

Planète Pilote

Dossier pédagogique

Le ciel
comme
terrain de jeu



www.museeairespace.fr



MUSÉE
AIR +
ESPACE
AÉROPORT PARIS - LE BOURGET



île de France



seine saint denis
LE DÉPARTEMENT



ALTRAN AIRBUS

Un espace ludo-éducatif à partir de 6 ans

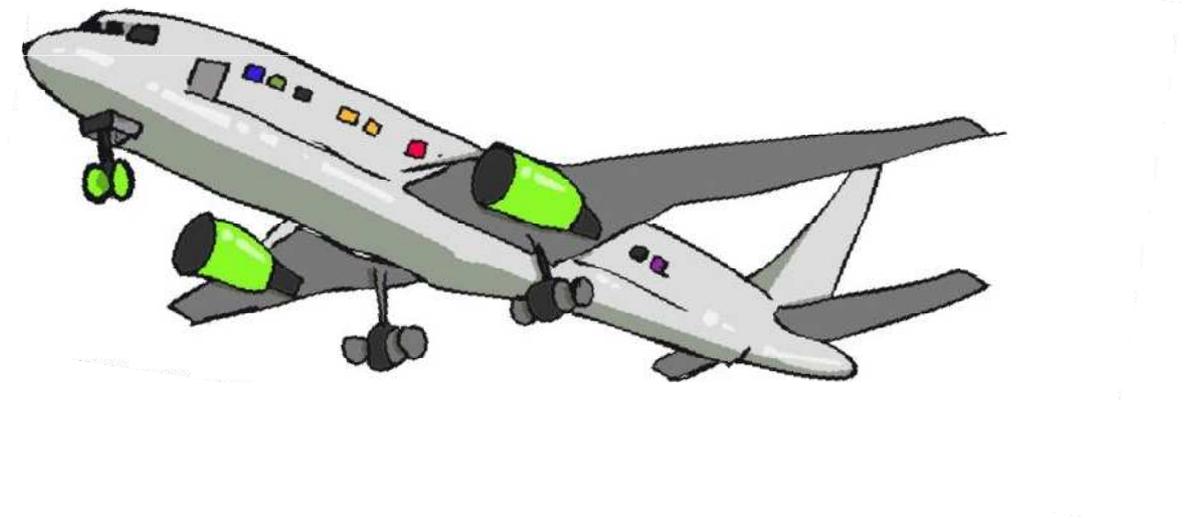
Sur plus de 1 000 m², au coeur des collections du musée, les enfants, accompagnés de leurs parents ou de leurs éducateurs, peuvent utiliser spontanément et librement plus de 40 manipulations interactives sur les thèmes de l'aéronautique et de l'espace, lors de séances d'1h.

Pénétrer dans le cockpit d'un petit avion de tourisme ou d'un Airbus A320, ranger les bagages d'un gros avion de ligne ou faire son plein en kérosène, observer l'activité d'un aéroport depuis une tour de contrôle, faire de la bicyclette dans une station spatiale pour rester en forme, prendre conscience que l'air peut porter un avion ou qu'une fusée a besoin d'une grande vitesse pour quitter l'attraction terrestre, découvrir les différentes planètes de notre système solaire...

Pour chaque manipulation, Planète Pilote propose une ou plusieurs fiches explicatives pour que les enfants se familiarisent avec les concepts qui y sont liés. Ces fiches ont été conçues avec l'aide de spécialistes du monde aéronautique et spatial, ainsi qu'avec des enseignants.

Elles sont reproduites ici dans le but d'aider l'enseignant à préparer sa visite, et d'adapter les explications fournies en fonction du niveau des élèves.

Manipulations liées à l'air



Airball

J.-J. Gourvenec



Tirer sur la membrane augmente le volume intérieur du tube et permet l'introduction d'air supplémentaire. Relâcher la membrane d'un seul coup réduit rapidement le volume. Cela crée une surpression qui accélère les molécules d'air vers l'ouverture. Le courant d'air ainsi produit exerce une force qui fait bouger tous les éléments mobiles sur son passage.



A Anticyclone
D Dépression

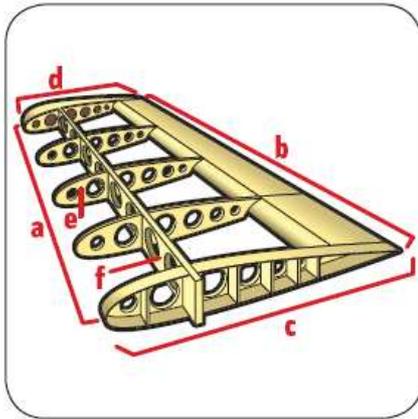
LA FORCE DU VENT

Le vent en mouvement peut exercer une force considérable. Cela peut mettre en mouvement un voilier, un moulin, une éolienne... mais aussi causer de nombreux dégâts lors des tempêtes.

COURANTS D'AIR DANS L'ATMOSPHÈRE

Dans l'atmosphère, les grandes masses d'air se déplacent des zones de haute pression (anticyclones) vers les zones de basse pression (dépressions). La vitesse du vent est d'autant plus grande que les différences de pression sont importantes et rapprochées les unes des autres.

L'aile : Anatomie de l'aile



Structure d'une aile

- a** Bord d'attaque
- b** Bord de fuite
- c** Emplanture
- d** Saumon
- e** Nervure
- f** Longerons

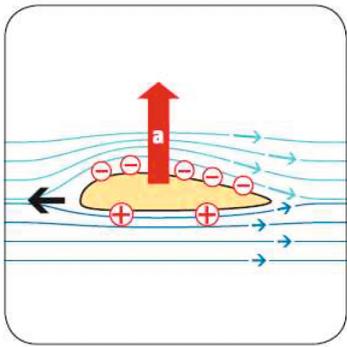
L'aile doit répondre à trois exigences : être légère (pour augmenter les performances de l'avion), souple (pour amortir les turbulences en vol) et robuste (pour ne pas casser). Les premières ailes ont ainsi été construites en bois ou en bambou et recouvertes de toile. Puis l'aluminium, la fibre de verre et le carbone sont apparus (le bois reste très répandu pour les petits avions).

ÉVOLUTION DE LA VOILURE

La surface de voilure nécessaire au vol dépend de la masse et de la vitesse de l'avion. Au début de l'aviation, les moteurs étant peu puissants, une grande surface portante s'imposait. Les avions disposaient alors de plusieurs voilures superposées (biplans ou triplans) mais leurs écoulements d'air se perturbaient entre eux. Depuis la Seconde Guerre mondiale, la quasi-totalité des avions sont monoplans : leur voilure est constituée de deux ailes placées de chaque côté du fuselage.

L'aile :

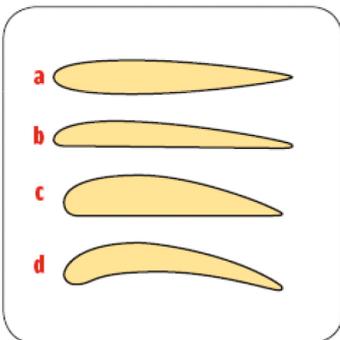
Profil de l'aile



- a** Portance
- +** Surpressions
- Dépressions

Lorsque l'air est soufflé par-dessous l'aile, il crée une pression qui pousse l'aile vers le haut (1/3 de la portance).

Lorsque l'air passe au-dessus de l'aile, il crée une dépression qui aspire l'aile vers le haut (2/3 de la portance)



Profils d'ailes

et qualités associées

- a** Profil symétrique (voltige)
- b** Cambré faible et section fine : pour haute vitesse (faible traînée)
- c** Cambré marqué et section épaisse : pour avions de transport ou bombardiers (forte portance à basse vitesse)
- d** Forte cambrure (plus efficace que le précédent profil)

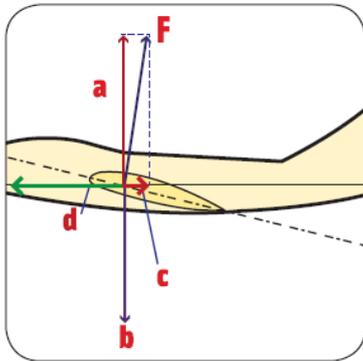
LA PORTANCE

Ces phénomènes combinés au-dessus et au-dessous des ailes d'un avion créent une force qui s'appelle la portance. Pour que cette force soit importante (et donc capable de maintenir en l'air l'appareil malgré son poids), il faut que l'air s'écoule rapidement sur la surface des ailes.

ÉTUDES THÉORIQUES ET PRATIQUES

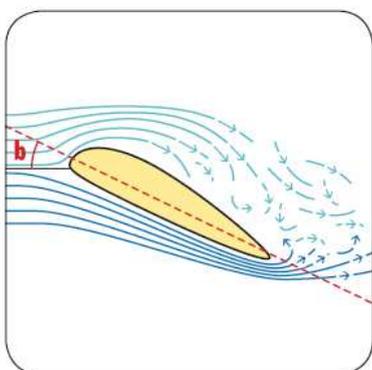
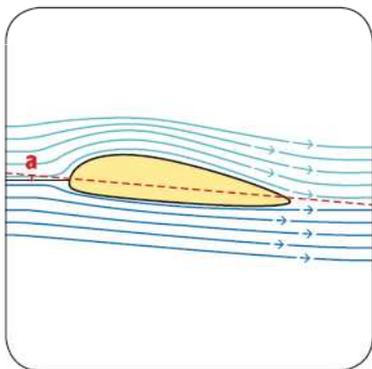
Trois méthodes permettent d'étudier l'écoulement de l'air autour d'une aile : en soufflerie (l'air est projeté sur l'aile immobile), en vol réel (l'avion se déplace dans la masse d'air) ou sur ordinateur (simulation du comportement de l'aile autour de différentes surfaces en utilisant différents modèles).

Le décollage



Un avion subit 4 forces principales

- a** Portance
- b** Poids
- c** Trainée
- d** Traction
- f** Force aérodynamique (F)



- a** Incidence faible
- b** Incidence forte

Dans le mouvement d'une aile dans l'air, vitesse et angle d'attaque de l'aile (incidence) créent des surpressions sous l'aile (intrados) et des dépressions au-dessus de l'aile (extrados). Combinées, ces différences de pression appliquent à l'avion une force aérodynamique **F** quasiment perpendiculaire au profil de l'aile; cette force **F** peut être décomposée en une force perpendiculaire à la vitesse (la portance) et une force opposée à la vitesse (la traînée). Lorsque la portance devient supérieure au poids de l'avion, celui-ci peut décoller grâce à sa vitesse.

VARIATIONS

La densité de l'air étant variable, la portance d'une aile peut augmenter ou diminuer considérablement : un avion arrivé un matin sur un terrain en haute altitude peut ne pas pouvoir repartir l'après-midi car l'air s'est échauffé.

INCIDENCE

Lorsque l'angle d'incidence augmente au-delà d'une certaine valeur, l'air ne s'écoule plus harmonieusement. La portance chute brutalement, l'aile décroche.

Le Cessna 150

Un avion de légende

A - Alfa
B - Bravo
C - Charlie
D - Delta
E - Echo
F - Foxtrot
G - Golf
H - Hotel
I - India
J - Juliett
K - Kilo
L - Lima
M - Mike
N - November
O - Oscar
P - Papa
Q - Quebec
R - Romeo
S - Sierra
T - Tango
U - Uniform
V - Victor
W - Whiskey
X - X-ray
Y - Yankee
Z - Zulu

Alphabet radio international
Les mots ne se ressemblent pas afin de rester compréhensibles en cas de liaison difficile.

Fabriqué à 23 949 exemplaires entre 1959 et 1977, le « 150 » de la société américaine Cessna Aircraft Company a été utilisé par plusieurs générations de pilotes comme avion école. Il reste encore très présent sur les terrains d'aviation du monde entier.

F-BUEJ

Chaque avion possède une immatriculation unique. Celle du présent appareil se dit « Foxtrot-Bravo-Uniform-Echo-Juliett » d'après l'alphabet radio international (qui utilise des mots complets pour désigner les lettres). La première lettre de l'immatriculation correspond au pays où est enregistré l'avion.

DEUXIÈME VIE AU MUSÉE

F-BUEJ est l'un des 1 764 Cessna 150 construits en France par Reims Aviation. Il a été utilisé par l'aéro-club Hispano-Suiza de Pontoise-Cormeilles entre 2001 et 2005. Suite à la déformation de sa structure, il a perdu son certificat de navigabilité (obligatoire pour voler) et a été légué au musée de l'Air et de l'Espace.

Le Cessna 150

Caractéristiques techniques

Le Cessna 150 est un appareil biplace équipé de doubles commandes. Véritable avion de légende répandu sur les aéroclubs du monde entier, il est réputé pour sa simplicité, sa robustesse et sa facilité d'entretien.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

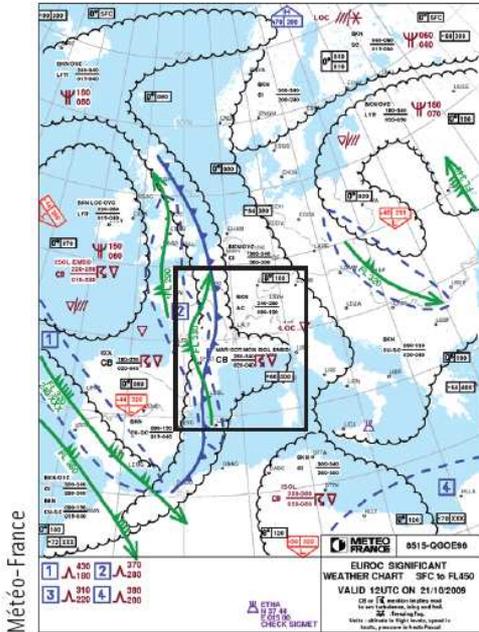
Le Cessna 150 a une masse à vide de 480 kg et peut embarquer jusqu'à 230 kg (passagers, bagages et carburant). En régime de croisière à 8000 pieds (2400 m d'altitude), il vole à 95 nœuds (175 km/h) grâce à un moteur Continental de 100 chevaux fonctionnant à l'essence Avgas 100 LL.

Il consomme entre 22 et 24 litres par heure et dispose de 4 à 6 heures d'autonomie. Capable de décoller et d'atterrir sur de courtes distances, il est adapté à tous les terrains, y compris en herbe.

VISITE PRÉ-VOL

Avant de démarrer son avion, le pilote effectue un tour complet de l'appareil afin de vérifier son bon état général et le bon fonctionnement de toutes les commandes et de tous les équipements.

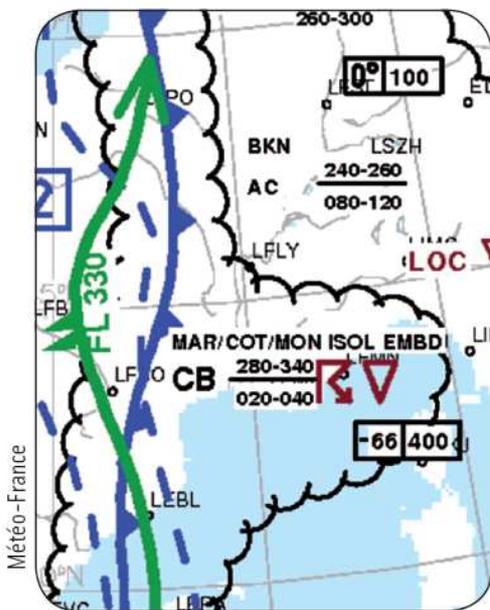
La météorologie



Carte météorologique destinée à l'aviation

L'aviation a joué un rôle prépondérant dans le développement des prévisions météorologiques

L'atmosphère est un milieu qui évolue en permanence. La pression de l'air, la température, l'humidité, la force du vent et la visibilité varient d'un point à un autre et d'une altitude à une autre. Une multitude de facteurs entrent en jeu : les conditions thermiques (éclairage et réverbération du Soleil), la nature du sol, le relief survolé, l'altitude, la latitude... Un avion peut donc rencontrer des conditions météorologiques très changeantes sur sa route.



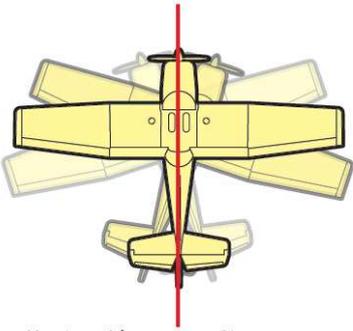
Zoom

UNE CONSIGNE : NE PAS PRENDRE DE RISQUE

La réglementation impose à tout pilote de prendre connaissance des conditions météorologiques de son parcours avant de décoller. La prudence est la règle de base : en cas de visibilité réduite, d'orage, de turbulences ou de difficultés de pilotage, il ne faut pas hésiter à se dérouter ou interrompre son voyage. Dans la réglementation du vol à vue (VFR pour Visual Flight Rules, en anglais), la traversée de nuages est interdite.

Maîtriser sa trajectoire

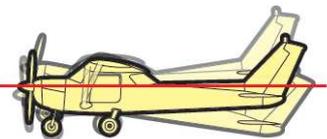
Le Cessna 150
selon les 3 axes



L'avion dérape ou glisse
quand il pivote autour
de l'axe lacet



L'avion s'incline et vire
sur sa gauche ou sa droite
quand il pivote autour
de l'axe de roulis



L'avion monte ou descend
son nez quand il pivote
autour de l'axe de tangage

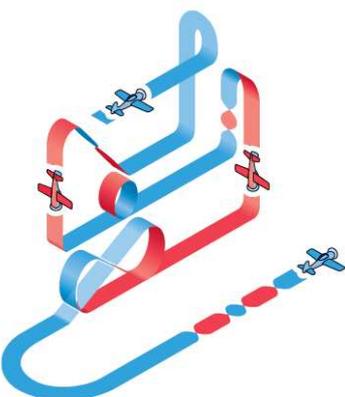


Figure de voltige
Vol normal
Vol dos

Le pilotage d'un avion consiste à diriger son appareil dans les trois dimensions pour aller où l'on veut.

LACET, ROULIS, TANGAGE

Le pilote change de trajectoire à l'aide des commandes de vol qui modifient l'attitude de son avion en s'appuyant sur l'air qui s'écoule :

- la gouverne de direction oriente le nez vers la droite ou la gauche : mouvement de lacet
- les ailerons inclinent l'appareil, ce qui permet à l'avion de tourner (« virer ») : roulis
- la gouverne de profondeur fait monter ou descendre l'avion : tangage.

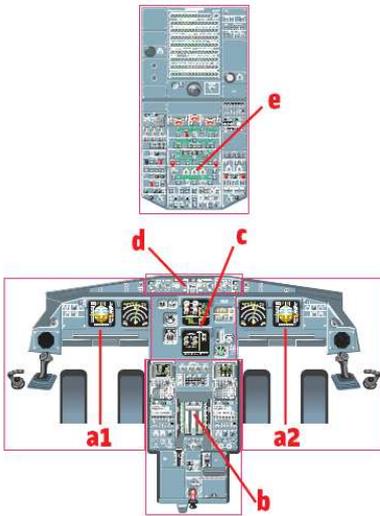
VOLTIGE AÉRIENNE

Les pilotes de voltige sont capables d'effectuer des figures étonnantes (boucles, tonneaux, vrilles...). Ils utilisent des appareils spécifiquement conçus pour supporter de telles acrobaties.

PERMIS DE VOLER

Dans la réalité, il est formellement interdit de passer sous les ponts. Tout contrevenant se verrait retirer sa licence.

Le cockpit



Organisation du poste de pilotage

a1 et **a2** Instruments de navigation et de pilotage

b Commandes moteurs et volets - Fréquences radar et radio **c** Paramètres moteur et/ou traitement des pannes Check-lists **d** Pilotage automatique **e** Action sur les sous-systèmes avion

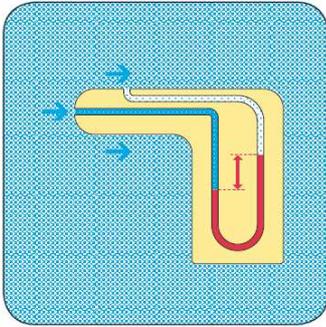
Chaque pilote dispose des commandes et des instruments nécessaires au pilotage de l'avion : minimanche, palonnier mais également deux écrans qui indiquent en permanence la position de l'appareil. Le premier est dédié à la trajectoire (montée, descente, altitude, vitesse, cap) et le second aide à la navigation (route, balises, pistes, images radar et météo).

Les manettes des gaz (une par moteur), les commandes des volets et les réglages de la radio et du radar de l'avion sont situés entre les deux pilotes. Au-dessus se trouvent les écrans de contrôle des moteurs et le pilote automatique. Les commandes des systèmes de l'avion (alimentation électrique, contrôle de la pression, de la température...) sont situées au plafond.

REDONDANCE

Par sécurité, la plupart des sources d'informations sont au moins doublées : les panneaux de gauche et de droite sont identiques mais leurs données sont traitées par des calculateurs indépendants avec des alimentations électriques différentes.

L'anémomètre



Principe de fonctionnement
du tube Pitot



Tube Pitot d'avion de tourisme
(Cessna 150)



Tube Pitot d'avion de chasse
(Rafale)



La vitesse peut être indiquée en nœuds (compteur **a**) ou en km/h (compteur **b**). Les couleurs aident le pilote à respecter les configurations de vol : utilisation des volets (zone blanche), vitesse de croisière (zone verte), zone de prudence (jaune) et vitesse limite (trait rouge).

L'anémomètre est l'instrument qui permet au pilote de connaître en permanence la vitesse de son avion.

Cette information est obtenue grâce au tube Pitot, dérivé d'un appareil de mesure de l'écoulement des fluides mis au point au XVIII^e siècle par le Français Henri Pitot. Fixé sur le nez ou sous les ailes de l'appareil, il mesure la différence de pression entre l'air ambiant (statique) et l'air qui entre dans un tube conique (dynamique).

La vitesse est donc calculée par rapport à l'air qui entoure l'avion et non par rapport au sol. Les avions de ligne disposent de 2 ou 3 tubes Pitot.

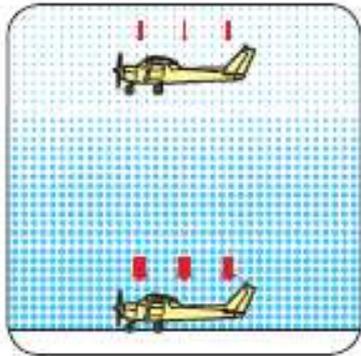
UNITÉ DE MESURE

La vitesse d'un avion s'exprime en nœuds (kt) et la distance se mesure en milles nautiques (NM). Un avion qui vole à 100 kt parcourt 100 NM en 1 heure. 1 NM valant 1 852 m, cela correspond à 185 km/h.

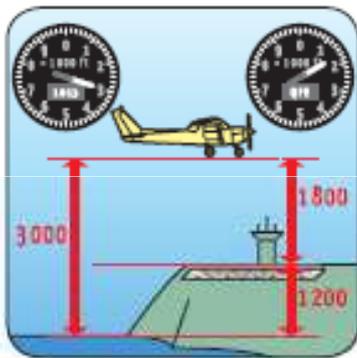
VITESSES LIMITES

Suivant les phases de vol, le pilote doit respecter des vitesses limites, minimales ou maximales. Elles permettent d'évoluer en toute sécurité.

L'altimètre



Pression de l'air



L'altimètre est l'instrument qui permet au pilote de connaître en permanence l'altitude de son avion.

Cette information est obtenue en comparant la pression de l'air extérieur avec une pression de référence.

La pression atmosphérique diminuant avec l'altitude, l'écart mesuré est converti en hauteur.

En vol, l'altimètre est calé sur la pression standard au niveau de la mer (1 013 hPa).

Cela permet à tous les avions en vol d'utiliser la même référence d'altitude.

Pour atterrir en toute sécurité, l'altimètre est ajusté à la pression de l'air au sol QFE, dont la valeur est communiquée au pilote par la tour de contrôle.

UNITÉ DE MESURE

L'altitude d'un avion se mesure en pieds (ft), 1 pied équivalant à 0,3048 m.

Pour que les avions ne volent pas tous à la même altitude, ils sont répartis sur plusieurs niveaux de vol (FL pour *Flight Level*, en anglais), qui désignent l'altitude sans les deux derniers zéros.

Ainsi, un avion situé au «FL 80» vole à 8 000 pieds (environ 2 400 m).

Le compas



Compas aéronautique

Le compas est l'instrument qui permet au pilote de choisir une direction et de la conserver en vol pour atteindre la destination de son choix avec précision. Cette direction est définie par rapport au nord magnétique.



Service de l'Information Aéronautique

Carte aéronautique

On utilise la boussole pour se diriger sur terre et le compas lorsqu'on se trouve en mer ou dans l'air. Le compas est en fait une boussole équipée d'une ligne de foi, gravée sur l'instrument. Ce repère parallèle à l'axe de l'avion indique alors en permanence la direction suivie : le cap. D'où l'expression fréquente en aviation : « tenir son cap ».

EN SAVOIR PLUS

Le compas indique la direction du nord magnétique sur le plan horizontal et permet la mesure d'angles horizontaux par rapport à cette direction. Il est gradué de 0° à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre. 0° et 360° indiquent le nord, 90° l'est, 180° le sud et 270° l'ouest.

L'horizon artificiel



A. McMahon

Un Cessna 172 en virage à droite et incliné à 30°. L'horizon artificiel est parfaitement aligné sur l'horizon réel.

L'horizon artificiel est l'instrument qui permet au pilote de connaître en permanence la position de son avion par rapport au sol, même si les conditions de visibilité sont nulles (intempéries, vols de nuit).

C'est un élément de sécurité très précieux car, sans repère visuel (naturel ou artificiel), un pilote ne remarque pas forcément que son avion est en train de descendre ou de monter (contrôle de l'assiette) ou en train de virer à droite ou à gauche (inclinaison).



A. McMahon

Zoom

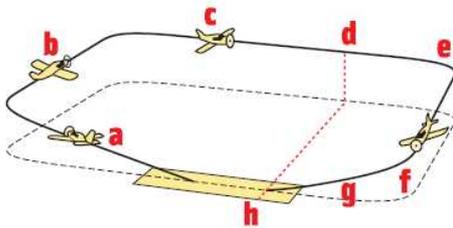
CHECK-LIST

Avant le décollage, le pilote aligne l'horizon artificiel sur l'horizon réel. En vol, indépendamment des mouvements de l'avion, l'instrument indique la ligne d'horizon. C'est une référence sûre.

EN SAVOIR PLUS

Un long apprentissage est nécessaire pour piloter en toute sécurité avec seulement un horizon artificiel. Les pilotes professionnels sont qualifiés pour ce type de pilotage et passent régulièrement des examens de contrôle.

Le tour de piste



Tour de piste type de petit terrain d'aviation générale

- a** Montée
- b** Vent de travers
- c** Vent arrière
- d** Travers seuil de piste
- e** Base
- f** Dernier virage
- g** Finale
- h** Seuil de piste

Le tour de piste constitue l'exercice de formation le plus perfectionné pour maîtriser le pilotage. L'élève pilote doit emprunter un circuit qui rassemble l'ensemble des situations autour d'un aérodrome : la montée initiale (décollage), le vent de travers (trajectoire perpendiculaire à la piste), le vent arrière (trajectoire parallèle à la piste et en sens contraire), la base (symétrique au vent de travers) et la finale (atterrissage).

LE SENS DE LA PISTE

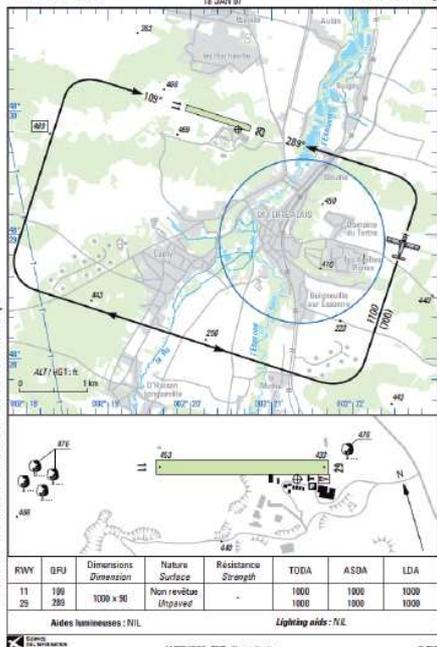
Une piste a deux directions possibles. On utilise celle qui est la plus face au vent afin d'optimiser les performances des avions au décollage comme à l'atterrissage.

EN SAVOIR PLUS

Lorsqu'un aérodrome comporte plusieurs pistes, celles-ci sont numérotées en fonction de leur orientation par rapport au nord magnétique. Ainsi, une piste orientée à 270° porte le numéro 27. Lorsque la direction du vent s'inverse, son entrée porte le numéro 09 ($360^\circ - 270^\circ = 90^\circ$).

LA FERTE ALAIS
AD2 LFFQ ATT 01

ATERRISSAGE A VUE
Visual landing



Extrait de carte du tour de piste de l'aéroport de la Ferté Alais

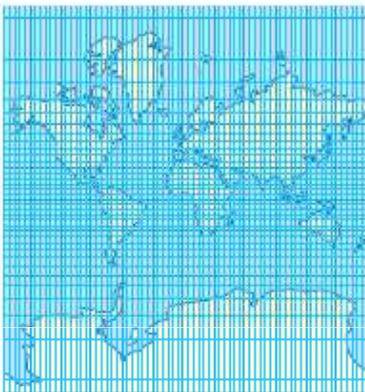
Destination



Projection de Lambert :
les angles sont respectés
mais pas les distances.

Dans un plan, la ligne droite constitue le plus court chemin entre deux points; sur une sphère, c'est l'arc de grand cercle qui passe par ces deux points.

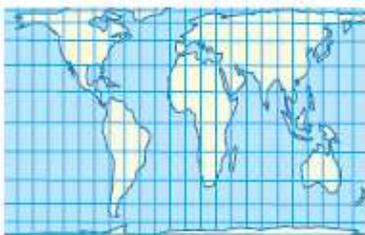
On parle de distance orthodromique ou, plus communément, d'une distance à vol d'oiseau. Pour se rendre d'un aéroport à un autre, un avion s'efforce d'emprunter l'orthodromie correspondante.



Projection de Mercator :
les angles sont respectés
mais pas les surfaces,
ni les distances.

PROJECTION D'UNE SPHÈRE SUR UNE CARTE

Il est impossible de projeter une sphère sur une carte sans lui faire subir des déformations comme il est impossible d'étaler une peau d'orange sur un plan sans la déchirer. Plusieurs types de projection sont possibles mais toutes présentent des défauts: les angles et/ou les surfaces ne sont pas conservés. Les cartes utilisées restent correctes dans les zones traversées.



Projection de Peters :
les surfaces sont respectées
mais pas les distances,
ni les angles.

UTILISATION EN VOL

La plupart des cartes utilisées par les pilotes de ligne utilisent la projection conique conforme de Lambert. Élaborées au XVIII^e siècle, elles respectent les angles et les distances sont assez peu altérées. Les cartes Mercator sont utilisées pour les routes polaires.



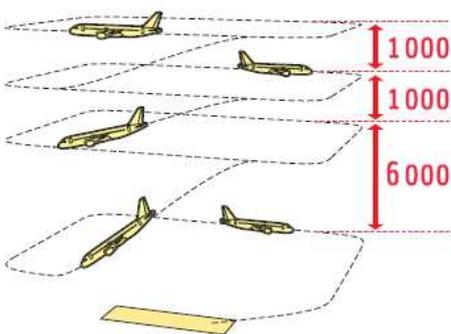
Projection de Fuller :
localement, les angles et
les distances sont respectées
approximativement.

La vigie



J. Burio / Aéroports de Paris

Un contrôleur aérien peut prendre en charge 7 à 10 avions en même temps, 50 à 100 km avant leur atterrissage.



En cas de trafic intense, le contrôleur peut ouvrir des circuits d'attente dans lesquels les avions vont attendre en décrivant des hippodromes (appelés stacks).

La vigie d'un aéroport est installée en hauteur pour bénéficier d'une vue d'ensemble des installations et des mouvements au sol mais aussi pour surveiller l'horizon le plus loin possible, sur 360°. Elle peut ainsi organiser la circulation aérienne (gérer l'ordre des décollages et des atterrissages, l'utilisation des pistes...) et éviter les collisions (entre les aéronefs en vol et au sol, avec des véhicules...). Elle renseigne les pilotes sur les conditions de vol (météorologie, trafic...) et, en cas de besoin, contacte et dirige les mouvements des services d'intervention concernés.

L'EXEMPLE DE PARIS-CHARLES DE GAULLE

Avec 800 départs et 800 arrivées en moyenne par jour, l'aéroport de Paris-Charles de Gaulle est le seul en Europe à compter trois tours de contrôle, afin de gérer quatre pistes, de jour comme de nuit.

Etre pilote

Le pilotage d'un avion de ligne moderne est assuré par deux personnes : un commandant de bord et un officier pilote (le copilote). Leur mission commence dès la préparation du vol (1 h 15 minimum avant le décollage).



P. De lafosse / Air France



G. Grandin / Air France



G. Grandin / Air France

PRÉPARATION DU VOL

Après s'être renseignés sur les conditions du parcours (météorologie) et le chargement de l'avion (passagers, bagages et fret), les pilotes définissent la manière dont va se dérouler le vol : route, altitude, carburant nécessaire...

DE NOMBREUSES INFORMATIONS À GÉRER

En plus du pilotage et du contrôle de l'appareil, les pilotes sont en liaison avec les hôtesses et les stewards, avec les contrôleurs aériens au sol et avec le centre de contrôle opérationnel de la compagnie.

Y'A-T-IL UN PILOTE DANS L'AVION ?

À l'avance, les pilotes programment le pilote automatique, géré par ordinateur. À tout moment, ils peuvent reprendre les commandes manuelles.

Etre passager

Chaque année, des dizaines de millions de passagers empruntent les lignes aériennes commerciales qui peuvent atteindre des distances de 15 000 km. Les plus gros avions (dits gros porteurs) emportent plusieurs centaines de passagers (de 219 sièges sur un Airbus A330-200 à 840 sur l'A380-800).



DES GAMMES DE CONFORT ET DE SERVICE

Les vols long-courriers offrent généralement trois classes de confort. Du plus cher au moins cher : première classe, classe affaires et classe économique. Les places de première sont le plus souvent situées à l'avant de l'appareil et au pont supérieur des appareils à double pont. Elles offrent le plus grand espace disponible par passager et le service en vol le plus complet.

DES DISTRACTIONS À BORD

Pour les voyages de plusieurs heures, les passagers disposent de sièges confortables et profitent de distractions : journaux, musique, films, Internet... Ils peuvent se dégourdir les jambes, boire et manger régulièrement, aller aux toilettes.

Charger les bagages

Les passagers n'emportent en cabine que des bagages à main de petite taille : leurs valises et les colis volumineux doivent voyager en soute, située sous le plancher de l'avion.

Après l'enregistrement du vol, les bagages empruntent un tapis roulant, sont contrôlés puis placés dans des containers de transport, eux-mêmes acheminés jusqu'à l'avion à l'aide de chariots. Les bagages en vrac et les animaux vivants sont chargés en soute à l'aide de tapis roulants. Le « fret », arrimé sur palettes, et les containers à bagages sont chargés à l'aide de plate-formes élévatrices.



C-L Havet / Air France

RÉPARTITION DU POIDS

La position et la masse des différentes charges dans les soutes doivent être parfaitement connues, afin de respecter les limites de centrage et de charge que peut supporter l'avion.

ANIMAUX AUTORISÉS

Les compartiments à bagages situés dans la soute de l'avion sont en général pressurisés et leur température est contrôlée. Cela permet notamment d'y faire voyager des animaux.

Charger les vivres

Durant le vol, des petites collations ou des repas complets peuvent être proposés aux passagers sous forme de plateaux repas. Ils sont préparés à l'avance au sol par des sociétés de « catering » et conservés au froid. Ils sont chargés dans les cuisines de l'avion (les « galleys ») pendant l'embarquement. En vol, les repas peuvent être réchauffés avant d'être servis aux passagers.



S. Cambon / Air France

Plateau repas voyageur sur un vol Paris-Pékin d'Air France



S. Cambon / Air France

2 520 REPAS POUR UN SEUL VOL

Les repas et les boissons pour tous les occupants du vol doivent être embarqués avant le décollage. Imaginons un Airbus A380 avec 840 passagers qui réalise un vol long courrier comportant 3 repas : cela représente plus de 2 500 repas, soit l'équivalent de la population d'une petite ville !

SÉCURITÉ, TOUJOURS

Afin d'éviter que les deux pilotes tombent malades en cas d'intoxication alimentaire, leurs plateaux repas sont différents.

Le camion avitailleur

Carburant nécessaire pour un vol Paris-Charles de Gaulle (France)-Bangkok (Thaïlande)

Temps de vol :

10 h 40 (sans escale)

Distance au sol :

9 815 km (5 300 nautiques)

Appareil utilisé :

Airbus A340-400

Nombre de passagers : 236

Carburant pour l'étape : 71,5 t

Carburant pour la réserve route :

2,1 t (3% réglementaires)

Carburant pour le roulage :

0,5 t (20 minutes)

Carburant pour l'attente

(30 min réglementaires) : 2,6 t

Carburant pour le déroutement

vers un autre aéroport : 1,5 t

Total carburant :

78,2 t (minimum) soit environ

4 l aux 100 km/passager

Masse de l'avion au décollage :

241 t

Masse maximum de l'avion

à l'atterrissage : 169 t

Les réacteurs des avions de ligne consomment du kérosène (ou « Jet A1 »), un carburant dérivé du pétrole. Il est utilisé en particulier du fait de son point de congélation très bas (-47°C), nécessaire au vol en altitude.

PRÉVOIR SA CONSOMMATION

La quantité de carburant nécessaire au vol est déterminée à la préparation du vol en fonction de plusieurs paramètres : type d'avion, masse prévue au décollage, distance, force des vents...

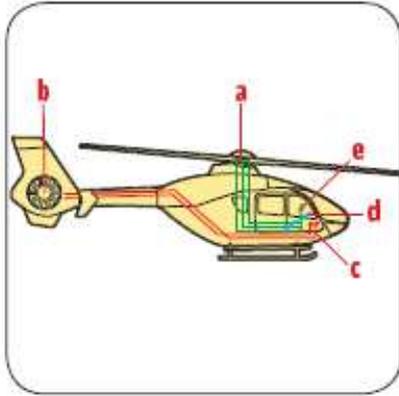
Elle doit permettre d'aller à destination, de rejoindre un terrain de dégagement ou même d'attendre en l'air si la situation l'exigeait. Le commandant de bord valide cette estimation.

LE PLEIN, S'IL VOUS PLAÎT !

Selon les aéroports, le kérosène est approvisionné par camion ou par réseau souterrain jusqu'à l'avion.

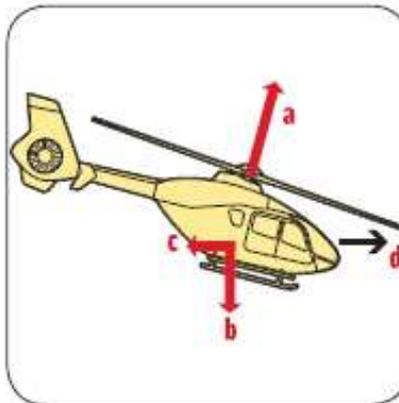
Le carburant est réparti dans plusieurs réservoirs séparés. Cela permet de maintenir un centrage correct au cours du vol et de limiter les pertes en cas de fuite.

Hélico-pédalo



Les principales commandes d'un hélicoptère

- a Rotor principal
- b Rotor de queue
- c Palonnier
- d Manche collectif
- e Manche cyclique



- a Portance
- b Poids
- c Traînée
- d Mouvement résultant

À la différence des avions dont les ailes sont fixes, l'hélicoptère est équipé d'une voilure dite tournante: le rotor principal. Horizontal, il est composé de 2 à 8 pales profilées. Sa mise en rotation rapide et son inclinaison possible assurent à la fois la sustentation et la propulsion pendant toutes les phases du vol.

DES DÉPLACEMENTS DANS TOUTES LES DIRECTIONS

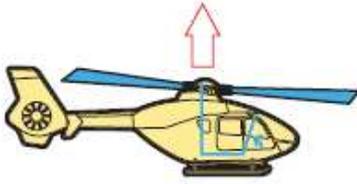
L'hélicoptère est capable de se déplacer dans les airs mais aussi d'effectuer des mouvements impossibles pour un avion classique : s'élever ou descendre presque à la verticale sans avoir pris de vitesse horizontale, effectuer du sur-place (vol stationnaire) et voler à reculons.

ROTOR DE QUEUE

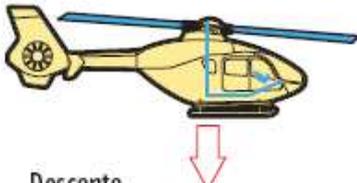
Afin d'éviter que les pales provoquent une rotation de la cabine en sens contraire à leur propre mouvement, l'hélicoptère est le plus souvent équipé d'un petit rotor supplémentaire (vertical).

En plus de stabiliser la cabine, il permet de diriger la cabine dans la direction désirée.

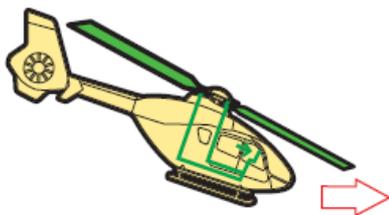
Le rotor



Montée
Quand on augmente l'incidence des pales, la portance augmente et l'hélicoptère monte.



Descente
Quand on diminue l'incidence des pales, la portance diminue et l'hélicoptère descend.



Vol en avant
Le pas cyclique incline davantage les pales sur l'arrière.



Vol latéral
Le pas cyclique incline davantage les pales sur un côté.

Ce mécanisme est un véritable rotor d'hélicoptère Alouette II. Les commandes qui peuvent être actionnées permettent de faire monter ou descendre l'appareil (pas collectif) et de le faire avancer ou tourner (pas cyclique).

PAS COLLECTIF/PAS CYCLIQUE

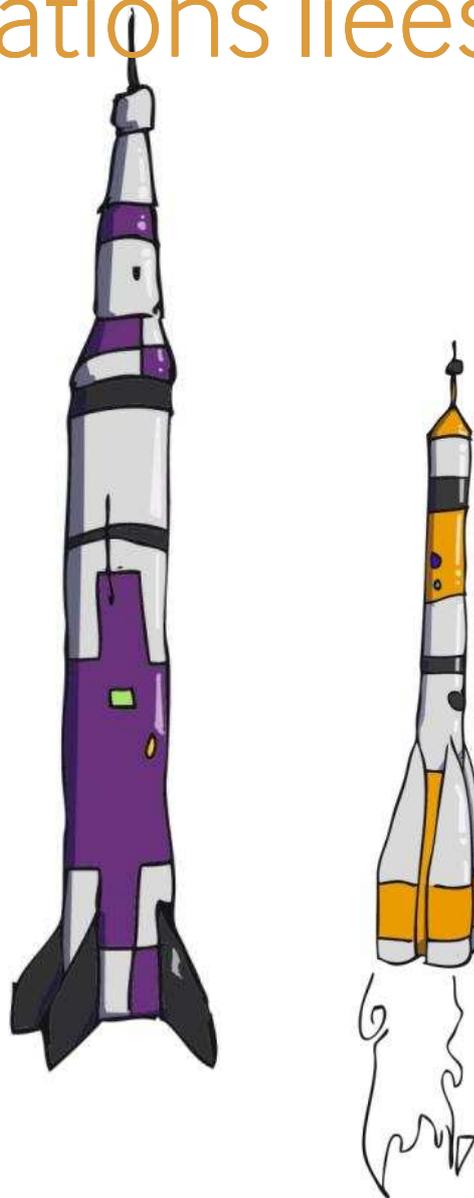
Lorsque le pilote tire sur le manche du pas collectif, il fait varier en même temps l'inclinaison de toutes les pales du rotor: la portance change et l'appareil monte ou descend.

Lorsque le pilote actionne le manche du pas cyclique, il modifie l'inclinaison de chaque pale en fonction de sa position autour de l'axe de rotation: la portance est déséquilibrée et l'appareil s'incline. Cette commande complexe explique le coût d'achat et d'entretien élevé d'un hélicoptère.

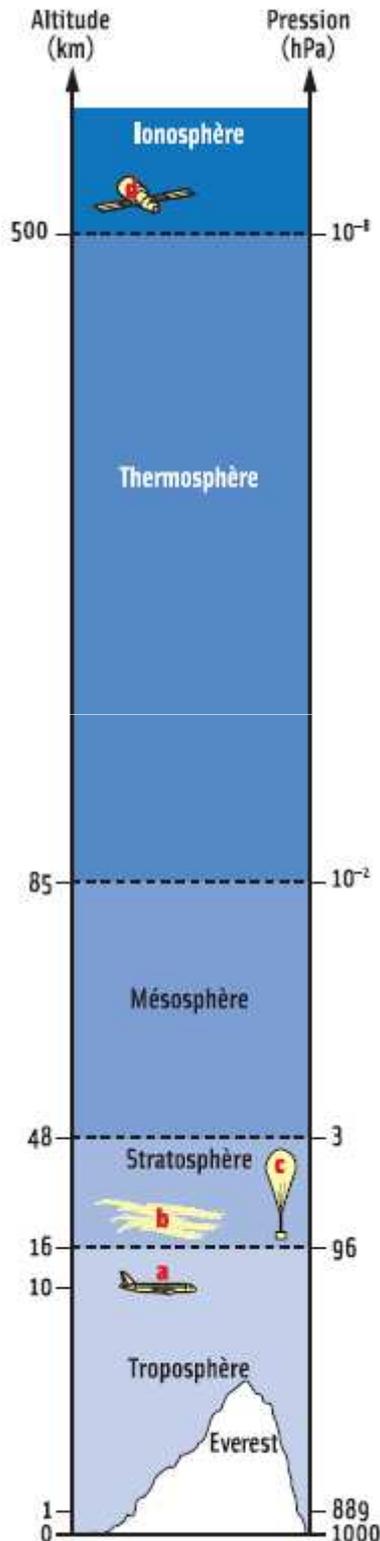
LIMITES DE L'HÉLICOPTÈRE

Outre sa complexité et ses coûts, l'hélicoptère souffre de quelques défauts par rapport à l'avion: sa vitesse de déplacement reste limitée (de 100 à 300 km/h), son rayon d'action est beaucoup plus réduit (moins de 1 000 km).

Manipulations liées à l'espace



Vider l'air



Courbe de l'atmosphère

- a** Avion de ligne
- b** Nuages nacrés
- c** Ballon sonde
- d** Station orbitale

L'atmosphère est la fine couche de gaz qui entoure notre planète. Son épaisseur est d'environ 500 km (le rayon de la Terre est de 6 370 km).

Essentiellement composée d'azote (78%) et d'oxygène (21%), l'atmosphère ne se disperse pas dans l'espace car elle est entraînée dans le mouvement de rotation de la Terre. Sa densité diminue à mesure que l'on s'éloigne du sol car la pression diminue avec l'altitude. Ainsi, on considère que 99 % de la masse de l'atmosphère est concentrée dans les 50 premiers kilomètres. Le nombre de particules par centimètre cube, qui atteint $2,6 \times 10^{19}$ (26 milliards de milliards) dans l'air, au niveau de la mer, n'est plus que de 0,1 dans l'espace interplanétaire.

PAS SI VIDE

En dépit de son vide apparent, l'espace interstellaire recèle beaucoup de matière sous forme de micrométéorites et de poussières (débris cométaires) et il est traversé par des nombreux rayonnements (électromagnétiques, cosmiques...).

Hélice ou moteur-fusée



T. Wang

À l'aide de ses pales profilées, une hélice tournant dans l'air entraîne rapidement vers l'arrière une importante masse d'air, ce qui assure sa propulsion en sens inverse selon le principe d'action-réaction. En l'absence d'air, l'hélice continue de tourner « dans le vide » mais ne peut plus avancer car elle ne dispose plus de molécules d'air à déplacer.

Un moteur fusée, lui, éjecte rapidement et en grande quantité des gaz issus d'une combustion. La fusée embarquant à la fois son carburant et son comburant (qui permet la combustion du carburant), elle fonctionne aussi bien dans l'air que dans le vide.



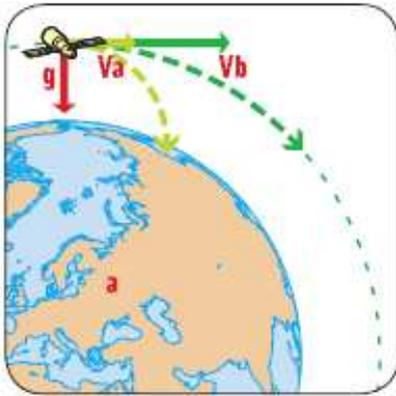
ONES / ESA / Arianespace / CSG Service Optique

Haut de 3 mètres, le moteur Vulcain d'Ariane 5 fonctionne durant 10 minutes. Il brûle 170 tonnes d'ergols avec un débit de 176 litres à la seconde

LIMITES DU VOL ATMOSPHÉRIQUE

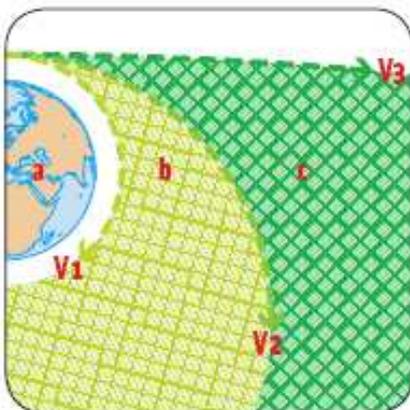
À mesure que la vitesse d'un engin en vol augmente, il rencontre une résistance de l'air plus importante. Cela devient problématique à l'approche de la vitesse du son (1 224 km/h dans l'air à 15°C), que seuls les avions de chasse dépassent aujourd'hui.

Mise sur orbite



- a** Terre
- g** Attraction terrestre
- Va** Vitesse horizontale inférieure à 28 500 km/h
- Vb** Vitesse horizontale égale à 28 500 km/h

Pour « vaincre » l'attraction terrestre et parvenir à envoyer un objet dans l'espace sans qu'il retombe sur Terre, il faut lui donner une très grande vitesse horizontale en inclinant très fortement sa trajectoire. C'est la fonction de la fusée, également appelée lanceur.



- Vitesses cosmiques**
- a** Terre
- b** Satellites sur orbite terrestre
- c** Sondes interplanétaires
- V₁** = 28 500 km/h
- V₂** = 40 300 km/h
- V₃** = 59 800 km/h

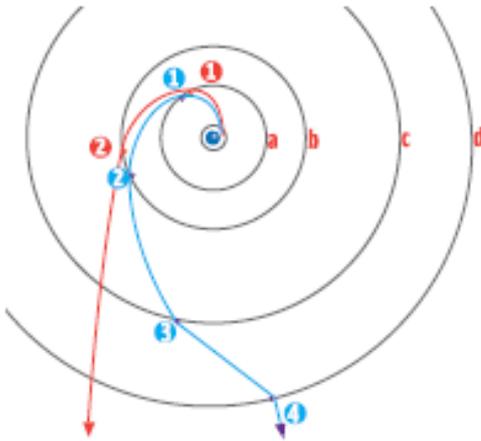
UN PEU DE THÉORIE

- On distingue trois vitesses cosmiques :
- la première (28 500 km/h) permet de satelliser un objet autour de la Terre, dont l'attraction reste prépondérante;
 - la deuxième vitesse cosmique (40 300 km/h) permet de quitter l'environnement terrestre, tout en restant satellite du Soleil, dont l'attraction est devenue dominante;
 - la troisième vitesse cosmique (59 800 km/h) permet de s'échapper du système solaire.

VOCABULAIRE

Un objet placé autour de la Terre est appelé satellite artificiel ; un engin lancé vers une autre planète du système solaire, vers une comète ou destiné à étudier le milieu interplanétaire sera dénommé sonde planétaire, cométaire ou interplanétaire.

La gravitation



Billard cosmique :

les sondes Voyager 1 et 2 ont pu atteindre des planètes lointaines grâce à l'assistance gravitationnelle de Jupiter

- a** Jupiter
- b** Saturne
- c** Uranus
- d** Neptune

Voyager 1

- 1** Mars 1979
- 2** Novembre 1980

Voyager 2

- 1** Juillet 1979
- 2** Août 1981
- 3** Janvier 1986
- 4** Août 1989

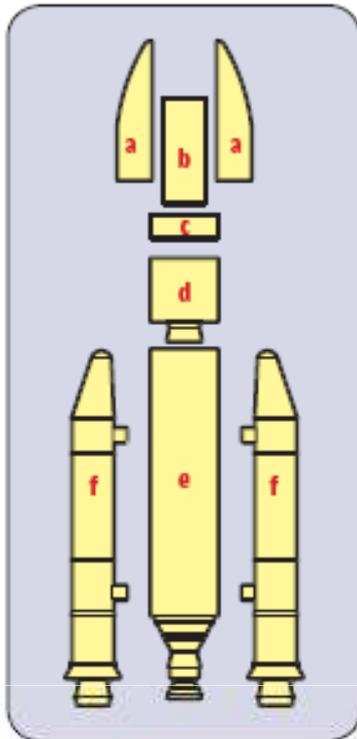
Dans l'espace comme ailleurs, les corps s'attirent. Soit ils tournent les uns autour des autres, soit ils tombent les uns sur les autres. C'est la loi de la gravitation universelle.

Ce phénomène fait tourner les planètes autour du Soleil, ainsi que la Lune et les satellites artificiels autour de la Terre. Dans le vide, un objet peut tourner autour d'un autre indéfiniment, si rien ne le dévie de sa trajectoire. Les satellites artificiels placés sur une orbite basse autour de la Terre sont légèrement freinés par le peu d'air qui subsiste à ce niveau : à la longue, ils finissent par tomber.

EN SAVOIR PLUS

La vitesse d'un satellite est d'autant plus grande qu'il est proche de l'astre qui l'attire. Un engin spatial ne retombe pas fatalement sur une planète : on peut aussi le faire changer de trajectoire. Où qu'on soit dans l'Univers, on est forcément sensible à l'effet de la gravitation, même si elle est très faible. On est toujours en mouvement dans l'espace !

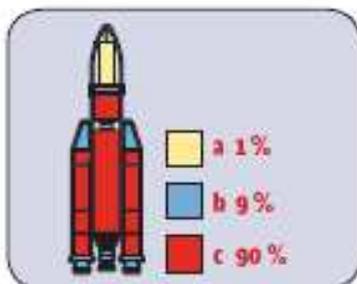
Anatomie d'une fusée



- a Coiffe
- b Charge utile
- c Case à équipements
- d Étage supérieur
- e Étage principal
- f Étages d'accélération

Mesurant 50 m de haut en moyenne, les grosses fusées sont composées de plusieurs étages cylindriques, équipés de leurs propres réservoirs et de leurs propres moteurs. Les réservoirs sont remplis d'ergols (poudre ou liquides), qui constituent 90 % de la masse totale de la fusée au décollage.

Les étages sont utilisés les uns après les autres ou simultanément. Ils sont largués lorsqu'ils sont vides, ce qui permet un gain de poids. Les satellites embarqués (appelés charge utile) sont placés au sommet de la fusée. Ils sont protégés par une coiffe pendant la traversée de l'atmosphère.



- a La charge utile embarquée d'une fusée représente environ 1 % de sa masse totale
- b La structure de la fusée en représente 9 %
- c Les ergols (combustibles) en représentent 90 %

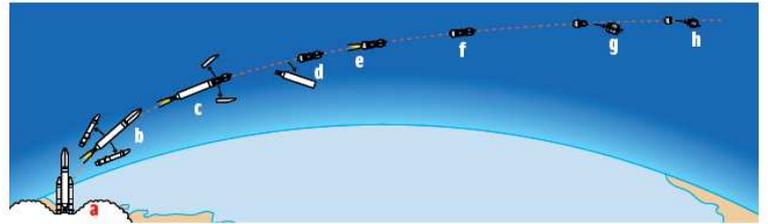
EN SAVOIR PLUS

À la différence de la navette spatiale, les fusées actuelles ne servent qu'une seule fois et aucun de leurs éléments n'est réutilisé pour des raisons économiques et techniques.

La masse des satellites géostationnaires lancés par Ariane 5 atteint 10 tonnes, soit l'équivalent d'un autobus d'une capacité d'une centaine de passagers.

La mission d'une fusée

La mission d'une fusée est de placer sur orbite un ou plusieurs satellites.



EN SAVOIR PLUS

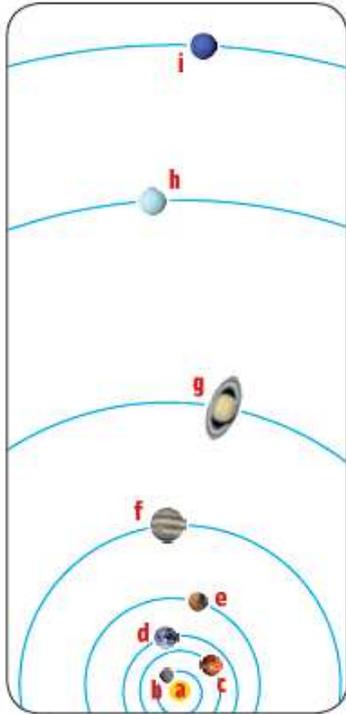
Le dernier étage de la fusée est satellisé sur la même orbite temporaire que sa charge utile et tombera ultérieurement. La charge utile sera placée sur son orbite opérationnelle définitive quelques jours plus tard par son propre moteur.

CHRONOLOGIE D'UN LANCEMENT DOUBLE PAR UNE ARIANE 5 ECA

Lancement des satellites Hot Bird 9 et Eutelsat W2M (décembre 2008).

	Temps	Evènement	Altitude (km)	Vitesse (km/h)
a	H0	Allumage de l'étage principal	0	0
	H0+7s	Allumage des étages d'accélération	0	0
	H0+7,3s	Décollage de la fusée	0	0
	H0+12,5s	Basculement de la fusée	0,085	130
b	H0+2min20s	Basculement de la fusée	65	7 124
c	H0+3min16s	Largage de la coiffe	105	7 981
d	H0+9min3s	Séparation de l'étage principal	160	24 858
e	H0+9min7s	Allumage de l'étage supérieur	160	24 865
f	H0+24min55s	Extinction de l'étage supérieur	708	33 508
g	H0+26min44s	Largage du satellite Hot Bird 9	987	35 677
h	H0+32min10s	Largage du satellite W2M	2 068	30 722
	H0+47min32s	Fin de mission de la fusée	5 911	22 619

Le système solaire



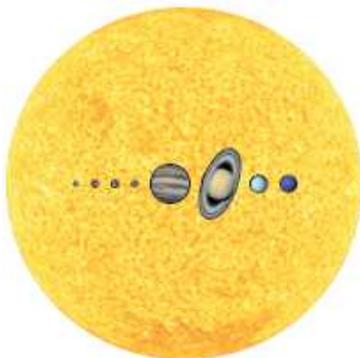
Échelle des distances dans le système solaire

La Terre se trouve à environ 150 millions de kilomètres du Soleil, soit 30 fois plus près que Neptune.

a Soleil **b** Mercure **c** Vénus
d Terre **e** Mars **f** Jupiter
g Saturne **h** Uranus **i** Neptune

Une étoile est une boule de gaz de grande taille, très massive et très dense. Elle produit matière et rayonnement. Autour d'elle peuvent tourner des planètes, astres plus petits composés de roches ou de gaz froids.

Notre étoile, le Soleil, est entourée de 8 planètes. Mercure, Vénus, la Terre et Mars sont des planètes telluriques (avec un sol et parfois une atmosphère). Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune sont constituées de gaz condensés.



Tailles des planètes du système solaire

Le diamètre du Soleil est 109 fois supérieur à celui de la Terre. En volume, cela signifie qu'il pourrait contenir l'équivalent de 1,3 million de globes terrestres.

DES SATELLITES PAR DIZAINES

Toutes les planètes (sauf Mercure et Vénus) possèdent des satellites naturels, corps encore plus petits qui tournent autour d'elles. Leurs compositions sont très variées. La Terre compte un seul satellite naturel (la Lune), tandis que Saturne en compte plus de 50.

EN SAVOIR PLUS

Le Soleil représente plus de 99,8 % de la masse totale du système solaire.

La station spatiale

Où est le haut ?



Nasa

À bord d'une station satellisée autour de la Terre, la pesanteur est fortement réduite par rapport à celle ressentie normalement sur Terre (on parle de micro-pesanteur). Les passagers et les objets se trouvent dans un état de chute permanente. Leur poids ne se fait plus sentir.

AMUSANT MAIS PAS TOUJOURS FACILE À VIVRE

Il faut prendre appui sur les parois pour se déplacer et les objets doivent être fixés pour ne pas s'envoler et se perdre. Les membres d'équipage peuvent être victimes du « mal de l'espace » ou avoir du mal à dormir. Un sol et un plafond sont définis arbitrairement afin qu'ils ne soient pas totalement désorientés.

AVERTISSEMENT

Le sas de notre maquette tourne pour évoquer la confusion entre plafond et plancher. Mais, jusqu'à présent, les véritables stations orbitales ne tournent pas sur elles-mêmes et ne peuvent bénéficier d'une pesanteur artificielle, créée par force centrifuge. Cela nécessiterait des moyens considérables et ne s'avère pas vital pour les séjours de quelques mois actuellement réalisés sur orbite.

La station spatiale Comme un atlas géant



« Par le hublot, quand on regarde la Terre, on aperçoit à peu près un quart de sa surface, ce qui est suffisant pour constater qu'elle est ronde. On peut voir toute l'Italie d'un seul coup d'œil ».

Jean-Pierre Haigneré,
astronaute français

Sans nuages, il est assez facile d'identifier les paysages survolés. Chaque continent possède en effet ses propres couleurs et la plupart des régions du globe se reconnaissent rapidement grâce à leurs caractéristiques naturelles : côtes, grands fleuves, montagnes, forêts et déserts. La nuit, l'éclairage urbain se distingue très bien et les grandes agglomérations se reconnaissent de loin.

REGARD TOURNÉ VERS L'ESPACE

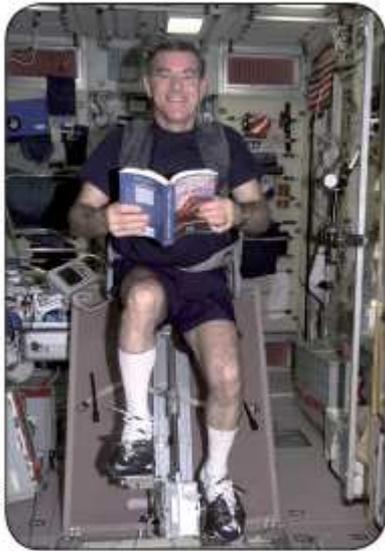
Au-delà des nuages, le ciel reste noir. Vue d'une altitude de 400 km, la Lune n'apparaît pas plus grosse que depuis la Terre. Tout comme le Soleil, elle apparaît et disparaît 16 fois par jour (du fait de la rotation de la station autour de la Terre).

SI FRAGILE

Du spectacle de la Terre vue « d'en haut », les astronautes rapportent des clichés magnifiques. Ce sont autant des messages de paix (la plupart des frontières sont invisibles) que des encouragements à protéger notre planète (marquée de taches et de cicatrices provoquées par l'activité humaine).

La station spatiale

Garder la forme



L'état de micropesanteur entraîne des modifications importantes sur l'organisme :

- le sang est redistribué vers le haut du corps
- l'oreille interne et l'équilibre sont fortement perturbés
- les os souffrent de décalcification en cas de séjour prolongé
- les muscles s'atrophient.

Les astronautes sont généralement malades lors des premiers jours de vol et souffrent souvent du dos. Leur taille augmente de plusieurs centimètres, du fait de la disparition de pression sur les disques intervertébraux. Elle revient à la normale en quelques jours après le retour sur Terre.

ENTRETIEN PHYSIQUE

Dès qu'une mission spatiale dépasse 2 semaines, l'équipage doit pratiquer 2 heures de sport par jour en moyenne. En particulier, il effectue des séances de vélo ergométrique (sans roue) ou de tapis roulant avec harnais élastiques afin de faire travailler les jambes qui ne sont plus utilisées.

RETOUR SUR TERRE

Malgré ces exercices, la réadaptation à la pesanteur terrestre dure plusieurs semaines. La natation est notamment un bon moyen pour remuscler le dos.

La station spatiale

Se nourrir



Les repas d'une mission spatiale sont constitués sur Terre avant le départ des équipages, en fonction des goûts de chacun. Afin de pouvoir être stockée plusieurs mois, de prendre le moins de place possible et de peser un minimum au décollage, la nourriture est lyophilisée.



Elle sera «reconstituée» en ajoutant de l'eau froide ou chaude, tout comme les boissons (jus de fruits, café et thé). Cette eau est en partie régénérée à partir de l'eau de condensation récupérée. Afin de rester compacts et ne pas se disperser à travers l'habitacle, les plats sont souvent gélatineux. Les aliments qui s'émiettent sont évités, pour protéger notamment les yeux et les voies respiratoires.

UN MOMENT DE CONVIVIALITÉ

Les repas constituent des moments privilégiés pour les spationautes, qui se rassemblent autour de la table à manger située dans la partie «vie» de la station. Les nouveaux arrivants apportent toujours avec eux des fruits frais.

La station spatiale

Dormir debout



À bord d'une station qui boucle un tour de Terre en 90 minutes, la nuit tombe ou le jour se lève toutes les 45 minutes. On vit à l'heure du centre de contrôle au sol. La journée de travail dure généralement 12 heures. Le reste du temps est consacré au sommeil (8 heures), aux repas, à la toilette et aux loisirs. Lors des séjours de courte durée, le travail est plus intense et peut occuper jusqu'à 16 heures par jour.



La cabine du commandant de la station spatiale internationale

CHAMBRE AVEC VUE SUR LA TERRE

Pour les équipages de longue durée, des espaces privés sont prévus, parfois équipés d'un hublot. Chacun peut personnaliser la cabine à son gré. On se sangle généralement dans un sac de couchage, le long d'une paroi. On se protège de la lumière qui varie avec des masques de sommeil. On s'isole du bruit ambiant (provoqué par les systèmes de ventilation et les appareils fonctionnant en permanence) avec des bouchons dans les oreilles ou des écouteurs.

La station spatiale

Faire des expériences



ESA



ESA

Une station orbitale où règne en permanence un état de micro-pesanteur est avant tout un laboratoire de recherches scientifiques et techniques. Cela permet d'étudier dans des conditions exceptionnelles le comportement du corps humain, la biologie, la physique des matériaux et les sciences de la Terre et de l'Univers. C'est également un banc d'essai technologique.

L'ASTRONAUTE EXPÉRIMENTATEUR

Imaginé et réalisées sur Terre par de nombreux spécialistes (scientifiques, industriels, agences spatiales...), les expériences à réaliser sur orbite sont mises en place et réalisées par les astronautes, à la fois techniciens, opérateurs et parfois sujets d'étude.

EN SAVOIR PLUS

D'autres moyens permettent de créer des conditions de pesanteur réduite : tour à vide, avion en vol parabolique ou fusée-sonde. Mais les durées d'expérimentation ne sont seulement que de quelques secondes ou de quelques minutes

La station spatiale

Sortie extravéhiculaire



Nasa

Le bras robotique de l'ISS permet de déplacer les astronautes ou des charges dans le vide.

Pour installer de nouveaux éléments sur la station, réparer ou remplacer un équipement, récolter des échantillons exposés au vide, les astronautes sont amenés à effectuer des sorties dans l'espace.

UN MILIEU HOSTILE ET VIOLENT

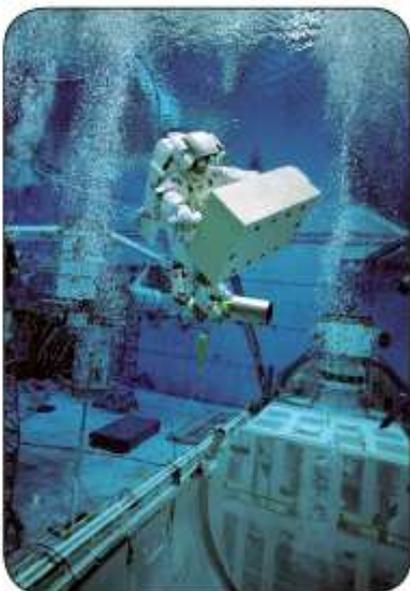
Dans le vide, les températures engendrées par le seul rayonnement sont extrêmes (de -160°C à l'ombre à $+120^{\circ}\text{C}$ au Soleil), les radiations sont mortelles et des micro-météorites ou des débris se déplacent à des vitesses vertigineuses.

Constitué de 14 couches protectrices et parfaitement étanche, le scaphandre est l'unique moyen de survivre dans un tel environnement.

UNE ACTIVITÉ TRÈS PHYSIQUE

Une sortie dure entre 5 et 8 heures. Engoncés dans leur scaphandre, les astronautes peinent à effectuer le moindre mouvement et transpirent énormément.

Par sécurité, ils évoluent deux par deux et restent en permanence reliés à leur vaisseau. Leurs gestes ont été longuement répétés lors de séances d'entraînement en piscine.



Nasa

L'entraînement en piscine est le plus approchant des conditions rencontrées dans le vide.

La station spatiale

Un laboratoire permanent



Nasa

- Etats-Unis
- Russie
- Japon
- Europe
- Canada
- Italie
- Brésil

Une station orbitale est une structure habitable qui tourne autour de la Terre.

Composée d'un ou plusieurs éléments (modules), elle permet de vivre et de travailler en état de micropesanteur.

VISITE DU PROPRIÉTAIRE

Une station modulaire s'articule autour d'un bloc de vie (dit de base) dans lequel sont aménagés le poste de contrôle, la salle à manger et quelques couchettes. Un module de stockage (dit de service) peut être ajouté ainsi que des modules de recherche spécifiques et des sas pour les sorties en scaphandre. Des panneaux solaires permettent d'alimenter la station en électricité et des bras robotisés servent à manipuler des objets dans le vide.

L'ISS, UNE ENTREPRISE INTERNATIONALE

Plus de 12 ans auront été nécessaires pour construire la station spatiale internationale composée d'une trentaine d'éléments distincts. 15 pays sont associés au projet : les États-Unis, la Russie, 10 états européens, le Canada, le Japon et le Brésil.

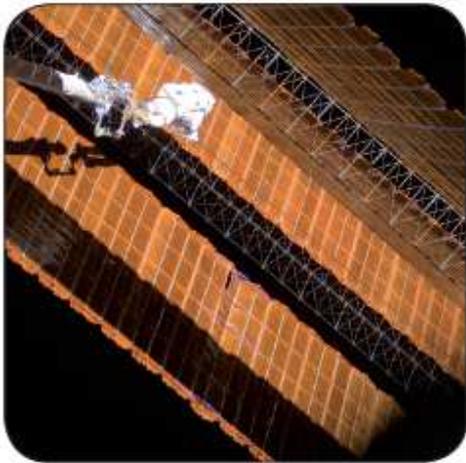


Nasa

La station spatiale internationale en juin 2008

La station spatiale

La vie à bord de l'ISS



Astronaute inspectant
les panneaux solaires de l'ISS

Placée sur une orbite entre 350 et 450 km d'altitude et inclinée de 51,6° par rapport à l'équateur, la station spatiale internationale est occupée en permanence depuis novembre 2000. Les équipages principaux s'y succèdent généralement tous les 6 mois.



Un vaisseau Soyouz
à l'approche de l'ISS

Ils ont d'abord compris 3 personnes puis ont pu passer à 6 personnes en 2009 grâce à la mise en service des modules Columbus (Europe) et Kibo (Japon) et à l'installation de nouveaux panneaux solaires.

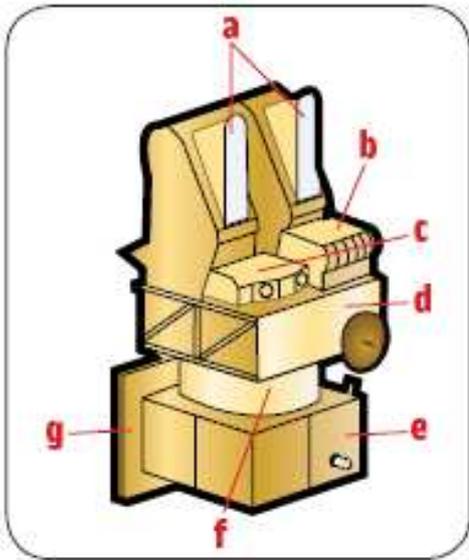
ALLERS-RETOURS

Les équipages sont acheminés vers la station à l'aide de la navette spatiale américaine ou du vaisseau russe Soyouz. Du fret est régulièrement envoyé par des ravitailleurs automatiques

VIE À BORD

À bord de la station, la pesanteur est fortement réduite (entre 10^{-4} et 10^{-6} g) mais les conditions de vie restent proches de celles de la Terre : une atmosphère composée de 21 % d'oxygène et 78 % d'azote, une pression de 1 014 hPa et une température moyenne de 24°C.

Spot 5, satellite d'observation



Principaux éléments du satellite Spot 5

- a** Télescope pour vues haute résolution
- b** Instrument d'observation du couvert végétal
- c** Instrument stéréoscopique
- d** Télémétrie et télécommande
- e** Alimentation
- f** Propulsion
- g** Panneaux solaires

D'une hauteur de 5,7 mètres et d'une masse de 3 tonnes, le satellite Spot 5 a été mis en service en 2002, 16 ans après le lancement du premier exemplaire de la famille. Équipé de télescopes de 5 m de résolution, son champ d'observation au sol est de 117 m en visée verticale.

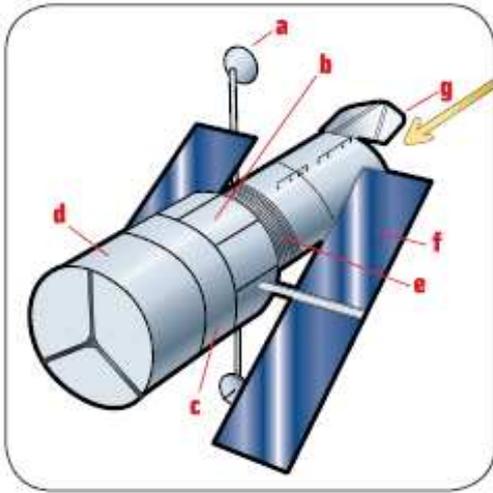
CARACTÉRISTIQUES ORBITALES

Spot 5 est placé à 820 km d'altitude sur une orbite qui passe par les pôles et est orientée de façon constante vis-à-vis de la direction Terre-Soleil. Le satellite survole ainsi en permanence des zones éclairées et repasse au-dessus d'un même point tous les 26 jours, effectuant entre temps une couverture complète de notre planète.

AUTRE POINT DE VUE

Pour observer en permanence des zones plus larges (pour la météorologie par exemple), on utilise l'orbite géostationnaire, à 36 000 km d'altitude. À cette distance, un satellite met autant de temps à tourner autour de la Terre que la Terre à effectuer un tour sur elle-même; il nous paraît donc immobile.

Hubble, observatoire astronomique spatial



Principaux éléments
du télescope Hubble

- a** Antenne à haut gain
- b** Equipements électroniques
- c** Miroir principal
- d** Instruments scientifiques
- e** Miroir secondaire
- f** Panneaux solaires
- g** Lumière

Le télescope spatial Hubble mesure 13 mètres de long pour un diamètre principal de 4 mètres. Sa masse est de 11 tonnes. Il a été lancé en 1990 et placé à 600 km d'altitude.

Victime d'un défaut majeur, il a pu être réparé lors d'une mission spectaculaire de la navette américaine, 3 ans et demi plus tard. Il a depuis bénéficié de quatre autres visites d'entretien et doit fonctionner au moins jusqu'en 2014.

CARACTÉRISTIQUES ORBITALES

Au foyer d'un télescope de type Cassegrain de 2,40 m de diamètre, plusieurs équipements permettent d'observer les planètes et des astres de faible luminosité, dans une gamme d'énergie allant de l'ultraviolet à l'infrarouge : deux chambres photographiques, deux spectrographes et un photomètre.

PARTICIPATION EUROPÉENNE

En échange de la fourniture des panneaux solaires et d'une caméra pour objets faiblement lumineux, l'Europe a accès à 15% du temps d'observation du télescope.

Hot bird 9, satellite de télécommunications



Plan éclaté d'un satellite
de la famille Hot Bird

- a** Antennes de transmissions
- b** Répéteurs
- c** Réservoirs et moteur d'apogée
- d** Panneau solaire
- e** Antenne de réception

Placé à 13°Est et à 36 000 km d'altitude, Hot Bird 9 est un satellite européen conçu pour la diffusion de programmes de télévision (satellite et câble) en Europe, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord.

D'une masse de 4 884 kg, il est équipé de 64 répéteurs (appareil chargé d'amplifier les signaux reçus et de les retransmettre vers le sol). Lancé en décembre 2008, Hot Bird 9 doit fonctionner durant 15 ans.

LA PRINCIPALE ACTIVITÉ SPATIALE

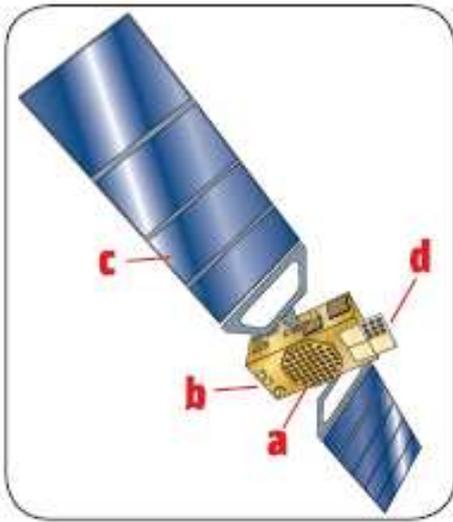
Les télécommunications civiles par satellite constituent aujourd'hui le principal marché commercial ouvert à l'industrie spatiale.

On compte aujourd'hui plus de 250 relais de télécommunications orbitaux en service autour de la Terre.

L'ORBITE DE CLARKE

C'est l'ingénieur britannique Arthur C. Clarke qui a proposé en 1945 le recours à des satellites géostationnaires, se comportant comme des relais fixes, afin d'accroître la portée des communications.

Galileo, système de positionnement par satellite



Principaux éléments d'un satellite Galileo

- a** Emetteur
- b** Réflecteur laser
- c** Panneau solaire
- d** Capteur d'orientation

Le système Galileo est composé de 30 satellites placés sur trois orbites circulaires, à une altitude de 23 616 km. Chaque satellite, d'une masse de 700 kg, embarque des horloges atomiques d'une extrême précision, des panneaux solaires fournissant une puissance maximale de 1 500 W, un émetteur et un récepteur radio.

PRINCIPE

Les satellites envoient des ondes électromagnétiques qui se propagent à la vitesse de la lumière. Connaissant celle-ci, un récepteur peut alors calculer la distance qui le sépare du satellite. Par triangulation, la réception des signaux de trois satellites permet de calculer sa position exacte.

ORIGINE

Le premier système de navigation par satellite du monde, le GPS américain, a été développé par les militaires afin d'améliorer le guidage des missiles. Le GPS est aujourd'hui accessible aux utilisateurs civils mais avec des performances amoindries : il calcule la position avec une précision de 50 à 100 m.

Explorer Mars



Nasa / JPL

Robot d'exploration Sojourner sur la surface de Mars en juillet 1997

Avant d'entreprendre lui-même le long voyage vers Mars, l'homme y a d'abord envoyé des sondes interplanétaires, puis des stations d'analyse et enfin des petits robots d'exploration.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Chaque jour, les ingénieurs et techniciens du centre de contrôle sur Terre envoient de nouvelles commandes au robot qui exécutera le lendemain les instructions pour déployer ses instruments ou se déplacer. Plusieurs dizaines de mètres sont ainsi parcourus chaque jour de façon autonome, à la vitesse maximale de 3 mètres par minute. L'objectif est de collecter des informations sur la nature du sol et de réaliser des clichés.

EN SAVOIR PLUS

Selon la distance qui sépare la Terre de Mars (variant de 56 à 400 millions de kilomètres), les informations envoyées par le centre de contrôle mettent entre 3 et 22 minutes à parvenir au robot (au lieu des quelques secondes de notre jeu). Puis il faut attendre l'accusé de réception...



Nasa / JPL

Centre de contrôle des véhicules et robots interplanétaires américains à Pasadena (Californie)

Informations pratiques

Votre séance dure une heure pendant laquelle vous êtes en autonomie. Les créneaux sont les suivants :
10h30, 12h, 13h30 et 15h. Une séance supplémentaire à 16h30 est proposée du 1er avril au 30 septembre.

L'entrée est payante et la réservation est obligatoire. Les demandes doivent être transmises par email à reservation@museeairespace.fr.

Les enfants doivent être accompagnés d'un adulte et sont placés sous sa responsabilité pendant toute la durée de la séance. Vous pouvez prolonger votre aventure en visitant les collections permanentes du musée et en participant aux autres activités pédagogiques proposées (planétarium, visite guidée, ...). Nous vous suggérons aussi des activités en autonomie dont les fiches sont téléchargeables sur notre site Internet.

Pour plus d'informations, n'hésitez pas à consulter notre site internet : www.museeairespace.fr.