prix Kremer le 23 août 1977.



Les premiers essais officiels ne réussissent pas : le 6 août, l'avion se crashe après une avarie du système de commande; le 20 août l'avion fait le parcours mais n'atteint pas l'altitude imposée par le règlement du Prix Kremer (3 mètres). Même chose le 22 août, toujours à cause du vent. Le 23 août 1977, Bryan Allen parcourt enfin le circuit imposé en 7 minutes 25 secondes, à une vitesse moyenne de 17 km/h. Il aura fallu non pas un mois et demi comme prévu initialement de façon plutôt optimiste, mais une année de réflexion, d'essais, de crashes, de réparations et de profondes modifications (au moins une douzaine) pour réussir à voler assez longtemps et à contrôler la trajectoire. La principale difficulté étant de réaliser un virage lorsque les effets induits prennent le pas sur la commande de vol.

Le **Gossamer Albatross** est l'un des deux seuls engins volants mûs par la force musculaire à avoir effectué un vol prolongé. A son bord, **Bryan Allen franchit la Manche** le 12 juin 1979 en 2 h et 49 min pour les 36 km, soit à une vitesse de 13 km/h. Jusqu'à présent la seule autre réussite est celle du Daedalus (Dédale) conçu par le Massachusetts Institute of Technology qui parcourut **115.11 km** depuis Héraclion sur l'île Minos en Crète à Thira sur l'île de Santorin dans la mer Egée avec **Kanellos Kanellopoulos** aux pédales (23 avril 1988)

La traversée "musculaire" de la Manche par le Gossamer Albatross le 12 juin 1979 ⇒



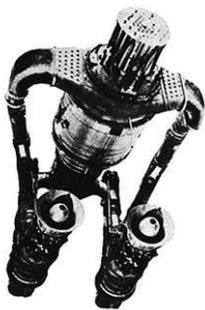
Daedalus est un avion à pédales qui détient le record du monde de distance pour un avion à propulsion musculaire. Le 23 avril 1988 il parcourt une distance de 119 km, de la base aérienne d'Héraklion dans l'île de Crète jusqu'à l'île de Santorin. (3 heures 55 min. Pilote Grec Kannellos Kanellopoulos).

⇨ Daedalus : Record de distance : 119 km à la force du mollet le 23 avril 1988

L'avion nucléaire ?

Un avion transportant une centrale nucléaire

Pour la motorisation, **General Electric** a exécuté une série d'expériences très réussies en utilisant le concept de cycle direct et des réacteurs spéciaux. La recherche appelée Heat Transfer Reactor Experiment (HTRE) a fourni de l'énergie nucléaire a un moteur GE X-39 (GE J-47 modifié).



Les recherches se sont poursuivies avec **Convair** et un programme d'essai en vol d'un réacteur nucléaire utilisant un B-36H fortement modifié et officiellement désigné **NB-36H**.

⇨ Moteur HTRE et GE X-39

Convair NB-36H ⇒



Cet avion avait un nez totalement remodelé conçu pour faciliter l'installation de la capsule spéciale de 12 tonnes de protection de l'équipage. Tout l'avion était modifié et offrait même la possibilité de retirer le réacteur nucléaire après chaque vol pour des examens détaillés et d'éventuel essai au sol supplémentaire.

Le **Convair NB-36H** a réalisé un total de 47 vols pendant son programme d'essai qui a duré de septembre 1955 à mars 1957.

Notons que sa propulsion n'a jamais été totalement nucléaire car il avait besoin de ses propulseurs classiques pour voler.

Convair NB-36H ⇒



Les USA ont conclu que les risques encourus avec les rayonnements n'étaient pas plus grand que les risques qui avaient été encourus pendant le développement de l'énergie électrique, de l'avion, de l'automobile, ou des fusées.

Et coté soviétique ? L'URSS a eu, elle aussi, quelques projets dans ce domaine. Myasishchev, étudia un bombardier et un hydravion à propulsion nucléaire, les M-60 et M-60-1 et **Tupolev** entreprit la conception d'un bombardier intercontinental à **propulsion atomique**, le Tu-120. A cet effet un Tu-95M de série fut modifié pour les essais de son réacteur nucléaire, à l'extrême fin des années 50.

Le Tu-95 LAL ⇨



Ce laboratoire volant fut baptisé **Tu-95 LAL** (Letaiouchaïa Atomiaïa Laboratoriïa "laboratoire atomique volant") ou Tu-119. L'avion fut équipé de deux types de moteurs. Des NK42MV normaux et deux NK44A expérimentaux, fonctionnant grâce à un réacteur nucléaire. Ce dernier fut installé dans le fuselage, tout de suite derrière le centre de gravité.

En 1962, dans le Kazakhstan, l'avion effectua 40 vols d'essais avec les réacteurs allumés. Deux équipages (un civil et un militaire) volèrent avec cet avion. Voici ce que l'on peut en lire dans les mémoires du commandant de l'équipage civil, le pilote d'essais E.A. Goriounov : *"Nous avons tous été irradiés, mais nous l'ignorions. Des deux équipages, ont survécu aujourd'hui [début 1994], seulement trois hommes : l'ingénieur navigant, un navigateur militaire et moi. Le premier, jeune technicien, mit exactement trois ans à mourir. Nous avons vécu notre Tchernobyl un quart de siècle plus tôt. Chez nous, il est très rare que la vie des gens soit prise en considération"*. L'expérimentation du système de propulsion nucléaire pour avion cessa vers le milieu des années 60, pour des raisons écologiques et économiques ; tout développement de ce projet en URSS fut interrompu.

L'aide de l'effet de sol.

Le monstre de la Caspienne

Dans les années 60-70 les satellites américains observent un avion d'allure bizarre. Ils le surnomment **"le monstre de la Caspienne"**.

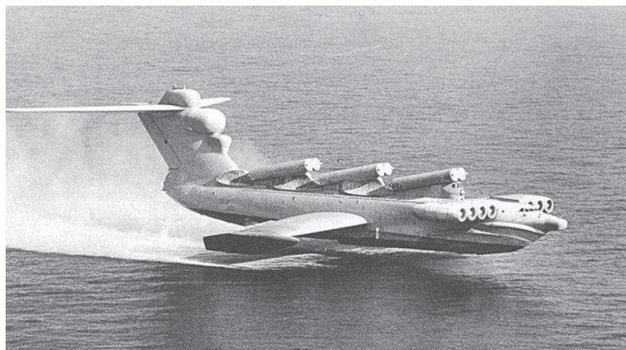
Ekranoplane : le KM ⇨

L'engin, développé par les Soviétiques, est un **"Ekranoplane"** c'est-à-dire qu'il utilise l'**effet de sol** pour voler à très basse altitude (moins de 5 m) au dessus d'un plan d'eau. En réalisant un Ekranoplane géant, le **KM**, les Soviétiques ont développé un appareil aux dimensions et performances étonnantes (98 m de long, 550 tonnes, 600 km/h en octobre 1966). *Remarquez l'aile très large et les réacteurs placés en avant pour souffler sur son profil.*



Un autre Ekranoplane, le **Lun**, était un engin d'attaque équipé de 3 radars de surveillance et d'acquisition d'objectifs et de 3 batteries doubles de missile mer-mer **SS-N-22 "Moskit"**.

Ekranoplane : le Lun ⇩



Les hydravions à effet de sol

En fait le concept est connu de tous les pilotes qui découvrent l'effet de sol dès leur premier atterrissage. Le phénomène peut se comprendre comme la formation d'un "cousin d'air" comprimé entre la voilure et le sol.

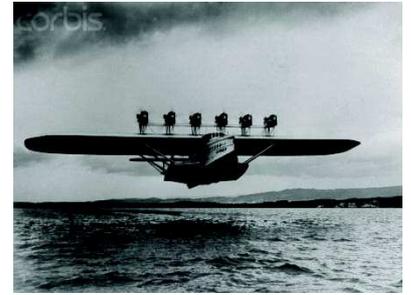
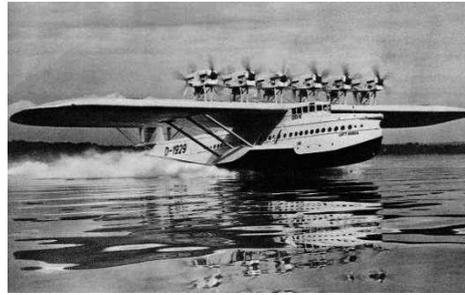
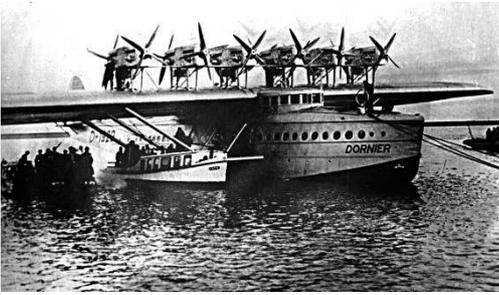
On les appelle des **WIG** (*Wing In Ground effect*).

Les recherches des années 20 conduisent à des hydravions comme le **Dornier Do-X** (1929) qui utilisent l'effet de sol pour augmenter la portance et l'autonomie.

Bien plus tard le célèbre et imposant **Hughes H-4** (1947) piloté par **Howard Hughes** ne réalisera son premier vol que grâce à l'effet de sol.

Hughes H-4 ⇨





↻ 3 photos du ↑ **Dornier Do-X** ↻

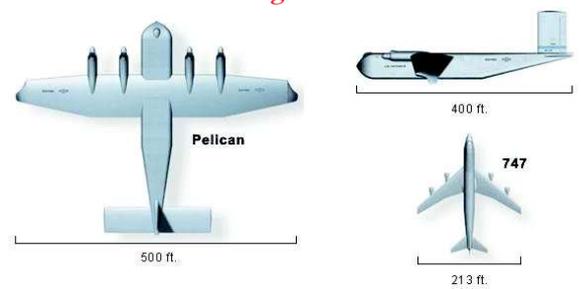
Projet fou ?

Le projet **Boeing Pelican ULTRA** est un concept d'avion cargo géant à effet de sol développé par Boeing, et dévoilé en 2003. Envergure 152 m, charge utile 1 270 tonnes, rayon d'action de 18 000 kilomètres, 4 turbopropulseurs et 8 hélices contrarotatives. Il volerait principalement entre 6 et 15 mètres au-dessus de la mer pour profiter de l'effet de sol, mais saurait aussi s'élever à des altitudes aéronautiques au prix d'une réduction du rayon d'action. Il pourrait décoller depuis des pistes classiques : son poids est en effet réparti sur 38 trains d'atterrissage, soit 76 roues

↴ **Boeing Pelican ULTRA** ↵



Hughes H-4 ↑



D'autres exemples de WIG craft

Quelques recherches sur ces WIG craft se poursuivent en occident car ces engins procurent une réelle économie de carburant.

Mais comme ils nécessitent des zones d'utilisations particulières le marché est restreint à quelques unités qui n'intéressent que les petites sociétés.

Malgré tout on observe régulièrement la naissance de quelques-uns de ces avions aux formes étranges.

Certain d'entre eux peuvent réellement voler à plusieurs milliers de mètres d'altitude mais un WIG craft est nécessairement un mauvais avion... et réciproquement.

X-114 ⇒

Pour l'Allemagne, la **Lippisch Research Corporation**, étudie différents modèles dont le **X-114** ici lors de ses premiers vols en 1977.

Les recherches se poursuivent encore en 2001 (**FS-8**)

FS-8 ↴



Aux USA le **L-325** construit par la société Flarecraft peut transporter 4 passagers.

L-325 Flarecraft ⇒



Différents projets d'engin à effet de sol, et même des projets militaires (avion de surveillance des côtes), sont encore assez nombreux sur les tables des ingénieurs.

Les sauts extrêmes

Les sauts en parachute à partir d'une très haute altitude.

Le record de Baumgardner

- **Le lancement d'un énorme ballon stratosphérique**

Le "film" de la préparation puis de la montée du ballon permet de comprendre comment fonctionne un ballon stratosphérique.



Le ballon est très légèrement gonflé à l'hélium. Très fragile il est manipulé avec de grande précautions.

Il est relié à la capsule de survie pressurisée.



Au niveau du sol le ballon semble très peu gonflé et muni d'un long tube vide...

Lors de la montée vers la stratosphère la pression diminue et passe de 1020 hPa au sol à 3 hPa à 39 000 m. La baisse de pression a multiplié le volume du ballon par 340 !

La nacelle apparaît de plus en plus petite alors que le ballon devient gigantesque.

Il atteindra environ 900 000 m³ !



- **Le saut "record" de Felix Baumgartner le 14 octobre 2012**

Felix Baumgartner est un parachutiste et sauteur extrême autrichien. Lors de son saut en 2012 il bat trois nouveaux records :

- **Premier homme à franchir le mur du son en chute libre** ... le jour du 65^{ème} anniversaire de l'exploit de Chuck Yeager. En attendant d'une homologation officielle la vitesse a été estimée à 1 342,8 km/h soit Mach 1,24 à l'altitude considérée (la vitesse du son dépend de la température de l'air, et valait 1 083 km/h au lieu de 1 248 km/h à 25 °C à la pression atmosphérique normale),

- Record du saut le plus haut (38 969,3 m).

- Record de l'altitude la plus élevée jamais atteinte par un homme en ballon.

Par contre il n'a pas battu le record de chute libre du colonel Joseph "Jo" Kittinger qui date du 16 août 1960.



Le saut de Kitinger

Joseph William Kittinger est un pilote de l'US Air Force, devenu célèbre pour sa participation au projet **Excelsior**, au cours duquel il établit le record du plus haut saut en parachute (record qu'il détiendra 52 ans durant).

Jo Kittinger avait sauté d'une altitude de **31 300 m**, atteignant une vitesse évaluée à plus de **Mach 0,9** et sa chute libre avait duré 4 minutes et 32 secondes (contre 4 minutes et 19 secondes pour Baumgartner). Par contre sa chute libre avait été arrêtée grâce à la procédure d'urgence automatique.



• **Projet Excelsior**

Le projet Excelsior désigne une série de sauts en parachute, à partir d'une très haute altitude, réalisés entre 1959 et 1960. L'objectif est de tester les moyens de sauver l'équipage d'un avion qui s'éjecterait à haute altitude. Le projet visait notamment à tester le parachute Beupre multi-stage, inventé par Francis Beupre, et permettant une descente contrôlée et sécurisée.

Le premier saut s'effectua à partir d'une altitude de 23 287 m en 1959. Un dysfonctionnement de l'équipement plonge Kittinger dans l'inconscience et il n'a la vie sauve que grâce à l'ouverture automatique de son parachute... qui lui fait battre involontairement le **record de l'accélération supportée par un être humain, soit 22 g**

Il saute ensuite de 22 769 m puis, le 16 août 1960, de 31 333 m ce qui lui fait battre 4 records :

- plus haute ascension en ballon 31 333 m
- saut en parachute le plus haut 31 333 mètre
- plus grande vitesse d'un être humain dans l'atmosphère : 988 km/h
- plus longue chute libre 4 minutes et 36 s

Selon Joseph Kittinger, il aurait franchi le mur du son lors de ce dernier saut. Cela n'est pas formellement établi, mais les différentes mesures effectuées alors varient de 988 à 994 km/h, soit plus de mach 0,9.

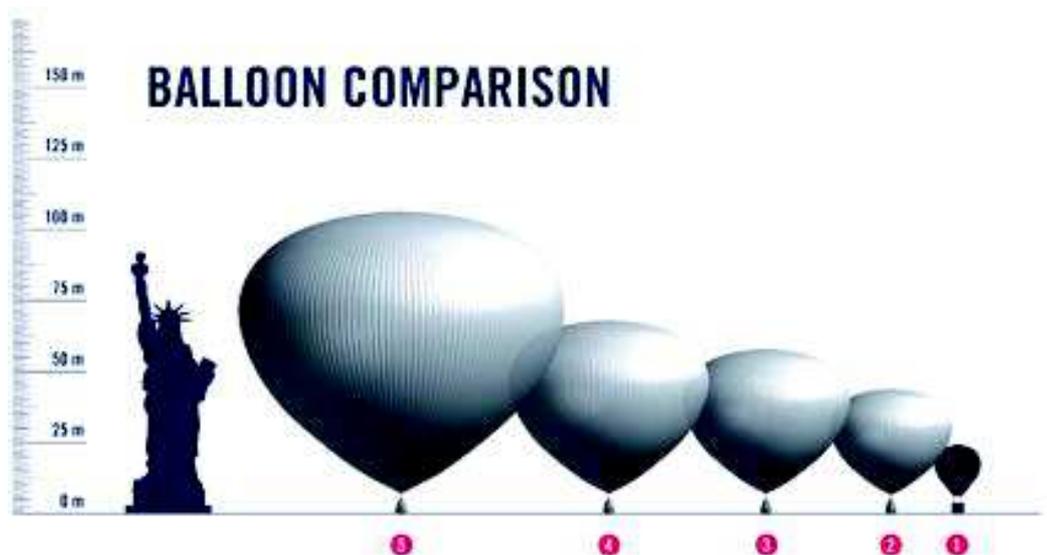
Vue d'artiste du saut de Kitinger ⇒



• **Kitinger effectue aussi la première traversée en solitaire de l'Atlantique en ballon à gaz**

Le 18 septembre 1984, Kittinger, surnommé « l'homme d'acier », achève au bout de quatre jours et quatre nuits de voyage la première traversée en solitaire de l'Océan Atlantique en ballon à gaz. Parti de Caribou, Maine, il survole à 5 000 m d'altitude l'Océan Atlantique et le sud de la France, avant de se poser à Savone, dans le nord de l'Italie. Son atterrissage est difficile : il se brise la cheville ; mais son pari est gagné. Il avoue aux journalistes avoir réalisé un rêve d'enfant, à bord du « Ballon de la Paix », une opération du promoteur canadien Gaëtan Croteau.

Des ballons gigantesques !



Comparaison de la taille de ballons : ① Montgolfière classique ②&④ sont les ballons de test ayant précédé le saut du record le 2 monte à 21 000 m, le ④ à 29 000 m.

Le ③ est le ballon du précédent record de Jo Kitinger : 31 333 m. Il faisait 56 m de haut et un volume de 84 950 m³

Le ⑤ est le ballon du record : 39 000 m. Il faisait 102 m de haut et un volume dix fois plus grand 834 497 m³

Et Michel Fournier ?

Un français, **Michel Fournier** et son projet baptisé "**The Big Jump**" ou "**le grand saut**" s'est fait coiffer sur le poteau. Après de longs et nombreux préparatifs il accumule surtout des dettes, des refus administratifs et un curieux dernier échec au cours duquel le ballon part, enfin ... mais sans la capsule et le sauteur. **Michel Fournier** ⇨

Son projet vise le même quadruple record du monde que Kiting et Bamgardner : il s'agirait d'un saut en chute libre à partir d'un ballon à hélium à une altitude de 40 kilomètres.

C'est la suite du **projet S38** (projet de saut en chute libre à 38 000 mètres), né à la suite de l'explosion au décollage de Challenger en 1986, qui visait à démontrer la faisabilité d'un sauvetage d'astronaute. Le projet S38 développé par le **CNES** a vu ses financements interrompus en 1989, suite à l'abandon du projet de navette européenne **Hermès**. Michel Fournier avait alors repris les mêmes bases technologiques pour continuer l'aventure.

Toutes les tentatives annoncées ou effectuées (2002, 2003, 2008, 2009, 2010) ont échoué.

Les hommes "oiseaux"

Yves Rossy (né en 1959)

Yves Rossy, (1959), est un pilote d'**aile volante à réaction** de sa conception. Il est le premier au monde à avoir développé une aile rigide de 2,4 m d'envergure munie de réacteurs qui lui permet d'atteindre des vitesses de 300 km/h.

Il s'est fait appeler **Airman**, puis **Jetman**, **Rocketman**, **Fusionman**.

Une première version à 2 réacteurs lui a permis un vol horizontal, puis une version à 4 réacteurs lui permet de se diriger dans les 3 dimensions. Le départ s'effectue, comme pour un parachutiste, à partir d'un hélicoptère ou d'un avion aménagé et l'atterrissage nécessite un parachute.

- **Traversée de la manche en aile à réaction.**

Après deux reports, le 26 septembre 2008 à 14h19, Yves Rossy a réussi la **traversée de la Manche avec son aile à réaction** 99 ans après celle de **Louis Blériot**. Largué depuis un avion **Pilatus** piloté par Jean-Marc Colomb au-dessus de Calais, il a plongé de plusieurs centaines de mètres à près de 300 km/h avant de stabiliser son aile et de diriger à environ 200 km/h vers la côte anglaise pour rejoindre un champ près de Douvres, après un peu moins de dix minutes (9 minutes et 7 secondes) de vol.

Yves Rossy et son aile avec 4 réacteurs ⇨



Par contre une tentative de traversée entre 2 continents au niveau de Gibraltar a échoué à cause des turbulences...



L'aile volante est pliante, le pilote allume ses réacteurs dans l'avion porteur mais ne déploie ses ailes qu'après avoir sauté...

⇨ **L'aile articulée avant le saut**

Les 32 litres de kérosène emportés dans l'aile permettaient tout juste d'alimenter les quatre réacteurs suffisamment longtemps pour permettre de relier la France à l'Angleterre entre Calais et Douvres (35 km).

Léo Valentin (1919 – 1956) le précurseur... pour les ailes rigides

Léo Valentin, (1919) est un parachutiste français sautant avec des **ailes rigides** lui permettant de planer. Dans les années 50 il mit au point de nombreux systèmes avec des membranes toilées qu'il se fixait aux bras et aux jambes, et qui lui permettaient de planer effectivement sur plusieurs milliers de mètres de descente, avant d'ouvrir son parachute.

Figure mondiale du parachutisme et un des précurseurs du deltaplane, Léo Valentin est parfois considéré comme le premier "**homme-oiseau**", même si le terme est excessif, son équipement lui permettant seulement de planer et non de voler et l'obligeant à l'usage d'un parachute, qu'il ouvrait en général à 1000 m du sol, pour se poser.

Il est mort accidentellement lors de son 701^{ème} saut en 1956 à Liverpool,



Léo Valentin ↑

Carl Boenish (1941 – 1984) invente le Base Jump

Carl Boenish est un américain considéré comme le père du BASE jump.

Le **BASE Jump**, ou **saut extrême**, est une discipline du parachutisme, qui consiste à sauter depuis des objets fixes et non des aéronefs. Combinant de nombreuses autres disciplines (chute libre, parapente, alpinisme, précision d'atterrissage, voltige, etc.), il est considéré par beaucoup comme la discipline reine des sports extrêmes.

Il y a dans le monde entre 8 000 et 10 000 pratiquants réguliers, et environ 200 en France. Une douzaine de Base jumpers se tuent chaque année. **Carl Boenish** s'est tué en 1984 lors d'un saut en Norvège.



Carl Boenish ↑



Clem Sohn (1911 – 1937) et ses ailes souples ...précurseur des Wingsuit

Clem Sohn (1911) était un parachutiste acrobatique des années 1930. Spécialiste de la chute libre, il mit au point un procédé pour planer dans les airs avec une combinaison de sa fabrication. Largué d'un avion à une altitude d'environ 6 000 mètres, il descendait en planant jusqu'à 250 mètres du sol. Il ouvrait alors son parachute pour atterrir.

Ses ailes souples en toile zéphyr étaient renforcées par une armature en tubes d'acier et étaient fixées à ses hanches. Entre ses jambes, un pantalon large formait une autre surface portante qui remplissait un rôle stabilisateur analogue à celui d'une queue d'oiseau. Il fut surnommé **The Batman** (l'homme chauve-souris) à cause de ses grosses lunettes de vol.

La carrière de Sohn s'acheva mortellement en France, en 1937, au festival aérien de Vincennes.



Clem Sohn ↑

Patrick de Gayardon (1960 - 1998) invente les Wingsuit

Patrick de Gayardon de Fenoyl, surnommé « Deug », est un parachutiste sportif français né le 23 janvier 1960 à Oullins (Rhône) et mort accidentellement le 13 avril 1998 à Hawaï.

En 1994, Patrick de Gayardon réinvente un nouveau concept d'ailes souples attachées au corps du parachutiste, entre ses bras et ses jambes : le vol en **combinaison ailée (wingsuit)**.

Leur principe de fonctionnement est similaire à celui des caissons d'une aile souple (parachute, kite ou parapente) : en s'engouffrant dans les caissons, le vent relatif donne un profil et une rigidité à l'aile, qui lui permettent de générer une portance.

Grâce à ses ailes, il peut suivre une trajectoire à 45°, et ainsi se diriger. Néanmoins le parachute reste indispensable pour atterrir, car sa vitesse sur trajectoire est de 180 km/h.

Historiquement, des ailes sont utilisées dès les années trente par le parachutiste américain **Clem Sohn** afin de tenter d'augmenter le mouvement horizontal. Ces premières wingsuits, développées de 1935 à 1937, sont faites de toile, de bois, de soie, d'acier, voire d'os de baleine.

Le développemant vise à augmenter au maximum leur surface mais Sohn se tue en 1937, victime d'une double torche.

D'autres lui succèdent parmi ceux-ci on peut citer Harry Ward, **Léo Valentin**, Gil Delamare, les frères Masselin, Salvatore Cannarozzo, et bien d'autres dont très peu survécurent à leurs expérimentations.



Patrick de Gayardon ↑

Bien souvent les parties rigides furent directement ou indirectement fatales, à l'origine soit d'emmêlements de suspentes lors des phases d'ouverture du parachute, soit de ruptures, créant une dissymétrie et une autorotation (cas pour Léo Valentin).

Au début des années 90, **Patrick de Gayardon** alias "**Deug**" reprend le concept de manière plus scientifique, évitant de répéter les erreurs du passé, et crée une **wingsuit** qui se gonfle avec la pression de l'air, disposant ainsi d'un intrados et d'un extrados, et possédant une finesse comprise entre 2 et 3 (2 à 3 mètres parcourus horizontalement pour 1 mètre de chute verticale).

Le vol en wingsuit peut s'effectuer aussi bien à partir d'un aéronef que depuis une falaise.

Patrick de Gayardon parviendra également à **remonter dans le Pilatus qui l'avait largué**. Il sera le **premier à sauter en base jump équipé d'une wingsuit**. Il décède le 13 avril 1998 à Hawaï, à la suite d'un incident d'ouverture de son parachute.

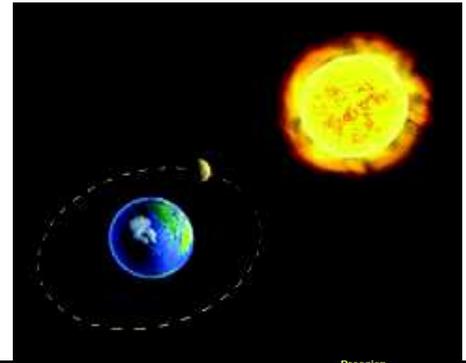
LA CONQUETE DE L'ESPACE.

La Terre et l'espace...

La Terre dans le système solaire

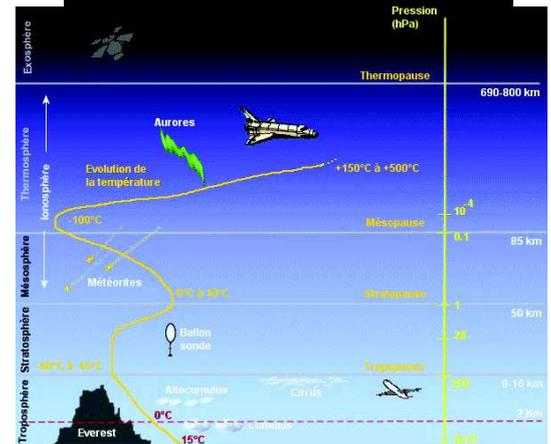
Notre planète, **la Terre**, a une circonférence de: 42.000 km et un diamètre de 12.756 km. Elle tourne en 23 h 56' autour de son axe dont l'inclinaison est de 23°43' par rapport au plan de l'écliptique. Elle gravite autour du Soleil, situé à environ 150 millions de km, en 365,25 jours.

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

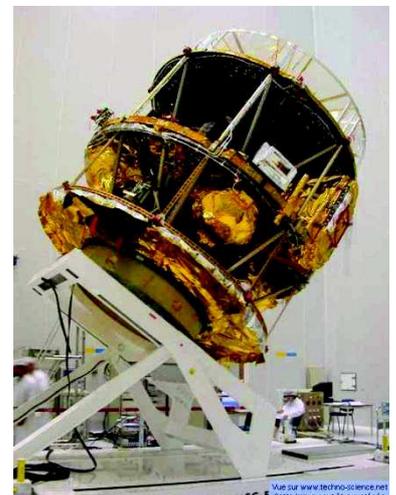
⇨ Du 19 fév 86 au 23 mars 2001... La station MIR

⇨ 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.

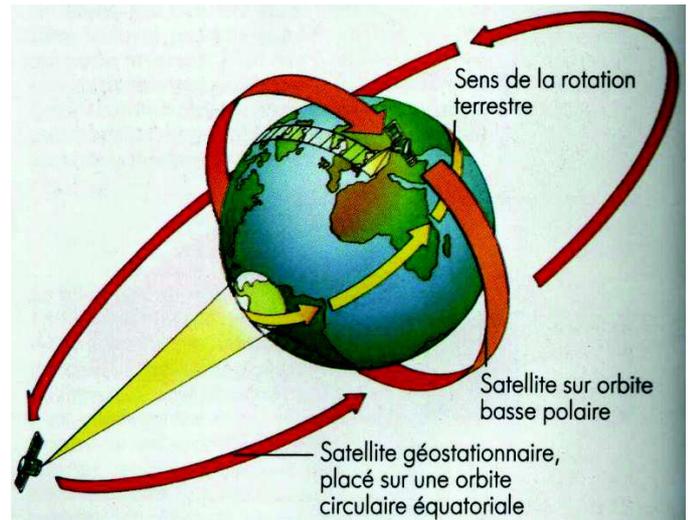
L'atmosphère : c'est l'enveloppe gazeuse de la terre. Son épaisseur est difficile à définir puisque sa densité s'atténue lentement, mais on peut obtenir des satellites évoluant (pas longtemps !!!) à partir de 250 km d'altitude. Les corps qui la traversent sont soumis à l'attraction terrestre mais aussi 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).

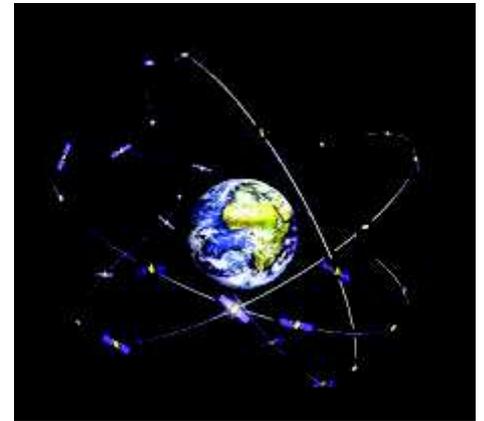


- les **orbites elliptiques**, avec apogée (point distal) et périégée (point proximal)
 - l'**orbite géostationnaire**, située à 37.568 km. Au delà de cette distance évoluent les fusées interplanétaires, capables d'échapper à l'attraction terrestre.

⇨ *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.

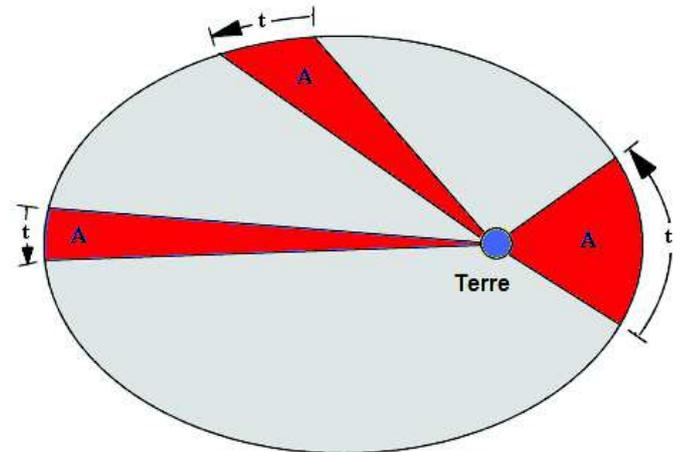
Sur ce schéma la trajectoire est elliptique ce qui permet de constater que, pour une durée identique (t), les distances parcourues sont plus faibles lorsque le satellite est éloigné de la Terre.

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

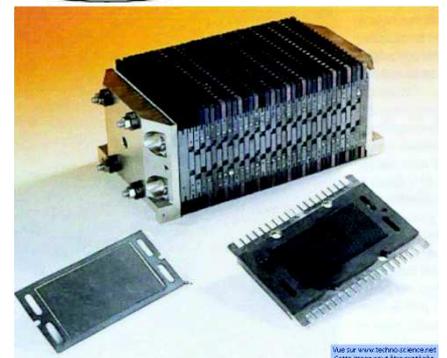
On distingue des satellites

- 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 ⇨

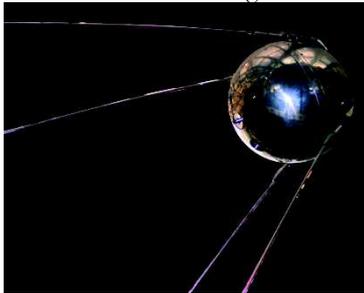
Leurs combustibles sont :

- 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 ⤴

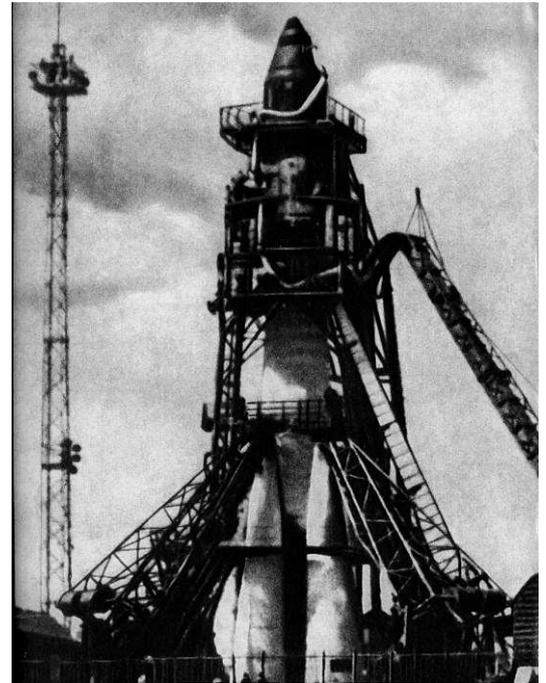


Gagarine entrant dans le vostok ⤴

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 ⇨

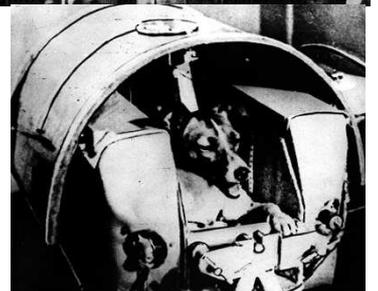


Un mois plus tard, le 3 Novembre 1957, les russes mettaient sur orbite un deuxième Sputnik qui pesait 508 kg.

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 (Laïka)**, puis le 12 avril 1961 le premier homme, **Youri Gagarine**, qui a parcouru une orbite autour de la terre en 108 minutes.

Laïka ⇨



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.

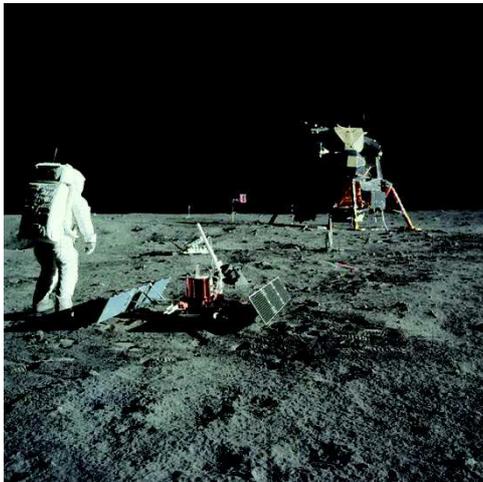
Le **Président Kennedy** s'est vite rendu compte que le vol de Alan Shepard n'était qu'un vol bien léger par rapport à l'avance soviétique et il a réclamé au Congrès des crédits supplémentaires pour la NASA.

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. ⇨

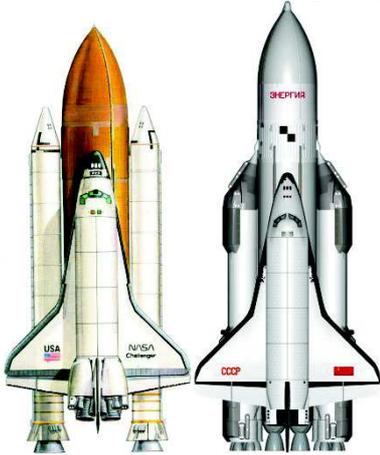
Citons les 6 autres missions... dont 5 réussies. Les 12 membres d'équipages ayant posé le pied sur la lune sont soulignés dans ce texte sur les missions Apollo :

- 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

- **Kliper** (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.

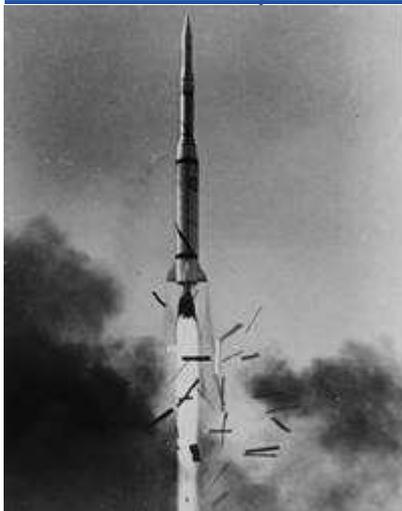
Décollage d'Endeavour ⇨

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

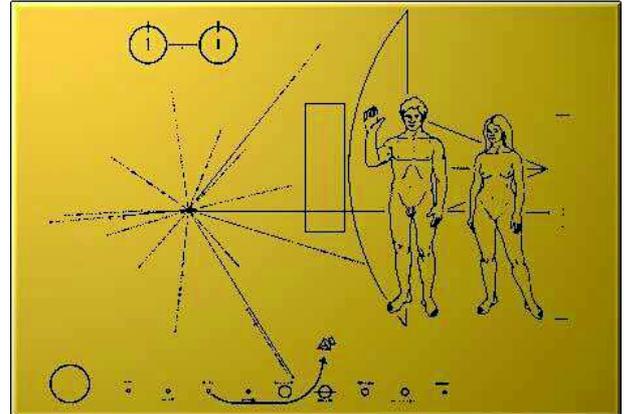
- les télécommunications,
- la télévision,
- les observations météorologiques et géologiques,
- la navigation et la localisation,
- l'exploration de l'espace
- les applications militaires,

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 ⇨



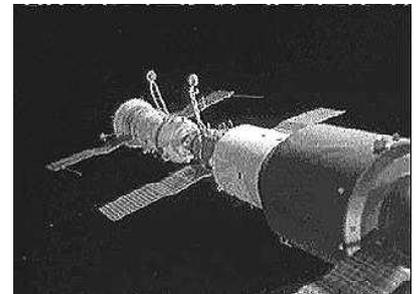
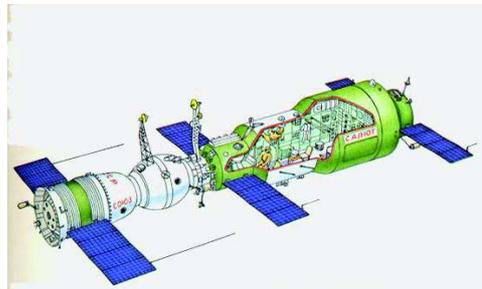
Habiter dans l'espace ! De Saliout 1 à l'ISS en passant par MIR.

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.

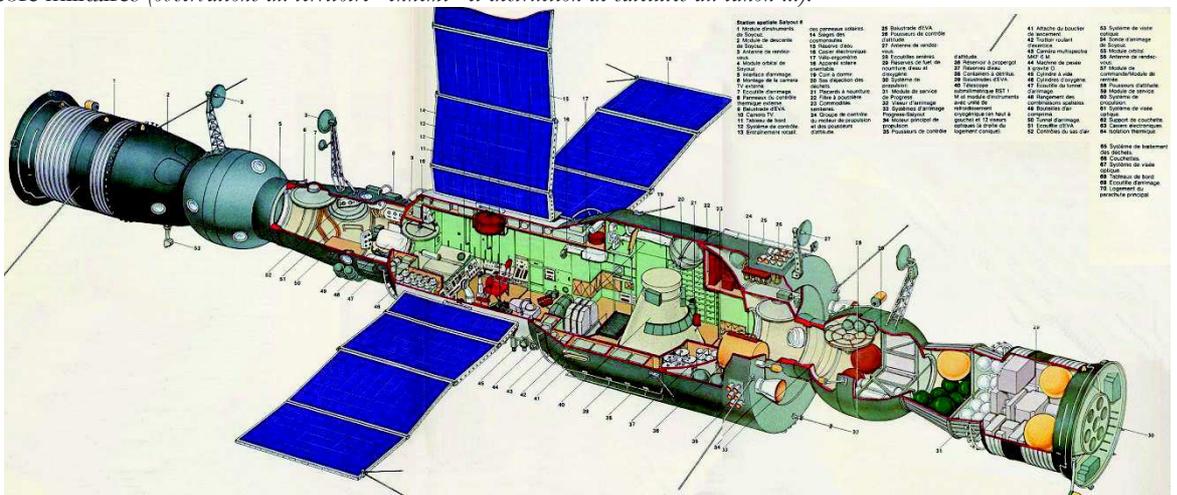


De 1973 à 1977 les stations russes se succèdent (**Cosmos-557** puis **Saliout-2, 3, 4 et 5**). La guerre froide n'est pas encore terminée et les objectifs sont encore militaires (*observations du territoire "ennemi" et destruction de satellites au canon !!!*).

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 ⇨

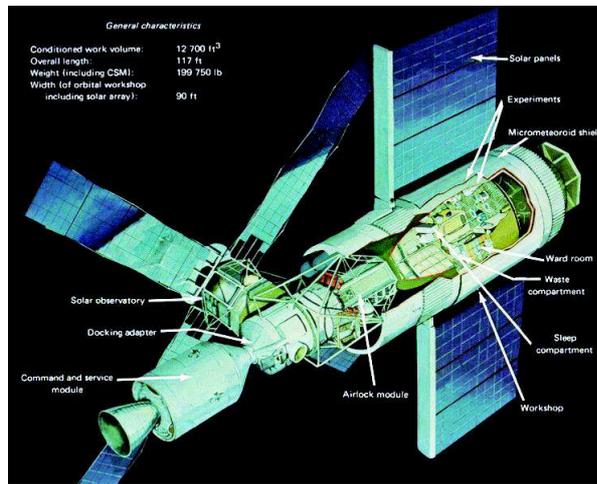


Ces stations comportent un second point d'amarrage pouvant accueillir un cargo ravitailleur **Progress** pour l'équipage.

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**.

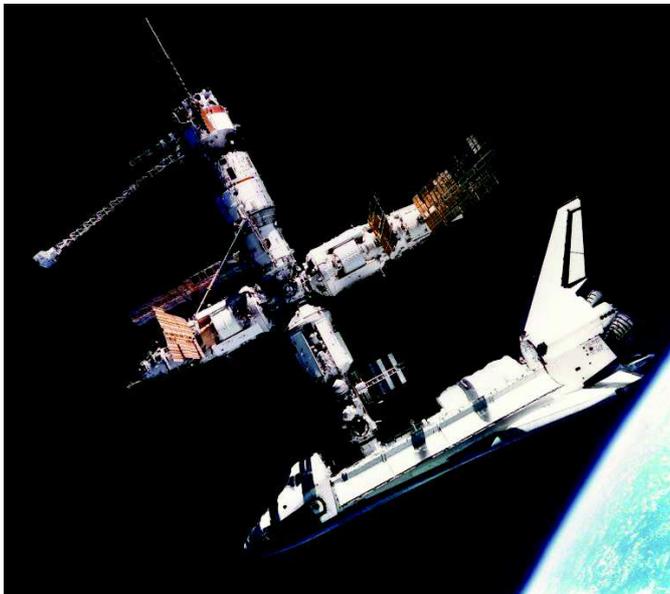
La station **Mir** (du russe *Mup* signifiant *paix et monde*) était une station spatiale russe. Mise en orbite le 19 février 1986 elle fut détruite en 2001. Son assemblage en orbite a duré 10 ans (jusqu'en 1996). Mir été constituée de différents modules (inspiré des stations Saliout). Une coopération 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 ⤴

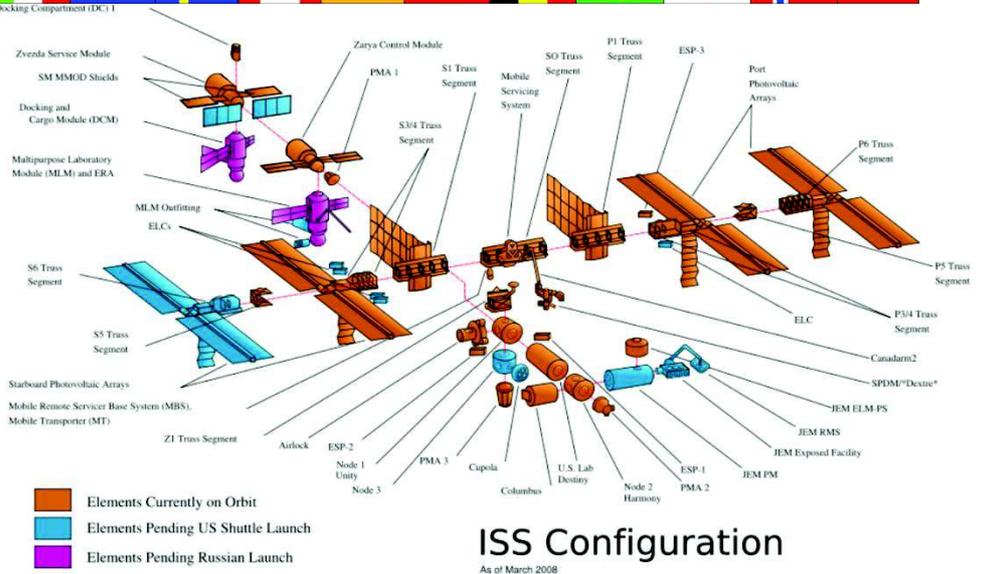
La succession de Mir sera un programme international : la station ISS. Lorsque l'accord final est signé en 1998, ce sont 16 nations qui participent au projet : les États-Unis, la Russie, le Canada, le Japon, 11 États de l'Union Européenne et le Brésil.



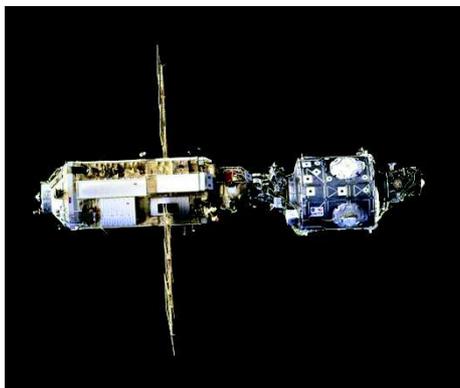
L'ISS (*International Space Station*) se déplace en orbite autour de la Terre à une altitude d'environ 340 kilomètres, à une vitesse de 27 700 km/h (7,7 km/s).

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.

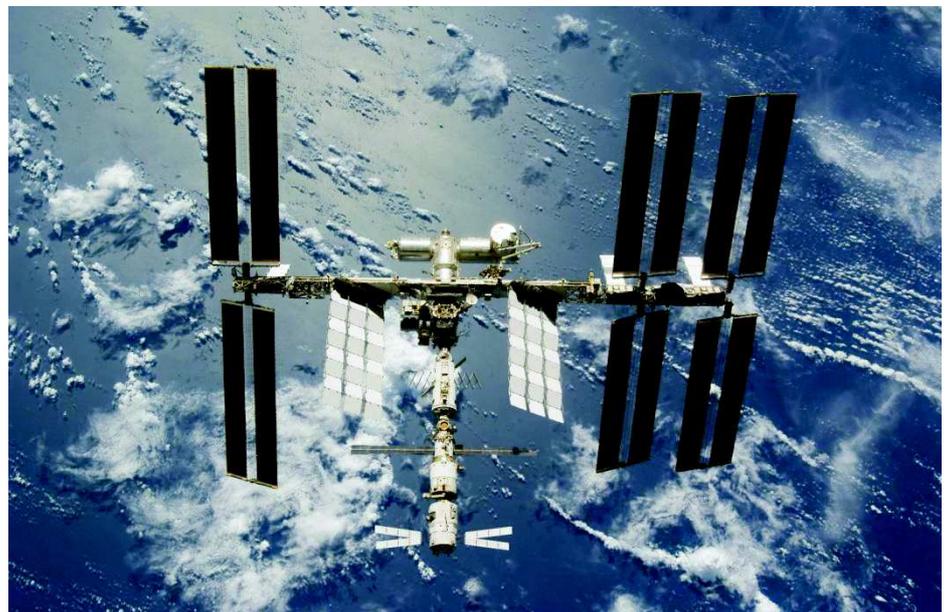


ISS Configuration
As of March 2008



Le module Zarya en 1998 ⤴

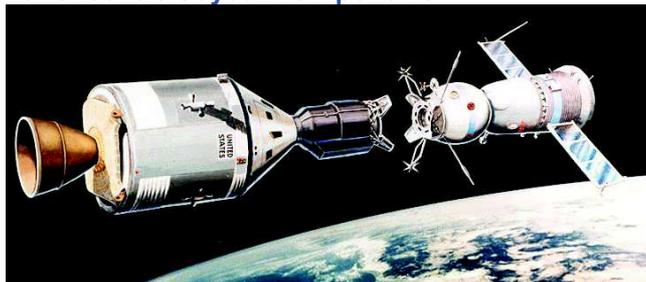
Le premier élément de la Station Spatiale Internationale, le module **Zarya**, est mis en orbite par une fusée **Proton** le 20 novembre 1998. Dix ans plus tard, en mars 2008, L'ISS a une masse de **277 tonnes**.



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 m³**, 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

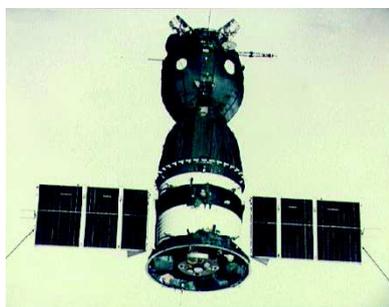
Apollo-Soyouz (souvent abrégé en **ASTP** pour Apollo-Soyouz Test Project) a été en 1975 la première mission spatiale conjointe entre l'Union soviétique et les États-Unis après l'affrontement de la guerre froide et la course à la Lune.



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/1975> **remier rendez-vous orbital américano-soviétique du 17 juillet 1975** se répètera en 1996 avec la visite de la navette spatiale américaine à la station spatiale Mir.

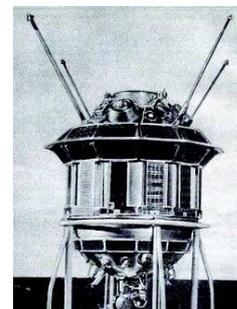
Cette collaboration constituera les fondations des projets qui suivront (**ISS**).

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.

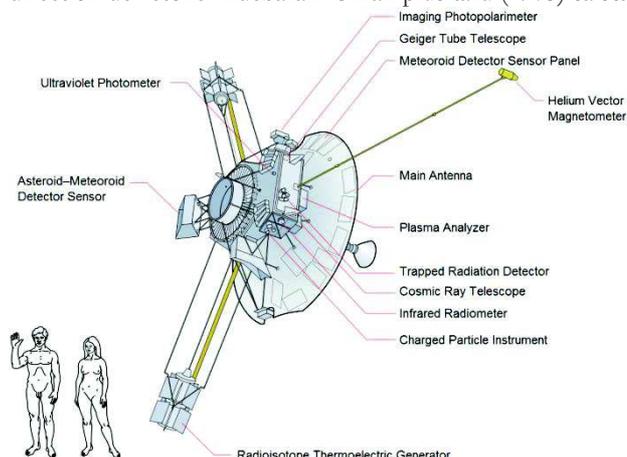


Schéma et symbole de Pioneer 10 et 11

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.

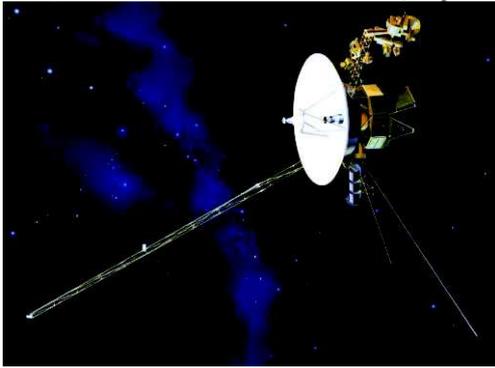


Pioneer 10 (assemblage)

Le suivi reste possible et fournit des données utiles à la communauté scientifique. Leur décélération, très faible (de 8×10^{-10} m/s²), mais inexplicable par les connaissances de la physique actuelle, a été nommé **l'anomalie Pioneer**.

Les sondes Voyager 1 et 2

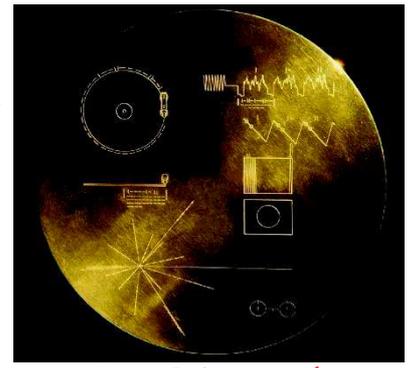
Plus imposantes (800 kg) et plus performantes, **Voyager 1 & 2** sont lancées en 1977 et à 15 jours d'intervalle (*Voyager 2 est partie la première le 20 août 1977, 15 jours avant sa sœur jumelle partie le 5 septembre*) en direction de **Jupiter** (*atteinte en 1979*) et de **Saturne** (*atteinte 1980 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 ! ↕



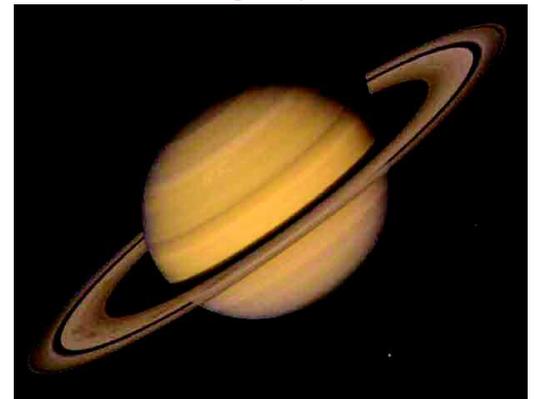
Grande tache rouge de Jupiter ↕ Voyager 1

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

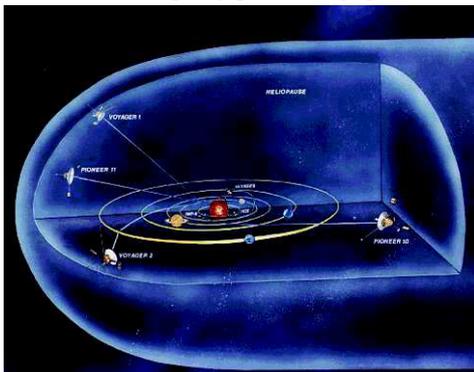
Ensuite Voyager 2 prit, à son tour, une direction la faisant sortir du système solaire.

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 une 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 2020. 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 du Soleil, soit 94 unités astronomiques ($1 \text{ UA} = \text{dist Terre Soleil} = 150 \text{ M de km}$). Ce fut ensuite au 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.

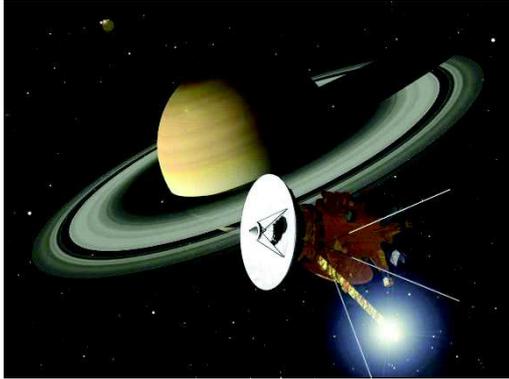
SoHO avant son départ ↔

↔ *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.

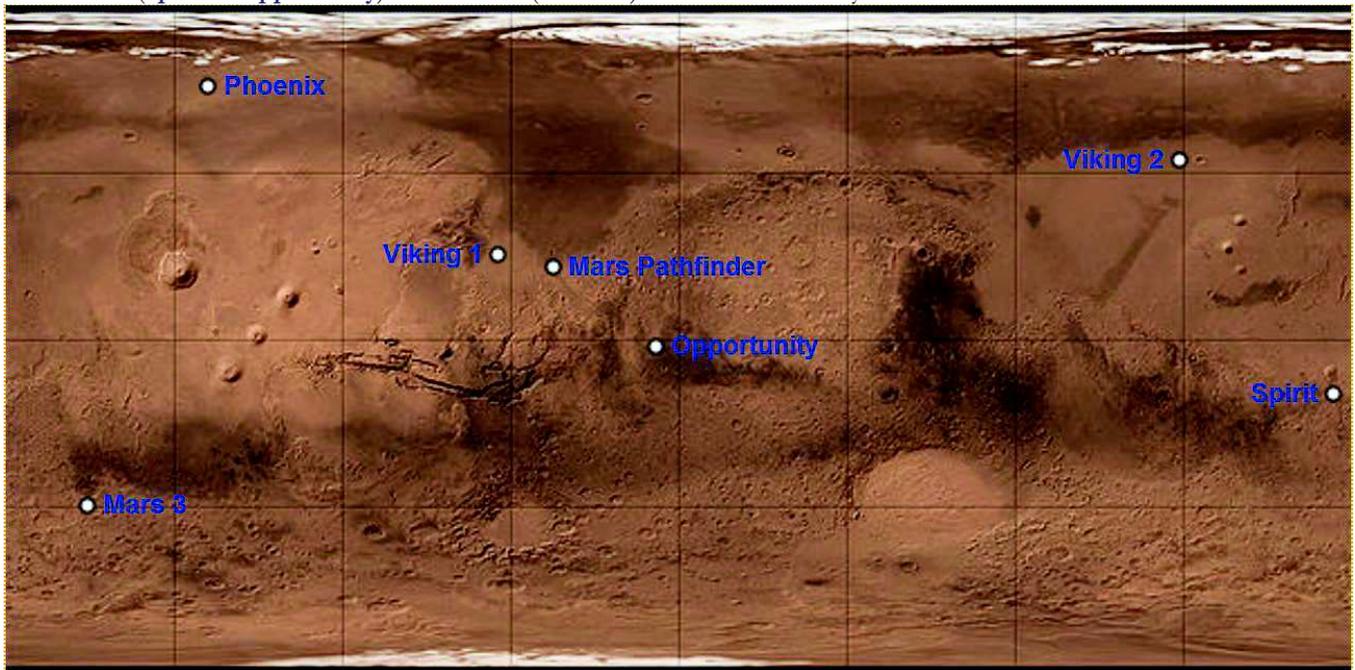


Le lancement est effectué le 15 octobre 1997 et, après 7 ans de voyage, Cassini se place en orbite autour de Saturne. Après avoir traversé les anneaux de cette planète géante le module Huygens se détache puis réussit l'exploit de se poser sans dommages sur Titan le 14 janvier 2005.



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

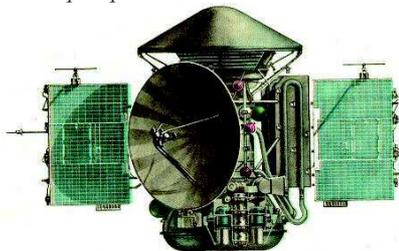
Actuellement (2009) Mars est survolé par 3 sondes (**Mars Odyssey**, **Mars Express** et **Mars reconnaissance Orbiter**). Au sol deux **rovers** (**Spirit** et **Opportunity**) et un **lander** (**Phoenix**) fournissent des analyses détaillées du sol.



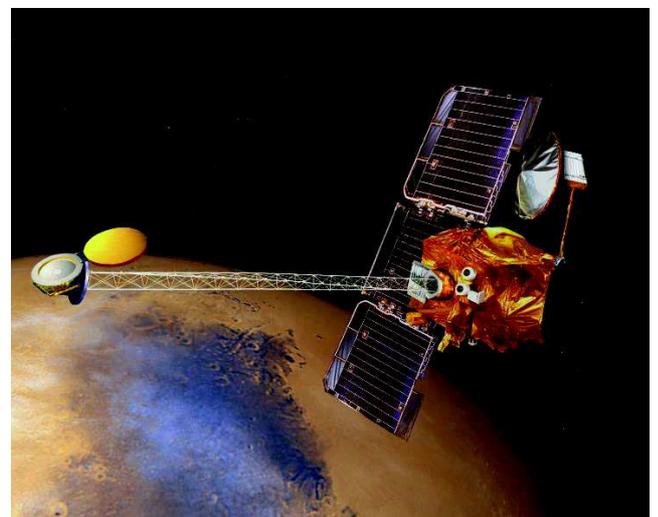
Carte des robots ayant réussi leur atterrissage sur Mars. 3 sont encore actifs en 2009-02-20

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.

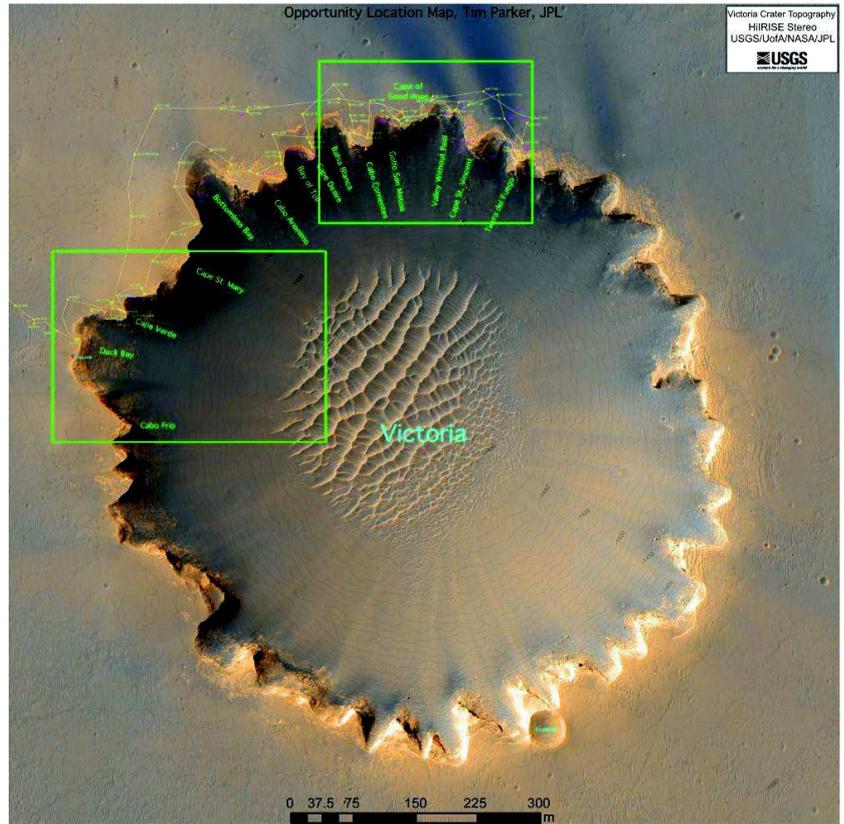
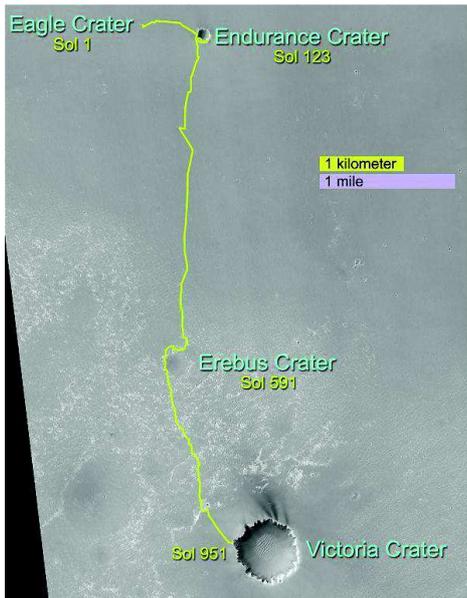
Mars 3 sera le **premier atterrisseur à se poser à la surface de la planète rouge** au début des années 1970 malheureusement il cesse d'émettre au bout de quelques secondes. *Mars 3 ⇄ Mars Odyssey ⇄*



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.



Lors de la fenêtre de tir suivante, l'agence spatiale américaine lance la mission **Mars Exploration Rover** qui est composée de deux rovers parfaitement identiques. **Spirit** (MER-A) est lancé le 10 juin 2003 et se pose à la surface de Mars le 3 janvier 2004 dans le cratère Gusev qui pourrait être le lit d'un ancien lac.



La promenade d'Opportunity sur Mars ⇨
L'exploration du bord du cratère Victoria ⇨

Le second Rover, **Opportunity** (MER-B) est lancé le 8 juillet 2003 et atterrit le 24 janvier 2004 dans Meridiani Planum où des hématites, pouvant avoir été créée en présence d'eau liquide, ont été découvertes par Mars Global Surveyor.

Les missions des deux robots sont les mêmes : étudier les roches à la recherche de preuves concernant la présence prolongée d'eau liquide. Les premiers éléments probants sont rapportés par Opportunity.



Le 12 août 2005, la NASA poursuit son programme d'exploration avec le lancement de **Mars Reconnaissance Orbiter**. En 2006 cette sonde transmet des images spectaculaires de sa surface en très haute définition. Enfin, le 4 août 2007 est lancé l'atterrisseur **Phoenix** qui se pose à proximité de la calotte polaire Nord, là où d'importants stocks de glace ont été détectés juste au-dessous de la surface.



⇨ *Mars Reconnaissance Orbiter Phoenix* ⇨

À travers ces missions automatiques, se préparent d'éventuelles missions habitées vers Mars. La NASA prévoit la reprise de missions lunaires habitées à l'horizon 2020 afin de préparer de futures missions humaines vers Mars. L'ESA prévoit également la possibilité de missions habitées vers Mars sans fixer de date précise.

La chine s'invite dans l'espace en 1970 et y habite en 2003.

Au cours des années 1970 la Chine se lance dans la conquête de l'espace. Grâce à la fusée "Longue Marche" elle met en orbite le premier satellite chinois, le 26 avril 1970, la Chine devient la **cinquième puissance spatiale**. Beaucoup d'échecs (autant de secrets d'État) émaillent ces débuts, mais la Chine veut rattraper son retard, elle étudie même sa propre navette.

Dong Fang Hong ⇨

Pendant ce temps Américains Européens et Soviétiques se lancent dans l'industrie du lancement commercial de satellites.



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

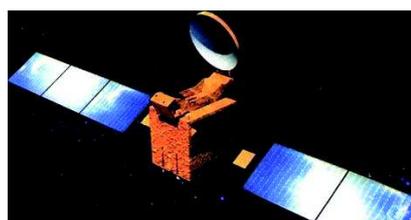


⇨ Shenzhou VI



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

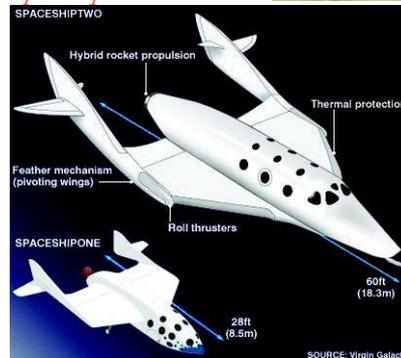
La société **Virgin Galactic** de **Richard Branson**, créée en 2004 propose quant à elle un **vol parabolique** à plus de 100 km d'altitude (limite théorique de l'Espace) à bord d'avions spatiaux de type **SpaceShipTwo** (de l'entreprise Scaled Composites), pouvant emporter 2 pilotes et 6 passagers 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 ↕

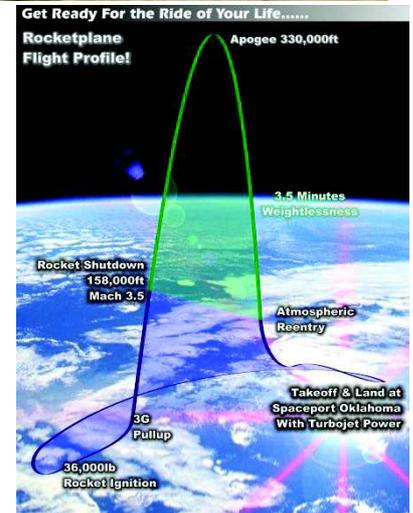
SpaceShip One ⇒

SpaceShip One et Two ↕



Le 4 octobre 2004, (date anniversaire du lancement du premier satellite dans l'espace Spoutnik 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

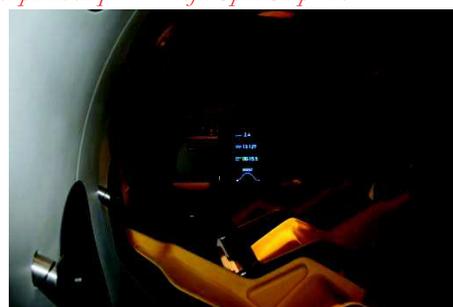


Le vol parabolique ↑ Projet SpaceShipTwo

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 ⇨

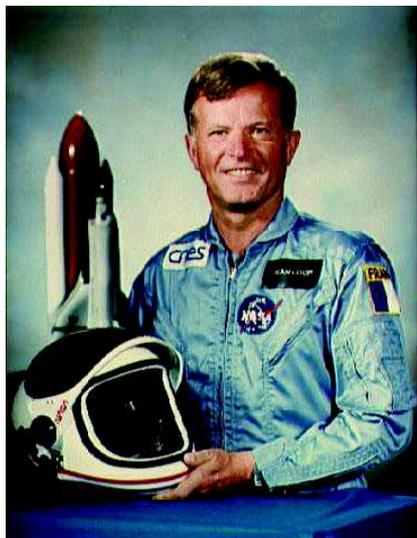


Les spationautes français

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 ^{ème} 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 ^{ème} mission - jonction avec MIR
Jean-Loup CHRETIEN	STS 86 - Atlantis	18 09 au 06 10 1997	3 ^{ème} 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 ^{ème} mission - Perséus - 1 sortie EVA
Michel TOGNINI	STS 93 - Columbia	23 07 au 28 07 1999	2 ^{ème} mission - deux Français dans l'espace
Jean-François CLERVOY	STS 103 - Discovery	20 12 au 27 12 1999	3 ^{ème} mission - ISS - 3 EVA
Claudie HAIGNERE	Soyouz TM 32	21 10 au 31 10 2001	2 ^{ème} 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 ^{ème} 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	Youri Gagarine	Vostok 1 	Premier homme dans l'espace.
5 mai 1961	Alan Shepard	Mercury 3 	Premier Américain dans l'espace (vol suborbital).
20 février 1962	John Glenn	Mercury 6 	Premier vol orbital américain.
16 juin 1963	Valentina Terechkova	Vostok 6 	Première femme dans l'espace.
19 juillet 1963	Joseph A. Walker	X-15 Flight 90 	Premier avion dans l'espace.
23 août 1963	Joseph A. Walker	X-15 Flight 91 	Première personne à voler pour la deuxième fois.
18 mars 1965	Alexei Leonov et Pavel Belyayev	Voskhod 2 	Première sortie dans l'espace
16 juillet 1969	Neil Armstrong, Michael Collins, Buzz Aldrin	Apollo 11 	Premiers pas de l'Homme sur la Lune (le 20 juillet 1969).
26 juillet 1971	David Scott, Alfred Worden et James Irwin	Apollo 15 	Ont conduit la Jeep lunaire
12 avril 1981	John Young, Robert L. Crippen	STS-1, Columbia 	Premier vol de la navette spatiale , test des systèmes
15 octobre 2003	Yang Liwei	Shenzhou 5 	1er vol habité chinois
21 juin 2004	Mike Melvill	Space ShipOne - Vol 15P	Premier vol spatial privé
29 septembre 2004	Mike Melvill	SpaceShipOne - Vol 16P	1e vol concourant pour le Ansari X Prize
4 octobre 2004	Brian Binnie	SpaceShipOne - Vol 17P	2nd vol validant le Ansari X Prize .

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  http://fr.wikipedia.org/wiki/28_septembre	Troisième vol habité chinois. Première sortie extra-véhiculaire chinoise.

Commentaires sur cette édition ... revisitée !

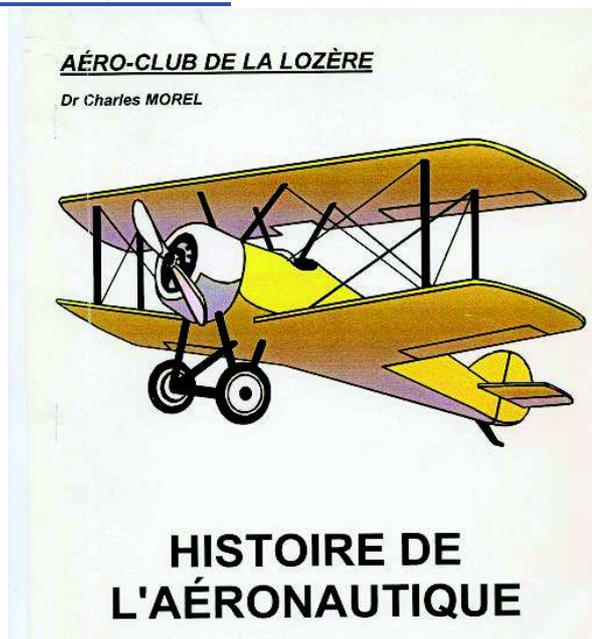
Remerciement destiné à Charles Morel et à sa famille.

Ce recueil d'événements historiques est un prolongement d'un premier travail réalisé par le Docteur Charles Morel.

Il était initialement destiné à sensibiliser les élèves préparant le BIA dans la région de Mende (Lozère) à l'histoire de l'aviation.

Je tiens à le remercier pour ce travail qui a servi de base à ce recueil et surtout à préciser que c'est bien son premier document qui m'a donné envie de me lancer dans cette aventure.

Après une numérisation du texte initial, j'ai donc tout d'abord simplement essayé de compléter au mieux et surtout d'illustrer son premier texte. J'ai parfois pris la décision d'apporter des rectifications qui seront, je l'espère, considérées comme judicieuses. Le document a pris progressivement du volume et s'est, petit à petit, vu ajouter quelques paragraphes.



Première page de l'édition de Charles Morel

Comme l'histoire ne s'arrête pas... une prolongation jusqu'en 2009 a été réalisée en prenant en compte la fin de vie du Concorde, la naissance de l'A380 ou l'évolution de la conquête spatiale (arrivée de la Chine... de l'Inde ...).

Mais la masse de documents qui avait été consultée a inévitablement créé l'envie de rajouter encore quelques chapitres. J'ai donc décidé de figer un premier travail avant de continuer à m'éloigner de la version initiale.

N'ayant pas la prétention d'être historien ni celle d'avoir inventé quoi que ce soit je vais donc continuer, sans aucune prétention, à développer ce document au gré de mon inspiration du moment ... Je me rends bien compte que derrière chaque personnage ou derrière chaque machine volante se dissimule tellement de richesse d'inventivité du cerveau humain que personne ne pourra rassembler toutes ces anecdotes qui font l'histoire dans un livre aussi volumineux soit-il.

Ce sera donc au gré de mes envies que viendront se greffer de nouvelles pages de cette histoire.

Si vous êtes un élève préparant le BIA il faudra peut-être retenir quelques noms, surtout ceux qui sont mis en avant dans les titres ou par une typographie enrichie, et quelques dates... sans s'aventurer sur les traces des machines trop exotiques surtout si elles n'ont pas débouché sur une avancée technique utilisée à l'époque.

Copyright et images !

Pour illustrer ces textes il a bien fallu trouver des photos... La source la plus intéressante m'a semblé être internet. J'ai donc copieusement téléchargé des images sans me préoccuper de leur provenance.

J'en ai retouché, recadré ou modifié quelques unes ... mais la plupart ont été copiées sans modification. Sachant que ces images étaient facilement accessibles et compte tenu du fait que cet ouvrage est réalisé sans but lucratif cela ne m'a pas paru poser de problème.



Toutefois... si vous découvrez que j'ai utilisé par inadvertance une image qui peut générer des droits d'auteurs il vous suffira de me contacter au travers du portail académique de Montpellier en me précisant bien quelle est l'image à retirer ! La modification sera réalisée dans les plus brefs délais.

Formation aéronautique (DAFA),

Académie de Montpellier

Gerard Pujol



Sources : bibliographie et internet

Je reporte ici quelques références documentaires et bien sûr quelques liens internet.
Pour les problèmes de copyrights se reporter à la page précédente.

Bibliographie

Titre	Auteur	Editeur
Histoire de l'aviation	Edmond Petit	Que sais-je
Histoire de l'aviation	René CHAMBE	Flammarion
Chronique de l'aviation	Edouard Chemel	Editions Chronique

Quelques liens Internet

<http://fandavion.free.fr>

<http://fr.wikipedia.org>

http://www.thenorthspin.com/page_official_usaf_pastjet.html Super banque d'images !

<http://website.lineone.net/~roling48/index.htm>

<http://prototypes.free.fr>

<http://www.gamekult.com/forum>

<http://anciens-cols-bleus.net/histoires-et-histoire-f37/les-histoires-de-bonnerue-t1990-140.htm#41233>

<http://bleriot.blog4ever.com>

<http://avia-dejavu.net>

<http://aviation-militaire.oldiblog.com/>

<http://www.richard-seaman.com/Wallpaper/Aircraft/Displays/index.html>

<http://avions.legendaires.free.fr/accueil.php>

<http://www.ajbs.fr/musee4.php>

<http://www.richard-seaman.com/Wallpaper/Aircraft/index.html>

<http://www.military-aircraft.org.uk/index.htm>

<http://www.ukairshows.info/wallpapers/index.html>

Une chronologie année par année (difficile d'accès mais une fois trouvée on ne peut plus s'en passer !)

http://fr.wikipedia.org/wiki/1932_en_a%C3%A9ronautique

Une chronologie de la conquête de l'espace

http://fr.wikipedia.org/wiki/Conqu%C3%AAte_de_l%27espace#Des_grandes_dates

Une collection d'inventeurs d'originalités

<http://inter.action.free.fr/pantheon/index.html>

Des infos mais surtout des images extraordinaires sur le F35 ADAV

<http://www.jsf.mil/>

Une chronologie simple et efficace :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Chronologie_de_l%27a%C3%A9ronautique#Ann.C3.A9es_1910

D'autres chronologies :

http://www.ac-orleans-tours.fr/aero-scolaire/histoire_de_l%27aviation_et_de_l%27espace.htm

<http://membres.lycos.fr/derpanzerwolf/aviation/Chronologie.htm>

De vrais photos anciennes sur :

<http://www.firstworldwar.com/photos/aviation.htm>

De l'astronomie

<http://www.astrocosmos.net/article/voyager.htm>

Index

*

* 14

1

1 000 km.....	20
14 bis.....	11
1678.....	3
17 décembre 1903.....	10
1742.....	3
1782.....	3
1783.....	3, 5, 6
1784.....	5
1785.....	5, 6
1794.....	6
1821.....	5
1852.....	7, 8
1856.....	4
1870.....	6
1884.....	7
1890.....	9
1898.....	7
19 août 1913.....	17
1901.....	7, 11
1903.....	11
1904.....	11
1905.....	11
1906.....	11
1907.....	12
1908.....	12
1909.....	13
1910.....	7, 14
1911.....	15
1912.....	16
1913.....	17
1914.....	21
1915.....	21
1916.....	21
1917.....	22
1918.....	22
1919.....	29
1921.....	30
1922.....	30
1923.....	31
1924.....	31
1925.....	32
1926.....	32
1927.....	32
1928.....	34
1929.....	34
1930.....	34
1931.....	35
1932.....	35
1933.....	35
1934.....	36
1935.....	37
1936.....	38
1937.....	7
1938.....	39
1939.....	40
1999.....	6
1er mars 1912.....	16

1er vol habité chinois.. 107

2

20 juillet 1969.....	95
21 Mai 1927.....	33
22 g.....	89
22 octobre 1797.....	16
23 Octobre 1906.....	11
25 Juillet 1909.....	13
28 mars 1910.....	15

5

5 octobre 1914.....	21
---------------------	----

6

6 Août 1945.....	54
------------------	----

7

7 Décembre 1941.....	51
----------------------	----

A

<i>accident de challenger</i>	96
ADAC.....	72
ADAV.....	70
ADER.....	9
Adolphe Pégoud.....	<i>Voir</i> Pégoud
Adrienne BOLLAND.....	30
aérobis.....	15
Aéroflot.....	41
Aéronavale.....	14
Aéropiane.....	8
aéropostale.....	34
AÉROPOSTALE.....	43
aile volante à réaction.....	90
ailerons.....	11
ailes rigides.....	90
Air France.....	45
<i>Airbus 319</i>	63
<i>Airbus 340</i>	63
<i>Airbus 380</i>	63
<i>Airbus A380</i>	55
<i>Airbus A400M</i>	74
Air-France.....	42, 43
Airman.....	90
<i>Akoya</i>	84
Alan Shepard.....	94, 107
Albert Berry.....	<i>Voir</i> Berry
Albert C. Read.....	29
Aldrin.....	95
Alexei Leonov.....	107
Alouette-2.....	79
altimètre.....	33
altitude la plus élevée jamais atteinte par un homme en ballon.....	88

Amelia Earhart.....	34, 38
André Garnerin.....	<i>Voir</i> Garnerin, <i>Voir</i> Garnerin
anémomètre.....	16
Anousheh Ansari.....	105
Ansari X Prize.....	105
Antoine de Saint- Exupéry.....	44
Antoinette.....	11, 12
Antoinette IV.....	13
<i>Antonov An-225</i>	73
<i>Antonov An-70</i>	73
Antony Fokker.....	25
Apollo.....	95
<i>Apollo 10</i>	76
<i>Apollo XI</i>	95
<i>Apollo-Soyouz</i>	100
<i>Appollo XVII</i>	95
Ariane.....	94, 96
Ariane 5.....	97
<i>Ariane V</i>	97
Ariel.....	4
Armstrong.....	95
Armstrong Neil.....	95
Arrachart et Lemaitre.....	32
Arthur Schreiber.....	34
Arthur Whitten Brown.....	29
Astazou.....	79
Asterix.....	96
<i>Astérix</i>	96
Atlantis.....	96, 99
atmosphère.....	93
Auguste Piccard.....	35
autogyres.....	77
AV-8B Harrier.....	<i>Voir</i> Harrier, <i>Voir</i> Harrier
Aviatik.....	20
aviation solaire.....	82
Avion.....	9
<i>avion a réaction</i>	14
avion à turbine.....	14
Avion N° 3.....	9
avion nucléaire.....	85
AVRO.....	17
<i>Avro Lancaster</i>	53
<i>Avro Vulcan</i>	62

B

B 26.....	52
B 52.....	74
B-17.....	43
B-2 Spirit.....	69, 70
B-24 Liberator.....	40
B-24 Libérateur.....	53
B-25 Mitchell.....	51
B-29 "Enola Gay".....	54
B29 Flying Superfortress.....	54
Badin.....	16, 28
ballon dans la stratosphère.....	35
ballon gonflé à l'hydrogene.....	5
Balzac V.....	71

baron anglais CAYLEY.....	3
Baron anglais Cayley.....	<i>Voir</i> <i>Baron d'Odokolek</i>
<i>Baron d'Odokolek</i>	17
BASE Jump.....	91
bataille d'Angleterre.....	50
Baumgartner.....	88
<i>Bébé</i>	<i>Voir</i> Nieuport
<i>Bell 47</i>	78, 79
<i>Bell X-1</i>	57
<i>Bell X5</i>	67
<i>Bell-XP-59</i>	57
<i>Beluga</i>	63
Berliner.....	77
Berry.....	16
Bertrand Piccard.....	6
Besnier.....	3
biplan.....	14
<i>Biplan</i>	14
Blanchard.....	5, 6
Blanchard traverse la Manche.....	5
Blériot.....	12
Bleriot XI.....	13
<i>Bloch 210</i>	46
<i>Boeing 707</i>	55
<i>Boeing 787</i>	63
<i>Boeing à hydrogene</i>	84
<i>Boeing B-17</i>	49
<i>Boeing B-17 Flying Fortress</i>	37
Boeing Pelican ULTRA.....	87
Boeing V-22 Osprey.....	71
Boeing-247.....	36
<i>Boeing-707</i>	61
<i>Boeing-727</i>	61
<i>Boeing-747</i>	61
Boenish.....	91
<i>Boeing F18 Super Hornet</i>	68
bombardements.....	23
bombardier en piqué.....	37
<i>Bombardiers Mitsubishi</i>	49
<i>Bourane</i>	96
Breguet.....	15
Breguet 19.....	33
<i>Breguet 19 super bidon</i>	32
<i>Breguet 1912</i>	16
<i>Breguet 1913</i>	19
<i>Bréguet 5</i>	24
Bréguet 941.....	72
Breguet XIX.....	34
Breguet-19.....	32
<i>Bréguet-Michelin B2</i>	24
Bréguet-Renault 19A2.....	32
<i>Breiting Orbiter-III</i>	6
Brian Jones.....	6
Bryan Allen.....	85
Buzz Aldrin.....	107
Buzz" Aldrin.....	95

C

C.N.E.S.....	96
<i>C-130 Hercules</i>	73
<i>C-141 Starlifter</i>	73
<i>C-160 Transall</i>	<i>Voir</i> Transall

<i>C-450 coléoptère</i>	70
<i>C47 "Dakota"</i>	52
<i>C-5A Galaxy</i>	73
<i>Canadair</i>	65
canard.....	14
<i>Canard</i>	14
capitaine Faure.....	23
<i>Caquot</i>	27
<i>Caravelle Sud Aviation</i>	61
Carl Boenish.....	91
Cassini.....	102
Cassini-Huygens.....	102
Caudron.....	21
<i>Caudron C 230 "Lucciole"</i>	42
Caudron G3.....	30
<i>Caudron G4</i>	23
<i>Caudron Simoun</i>	45
Cayley.....	7
CAYLEY.....	3
Centurion.....	83
cerf-volant.....	4
<i>Cervia</i>	77
<i>Cessna 188 "épandage"</i>	65
<i>Cessna Citation</i>	64
Challenger	96
<i>Chance Vought F4U Corsair</i>	49
<i>Change</i>	104
Charles.....	5
<i>Charles Duke</i>	95
Charles Lindberg.....	33
Charles Lindbergh.....	30
Charles Renard.....	7, 77
Chavez.....	14
Chinois.....	4
<i>Chrétien Jean-Loup</i>	107
Christian Chavez.....	14
<i>Chuck YEAGER</i>	58
<i>Cirrus</i>	64
<i>Claudie Andre-Desbays - Haignere</i>	107
Clem Sohn.....	91
Clément Ader.....	8
Clément ADER.....	9
CNES.....	90
Coandă.....	14
Cobra.....	67
Collins.....	95
Columbia.....	96
combat aérien.....	21
combinaison ailée.....	91
<i>Comet De Havilland</i>	60
Compagnie des messageries aériennes	45
Comte-de-La-Vaux.....	34
<i>Concorde</i>	55, 62, 75, 92
conduit la Jeep lunaire.....	107
Constantin Rozanoff.....	58
contournait la Tour Eiffel.....	7
contrôleur de vol.....	33
Convair NB-36H	85
Convair XFY-1 Pogo.....	70
Cornu.....	12
Costes et Bellonte.....	34
Costes et Le Brix.....	33
Coupe Gordon Bennett course Londres- Melbourne.....	36
Couzinet 71.....	35
CRASH du Concorde	62

Croix du sud.....	38
Curtiss NC 4.....	29
<i>Curtiss P-40</i>	49
Curtiss P-40 Warhawk.....	39
Curtiss Pusher.....	15
<i>Curtiss R6</i>	31

D

Daedalus	85
<i>Dassault Mystère IV</i>	58
DC 4.....	60
DC 6.....	60
DCA.....	27
De Gaulle.....	50
<i>De Havilland (DH-4)</i>	24
<i>De Havilland Canada DHC-2 Beaver</i>	72
De Havilland DH.84 Dragon.....	35
<i>De Havilland Vampire</i>	58
de Laroche.....	14
Demoiselle.....	15
Dennis Tito.....	105
<i>Deperdussin</i>	18, 19
Descartes.....	3
Dewoitine D.520.....	39
Diamant-A.....	96
Didier Daurat.....	41, 45
Dieudonné Costes.....	32
dirigeables.....	7
<i>Discovery</i>	76, 92, 94, 96
dispositifs hypersustentateurs.....	16
<i>Dong Fang Hong</i>	103
<i>Doolittle</i>	51
Dornier Do-X.....	86
<i>Douglas DC 8</i>	61
Douglas DC-2.....	36
<i>Douglas DC-3</i>	37
Douglas DC-4.....	39
<i>Douglas Invader A 26</i>	51
Drachen.....	27

E

EADS.....	106
<i>EADS Astrium</i>	106
Edwin "Buzz" Aldrin.....	95
effet de sol.....	86
Ekranoplane.....	86
<i>Ekranoplane : le KM</i>	86
Élisabeth Tible.....	5
<i>Ely</i>	14, 15
Émile Dewoitine.....	45
Endeavour.....	96
Enrico Forlanini.....	77
Ente.....	56
Enterprise.....	96
<i>Eole</i>	9
ergols.....	94
Esnault-Pelterie.....	11, 12,
<i>Voir Esnault-Pelterie, Voir Esnault-Pelterie, Voir</i> Esnault-Pelterie	
espace.....	93
<i>Étendard IV</i>	59
<i>Eurocopter Tigre</i>	<i>Voir Tigre</i>
Eurocopter X3.....	81

Eutelstat.....	92
----------------	----

F

<i>F 14 "Tomcat"</i>	67
<i>F-117 Night Hawk</i>	69, 70
F-15.....	69
<i>F16 X</i>	68
<i>F18 Super Hornet</i>	68
F-22.....	69
F-22 Raptor.....	69
<i>F-4F Phantom</i>	66
<i>F6F Hellcat</i>	49
F-8F Bearcat.....	76
Fabre.....	15
Fairey III-D.....	30
<i>Falcon 2000</i>	64
Farman.....	12, 13, 21
Fat Man.....	54
Felix Baumgartner.....	88
Félix Nadar.....	77
Ferber.....	11
<i>Fieseler Fi 156 "Storch"</i>	72
<i>Fieseler Storch</i>	47
finesse.....	28
Fleurus.....	6
Florentin Bonnet.....	31
Flyer.....	10
Focke.....	78
<i>Focke-Wulf Fw 190</i>	40, 47
<i>Focke-Wulf Triebflügel</i>	70
<i>Fokker</i>	19, 21
<i>Fokker 1912</i>	16
Fokker F 12.....	41
Fokker Liberty.....	31
Fokker T-2.....	31
Fonck.....	26, 32
Fou volant.....	33
Fourny.....	20
franchit la Manche.....	85
<i>Franck Whittle</i>	38
Frank Whittle.....	56
Frantz et Quesnault.....	21
FS-8	87
Fusée.....	21
fusée Diamant-A	96
<i>Fusée Longue Marche</i>	104
Fusionman.....	90

G

Gabriel Voisin.....	12
<i>Gagarine</i>	94
<i>Galileo</i>	93
Gambetta.....	6
Garnerin.....	16
gaz d'éclairage.....	5
Gee Bee R-1.....	35
Gemini.....	95
Général Roques.....	14
George Cayley.....	77
Georges Legagneux.....	20
<i>Gipsy Moth</i>	42
<i>Giroplane-Laboratoire</i>	78
Glenn.....	95
<i>Glenn John</i>	95
Gloster Gladiator.....	36
<i>Gloster-E 28-39</i>	56

<i>Gloster-Météor</i>	57
Gossamer Albatross.....	85
Gossamer Condor.....	84
<i>Gossamer Penguin</i>	82
Gotha.....	22
Graf-Zeppelin.....	7
Grand Prix Michelin.....	16
Grosvenor House.....	36
<i>Gruman F6F Hellcat</i>	49
<i>Grumann X-29A</i>	69
<i>Grumman F3F</i>	37
Guernica.....	38
Gustave Eiffel.....	14
Guynemer.....	26
gyrodyne.....	81
gyroscope.....	33

H

HALE.....	83
<i>Handley Page V</i>	22
Harrier.....	70, 71
<i>Hawker Hurricane</i>	37
Hawker Siddeley Harrier	71
<i>Hawker Tempest</i>	53
<i>Hawker Typhoon</i>	53
Heinkel HC-112.....	38
Heinkel He 111.....	37
Heinkel He 177.....	40
Heinkel He 178.....	40, 56
Heinkel-111.....	48
hélice.....	2, 8
hélicoptère.....	2, 12
<i>Hélicoptère Dauphin</i>	76
<i>Hélicoptère Lama</i>	76
<i>Helios</i>	83
<i>Helios 2</i>	76
héliosphère.....	101
hélium.....	7
Henri Coanda.....	56
Henri Coandă.....	14
Henri Fabre.....	15
Henri Farman.....	12, <i>Voir</i> Farman
Henri Guillaume.....	45
Henri Péquet. <i>Voir</i> Péquet	
Hermès.....	90, 96
Hindenburg.....	7
Hiroshima.....	54
Hitler.....	50
homme-oiseau.....	90
Howard Hughes.....	39, 86
Hubble.....	92
<i>Hubble (HST)</i>	92
Hubert Latham.....	13
Hughes H-4.....	86
Hugo Junkers.....	21
<i>Hurricane</i>	46
Huygens.....	102
<i>Hy-bird</i>	84
hydravions.....	25
hydrogene.....	5
hydrogène.....	7

I

Igor Sikorsky.....	78
Imperials-Airways.....	42

indicateur de vitesse 33
ISS 92, 99, 100

J

Jean loup Chrétien 98
Jean Mermoz 35, 44
Jean-Loup CHRETIEN 106
jeep lunaire 95
Jetman 90
Jiuquan 104
Jo Kittinger 89
Jodel 64
John Glenn 95, 107
John William Alcock (..... 29
Jones 6
Joseph A. Walker 107
Ju 87 Stuka 37
Juan de la Cierva *Voir*
Cervia, *Voir* Cervia
Jules Verne 6
Junker J1 21
Junker-87 "Stuka" 48
Junker-88 48
Junkers 52 38

K

K.L.M. 42
Kamikaze 53
Kanellos Kanellopoulos 85
Kennedy 95
Kittinger 89
KM 86
km en circuit fermé 12
Kourou 96

L

L-325 Flarecraft 87
La France 7
L'accident du Hindenburg 7
Laika 94
Lakehurst 7, 38
Lalande 3
Lama 76
L'Arc-en-ciel 35
Laté 28, 34
L'avion solaire 82
le Bolchoï 18
Le Bris 4
Le Brix 32
le grand saut 90
Le Harrier 60
Le Lexington 48
le monstre de la Caspienne 86
Le Prieur 27
Le Vieux Charles 26
Leduc 010 59
Legagneux 20
Léo Valentin 90
Léonard de Vinci 2, 16, 77
les frères Montgolfier 3
l'escadrille des cigognes 26
liaisons radio air-sol 14

libellule 14
Libellule 14
Lieutenant-de-vaisseau-Paris 40
Lightning P 38 51
Lignes Aériennes Latécoère 41
LILIENTHAL 9
Lindbergh 33
Lippisch Ente 56
Lippisch Research Corporation 87
Lisa Airplanes 84
Little Boy 54
Lockheed C-130 Hercules *Voir* C130
Lockheed Constellation 60
Lockheed Electra 34
Lockheed F-22 Raptor *Voir* F22
Lockheed F-35B 71
Lockheed L-10 Electra 36
Lockheed Martin F-117 Night Hawk *Voir* F117
Lockheed P-38 Lightning 40, 44
Lockheed SR-71 Blackbird 67
Lockheed U-2 *Voir* U-2
Lockheed XFX-1 70
Loi de Kepler 93
Loi des aires 93
looping 19
l'Opel Sander Rack-1, 56
Loti et Lefèvre 34
Louis Blériot 12, *Voir* Blériot
Louis Breguet 12, 77
Louis Charles Breguet 45
Louis Letur 8
Lufthansa 41
Lun 86
Luna 3 100
Lune 92, 95
LZ 127 7
LZ-127 39
LZ-129 39
LZ-129 Hindenburg 38

M

major Martin 32
manche à balai 11
Manfred Von Richtoffen *Voir* Von Richtoffen
Marcel Prévost 19
Marco Polo 4
Mariner 4 102
Marquis d'Arlandes 5
Marquis de Bacqueville 3
Mars 3 102
Mars Exploration Rover 103
Mars Odyssey 102
Mars Reconnaissance Orbiter 103
Me 209 39
Me 262 56
Me-209 76
meetings 28
Mercury 94, 95

Mermoz 34
Messerschmitt Bf 109 40
Messerschmitt-109 47
MétéoSat 92
Météostat 92
Meunier 6
Michael Collins 95, 107
Michel Fournier 90
Midway 52
Mig 23 67
Mig 25 FoxBat 75
Mig 29 68
Mig 31 Foxhound 75
MiG-27 67
Mike Melvill 105, 107
Mil Mi-12 80
Mil Mi-6 80
Mir 92, 98
MIR 92, 98
Mirage G8 67
Mirage III 59
Mirage III V 71
Mirage IV 60
Mirages G8 67
missiles de croisière 66
Mitsubishi A6M Zero 40
Mitsubishi Zero 49
monobloc 15
monoplan 14, 28
monoplans 12
MONTGOLFIER 5
Morane 21, *Voir* *Morane Saulnier C* 20
Morane Saulnier type L 23
Morane-Saulnier 406 46
Morane-Saulnier MS.405 37
Morane-Saulnier type H 18
moteur en étoile Gnome 18
moteur fusée 38
mur du son 57

N

N.A.S.A. 94
NACA 35
Nagasaki 54
navette 96
navette spatiale 76, 92
navettes spatiales 96
NB-36H 85
Neil Armstrong, 107
Neptune 101
Nieuport 21
Nieuport 11 "Bébé" 21
Nieuport 16 27
Nieuport IV 20
Nieuport XI 24
Nieuport-Delage 31
Non Stop Coast to Coast 31
Normandie Niemen 50
Northrop B-2 Spirit *Voir* B-2
Nungesser 26
Nungesser et Coli 32, 33

O

Octave Chanute 10

Oiseau Canari 34
Oiseau-Blanc 32
Okinawa 53
Omaha Beach 52
Opel Sander Rack-1 56
Opportunity 103
orbite géostationnaire 93
orbites 93
orbites elliptiques 93
Oriskany CV-34 51
Osprey 80
Osprey MV-22 80

P

P-51 Mustang 49
Pan-Am 41
parachute 2
parachutistes 50
Pathfinder 96
Pathfinder Plus 83
Patrick de Gayardon de Fenoyl 91
patrouille de vol acrobatique 17
Paul Cornu 77, *Voir* Cornu
Paul W Tibbets 54
Pavel Belyayev 107
Pearl-Harbor 51
Pégoud 17
Pennsylvania 15
Péquet 15
Phoenix 103
photographie aérienne 23
Piccard 6
Pierre Closterman 53
Pierre Latécoère 43
Pilatre de Rozier 5, 6
Pilatus PC 6 Porter 72
pilote automatique 16
Pioneer 10 100
Pioneer 10 et 11 97
Piper J-3 Cub 72
plus gros hélicoptère 80
Point d'interrogation 32
Point d'Interrogation 34
portance 3
porte-avions 28, 48
Potez 25 45, 64
Potez 36 42
Pou-du-ciel 37
premier à sauter en base jump équipé d'une wingsuit 91
Premier Américain dans l'espace 107
premier appontage 15
Premier atterrissage entièrement automatique 38
Premier avion dans l'espace 107
premier avion entièrement métallique 21
premier Chinois de l'Espace 104
premier dirigeable 7
Premier homme à franchir le mur du son en chute libre 88

Premier homme dans l'espace	107
Premier hydravion	15
Premier meeting aérien	13
Premier passager clandestin	34
Premier saut en parachute	16
Premier tour du monde	32
Premier vol de la navette spatiale	107
Premier vol libre de nuit	20
Premier vol orbital américain	107
Premier vol privé dans l'espace	105
Première catastrophe aérienne	6
Première femme dans l'espace	107
Première personne à voler pour la deuxième fois	107
Première poste aérienne	15
Première sortie dans l'espace	107
Première traversée de la Manche en dirigeable	7
Premiers à avoir franchi l'Atlantique en avion	29
Premiers pas de l'Homme sur la Lune	107
Premiers sauts en parachute à partir d'un avion	17
pressurisation des cabines	28
Prévost	19
prix du Daily Mail	29
Prix Kremer	85
Programme Apollo	95
Programme Gemini	95
Programme Mercury	94, 95
Programme Vanguard	94
Programme Vostok	94
projet Excelsior	89
projet Hermès	96
projet S38	90
propulsion atomique	86
Proton	97

R

R.A.F.	16
R34	30
radar	37, 50
Rafale	60, 68
Rateau	28
ravitaillement en vol	28
Raymond Saulnier	25
Raymonde de Laroche	Voir Laroche
reconnaissance	23
record d'altitude	20, 76
record de distance	20
Record de distance	81

record de l'accélération supportée par un être humain	89
record de temps de vol	20
record de vitesse	76
Record de vitesse	81
Record de vitesse des avions à moteur à piston	39
record du monde d'altitude	83
record du monde de distance	20
record mondial de vitesse	74
remonter dans le Pilatus qui l'avait largué	91
René Dorant	77
René Leduc	59
Richard Branson	105
Robert Watson	50
Rocketman	90
Rockwell B-1	67
Roland Garros	15, 18, 25
Rosy	90
rover lunaire	95
Ryan	33
Ryan X-13 Vertijet	70

S

Saab Draken	68
Saab Drakken	68
Sacadura Cabrai	30
Sadi Lecointe	31
Saint Louis du Sénégal	43
Saliout 1	97
Saliout 6	97
Saliout 7	98
Saliout-1	97
Salon de l'Aviation	14
Santos-Dumont	7, 11, 15
Saturne	101
Saturne V	95
Saucisse	27
saut extrême	91
saut le plus haut	88
Savoia Marchetti S.79	48
Scott	30
sesquiplan	31
Shallow DH-108	58
Shenzhou 5	104
Shenzhou VI	104
Shepard	94
Shepard Alan	94
Shuttle	94, 96
siège éjectable	17
Sikorsky	18, 78
Sikorsky HH-3	79
Sikorsky S-60 "grue"	65
Sikorsky X2	81
Skylab	98
SO 6000 Triton	58
SO 6020 "Espadon"	58
SoHO	101
Solar Challenger	82
Solar Impulse	83
Soleil	101
SoLong	83
Soyouz	98
Soyouz 11	97

Soyouz 19	100
Space Adventures	105
SpaceShip One	105
Spad	21, 23
Spad VII	26
Spirit	103
Spirit of Saint-Louis	33
Spirit of St Louis	30
Spitfire	46
Spot	92
Spot-5	93
Spoutnik	94
SR 71 Blackbird	67
SR-71 Blackbird	67, 75
stato-réacteur	59
Stoeffler	20
Su 27	68
Sukkoï 47	69
Sukkoï Su 27	68
Sunseeker	82
Super-Constellation	55
Supermarine S.6B	35
Supermarine Spitfire	38
survole les Alpes	14

T

Télécom	92
Terre	92
The Batman	91
The Big Jump	90
Thunderbolt	51
Tiger Moth	35
Tigre	70
tir à travers l'hélice	25
tirer à travers l'hélice	24
Titan	101, 102
tour du monde	6, 7
tour du monde aérien avec escales	32
tour du monde en ballon et sans escale	6
train rentrant	28
traînée	3
Transall	73
traverse la Méditerranée	18
traversée "musculaire" de la Manche	85
traversée de la MANCHE	13
traversée de la Manche avec son aile à réaction	90
traversée sans escale de l'Atlantique-Nord	29
triplan	14
Triplan	14
triplan Fokker	26
Tu-95 LAL	86
Tupolev	86
Tupolev 144 "Concordski"	62
Tupolev TU-104	61

U

U-2	66
Uranus	101
USS Arizona	51

USS Birmingham	Voir
USS West Virginia	51

V

V-1	52
V-2	52
V-22 Osprey	71
Valentin	90
Valentina Terechkova	107
variomètre	28
Vicker Viscount	60
Vickers Vimy IV	29
Vickers-Wellington	47
Victor Stoeffler	20
Virgin Galactic	105
Voisin	11, 12, 21
Voisin à hélice propulsive	24
Voisin type 3	24
Voisin type 5	24
vol musculaire	84
voler de nuit	14
volets	16
voltige	19, 28
voltige aérienne	17
Von Richtoffen	26
Vostok	94
Voyager 1	101
Voyager 1 & 2	101
VTOL	Voir ADAV

W

Walter Hinton	29
WhiteKnight	105
WhiteKnight Two	105
WIG (Wing In Ground effect)	86
wingsuit	91
Wright	8, 12
WRIGHT	10

X

X 14	
X-114	87
X-15	74, 75
X-43 A	74
X-43A Scramjet	74

Y

Yak	50
Yak-38	71
Yak-38 Forger	71
Yang Liwei	104, 107
Youri Gagarine	94, 107
Yves Rossy	90

Z

Zarya	99
Zephyr	83
Zeppelin	7
Zeppelin	7
Zeppelin NT	76

TABLE DES MATIÈRES

DE L'ANTIQUITÉ AU DÉBUT DU XXI^{ème} SIÈCLE Du rêve jusqu'aux premières tentatives...	2
LE CHOIX DU "PLUS LÉGER QUE L'AIR"	5
LES BALLONS À AIR CHAUD... OU MONTGOLFIERES	5
LES BALLONS À GAZ	5
LES BALLONS DIRIGEABLES	6
LES TEMPS HÉROÏQUES (1890 -1913)	8
LES PREMIERS VOLS	8
QUATRE GRANDES FIGURES	9
Otto LILIENTHAL	9
Clément ADER	9
Orville et Wilbur WRIGHT	10
LES PREMIERS VOLS DE PLUS DE 24 HEURES et les PREMIERS RECORDS	11
1901 - 1903	11
1904 - 1905	11
1906	11
1907	12
1908	12
1909 :	13
1910	14
1911	15
1912	16
1913	17
Les avions des records	19
LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE (1914-1918)	21
LA DÉCOUVERTE DE L'ARME AÉRIENNE 1914	21
1915	21
1916	21
1917 - 1918:	22
LES FORCES EN PRESENCE EN 1914	22
LES MISSIONS AERIENNES	23
<i>Les reconnaissances</i>	23
<i>Le bombardement stratégique</i>	24
<i>La chasse</i>	24
L'EVOLUTION DES ESCADRILLES ET DES APPAREILS	25
LES HOMMES	25
LA CHASSE A LA SAUCISSE	27
ENTRE DEUX GUERRES (1919-1939)	28
LES PROGRES TECHNIQUES	28
L'EXPLORATION DU GLOBE ET LES GRANDS RAIDS (1921-1930)	29
1919 : <i>La conquête de l'atlantique... 8 ans avant Lindbergh !!!</i>	29
1921	30
1922	30
1923	31
1924	31
1925	32
1926	32
1927	32
1928	34
1929	34
1930	34
<i>Après les exploits, la construction de l'aviation moderne. (1931- 1939)</i>	35
1931	35
1932	35
1933	35

1934.....	36
1934.....	36
1935.....	37
1936.....	38
1937.....	38
1938.....	39
1939.....	40
NAISSANCE DE L'AVIATION MARCHANDE. LES COMPAGNIES AERIENNES	41
Un petit voyage en Fokker F 12 de la KLM dans les années 30... ..	41
En France	42
En ANGLETERRE,	42
En Allemagne	42
L'AVIATION DE TOURISME.....	42
LE SERVICE POSTAL ET L'AÉROPOSTALE	43
QUELQUES GRANDES FIGURES DE CETTE ÉPOQUE	44
Jean Mermoz.....	44
Antoine de Saint-Exupéry.....	44
Didier Daurat :	45
Henri Guillaumet.....	45
LA DEUXIEME GUERRE MONDIALE (1939-1945)	46
LES ARMÉES DE L'AIR EN 1939	46
L'Armée de l'Air Française	46
L'Armée de l'Air Britannique : la Royal-Air-Force (R. A F.)	46
L'Armée de l'Air Allemande	47
L'Armée de l'Air Italienne	48
L'Armée de l'Air Américaine.....	48
L'Armée de l'Air Japonaise.....	49
LA GUERRE.....	50
DE 1945 A AUJOURD'HUI.....	55
LES PROGRES.....	55
L'AVION A RÉACTION.....	56
Avion fusée ou avion à réaction ?	56
LE MUR DU SON... puis LES AVIONS DE CHASSE SUPERSONIQUES	57
LES AVIONS DE TRANSPORT	60
LES AVIONS D'AFFAIRES ET DE TOURISME	64
LE TRAVAIL AÉRIEN.....	64
LA COMPETITION TECHNIQUE.....	66
La puissance de feu	66
L'espionnage.....	66
Les avions à géométrie variable	67
La manœuvrabilité.....	67
La manœuvrabilité... Jusqu'à l'instable flèche inversée.. puis à l'aile trapézoïdale	68
La furtivité.....	69
Le décollage vertical. (ADAV ou VTOL).....	70
Le décollage et atterrissage court. (ADAC ou STOL)	72
Le transport "tout terrain" de charges lourdes !	73
Les très hautes vitesses.....	74
Encore des records !	76
LES HÉLICOPTÈRES.....	77
Les records	80
<i>Les records de distance.</i>	81
<i>Les records d'altitude.</i>	81
Des objets volants expérimentaux... très spéciaux !	82
La recherche sur des propulsions sans pétrole	82
L'avion solaire	82
L'avion hybride solaire et hydrogène (projet)	84
L'avion à hydrogène	84
Le vol musculaire.....	84
L'avion nucléaire ?	85
Un avion transportant une centrale nucléaire.....	85
L'aide de l'effet de sol.....	86

Le monstre de la Caspienne	86
Les hydravions à effet de sol	86
Projet fou ?	87
D'autres exemples de WIG craft.....	87
Les sauts extrêmes.....	88
Les sauts en parachute à partir d'une très haute altitude.....	88
Le record de Baumgardner	88
Le saut de Kitinge.....	89
Des ballons gigantesques !	89
Et Michel Fournier ?	90
Les hommes "oiseaux"	90
Yves Rossy (né en 1959)	90
Léo Valentin (1919 – 1956) le précurseur... pour les ailes rigides	90
Carl Boenish (1941 – 1984) invente le Base Jump	91
Clem Sohn (1911 – 1937) et ses ailes souples ...précurseur des Wingsuit.....	91
Patrick de Gayardon (1960 - 1998) invente les Wingsuit	91
LA CONQUETE DE L'ESPACE	92
La Terre et l'espace.....	92
La Terre dans le système solaire	92
De la troposphère au vide spatial on peut rencontrer :	92
Les évolutions des engins spatiaux.....	93
Les satellites	93
Les lanceurs de satellites	94
Les premières incursions de l'homme dans l' Espace	94
Les premiers succès sont soviétiques :	94
Les USA rattrapent leur retard et gagnent la course à la Lune.	95
L'invention du cargo spatial réutilisable : la navette (Shuttle).....	96
Une troisième puissance spatiale : la France puis la communauté Européenne.	96
Une réglementation se met en place.....	97
Habiter dans l'espace ! De Saliout 1 à l'ISS en passant par MIR.....	97
L'exploration du système solaire	100
Explorer Mars avec des véhicules autonomes pour préparer la venue de l'homme.....	102
La chine s'invite dans l'espace en 1970 et y habite en 2003.	103
Et maintenant le tourisme spatial !	105
Space Adventures,	105
Virgin Galactic	105
EADS Astrium	106
Les spatonautes français.....	106
Les pays ou organisations lanceurs de satellite en 2009.....	107
Chronologie des faits ayant marqué les vols habités de 1961 à 2009.....	107
Commentaires sur cette édition ... revisitée !	109
Remerciement destiné à Charles Morel et à sa famille.....	109
Copyright et images !	109
Sources : bibliographie et internet	110
Bibliographie.....	110
Quelques liens Internet	110
Index	111
TABLE DES MATIÈRES	116