L'avion, comment ça marche ?

Une exposition produite par Science Animation,
le C.C.S.T.I. de la région Midi-Pyrénées

du 14 septembre 2010 au 15 janvier 2011

L'avion a été inventé au XIX^e^ s. et, en peu de temps, il est devenu pour les Hommes un outil incontournable.

Le journal de l'exposition retrace l'histoire de cette formidable évolution technologique avant de faire le point sur les principes scientifiques et techniques qui permettent à un avion de voler. Il montrera enfin comment le tout-aérien qui marque notre époque doit aujourd'hui se transformer pour faire face à de nouveaux enjeux économiques et environnementaux.

Petite histoire de l'aviation

Voler est sans aucun doute l'un des plus vieux rêves de l'Humanité. Mais contrairement à d'autres innovations liées aux moyens de transport, dans ce domaine, les recherches ont attendu le XX^e^ s. pour se concrétiser. Des premiers aéroplanes aux avions actuels, les progrès sont néanmoins fulgurants. En seulement un siècle, les machines se perfectionnent et les Hommes se rendent maîtres du ciel. Découvrons ensemble cette aventure technologique et humaine et ses héros de légende.

De l'homme volant à la machine

Tous les peuples anciens ont rêvé de s'élancer dans les airs et les mythes et légendes de toutes les cultures foisonnent d'hommes volants. La mythologie grecque, notamment, comporte une histoire célèbre : celle de Dédale et de son fils, Icare. Cette histoire a traversé les siècles et beaucoup d'aventuriers, des ailes de fortune accrochées aux membres, ont essayé de voler en imitant les oiseaux et le Dédale de la légende. Tous ces essais, infructueux, ont pourtant le mérite de faire comprendre aux Hommes que la morphologie humaine seule n'est pas adaptée aux escapades aériennes. Pour accéder au ciel, il faudra avoir recours, tôt ou tard, à un outil.

Ce n'est donc qu'au XVIII^e^ s. que certains aspirants à la conquête du ciel trouvent une première solution : l'invention du « *plus léger que l'air* », avec le ballon à air chaud. Cependant, les choses ne vont pas comme l'Homme les avait souhaitées dans son vieux rêve car il ne peut pas se diriger dans les airs au gré de sa volonté. Aussi cherche-t-il un autre engin, plus maniable, moins infirme : un engin « *plus lourd que l'air* ».

ET EN SAVOIE ?

La Savoie connaît sa première émotion aéronautique le 6 mai 1784.

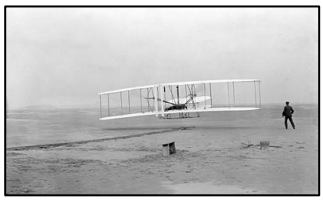
À bord d'une montgolfière, le jeune militaire Xavier de Maistre (1763-1852) et son ami Louis Brun rejoignent Chambéry et Challes-les-Eaux en 25 minutes, effectuant ainsi le 8^e^ voyage aérien de l'Humanité.

Les pionniers du « *plus lourd que l'air* »

Tout au long du XIX^e^ s., de-ci, de-là, des hommes s'attaquent avec acharnement aux problèmes du « *plus lourd que l'air* ». Tous ces défricheurs réfléchissent, tracent des plans, construisent des modèles réduits puis des appareils grandeur nature. Mais soit ceux-ci n'ont pas de moteur et ne font que planer ; soit, quand ils ont un moteur, ne parviennent pas à décoller.

Alors, qui a volé en premier ? La question est encore sujette à controverse. Certains soutiennent que l'exploit est détenu par le français Clément Ader (1841-1925). Cet ingénieur aurait effectué, le 9 octobre 1890, sur 50 m, le premier vol en aéroplane à bord de l'*Éole,* un engin en forme de chauve-souris muni de deux hélices entraînées par un moteur à vapeur. Mais si ce vol eu lieu, ce fut en l'absence de témoin.

Le record officiel est donc détenu par Orville (1871-1948) et Wilbur (1867-1912) Wright. Ces deux frères mènent à bien plusieurs milliers de vols sur différents planeurs. Puis, à la fin de 1902, ils construisent un moteur à essence dont ils équipent l'appareil synthétisant leur recherche, le *Flyer*. À son bord, Orville Wright réalise le 17 décembre 1903 plusieurs vols motorisés et contrôlés. C'est le début du pilotage.



Le premier vol des frères Wright en 1903
Cette célèbre photographie immortalise la naissance de l'aviation.

C'est ainsi qu'en ce début de XX^{e} s. s'ouvre la période des premiers vols d'engins à moteur capables de décoller par leurs propres moyens. Presque chaque vol est une première ou une tentative de record : un peu plus loin, un peu plus vite, un peu plus haut… et les exploits des pilotes forcent l'admiration d'une opinion publique fascinée.

ET EN SAVOIE ?

Le 17 août 1911, le militaire Julien Félix effectue le premier vol de la Savoie et plus encore, le premier raid aérien au-dessus des Alpes !

Il part d'Ambérieu-en-Bugey, survole le lac du Bourget, la Croix du Nivolet, une partie du massif des Bauges à près de 2 000 m d'altitude, et après 1h35 de vol, atterrit à Saint-Pierre-d'Albigny, dans la Combe de Savoie, sa localité d'origine.

Quant aux militaires, ils commencent à s'intéresser à l'outil aérien. Mais c'est la Première Guerre mondiale qui va réellement changer le cours des choses, en donnant un coup d'accélérateur phénoménal à l'aviation.

La Première Guerre mondiale

Au début de la guerre, l'aviation en est encore à ses balbutiements. La vitesse des avions, de même que leur temps de vol, sont relativement réduits.

Dans un premier temps, l'avion est utilisé pour l'observation et la reconnaissance. Mais bientôt, les deux camps cherchent à détruire en vol ces avions espions. L'invention par Roland Garros (1888-1918) du tir à travers l'hélice donne ainsi naissance au combat aérien. L'air devient un champ de bataille, dans lequel s'illustrent des pilotes remarquables servis par des machines plus légères, plus rapides et plus maniables : les avions de chasse.

Fokker D.VII
Chasseur monoplace allemand

Longueur : 7 m
Envergure : 8,90 m
Vitesse : 299 km/h

Les avions sont également utilisés pour le bombardement. L'apparition de grosses bombes nécessite donc de concevoir des avions plus lourds, plus robustes et capables de couvrir d'importantes distances : les bombardiers.

Ainsi, en 4 ans de guerre, les avions se sont perfectionnés de façon spectaculaire. Mais à la fin des hostilités, tous ces engins se retrouvent cloués au sol. Il semble donc logique de transformer les appareils et de reconvertir les pilotes à des fins pacifiques. C'est ainsi que naissent les nouvelles missions de l'avion : le transport de marchandises et de courriers, et bientôt, le transport de passagers.

La reconversion des machines

Après la guerre, quelques précurseurs se lancent dans une aventure hasardeuse : transporter par la voie des airs des passagers et du courrier. Cependant, à cette époque, les appareils, des bombardiers à peine transformés, ne présentent pas de garanties de sécurité suffisantes. Créer une compagnie aérienne est alors plus affaire de passion que de raison, tant les bénéfices sont minces au regard des efforts déployés et des risques.

Néanmoins, leur nombre augmente de façon régulière pendant tout l'entre-deux-guerres. Avec la réalisation d'avions modernes, comme le *Boeing 247* mis en service en 1933, le confort s'améliore et les compagnies poussent leurs lignes aériennes de plus en plus loin. Cependant, à la veille de la Seconde Guerre mondiale, l'aviation commerciale souffre encore de nombreuses carences. La véritable révolution n'interviendra donc qu'après les hostilités.

En effet, au cours de la Seconde Guerre mondiale, l'arme aérienne, inexistante il y a encore 30 ans, démontre d'une manière irréversible sa supériorité. La technologie aéronautique connaît une nouvelle phase de développement intensif, avec l'invention du radar et du moteur à réaction. Chasseurs et bombardiers sont mis au point en des temps record et sont produits à des cadences importantes.

Messerschmitt Me 262
Chasseur-Bombardier allemand à réaction

Longueur : 10,60 m
Envergure : 12,50 m
Vitesse : 860 km/h

Le monde moderne de l'aviation

Après la guerre, le trafic aérien commercial se développe à nouveau. Si dans un premier temps les appareils sont encore munis d'hélices et de moteurs à piston, bientôt, les moteurs à réaction sont utilisés pour la propulsion des avions de ligne. Les jets vibrent peu et volent plus vite, rendant ainsi les voyages plus confortables.

Dès les années 1950 s'ouvre donc une nouvelle ère du transport aérien commercial. Les progrès techniques continus, alliés au bon contexte économique et social, vont permettre au transport aérien de se démocratiser. Cette forte demande favorise l'apparition d'un nouveau type d'avions : les gros-porteurs comme le *Boeing 747*. Désormais, ce n'est plus la vitesse, mais la capacité d'emport que les compagnies privilégient.

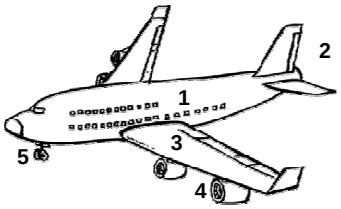
Aujourd'hui, plus d'un siècle après le vol des frères Wright, les avions volent très haut, très vite et très loin. Mais bien qu'issu d'une formidable évolution technologique, l'avion reste, aujourd'hui, l'outil qu'avaient imaginé ses précurseurs. Ce sont les mêmes principes qui ont rendu possible le vol des frères Wright qui permettent aujourd'hui à l'*A 380* de voler.

Secrets de vol

Pourquoi les avions ne tombent-ils pas ? Comment parviennent-ils à défier les lois de la gravité ? La forme de l'avion, la puissance de ses moteurs, l'habileté du pilote… Voici quelques uns des ingrédients nécessaires à un petit tour d'avion réussi !

Un peu de vocabulaire

Avant de se lancer dans les airs, voici quelques mots de vocabulaire.



1. Le fuselage
Le fuselage désigne l'enveloppe de l'avion. Il se divise en trois parties. La partie avant comprend le poste de pilotage ou cockpit. La partie centrale, à laquelle sont fixées les ailes, sert de cabine pour les passagers et de soute pour les bagages. La partie arrière est un tronçon de forme conique sur laquelle viennent se raccorder les empennages.

2. Les empennages
Les empennages sont des ensembles de plans fixes et mobiles qui assurent la stabilité de l'avion, fixés à l'arrière du fuselage :
- l'empennage horizontal est généralement constitué d'un plan fixe horizontal muni d'une partie mobile, la gouverne de profondeur.
- l'empennage vertical est généralement constitué d'un plan fixe appelé dérive et d'une partie mobile, la gouverne de direction.

3. La voilure ou les ailes
Les ailes sont fixées à la partie centrale du fuselage. Le bord supérieur d'une aile est appelé extrados et le bord intérieur intrados. Le bord d'attaque correspond à l'avant de l'aile et le bord de fuite, à l'arrière.

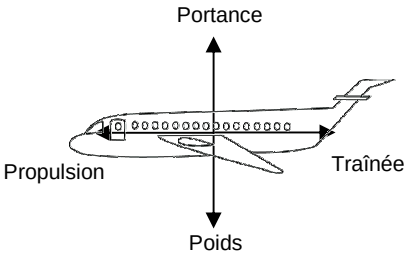
Les ailes présentent également des surfaces mobiles ou gouvernes pour le contrôle aérodynamique de l'avion : les ailerons, les dispositifs hypersustantateurs ou volets et les aérofreins.

4. Les réacteurs
Les moteurs sont placés sous les ailes ou à l'arrière du fuselage.

5. Le train d'atterrissage
Le train d'atterrissage assure l'atterrissage et le roulage en amortissant les efforts subis lors de la prise de contact avec le sol.

Un peu de physique

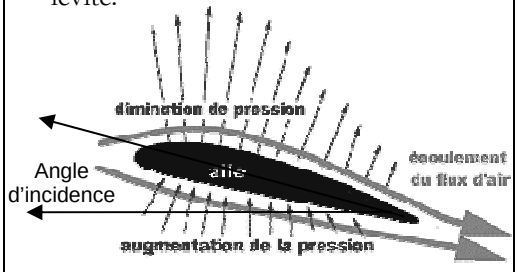
Si un avion peut voler, c'est grâce à la forme de ses ailes. En effet, en vol, un avion est soumis à quatre forces :
- la force de propulsion, développée par le moteur de l'avion ;
- le poids de l'avion, effet de la gravité terrestre sur la masse de l'appareil ;
- la traînée, qui correspond à la résistance de l'air et qui freine l'avion ;
- la portance, la force mystérieuse qui maintient l'avion en l'air.



Comment naît cette fameuse portance ? Pour le comprendre, il faut faire appel à deux principes physiques de la mécanique des fluides, comme l'air ou l'eau :
- l'effet Venturi, selon lequel un fluide accélère s'il voit sa zone de circulation rétrécir ;
- le principe de Bernoulli, qui énonce que lorsqu'un fluide accélère, sa pression diminue.

Ainsi, quand le flux d'air arrive face à l'aile d'un avion, il se divise. Une partie du flux suit l'extrados, et une autre partie suit l'intrados. Or, l'aile d'un avion n'est pas exactement parallèle au sol. Elle forme avec l'horizontal un angle appelé angle d'incidence. Résultat : l'air qui contourne l'obstacle par le haut est comprimé entre l'aile et les couches d'air situées au-dessus d'elle qui ne sont pas perturbées. Selon l'effet Venturi, il accélère donc brusquement. *A contrario*, l'air qui s'engage sous l'aile freine brutalement.

D'après le principe de Bernoulli, il se crée donc une surpression à l'intrados qui repousse l'aile et une dépression à l'extrados qui l'aspire. L'avion est donc tiré vers le haut et lévite.



La mystérieuse portance
Cette force s'oppose au poids de l'avion.

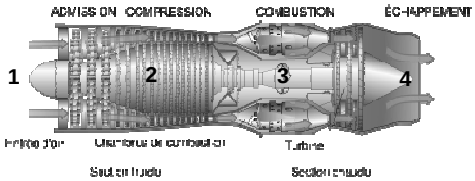
Cependant, avant de voler, un avion doit pouvoir décoller. Pour cela, il doit atteindre la vitesse où la portance dépassera son poids.

Le rôle du moteur

Si la question du moteur a été et reste centrale dans l'histoire de l'aviation, c'est parce que, pour s'envoler, la portance doit dépasser le poids de l'appareil. Pour y parvenir, il faut aller très vite : le moteur doit donc être puissant. Mais il doit également être suffisamment léger.

Les moteurs d'avion répondent à ces deux critères. Ils fonctionnent sur le principe physique de l'action et de la réaction tel que l'a énoncé Isaac Newton (1643-1727) au XVII^{e} s. : tout corps soumis à une force réagit par une force égale et de sens opposé. Les moteurs à réaction, comme les moteurs à hélice, accélèrent une masse d'air éjectée vers l'arrière, ce qui génère une poussée dans le sens opposé, tirant l'avion vers l'avant.

Action, réaction ! Le turboréacteur



1. L'air est capté par l'entrée d'air du moteur.

2. Il est ensuite comprimé par un rotor, une sorte de tire-bouchon géant.

3. Cet air sous pression arrive ensuite dans la chambre de combustion où il brûle le carburant qui y est distribué, le fameux kérosène dont la combustion dégage des gaz chauds.

4. Dans la tuyère terminale, ces gaz se détendent et sont violemment expulsés vers l'arrière. Au passage, ils actionnent une turbine qui, par le biais d'un arbre de transmission, augmente la vitesse du rotor, donc la quantité d'air comprimé.

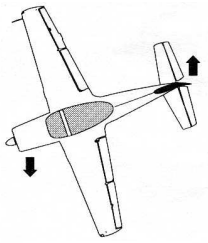
5. Par réaction, l'avion est, lui, propulsé par l'avant.

Y a-t-il un pilote dans l'avion ?

Nous savons à présent comment un avion peut décoller et se maintenir en l'air, mais il reste encore à le manœuvrer ! C'est bien évidemment le rôle du pilote. Ce dernier peut orienter l'avion autour de trois axes principaux en braquant plus ou

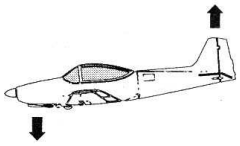
moins les parties mobiles des ailes, les ailerons, et des empennages, les gouvernes de profondeur et de direction.

Le roulis
Autour de l'axe de roulis, l'avion s'incline d'une aile sur l'autre.
Pour contrôler ces mouvements, le pilote abaisse ou monte les ailerons des ailes.



Le lacet
Autour de l'axe de lacet, le nez de l'avion pointe vers la droite ou vers la gauche. Les mouvements de lacet sont générés par la gouverne de direction, la partie mobile de l'empennage vertical.

Le tangage
Autour de l'axe de tangage, l'avion lève et baisse le nez. Les mouvements de tangage sont contrôlés par la gouverne de profondeur, la partie mobile de l'empennage horizontal



Les instruments utiles au pilote pour manœuvrer sa machine sont relativement simples et peu nombreux. Le bouton ou la manette des gaz règle la puissance des moteurs. Les ailerons des ailes et la gouverne de profondeur, située sur l'empennage horizontal, sont commandés par un manche à balai ou un joystick. Quant à la gouverne de direction, située sur l'empennage vertical, elle est commandée par deux pédales : les palonniers. Mais comme un avion est une machine très complexe, ce sont les systèmes de contrôle de l'appareil et les instruments de mesures qui surchargent le cockpit.

Cockpit de *l'A 380*

L'impact de l'avion

Depuis son avènement, l'avion a profondément bouleversé notre rapport au monde. À une époque où s'ouvrent les frontières, où se multiplient et s'accélèrent les échanges, il est devenu un outil indispensable à l'Humanité. Dans le même temps, il est pourtant pointé du doigt pour les nombreuses nuisances qu'il engendre.

Ça plane pour l'avion !

L'avion, parfaitement bien adapté au transport rapide à travers les continents et les océans, a grandement contribué à réduire les distances en effaçant les contraintes physiques de la géographie. Il a ainsi favorisé la multiplication des échanges économiques et touristiques, culturels et éducatifs entre les différents pays.

Mais surtout, il a facilité les relations entre les Hommes dans le monde, presque devenu un « village planétaire ». C'est d'autant plus vrai que ces dernières années, la démocratisation de ce mode de transport s'est accélérée, notamment grâce aux compagnies *low-cost*.

L'avion de demain

Cependant, avec la multiplication des voyageurs et des destinations, de nouveaux problèmes surgissent inévitablement. À l'heure du développement durable, l'avion cristallise un certain nombre de critiques auxquelles les scientifiques tentent de répondre.

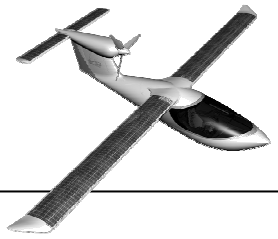
Ainsi, les nuisances sonores que génère l'avion sont depuis longtemps prises en compte. Si, en trente ans, les nouvelles technologies disponibles ont permis de réduire le bruit des avions de 20 décibels, de nouveaux progrès sont encore à attendre.

L'aviation souffre également d'une image de secteur très polluant. Elle est à l'origine de 3 à 4 % des émissions de CO_2. C'est relativement peu, mais à raison de 5% de croissance annuelle du trafic ; elles pourraient tripler d'ici 2030. Les compagnies poussent donc les constructeurs à leur fournir des avions consommant moins et mieux. Certains projets visent également à trouver un autre carburant que le kérosène, dont les réserves s'amenuisent. Enfin, certains scientifiques cherchent à mettre au point des avions fonctionnant avec d'autres types d'énergie.

ET EN SAVOIE ?

En Savoie, une PME française, Lisa Airplanes, est en train de mettre au point l'« *Hy-bird* », un avion hybride.

Une pile à combustible de 15 à 20 kW, alimentée à l'hydrogène, fournira la majeure partie de l'énergie. Des cellules photovoltaïques tapisseront également l'aile et l'empennage horizontal sur 15 m^2 pour recharger les batteries du biplace, alimentant les instruments de bord et complétant la puissance de la pile lors des phases de décollage et de montée.



L'avion, issu d'une avancée technologique fulgurante, est le symbole de notre temps. Outil à usages multiples, il offre de grandes possibilités, mais peut aussi apporter d'immenses destructions en cas de conflit.

De plus, pour des raisons économiques et environnementales, son avenir est aujourd'hui menacé. Il est donc nécessaire que l'avion, devenu incontournable, évolue et se transforme pour répondre aux enjeux de demain.

Document réalisé par l'équipe médiation de la Galerie Eurêka

Galerie Eurêka - C.C.S.T.I. de la Ville de Chambéry
Hôtel de Ville BP 1105
73 011 CHAMBERY cedex
tel : 04-79-60-04-25

e-mail : galerie.eureka@ccsti-chambery.org
Site Internet **: www.chambery.fr/galerie.eureka**