

Arnold Dulac Gabriel
Shyshenko Olga
Vankerk-Hoven Arnault

Terminale S
Enseignants : G. Guillermin et F. Gély

Sujet : Formes et Matériaux dans l'aviation

**En quoi l'évolution des
formes et des matériaux est
elle déterminante dans
l'aviation moderne ?**

Travaux Personnels Encadrés
Ecole Bilingue de Boston
Année 2004-2005

Disciplines: Physique, Histoire

Table des Matières

Introduction	3
I. L'histoire de l'aviation moderne.....	4
A) Entre 2 Guerres	4
B) La seconde guerre mondiale.	7
C) L'après-guerre: intensification de l'usage de l'avion	10
II. Rôle des matériaux dans l'aviation.	13
A) Historique des Matériaux dans l'Aéronautique.....	13
B) Matériaux Présents Dans l'Aviation d'Aujourd'hui.....	16
III. Comment l'optimisation de la forme de l'avion peut-elle améliorer son aérodynamisme	23
A) Les principes de l'aérodynamisme	23
1) Aérodynamisme et les forces associées au vol	23
2) Optimisation de l'aérodynamisme.....	27
B) La forme globale de l'avion.....	31
1) Les différentes parties d'un avion et leur rôle dans son fonctionnement	31
2) L'importance de la forme des ailes	34
3) Evolution vers les modeles futuristes:	44
Conclusion	58
Bibliographie	59

Introduction

L'aviation est un moyen de transport qui en un siècle a évolué de manière colossale pour devenir aujourd'hui un des moyens de transport fondamental dans la vie des hommes.

Son utilité ne se limite pas seulement au transport, car l'avion est également devenu une pièce maîtresse dans les guerres dès le XXème siècle. Dans notre TPE, nous nous intéressons principalement à l'aviation moderne, c'est-à-dire après la première guerre mondiale. Deux éléments ont été fondamentaux dans le progrès de l'aviation : les formes et les matériaux. Ce sont ces deux éléments qui vont constituer le fil directeur de ce TPE.

En quoi l'évolution des formes et des matériaux est elle déterminante dans l'aviation moderne ?

Il est fondamental de s'intéresser tout d'abord à l'histoire de l'aviation moderne afin de comprendre les différents matériaux utilisés pour la conception d'un avion, ainsi que les différentes lois physiques qui vont mener à l'élaboration des différentes formes d'un tel moyen de transport.

I. L'histoire de l'aviation moderne

Pour s'intéresser à l'histoire de l'aviation, il faut remonter au désir éternel de l'homme de voler, aux premiers vols, aux premières traversées, à ces progrès et à la difficulté concernant le début de cette aviation. Dans cette première partie nous allons simplement nous intéresser à l'histoire de l'aviation moderne, c'est à dire après la première guerre mondiale.

En effet, durant la première guerre mondiale, on utilisa déjà les avions comme moyen de reconnaissance afin de pouvoir voir au loin des endroits que le soldat a pied ne pouvait voir, mais certains bombardiers ont également été conçus. L'avion fut donc déjà utilisé pendant la guerre et certaines armées comme l'armée française, ou l'armée britannique avec respectivement la première division aérienne et la Royal Air Force. La fin de ce conflit entraîna donc un essor dans le développement de l'aéronautique, principalement dans le domaine militaire mais également par l'adaptation de ce développement aux besoins du transport civil.

A) Entre 2 Guerres

Au lendemain de cette « grande guerre » commença ce que l'on peut appeler le début de l'aviation moderne. Les avions permettaient de faire des trajets de plus en plus longs. Des progrès techniques entraînèrent des innovations intéressantes telles que l'apparition du train d'atterrissage rentrant, permettant de limiter la force de traînée et ainsi permettre un gain de vitesse. La présentation

des différentes forces exercées sur un avion sera traitée plus précisément dans la seconde partie. L'apparition du ravitaillement en plein air et de la cabine pressurisée se fait au début des années 20. L'avion sert également pour la Poste : dès mars 1918, on commence à faire circuler des lettres par avion. L'avion prend donc une importance de plus en plus grande, on peut dire que sa popularité augmente de plus en plus. L'avion devient un objet connu et utile grâce notamment à la création des premières compagnies aériennes entre 1919 et 1923. Certaines de ces premières compagnies existent encore sous les mêmes noms tels que KLM. De nombreux records importants, tels la traversée de l'Atlantique en 1927 par Lindbergh ou celle du pacifique par Maitland et Gegenberg durant la même année, renforcent l'essor de l'aviation.

Cependant, les innovations en matière d'aviation sont essentiellement portées sur le militaire après cette première guerre mondiale. Le renforcement militaire doit permettre la création d'armées aériennes. Les avions comportant un squelette en acier sont inventés, mais n'ont cependant pas un fort succès. Ce n'est qu'en 1930 avec l'invention de l'Alclad (alliage à base d'aluminium) que les avions entièrement en métal ont vraiment été utilisés. Ce sont donc les avions militaires qui multiplient les nouveautés et les records à la fois de distance, de vitesse et d'altitude. Une fois les pensées de la première guerre mondiale digérées, les constructeurs se penchent davantage sur le problème de l'aviation transportant des hommes. Cela représente un nouvel objectif qui implique l'ajustement de la taille de l'avion afin de transporter le plus de personnes possible tout en se préoccupant de la contrainte essentielle qu'est la sûreté des

passagers. Le confort des passagers devient également un critère important dans la conception des avions, le pilotage automatique voit le jour dans les années trente. Les avions jusqu'aux années trente sont des biplans, c'est-à-dire des avions comportant deux paires d'ailes superposées. Ces biplans sont utilisés essentiellement pendant la seconde guerre mondiale. Ayant une double surface d'ailes, ils bénéficient d'une surface double de portance, (Cette notion de portance vous sera expliquée dans la troisième partie). De plus les ailes plus courtes que dans un monoplane (avion comportant une seule paire d'ailes) sont moins soumises aux contraintes de flexion ou de torsion. La surface d'aileron étant plus grande, la maniabilité de l'avion est améliorée. Les dernières années avant la deuxième guerre mondiale sont caractérisées par des records de plus en plus nombreux qui montrent bien les améliorations. Voilà ci-dessous un tableau comportant l'évolution des différents records au cours du temps jusqu'à la seconde guerre mondiale. (Source : www.universalis-edu.com)

date	lieu	pilote	nationalité	type de l'avion	type du moteur	type de record	records
3/4-5-1920 30/31-7 au 1-8-1939	Villesauvage Fiumicino	Bossoutrot et Bernard Dagasso, Tondi et Vignoli	Français Italiens	Farman Savoia	Salmson Alfa-Romeo	distance en circuit fermé	1 915,200 km 12 935,770 km
3/4-2-1925 20/21-5-1927 5/7-11-1938	Étampes-Villa Cisneros New York-Paris Ismailia-Darwin	Arrachart et Lemaître Lindbergh Kellett et Gething – Combe et Bornett	Français Américain Anglais	Breguet Ryan à deux avions Vickers	Renault Wright Bristol	distance en ligne droite	3 166 km 5 809 km 11 520,421 km
7-2-1920 11-12-1924 3-9-1932 26-4-1939	Villacoublay Istres Cleveland Augsbourg	Sadi Lecointe Bonnet Doolittle Wendel	Français Français Américain Allemand	Nieuport Ferbois Gee Bee Messerschmitt	Hispano Hispano Pratt & Whitney D.B.	vitesse	275,264 km/h 448,171 km/h 473 820 km/h 755,138 km/h
27-2-1920 14-8-1936 22-10-1938	Dayton Villacoublay Montecelio	Schröder Détré Pezzi	Américain Français Italien	Lepere Potez Caproni	Liberty Gnome & Rhône Piaggio	altitude	10 093 m 14 843 m 17 083 m

A la veille de la seconde guerre mondiale, les armées se sont véritablement dotées d'une nouvelle force, la force aérienne. Les améliorations

durant l'entre deux guerres furent déterminantes pour l'histoire de cette seconde guerre mondiale, et notamment les batailles aériennes.

B) La seconde guerre mondiale.

Au commencement de cette seconde guerre mondiale, les belligérants disposent d'importantes flottes aériennes. Durant cette guerre, de nombreuses batailles aériennes historiques ont des conséquences énormes et désastreuses. On peut citer la bataille d'Angleterre, ou Pearl Harbor. Ces deux batailles ont fait plus de 17000 morts.



Photo montrant les conséquences de la bataille aérienne de Pearl Harbor

Les avions à bombardements prennent de plus en plus d'importance à l'époque et cela continue encore de nos jours où ils jouent un rôle déterminant dans les conflits. Ces avions sont de plus en plus des monoplans et moins souvent des biplans, grâce aux innovations en matière d'ailes.

Ci-dessous une photo du bombardier américain B-25 Mitchell qui a réalisé le premier bombardement de Tokyo. (<http://avions.legendaires.free.fr/b25.php>)



Les avions de transport militaire deviennent un nouvel atout dans ce conflit. Leur importance est comparable à celle des chasseurs ou des bombardiers. Il faut bien entendu transporter le plus d'hommes mais également de matériel possible, tout en dotant ces appareils de systèmes de navigation de plus en plus perfectionnés, capables de franchir tous les obstacles, naturels ou non. Les avions équipés de radars font leur apparition et aident énormément dans le repérage et notamment afin de localiser les avions ennemis. Les planeurs jouent le rôle d'avion de transport dans de nouvelles missions.

Pendant cette seconde guerre, tous les avions possèdent des structures métalliques. Cependant les britanniques utilisent un bombardier léger en bois, ce qui est totalement en contradiction avec les avions de l'époque : le De Havilland Mosquito. Cet avion entre en service en mai 1942 et accomplit de nombreuses

missions avec succès, multipliant les exploits. Son habitacle pressurisé lui permet de voler à une altitude de 12000 mètres. C'est un bombardier à grande vitesse dépourvu d'armement défensif. Propulsé par deux moteurs, il est capable de transporter une bombe de 1815 kg grâce au matériel utilisé : le bois, qui est beaucoup plus léger que n'importe quel structure métallique.



Mosquito en action. (<http://avions.legendaires.free.fr/mosquito.php>)

C) L'après-guerre: intensification de l'usage de l'avion

La seconde guerre mondiale entraîne littéralement une révolution de l'aviation. C'est juste après ce conflit que l'on entre dans l'ère du jet. En d'autre terme l'ère de l'avion à réaction. Ceci est une invention d'une importance capitale étant donné que presque tous les avions aujourd'hui sont des avions à réaction.

Le désavantage principal de l'avion à réaction est son coût de production, très élevé pour l'époque. En revanche ce nouveau moteur est beaucoup plus petit et beaucoup plus puissant.

Ces quelques chiffres à l'échelle mondiale illustrent bien le phénomène de popularité de l'avion qui prend part à la vie de plus en plus de personnes.

- 1945, 9 millions de passagers.
- 1946, 18 millions de passagers.
- 1947, 21 millions de passagers.
- 1948, 24 millions de passagers, transporté par l'avion DC3 un avion commerciale maniable et sûr. (selon le site de lycos.fr histoire de l'aviation.)

Après les travaux des ingénieurs allemands durant la seconde guerre mondiale, on s'est rendu compte que les ailes en flèches présentent une traînée (force de frottement de l'air) nettement plus faible que les ailes droites. Les ailes en flèches deviennent donc le modèle de référence et vont aider l'évolution des avions à venir.

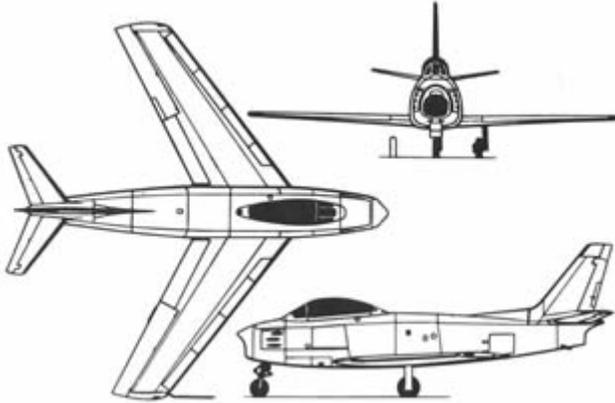


Schéma d'un avion à ailes en flèches

En une dizaine d'années les progrès sont énormes, on a gagné plus de 850km/h de vitesse. On s'intéresse à diverses formes de décollage et d'atterrissage.

La technique s'oriente ensuite vers de nouvelles conceptions. De nouveaux métaux, comme le titane, sont usinés pour faire face à la barrière thermique. De nouveaux matériaux apparaissent : composites, plastiques, fibres de verre, élastomères. Ces matériaux vont avoir une importance capitale dans l'évolution de l'aviation.

Les ailes sont adaptées à différentes vitesses mais cela vous sera présenté plus en profondeur dans la troisième partie.

Le transport aérien devient de plus en plus naturel, les compagnies se multiplient et l'utilisation de l'avion devient commune. Les aéroports se transforment, deviennent d'énormes complexes et se basent sur l'électronique et l'informatique.

Aujourd'hui le transport aérien est tellement important qu'il pose des problèmes aussi bien de pollution et de bruit dans des zones près de grands aéroports, que de surcharge de l'espace aérien.

Pour le militaire, l'aviation est devenue une des armes les plus importantes. En ce qui concerne le transport civil, l'avion est aujourd'hui le moyen de transport le plus sûr. On cherche à transporter de plus en plus de personnes, des projets d'avions géants permettant de transporter de 600 à 800 personnes sont en cours tels que le A3XX d'airbus ou le V.L.C.T. (very large commercial transport).

Cette histoire de l'aviation permet de mieux comprendre l'importance des formes et des matériaux des avions présentés dans les deux prochaines parties.

II. Rôle des matériaux dans l'aviation.

A) Historique des Matériaux dans l'Aéronautique

Les matériaux ont longtemps joué un rôle important dans le rêve du vol présent chez l'homme. Depuis les premiers essais de vol avec des plumes d'oiseaux collés à des ailes en bois, jusqu'aux nouveaux alliages présents dans les ailes d'aujourd'hui. Les matériaux jouent un rôle important dans l'intégrité structurale de l'avion. Mais ils jouent aussi un rôle important dans la viabilité économique de l'aviation. En inventant des matériaux plus légers mais aussi plus résistants, les compagnies aériennes arrivent à faire construire des avions plus grands (et donc capables de porter plus de gens) mais aussi plus légers (et donc moins coûteux en carburant). Les innovations dans les matériaux ont permis aussi d'autres innovations techniques dans d'autres secteurs de l'aviation, comme nous le verrons.

Évolution des matériaux :

Les premiers matériaux utilisés dans l'aviation moderne étaient des constructions en armature de bois, recouverts de toile. Ceci était le modèle originalement proposé par Da Vinci dans les modèles de son planeur, et l'armature recouverte de toile est aussi le modèle proposé et mis en utilisation par le premier avion des Frères Wright en 1903. Cette composition des matériaux continue dans la première guerre mondiale, où la plupart des avions ont continués à être construits d'armatures recouvertes de toile. Des avions à

base d'acier ou d'aluminium ne sont pas parvenus à prendre dans le marché à cause de leur poids et de la difficulté de malléabilité. Il était calculé que les ailes en acier pesaient encore de 30% à 40% plus que des ailes à base de bois. De plus, les métaux n'étaient pas assez forts structurellement et se pliaient sous eux-mêmes comme une feuille en papier à cause des forces présentes en vol. Pour cette raison, les avions sont restés en bois jusqu'à la fin des années 1930. Dans les années 1930, une nouvelle méthode de construction est inventée pour supporter la forme de l'avion. Au lieu d'avoir un squelette intérieur en bois ou en



Différents systèmes de construction

acier que supportait la forme de l'avion, cette nouvelle méthode de construction, inventée par Jack Northon, s'appelle 'stress skin structure'. Elle est composée d'un revêtement en bois qui est capable de supporter les stress du vol lui-même. Ceci sert à rabaisser encore le poids de l'avion et les coûts en matériaux.

Mais ce nouveau système s'applique encore mieux aux métaux, et pour pouvoir les adapter, il est nécessaire de les déformer dans des angles compliqués à construire et les remplir de rivets. Ceci augmente alors le coût des matériaux et fait que, même si pendant le début des années 1930 certaines compagnies arrivaient à construire des avions en métaux aussi légers que leur équivalents en bois, leurs prix étaient nettement plus élevés. Au milieu des années 1930, le bois n'était plus utilisé pour la construction d'avions commerciaux à plusieurs moteurs. Depuis, tous les avions commerciaux sont construits principalement à partir d'alliages variés d'aluminium, nettement moins

cher que les métaux utilisés principalement. Les prix de construction, le poids, et les coûts de support technique sont alors plus bas pour les compagnies aériennes. Nous voyons dans cette évolution le rôle important que jouent les matériaux dans l'aviation. Avec ces évolutions dans la composition des avions, l'attraction de l'aéronautique comme un domaine économiquement viable c'est encore agrandi.

Le dernier avion de masse production en bois fut le 'Mosquito', un bombardier utilisé pendant la deuxième guerre mondiale. Il n'avait aucun armement sauf les bombes qu'il pouvait porter. Sa construction en bois lui permit de voyager plus vite et plus loin que tous les autres avions de la Guerre, et ainsi il ne nécessita pas un armement extra avec lequel se défendre, car il pouvait facilement dépasser les avions ennemis. Le matériel utilisé était caractéristique des matériaux composites à venir dans les prochaines dizaines d'années. Le Mosquito était construit d'un revêtement en contre-plaqué moule, collé ensemble et positionné dans un moule. La méthode de construction des matériaux du 'mosquito' ressemblait beaucoup à la méthode de construction des matériaux composites : la coque de l'avion était formée en créant une sorte de pâte de bois et de colle, et la mettant dans un moule de forme désirée. Mis sous pression, cette mixture de bois et de colle se transforme en une sorte de contre-plaqué, moulé pour la forme exacte de la coque, solide, et, le plus important : léger. Mais, ce sorte de contre plaqué utilisé ne pourrait pas être considéré comme un matériel composite car il est néanmoins construit d'une seule substance (nous reviendrons sur ce point plus tard dans la section sur les composites).

Après la Deuxième Guerre, les avions en bois n'étaient plus utilisés. L'invention du jet amena une ère nouvelle sur le monde de l'aviation, et nécessita des nouveaux matériaux pour le rendre possible. Le Heinkel He-178w créé en 1937, fut le premier Jet expérimental, et le premier Jet produit en masse fut le Messerschmitt ME 262, utilisé par les Allemands pendant la Deuxième Guerre Mondiale. L'apparence du Jet dans l'aviation leva le barème des forces auxquelles les matériaux devaient survivre. Il était maintenant hors de question d'utiliser le bois pour la construction de l'armature, laissant l'acier et l'aluminium comme les seules possibilités. Nous rentrons alors dans l'ère des matériaux modernes, soit ceux qui sont toujours utilisés aujourd'hui.

B) Matériaux Présents Dans l'Aviation d'Aujourd'hui

Dans l'aviation d'aujourd'hui il y a deux catégories importantes de matériaux utilisés : les alliages métalliques, et les matériaux composites. Chacun a ses propres avantages, et ils sont pratiquement toujours utilisés ensemble, chacun en s'accordant avec ses propriétés ductiles, de tension, de compression, etc. Regardons d'abord les différents alliages métalliques et après nous regarderons les matériaux composites.

Alliages Métalliques :

La métallurgie comme une science remonte dans le temps, jusqu'à 6000avJC. Au début elle consistait seulement de 7 métaux basiques, avec la

découverte de 12 métaux différents par le 19eme siècle. Au aujourd'hui nous trouvons tous les éléments métalliques, et une infinité d'alliages, la majorité standardises bases sur leur contenus de différents métaux et leurs propriétés physiques.

l'Aluminium

Après la fin de l'utilité du bois, l'aluminium se mit en faveur. L'aluminium se trouve fort, léger, et facilement trouvé à bon marché. Seul il se trouve quand même pas très fort, mais les alliages d'aluminium répondent vite à ce problème.

A cause de la façon dont laquelle l'aluminium est extrait de son état brut, il est un matériel unidirectionnel qui est nettement plus fort dans un sens que dans l'autre. Cette force est visible dans des extrêmes de tension, mais aussi de pression, ce que le rend favorable pour multiples usages. En effet, la force de compression et la force de tension se trouvent quasiment égales, au contraire au bois, qui est deux fois plus fort en compression que en tension. Les alliages d'aluminium sont utilisés en laminés, de 5 à 10 millimètres d'épaisseurs, et sont utilisés comme des revêtements sur des squelettes en acier, à l'idée de la 'stress-skin structure' mentionnée auparavant.

Il est important aussi de rappeler que l'aluminium est un métal artificiel, que n'existe pas dans l'état naturel. L'aluminium est crée par la réduction de la boxite, qui est en faite l'oxyde d'aluminium. Ceci fait ressortir l'aluminium qui est lui un élément pur. A ce moment là, d'autres métaux sont additionnés à l'aluminium pour le rendre plus fort en tension. Lors de la production des pièces en aluminium, ou des plaques fines, différentes méthodes comme le

refroidissement rapide, ou successifs refroidissements et réchauffements du métal, peuvent renforcer l'aluminium grâce à la re-organisation moléculaire qui se présente lors de ces événements.

Il est considéré que en l'aluminium se présente trois fois plus lourd que le bois, mais aussi trois fois plus fort.

L'Acier

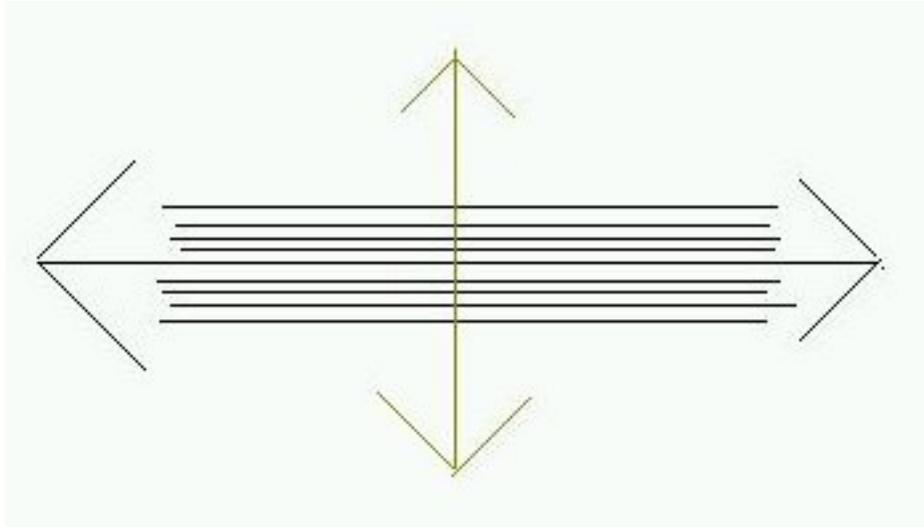
L'acier se trouve trois fois plus fort que l'aluminium, et aussi trois fois plus lourd. Ceci implique que le coefficient du poids à la force de l'acier reste le même que pour l'aluminium et le bois. A l'exception d'une acier peu renforcé, utilisé principalement pour des attaches, des manettes, etc., l'acier utilisé principalement est un alliage appelé AISI 4130N ou 4140. Le nome de l'alliage désigne sa composition, dans ces cas un alliage qui concerne un mélange fort en chrome et molybdenum. Il faut aussi rappeler que l'acier de base n'est pas un élément, mais un mélange de fer, *****VERIFIER*****), souvent varié avec des quantités différentes de charbon, de soufre, et d'autre minéraux variées dépendent toujours de l'alliage utilisé.

Pour les fabricants d'avion, l'acier se trouve le plus facilement en tubes ou en forme laminée. A cause de la haute densité de l'acier, il n'est donc pas pratique de l'utiliser comme revêtement pour la coque de l'avion. Pour que le poids soit pratique avec un fuselage d'acier, il faut que le squelette soit en acier, avec un revêtement d'autre matériel, principalement l'aluminium dans les avions commerciaux.

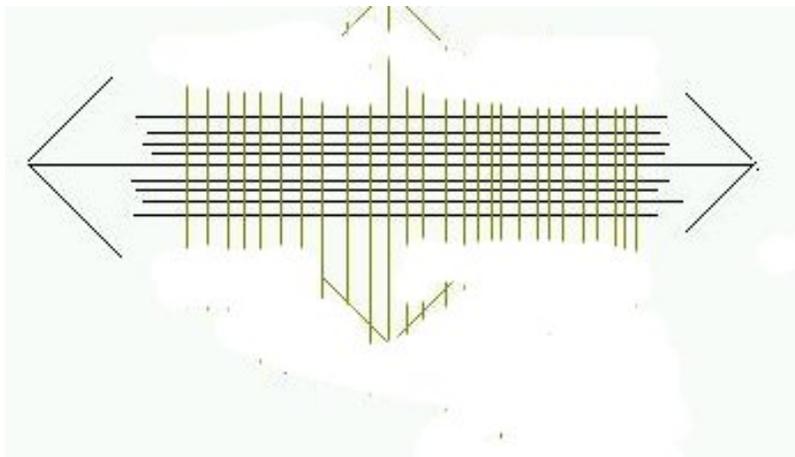
Mais les métaux ne sont pas l'ultime substance, car ils pèsent beaucoup et ont quand même des faiblesses structurelles particulières. Nous regardons alors le domaine des matériaux composites.

Les Matériaux Composites

Mot clés sonnante de la modernité, les matériaux composites existent actuellement depuis les premières constructions humaines. Le concept de matériaux composites se réduit à l'idée simple d'un matériel composé d'autres matériaux. En effet, les premiers matériaux composites sont considérés les briques créées avec de la paille mélangée dans de la boue au début de l'histoire de l'humanité. Restons sur cet exemple car il sert à bien expliquer l'idée derrière les matériaux composites. En effet, dans ce mélange de paille et de boue, il n'y a vraiment qu'un matériau utilisé, la paille (la boue sert d'une matrice pour tout tenir ensemble, nous reviendrons sur ce point plus tard). Mais ce qui lui donne l'aspect de composite et le fait que la paille ne soit pas rangée tout dans la même direction, mais que tous les bouts de paille soient mélangés dans tous les sens. Grâce à cela, les forces sur ce mélange de boue et de paille sont distribués dans différents bouts de pailles dépendants de la direction de la force. Pour mieux élaborer sur ce sujet là, prenons le tissu comme exemple. Plusieurs fils tous dans la même direction supportent une tension dans cette direction (indiquée par la flèche noire), mais ne peuvent pas supporter une tension dans une direction perpendiculaire (indiquée par la flèche rouge).



Pour remédier à cela, nous mettons les fils dans les deux directions de tension présents, et alors nous nous retrouvons avec un tissu:



Ce tissu supporte alors toutes les tensions présentes dans ce système. Mais pour avoir un matériau utile dans toutes les situations, et pas seulement celles dont les forces sont statiques, quelque chose comme la paille mélangée dans la boue marche très bien. Le fait que la paille et le mélange implique que peu importe la direction de la force, au moins quelques morceaux de pailles pourront la supporter.

Ceci sert à expliquer l'idée derrière la composition des matériaux. En effet, il n'est pas nécessaire d'avoir des substances différentes, juste que les

substances présentes n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques physiques (une force de tension horizontale, et une force de tension verticale). Mais il faut aussi que ces différentes choses puissent rester ensemble, car on ne peut pas tout tisser comme dans le tissu. En plus, un tissu n'a aucune force contre le plissage, or dans l'aviation, on ne peut pas toujours garantir une tension constante. Avec les turbulences dans l'air et les mouvements de l'avion, il est nécessaire que les matériaux composites puissent résister au moins à un certain degré à la compression. C'est ce rôle là que joue la matrice des matériaux composites. Dans l'exemple de la paille et de la boue, la paille sert de renforcement pour que la boue reste ensemble, mais la boue permet aussi de rigidifier la paille pour que l'ensemble peut être utilisé en construction.

Aujourd'hui, les matériaux composites les plus communs sont la compose d'une fibre posée dans un matrice résineux. La fibre de verre non-tissée est l'analogue à la paille et la boue ancestral. Les fibres de verres font comme de la paille et sont placés un peu meli-melo dans la matrice résineuse. Le résultat est un matériau léger mais néanmoins très fort. Dans l'aviation, la fibre de verre tissée est toujours très répandue, mais aussi nous trouvons le nylon, le Kevlar, le carbone, et éventuellement tout ce qui peu être sous forme fibreuse).

L'avantage des matériaux composites est qu'ils sont très légers tout en restant forts. En effet, Airbus affirme que l'application de nouveaux matériaux leur a permit de réduire la consommation de carburant de 13%, ce qui se rapporte à à peu près trois litres sur cent consommés par chaque passager. Ils

estiment que le poids de l'avion est réduit de 10-15 tonnes grâce à l'inclusion de matériaux composites.

Il faut néanmoins être conscient des désavantages des matériaux composites: ils sont chers et délicats. En effet, les matériaux composites restent encore assez chers pour que l'aviation civile hésite encore de les mettre en usage trop fort. Seule l'armée a des avions entièrement en composites, mais même elle fait attention à cause de leur fragilité. En effet, comme les matériaux sont dans une matrice, de craquelures qui formes sont très difficiles à détecter, mais peuvent avoir des dégâts significatifs, comme le détachement de pièces, ou la déchirures de l'armature en vol. Et en fin, les matériaux composites sont très difficiles à créer, nécessitant beaucoup d'attention, des outils très spécialises, et pas mal de temps, ce qui explique leur prix élevé. Néanmoins, ils gardent une position sure dans le futur de l'aviation, et seront la prochaine étape dans l'évolution de l'aviation.

Nous voyons donc que l'innovation des matériaux ramène des avantages significatifs dans le domaine de l'aviation, militaire et civile. Pour le militaire, des avions plus légers et donc capables de parcourir de distances plus importantes à des vitesses plus avancés sont possibles. Pour le commercial, ceci permet des avancements dans l'économie de l'aviation, et baisse les prix de voyages pour les consommateurs. Le futur se présente avec l'inclusion de plus en plus de matériaux composites, et des innovations dans leur composition pour les rendre encore plus légers et surs.

III. Comment l'optimisation de la forme de l'avion peut-elle améliorer son aérodynamisme

Depuis la première fois que l'homme a vu voler un oiseau, il a rêvé de pouvoir un jour planer comme lui dans le ciel. Il a fait beaucoup de découvertes et d'inventions qui lui ont permis de se rapprocher de ce rêve. Dans cette partie nous allons nous intéresser à certaines découvertes de l'homme, surtout en rapport avec la forme, qui ont permis à un objet inanimé de voler.

A) *Les principes de l'aérodynamisme*

1) Aérodynamisme et les forces associées au vol

Tout d'abord il faut préciser ce qu'est l'aérodynamisme.

L'aérodynamisme est une discipline qui étudie le rapport des objets en mouvement avec les fluides (gaz ou liquides) qui les entourent, ayant pour but principal de réduire la résistance des fluides pour permettre un passage plus facile (traduit par l'augmentation de la vitesse, la diminution de la quantité du carburant, de l'énergie consommée...) des corps.

L'aérodynamisme s'intéresse aux conditions des fluides (température, pression, humidité pour l'air...), aux matériaux dont sont faits les objets (car certains peuvent créer des frottements plus importants et donc rendre plus difficile le passage du corps dans le fluide), mais essentiellement aux formes des objets.

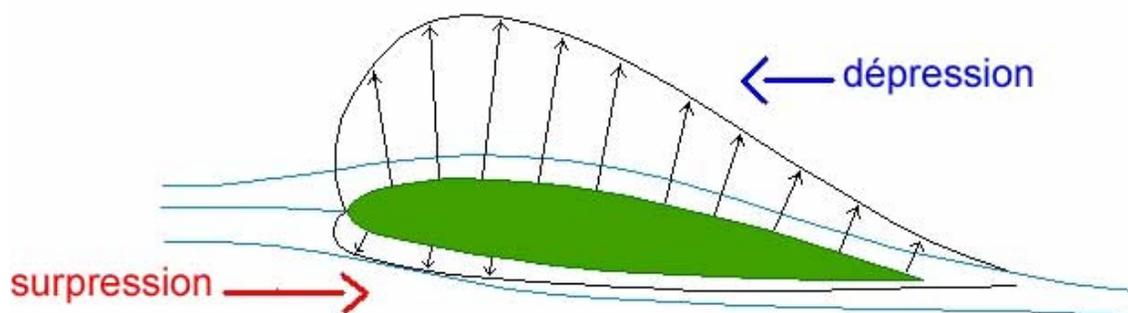
De nos jours lorsque l'on fait un projet de nouvel avion, on recherche surtout un meilleur aérodynamisme, afin de diminuer la consommation en carburant pour diminuer le coût du trajet et par ailleurs limiter la pollution. L'étude de l'aérodynamisme est donc indispensable dans le domaine de l'aéronautique. Par exemple pour répondre aux attentes d'Airbus Industrie, Busak+Shamban a développé des profils de joints en silicone pour l'Etanchéité des surfaces portantes du nouvel A380. Ces derniers jouent un rôle important dans l'optimisation des flux d'air des ailerons et des capots de carénage. Ils permettent un aérodynamisme accru, une réduction des bruits et une baisse de la consommation de carburant.

L'aérodynamisme est une science essentiellement expérimentale, cependant il y a des lois physiques qu'il faut prendre en compte dans le cadre de la compréhension du principe de vol.

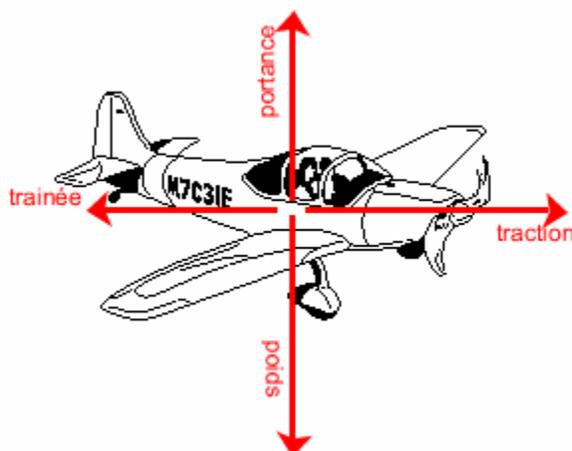
Puisque nous nous intéressons à l'aviation, le fluide dont nous allons parler serait l'air.

Lorsqu'un objet traverse une masse d'air, il la déforme, mais elle revient à son état initial tout de suite après. Imaginons que cet objet ait deux faces, une face plate et une face plus bombée. Les particules de l'air qui s'écoulent le long de cet objet auront donc une trajectoire différente, qui serait plus longue pour les particules passant le long de la face bombée. Sachant que les deux masses d'air « coupées » par le corps en mouvement doivent se rejoindre au même moment après la traversée de l'objet, on comprend que les particules d'air

contournant la face bombée doivent avoir une vitesse plus importante. Il faut préciser aussi que lorsque la vitesse des particules de l'air augmente la pression dans cet espace diminue. Ainsi sont créés la **zone de surpression** du cote plat et la **zone de dépression** du cote bombé. La force avec laquelle la dépression « pousse » l'objet est inférieure à la force avec laquelle la surpression « pousse » l'objet. C'est la différence des forces dues aux pressions qui crée le mouvement ascendant.

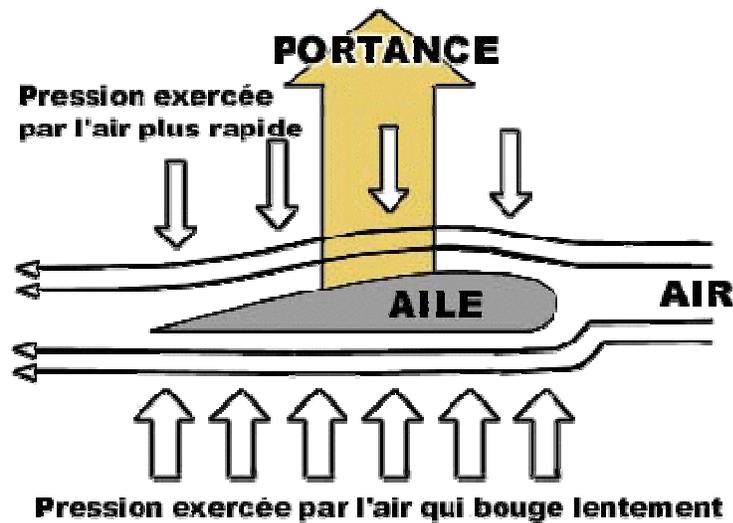


Les quatre forces principales agissant sur un avion sont la portance, la traînée, la traction et le poids.



La Traînée est la force qui s'oppose à la progression d'un mobile par l'effet de la résistance de l'air sur sa surface et qui est parallèle à la vitesse et de sens opposé. C'est la force qui freine le mouvement d'un corps.

La Portance est la force, générée par l'écoulement de l'air autour d'un corps, qui est perpendiculaire à la direction de déplacement. Dans le cas d'un avion, si l'on considère qu'il se comporte comme l'objet à deux faces vu précédemment, et qu'il est tourné avec la face bombée vers le haut, alors la Portance est égale à la différence des deux forces, l'une ascendante, l'autre descendante, correspondant à la pression sous l'aile et la pression sur l'aile. La Portance est donc la force qui permet le soulèvement de l'avion.



Le Poids est la force que nous connaissons depuis longtemps et qui varie en fonction de la masse (m) du corps et de l'attraction gravitationnelle (g)

$$\vec{P} = m \vec{g}$$

La Traction est la force parallèle à la vitesse et qui a le même sens. La

Traction est la force qui vient compenser la Traînée pour qu'un objet puisse avancer. Dans un avion, la Traction est fournie par le/les moteurs.

La Dérive due au vent latéral influe aussi sur le déplacement d'un corps dans l'air.

Lorsque l'objet a deux faces, l'angle produit par le bord d'attaque incliné dans l'air est appelé l'angle d'incidence. C'est l'angle entre l'aile et la direction initiale des filets d'air.

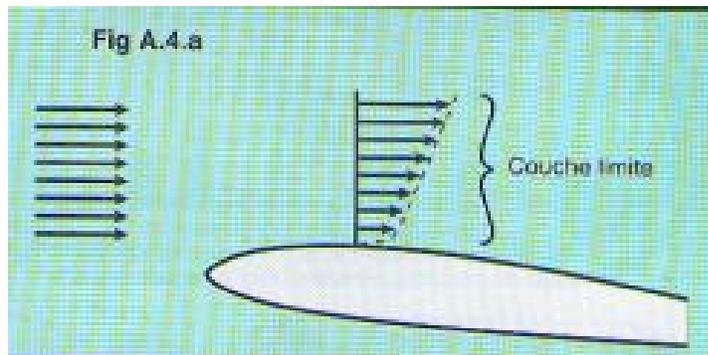
Cet angle va influencer les forces agissant sur l'objet en vol.

2) Optimisation de l'aérodynamisme

Les particules d'air sont en perpétuel mouvement et par conséquent sont sujettes à de multiples chocs entre elles, ce qui modifie leurs trajectoires. Plus la pression de l'air est grande, plus ces chocs sont fréquents.

Lorsqu'un corps traverse une masse d'air il change la vitesse des particules d'air autour de lui. Car les molécules d'air qui rencontrent la paroi du corps en mouvement, rebondissent, recevant une impulsion qu'elles transmettent de proche en proche par chocs successifs aux molécules qui se trouvent plus loin du corps. Cette impulsion va diminuer progressivement en s'éloignant de la paroi de l'objet. Ainsi les particules d'air les plus proches de la surface de l'objet en mouvement ont la même vitesse que lui et plus on s'éloigne de l'objet plus la vitesse diminue, jusqu'à la vitesse 0 lorsque le corps n'influence plus la

vitesse de l'air. La couche d'air dans laquelle la vitesse évolue de 0 jusqu'à la vitesse de l'objet est appelée la **couche limite**.



Le dessin ci-dessus montre l'exemple d'un objet immobile autour duquel circule l'air avec une certaine vitesse.

Tout se passe comme si la couche limite était constituée de couches d'air de très faible épaisseur ayant des vitesses différentes. Comme tout écoulement fluide, celui de l'air dans la couche limite peut être laminaire ou turbulent. Le caractère laminaire correspond à un écoulement en couches régulières, avec un mélange très faible entre couches adjacentes et des forces de frottement faibles.



L'écoulement turbulent est plus chaotique avec une interaction plus importante entre les couches adjacentes qui perdent leur aspect régulier, donc la couche limite est plus importante.



Il est favorable pour l'avion d'avoir un écoulement laminaire autour de lui car il a été prouvé que plus la couche limite est grande plus la traînée est importante.

Donc l'aérodynamisme de l'objet va s'améliorer avec la réduction de la couche limite, traduisant le fait que l'objet que l'on étudie glisse plus facilement dans l'air. Car le fait que la couche limite soit grande signifie que l'objet rencontre une grande résistance de l'air, ce qui à son tour provoque l'augmentation de la traînée et la diminution de la vitesse. Ainsi pour compenser une grande traînée il faut augmenter la force de poussée et pour cela, dans le cas d'un avion, le moteur doit utiliser plus de carburant, ce qui oblige à augmenter le coût du trajet.

Ce qui influence la largeur de la couche limite est la forme du corps en mouvement et l'état de sa surface. C'est-à-dire que plus la surface de l'objet sera lisse, moins la couche limite sera grande, ce qui paraît logique car sur une surface lisse il y a moins d'irrégularités qui peuvent interagir avec les particules d'air, et donc la résistance de l'air est moins importante. Avec l'altitude, la pression diminue, et donc la « concentration » de particules d'air, et donc la résistance sont plus faibles.

L'étude de la forme est plus compliquée car il y a plusieurs lois physiques appliquées. Le plus important pour que la couche limite soit minimale est que

la section de l'objet soit arrondie, c'est-à-dire sans angles brusques, car autour de ceux là l'écoulement de l'air est turbulent, c'est-à-dire la trajectoire des particules de l'air n'est pas continue et forme des tourbillons. La trajectoire de ces tourbillons est imprévisible. Ils augmentent la couche limite et en plus lorsqu'ils sont très importants peuvent perturber le vol de l'appareil au point de provoquer un décrochage qui peut causer un accident grave (crash). On appelle décrochage le décollement des filets d'air de l'aile.

A mesure que l'incidence augmente, la couche limite et le point de décollement migrent vers l'amont du profil, ce qui à pour conséquence une augmentation de la traînée et une chute de la portance. La brutalité du décrochage dépend de la manière dont se fait cette migration.

On peut noter deux manières de décrocher :

- en maintenant une incidence constante et en réduisant la vitesse
- en augmentant brutalement l'angle d'incidence, ce qui a pour conséquence un décrochage dit «dynamique ».

Il est alors évident d'après ce que nous venons de voir que la forme de l'objet joue un rôle extrêmement important si on veut améliorer son aérodynamisme et donc le rendement.

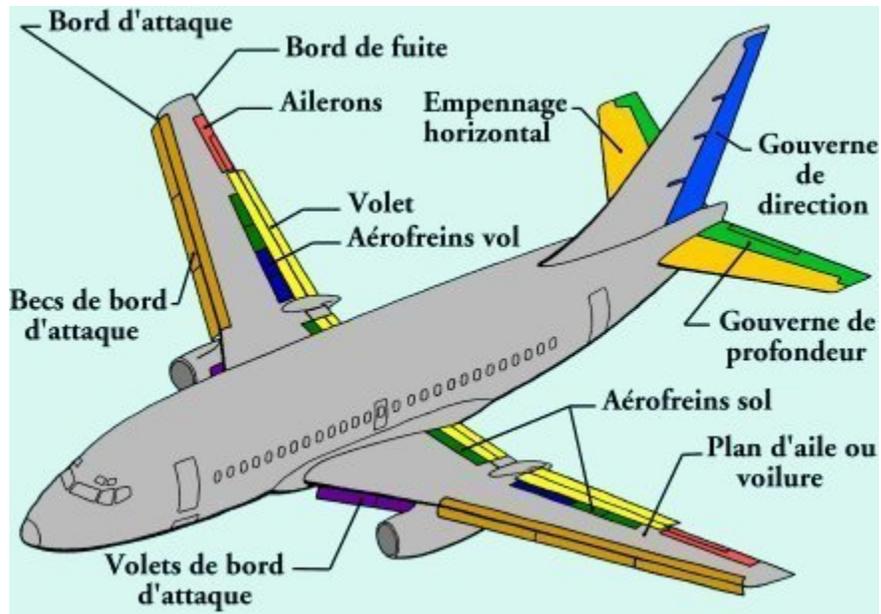
B) La forme globale de l'avion

Dans cette partie nous allons voir comment il est possible d'adapter les formes d'un avion afin d'améliorer ses performances, en prenant en compte les principes de vol énoncés précédemment.

1) Les différentes parties d'un avion et leur rôle dans son fonctionnement

La forme des avions fut inspirée par les oiseaux, ainsi ils ont certaines ressemblances dans leur structure. Lors du vol plané, c'est à dire sans le battement des ailes, les oiseaux peuvent grâce à leurs muscles et à leurs plumes changer la forme des ailes en fonction de la trajectoire qu'ils veulent adopter.

L'avion imitant les oiseaux a des parties fixes remplaçant le squelette et les parties mobiles qui lui permettent de contrôler sa position dans l'air lors du vol. Il y a deux parties du fuselage de l'avion où sont situés les gens: le cockpit d'où les pilotes contrôlent le vol et le fuselage, la partie centrale de l'avion dans laquelle sont situés les passagers.



Les ailes et la queue d'un avion, les principaux gouvernails¹

Les parties de l'avion que l'on peut voir sur cette image sont primordiales puisqu'elles sont directement reliées aux commandes de vol, qui permettent de faire monter, descendre ou pivoter l'avion.

Ces différents mouvements sont donc coordonnés par les gouvernails situés sur les ailes et les trois volets de la queue.

La structure de la queue:

Elle comprend 2 empennages horizontaux avec leur gouvernail de profondeur (surface mobile horizontale située à l'arrière de l'avion) qui est redressé en

¹ Source: http://szadkowski/projet/j_ailes_et_queue.htm

<http://tecfa.unige.ch/etu/LME/0001/heiniger-schmidt->

montée et rabaissé en descente de l'appareil. Lorsque l'avion doit voler à plat, le pilote n'active pas la commande reliée à ce gouvernail.

Son troisième élément est la dérive. Celle-ci comprend le gouvernail de direction. La dérive permet au pilote soit de voler en ligne droite, soit de virer à gauche ou à droite, ou encore faire un déplacement latéral.

La structure des ailes:

Les ailes sont creuses et contiennent le carburant cloisonné dans des réservoirs. Elles sont faites de métal léger et recouvertes d'un revêtement très fin.

Leur structure est la suivante : à l'avant de l'aile, on retrouve les **becs de bord d'attaque**. A l'arrière, il y a divers volets, dont les aérofreins.

Aérofrein : surface sortant de l'aile pour en augmenter la traînée. Il est utilisé pour ralentir l'avion à l'atterrissage.

Ailerons : surfaces mobiles placées sur les ailes contrôlant l'inclinaison de l'avion et lui permettant de se mettre en virage.

Volets : surfaces mobiles articulées se déployant sous les ailes afin d'augmenter la portance à basse vitesse.

Pour monter, les ailerons du gouvernail de profondeur situés à la queue de l'avion sont relevés et ainsi le vent pousse sur la queue de l'appareil qui se soulève. Pour descendre, c'est le contraire, les ailerons du gouvernail de profondeur sont à leur position initiale et ainsi l'avion descend.

Pour virer à gauche le gouvernail de direction se déplace vers la gauche. Le vent pousse ainsi la queue vers la droite et le nez vers la gauche.

Pour le déplacement latéral, l'aileron de l'aile droite s'abaisse et celui de l'aile gauche s'élève. L'avion s'incline et le vent pousse ainsi l'aile gauche vers le haut et la droite vers le bas.

Pour décoller ou atterrir, l'avion utilise le train d'atterrissage, constitué de plusieurs roues. Ces roues, à cause des frottements importants qui les usent rapidement, sont remplacées environ tous les 20 jours. Le train d'atterrissage est sorti lorsque l'avion se trouve au sol et lui permet de développer une vitesse suffisante pour décoller. Dès le décollage, le train d'atterrissage est rentré pour ne pas créer de frottement avec l'air, et il est de nouveau sorti juste avant l'atterrissage afin que l'avion puisse freiner et finalement s'arrêter.

2) L'importance de la forme des ailes

Dans cette partie nous allons voir pourquoi la forme des ailes est si importante dans le vol d'un avion.

Au début de la partie II, pour expliquer le principe de vol, nous avons pris l'exemple d'un objet avec deux faces : une bombée et une plus plate. Dans le cas d'un avion, les ailes ont cette forme:

La face plus bombée se trouvant au-dessus est appelée l'**extrados**

La face plus plate se trouvant en dessous est appelée l'**intrados**

Comme nous avons vu précédemment, en mouvement il y a une zone de suppression qui se forme sur l'intrados et une zone de dépression sur

l'extrados, ce qui permet de soulever l'avion. L'angle d'incidence formé par le bord d'attaque a aussi de l'importance car s'il devient trop important l'avion subit un décrochage, c'est-à-dire une chute de la force de portance, due au décollement d'air a l'extrados.

On remarque que plus la vitesse de l'avion est faible plus la surface des ailes doit être grande pour avoir une portance suffisante. Cependant l'augmentation de la surface portante ne doit pas influencer le poids de l'avion. Ainsi la surface de l'aile doit être suffisamment grande pour que la portance de l'appareil en vitesse de croisière compense le poids, ce qui permettrait à l'avion de rester en l'air.

Seuls les avions militaires extrêmement rapides et les supersoniques peuvent se permettre d'avoir des ailes relativement petites par rapport au fuselage. En fait le profil des ailes est aussi différent chez les avions subsoniques (la majorité des avions civils) et supersoniques, car les derniers développent des vitesses supérieures à celle de son et lors de la rencontre du bord d'attaque de l'aile avec l'air, la zone de dépression sur l'extrados est beaucoup plus importante que dans le cas d'un avion subsonique. A cause de cela les ailes des avions supersoniques sont beaucoup moins bombées sur l'extrados.

En fait on peut dire que le fuselage de l'avion, qui a une forme de cylindre, doit seulement traverser l'air, alors que ce sont les ailes qui sont responsables du fait que l'avion soit porté par l'air, grâce à l'application correcte des forces

physiques. Ainsi c'est seulement grâce à une forme particulière aérodynamique des ailes que l'avion peut voler.

Après avoir vu la structure générale de l'avion et de l'aile, nous nous intéresserons aux **différentes formes d'ailes** existantes aujourd'hui.

Les ingénieurs aéronautiques ont conçu plusieurs types d'ailes avec des propriétés aérodynamiques différentes. Ces ailes ont des formes, l'angle et la position d'attachement au fuselage différents. Certains de ces avions ont été créés juste pour la recherche et non pas pour la commercialisation. La conventionnelle aile droite s'étend avec un angle presque droit par rapport au fuselage.

Sur les biplans, utilisés encore pendant la 2ème Guerre Mondiale, une aile était souvent suspendue au-dessus du fuselage et renforcée par une sorte de support, alors que la deuxième aile passait juste en dessous du fuselage.



Le BIPLAN



Le MONOPLAN a ailes droites

Sur les monoplans, les ingénieurs positionnaient les ailes à des hauteurs différentes selon le design de l'avion, certain juste au dessus d'autres en dessous du fuselage.

Les ailes en FLECHE



Les ailes en flèches (« swept-wing ») s'étendent vers l'arrière de l'avion avec un angle par rapport au fuselage. Ces ailes sont les plus répandues de nos jours tant pour les avions de ligne que pour les avions transporteurs



Les ailes DELTOIDES

Les **ailes deltoïdes** (« delta wing ») dont le nom provient de la lettre grecque Delta, vues de dessus ressemblent comme elle a un triangle. Ces ailes sont inclinées à l'arrière sous un angle de 120 degrés, leur bord de fuite formant autour de 90 degrés par rapport au fuselage





Les avions avec les **ailes deltoïdes** sont en règle générale des avions militaires mais le Concorde, le seul avion supersonique civil, était une belle exception.

Les ailes EN FLECHE INCLINEES VERS LE DEVANT



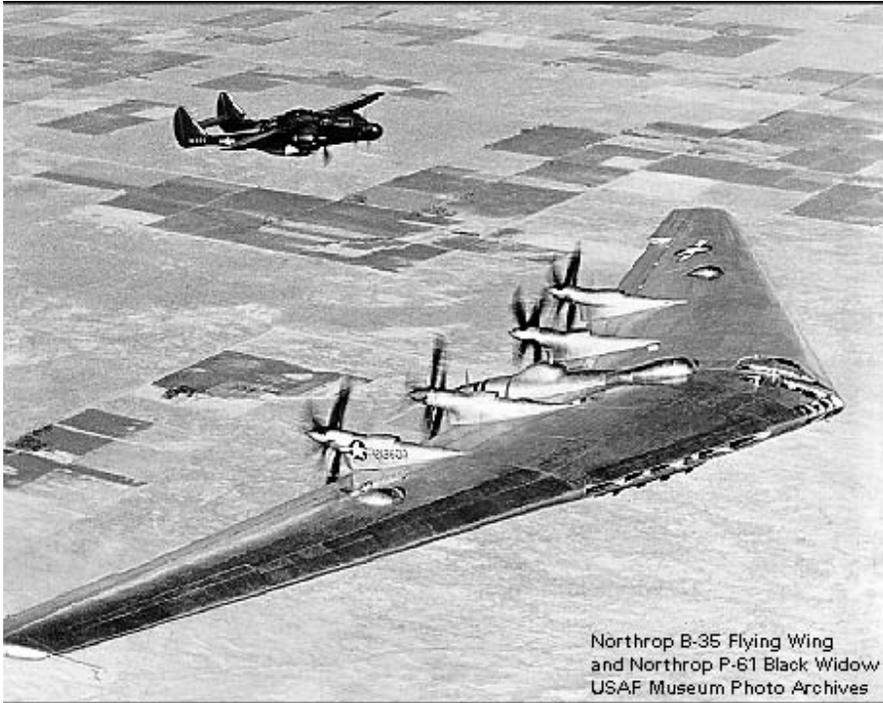
Les « forward-swept wing » - ailes en flèche inclinées vers le devant de l'avion donnent l'impression de voler a reculons. Ces ailes sont le plus souvent attachées loin à l'arrière du fuselage. Sur ce type d'avions de petites ailes appelées « canard » sont souvent positionnées sur le devant du fuselage.

Les ailes a GEOMETRIE VARIABLE

L'aile a géométrie variable
(« variable-sweep wing »)
peut changer son inclinaison
durant le vol le plus souvent
pour passer de la position de
penchement vers l'arrière a la
position droite.



Les AILES VOLANTES



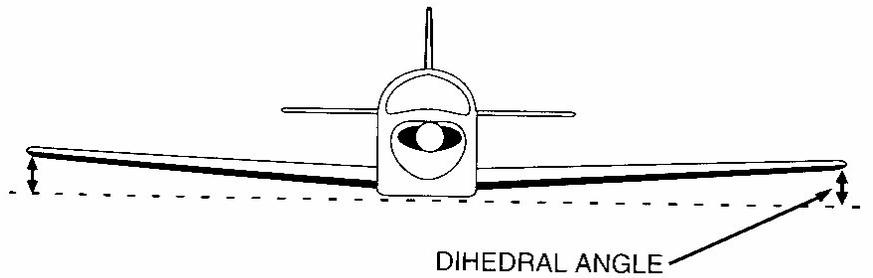
L'aile volante est un appareil construit de façon à ce que l'avion entier semble être une aile et il est du centre il s'incline vers l'arrière. Le fuselage est une section très étroite, reliant les ailes sans soudures.

Les AILES PENCHEES VERS LE HAUT du fuselage.

Le terme « dihedral » désigne les ailes penchées vers le haut du fuselage.

Dihedral est l'angle que forment les ailes inclinées vers le haut des la racine jusqu'au bout de l'aile.

Les « canards » se situent sur le devant du fuselage.



3) Evolution vers les modeles futuristes:

Nous avons pu découvrir dans les parties précédentes l'évolution progressive de l'aéronautique grâce à la perfection des formes et matériaux et ainsi grâce à l'optimisation de l'aérodynamisme des avions.

Cependant l'imagination humaine n'a pas de limites et on cherche toujours à faire mieux. Pour cette raison nous allons nous attacher dans cette partie aux formes futuristes des avions commerciaux, sur lesquelles est menée la recherche pour résoudre certains problèmes techniques des appareils actuels et garder ou même augmenter leur rendement.

Le CONCORDE (France, Angleterre)

Nous ne pouvons pas parler des progrès de l'aéronautique sans mentionner **le Concorde**, un des deux avions supersoniques commerciaux de toute l'histoire

de l'aviation². Il reste toujours un chef d'œuvre même si son exploitation fut suspendue des le 31 mai 2003, a cause d'une rentabilité insatisfaisante pour les compagnies Air France et British Airways, d'un niveau de bruit surélevé et de deux accidents consécutifs.



Le Concorde

Tu-144

Mais l'avion russe, le Tu-144 de Tupolev, vola en premier, son premier vol étant en 1968. Le Tu-144, quant à lui, fut annulé en 1978 après deux accidents majeurs³.

Voici quelques caractéristiques techniques de CONCORDE.

Envergure	25,56 m	Longueur	62,10 m
------------------	---------	-----------------	---------

² Avions civils supersoniques <http://www.guerrefroide.34sp.com/imprimez.php?id=avions>

³ Avions civils supersoniques

Hauteur	11,41m	Surface de voilure	328,25 M2
Distance de décollage	3 200 m	Distance d'atterrissage	2 440 m
Vitesse de croisière maximale	Mach 2,04	Altitude	19 000 m
Distance franchissable	6 200 km avec 100 passagers		

Après la « démission » de Concorde la place sur le marché des avions supersoniques civils est restée libre.

EADS, une des plus grandes compagnies aéronautiques mondiales, et ses partenaires japonais ont annoncé le lancement d'un nouveau projet, dit « napoléonien », de construction d'un appareil supersonique techniquement perfectionné et deux fois plus rapide que Concorde, qui fera aussi beaucoup moins de bruit que ce dernier.

Le 29 mars 2001 Boeing a annoncé la création d'un HSCT ("High speed civil transport") : le "Sonic Cruiser". Avec ce projet d'avion volant à Mach 0,98, d'une capacité de 175 à 300 places, le constructeur américain mise sur la réduction du temps de vol (un gain de temps de 1 heure et demi à 2 heures sur les liaisons transatlantiques ; gain de 40 minutes pour les vols d'une côte à l'autre des Etats-Unis). Boeing a espéré répondre aux attentes de la clientèle qui pourrait ainsi éviter la congestion des hubs (plates-formes de correspondance) et les retards

résultant des changements d'avion et des escales. Mais ce projet a eu un échec.

Airbus A300-600ST, "BELUGA" (France)

Un

autre avion surprenant est **Airbus A300-600ST "Beluga"**, inspire apparemment pas d'un oiseau mais d'un mammifère marin, qui lui aussi a besoin d'avoir un bon aérodynamisme pour se déplacer dans l'eau. La forme particulière du fuselage de ce transporteur permet d'orienter les filets d'air de façon à ce qu'il y a une plus grande portance au dessus du fuselage, ce qui permet de garder une taille relativement petite des ailes.



Voici quelques caractéristiques techniques de **A300-600ST**

1ER VOL	13 septembre 1994
ENVERGURE	44,84m
LONGUEUR	56,15m
HAUTEUR	17,24m
POIDS	154,93kg
VITESSE	778 km/h
CHARGE UTILE	47 tonnes

AIRBUS A-380 (France, Europe)

Un autre avion vient de rentrer dans l'histoire. Il y a encore dix ans on pouvait à peine s'imaginer un avion qui transporterait jusqu'à 840 passagers. Et pourtant en avril 2005 fera son premier vol le nouveau Airbus A380, qui pourra transporter entre 500 et 840 personnes. Pour la première fois de l'histoire, pour les passagers de première classe seront proposées des cabines personnelles, des douches, des fontaines et des casinos. Ce géant, 1,5 fois plus grand que le plus grand des avions civils déjà existant Boeing, a plus de 70 mètres de long, la hauteur du fuselage fait environ 10 mètres et l'envergure est d'environ 80 mètres :





En plus ; la particularité de A380 consiste au fait qu'il consomme moins de carburant que ses co-frères. D'après les experts d'Airbus, l'utilisation de nouvelles technologies et de nouveaux matériaux a permis de réduire le poids de l'avion de 10-15 tonnes par rapport a ses analogues, et la consommation du carburant de 13% en moyenne, par conséquent moins de 3 litres de carburant par 100km par personne seront utilisés par l'avion, ce qui est un nouveau record.

Sur cette photo on peut voir la différence de taille d'un moteur de A380 durant un essai en vol.

JET SUPERSONIQUE⁴ (USA)

⁴ Scaled Composite [New Scientis 19.12.03t, http://www.cnews.ru/newsline/index.shtml?2003/12/19/153191](http://www.cnews.ru/newsline/index.shtml?2003/12/19/153191)

En tant qu'exemple d'avion d'une forme aérodynamique on peut présenter l'avion supersonique Space Ship One (SS1), un Jet privé développé par la société privée Scaled Composites (USA) sans investissement d'Etat . Sa vitesse atteint 1490 km/h. Il est composé de deux composants : avion porteur turboréactive White Knight, qui monte l'appareil a l'hauteur de 15000 m; a cette hauteur-la l'appareil se sépare avec l'avion porteur et continue son vol grâce au moteur hybride (d'une fusée).

Au moment de la séparation la vitesse de l'avion est de 0,5 Mach. Avec le moteur-fusée l'appareil développe une vitesse de 1,2 Mach.



L'APPAREIL VOLANT “ЭКИП”⁵ (Russie)

Afin d'intégrer dans l'évolution des appareils volants les critères économiques, écologiques, technologiques et de service a la clientèle, les créateurs aéronautiques et spatiaux cherchent une forme alternative a celles déjà existantes jusqu'au présent.

⁵ <http://flyers.nm.ru/ekip.htm>

Un appareil radicalement nouveau est développé par une Société Russe ЭКИП (EKIP-Ecologie et Progrès). Cet appareil peut atterrir et décoller sur/de tous les types d'aérodrome et à la surface d'eau.

L'utilisation du principe de coussin d'air (tel que sur l' « hovercraft ») impose une forme géométrique particulière à cet appareil. Grâce à ce principe la pression sur l'appareil et la surface d'atterrissage /décollage est très basse, équivalente à une pression d'eau de 220-270 mm. Cet appareil peut transporter le cargo de 100t et plus sur la distance de milliers de km avec la vitesse 500-700 km/h sur l'hauteur 8-13 km. Il peut aussi utiliser la vitesse de 160 km/h au moment d'atterrissage/décollage en utilisant le coussin d'air.





Ecologie/ utilité : L'utilisation de l'hydrogène comme carburant permet de franchir une distance de transport de 2 à 3 fois supérieure à celle d'un avion cargo classique. Grâce au coussin d'air, les vitesses de montée et d'approche sont faibles ce qui réduit considérablement les émissions sonores.



Matériaux composites : Le principe du coussin d'air permet d'éliminer des concentrations des efforts sur les parties structurales de l'appareil, qui peuvent alors être faites des matériaux composites.

La sécurité de l'appareil est au moins de 70% plus élevée que celle des avions classiques. Même avec l'arrêt de tous les 4 moteurs il peut faire l'atterrissage en sécurité.



L'utilisation de tuyère à poussée vectorielle permet d'assurer un contrôle actif sur le tangage de l'appareil.

Le Système de contrôle des turbulences dans la

couche limite est breveté en Russie, Europe, Canada, USA. Il garanti l'aérodynamisme de l'appareil "ЭКИП" dans tous les régimes de vol.

L'AVION A MOTEUR A L'ENERGIE DU LASER ⁶ (USA)

Dans la recherche de l'énergie écologique pour l'avion, les spécialistes aéronautiques de NASA et de l'Université d'Alabama sont en train de développer un avion a moteur qui transforme l'énergie du laser (envoyé de la surface de la Terre) en énergie mécanique de mouvement

Le moteur reçoit le courant des photo éléments qui transforment la radiation du laser en tension électrique. Dans le future, l'avion de ce type pourra être utilise pour les recherches scientifiques et pour la surveillance de la surface de la Terre. Le model d'avion a l'échelle 1 :50 a passe l'essai en vol avec succès.



⁶ <http://www.cnews.ru/newtop/index.shtml?2003/10/10/149881>

AILE VOLANTE⁷, l'ange du futur (France)

La croissance continue du trafic aérien a poussé les chercheurs en aéronautique à développer un concept d'avion pouvant transporter au delà de 1000 passagers. Les études actuelles montrent qu'un avion conventionnel a ses limites en terme de dimension (pour accueillir un nombre élevé d'e passagers) : en effet, la longueur d'avion ne peut pas dépasser 80 m pour pouvoir tourner sur les pistes étroites de certains aéroports. L'optimisation de l'avion conventionnel a donc été développée pour l'A-380 qui avec 2 étages pourra occuper jusqu'à 840 passagers (en 1 seule classe) pour une longueur de près de 80 m. Pour satisfaire un transport d'environ 1000 passagers ou plus, il faut alors concevoir un appareil offrant une cabine beaucoup plus large afin de rater dans la limite de longueur précédemment indiquée.



C'est le concept de l'aile volante qui peut contenir ce volume de passagers avec une longueur de 54 m pour une largeur d'environ 40 m (à comparer avec 8 m de diamètre pour un avion conventionnel de type Boeing-747). L'aile volante présente un avantage important par rapport à un avion conventionnel :

la forme aérodynamique permet de réduire considérablement la traînée de l'appareil (la cabine et

⁷ <http://www.cybersciences.com/cyber/4.0/nov96/aile1196.asp>

la voilure ne font qu'un seul ensemble) et donc d'augmenter sa performance, qui a un rôle important dans les coûts d'exploitation pour une compagnie aérienne. L'aile volante, de par sa géométrie impose néanmoins d'élargir l'aire de débarquement dans les aéroports

L'AVION SPATIAL⁸

Après quelques voyages privés touristiques dans l'espace plus rien ne semble irréalisable.

Un autre projet, dit « napoléonien », est annoncé récemment. Les spécialistes d'une Grande Ecole Aéronautique de Moscou (Russie) ont annoncé le lancement de la recherche sur un avion spatial. Cet appareil pourra voler à l'altitude de 100-200 km, à vitesse des 30 Mach. Selon les calculs, le vol entre Moscou et New York prendra 50 minutes, Moscou- Tokyo- 53 min, Moscou- Sidney- 1h 6 min. L'essai en vol d'une maquette en échelle 1 :25, qui s'est passé avec succès, a confirmé les calculs géométriques et le design de l'appareil, qui a une forme ovale.

⁸ http://top.rbc.ru/index.shtml?/news/policy/2003/12/29/29101151_bod.shtml

Les variantes différentes d'avion spatial permettront de transporter de 600 à 1000 passagers.

Conclusion

La recherche sur l'évolution des formes et des matériaux dans l'aviation au cours du temps nous a permis de nous rendre compte de leur impact sur l'aviation moderne. L'évolution des matériaux, qui deviennent de plus en plus légers et résistants, permet d'alléger le poids de l'avion. Celui-ci sera alors plus facilement porté par l'aile et montrera une meilleure résistance aux conditions de l'air en altitude. L'étude de la forme permet d'améliorer l'aérodynamisme de l'avion, sans lequel les forces physiques ne pourraient pas s'appliquer correctement et rendrait cet objet plus lourd que l'air incapable de voler. Ces études concernant aussi bien les matériaux que la forme sont toujours aujourd'hui les points clés de la recherche pour la conception de nouveaux engins aériens.

Bibliographie

Encyclopédie Universalis
Encyclopédie Encarta
Dictionnaire Le Robert

Magazine JEC Composites numéro 10 de juin juillet 2004 (rapport spécial sur l'aéronautique)

Internet:

www.lycos.fr histoire de l'aviation

www.encarta.msn.com

www.universales-edu.com

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

www.allstar.fiu.edu

www.onera.fr

www.ac-nancy-metz.fr/cinemav/imageaile/oiseau.html

www.gmability.com

http://tecfa.unige.ch/etu/LME/0001/heiniger-schmidt-szadkowski/projet/j_ ailes_ et_ queue.htm

<http://www.guerrefroide.34sp.com/imprimez.php?id=avions>

<http://www.cnews.ru/newslines/index.shtml?2003/12/19/153191>

<http://flyers.nm.ru/ekip.htm>

<http://www.cnews.ru/newtop/index.shtml?2003/10/10/149881>

http://top.rbc.ru/index.shtml?/news/policy/2003/12/29/29101151_bod.shtml

<http://www.advancedcomposites.com/technology.htm>

http://whyfiles.org/145composite_materials/biblio.html

http://composite.about.com/cs/inthenews/index_8.htm

http://whyfiles.org/145composite_materials/

<http://www.physorg.com/news1376.html>

<http://composite.about.com/>