



# La théorie

<b>PREFACE .....</b>	<b>2</b>
<b>LE MODELE EN DETAILS.....</b>	<b>2</b>
<b>OBSERVATION SUR L'AILE .....</b>	<b>2</b>
<b>OBSERVATION SUR LE STABILISATEUR .....</b>	<b>3</b>
<b>OBSERVATION SUR LA DERIVE .....</b>	<b>4</b>
<b>POURQUOI ET COMMENT VOLENT NOS MODELES .....</b>	<b>5</b>
<b>L'AILE.....</b>	<b>5</b>
<i>la portance</i> .....	7
<i>La trainée</i> .....	8
<b>LE STABILISATEUR.....</b>	<b>8</b>
<b>POUR DETERMINER LE CENTRE DE GRAVITE .....</b>	<b>9</b>
<b>LA DERIVE .....</b>	<b>9</b>
<b>LE DIEDRE.....</b>	<b>10</b>
<b>EN RESUME.....</b>	<b>10</b>
<b>LES GOUVERNES .....</b>	<b>11</b>
<b>LA GOUVERNE DE PROFONDEUR.....</b>	<b>11</b>
<b>LES AILERONS.....</b>	<b>11</b>
<b>LA DERIVE.....</b>	<b>11</b>
<b>L'ATMOSPHERE .....</b>	<b>12</b>
<b>LE VENT.....</b>	<b>12</b>
<b>LES ASCENDANCES.....</b>	<b>12</b>
<b>EMPLACEMENT DES DIFFERENTS ORGANES D'UN AVION .....</b>	<b>13</b>

## Préface

La seule différence entre l'aviation grandeur et l'aéromodélisme est :

- pour l'avion grandeur : le pilote est à bord de l'appareil, le pilote ressent tous les mouvements de son appareil
- pour l'aéromodélisme : le pilote a les pieds posés au sol, le modèle réduit est piloté par l'intermédiaire d'une radiocommande, et comme son grand frère le modèle se pilote pendant toutes les phases du vol.

Un très bon pilote de modèle réduit pourra vous dire qu'il ressent son modèle ainsi que son poids sur le bout de son antenne.

Un avion se compose de 4 parties distinctes :

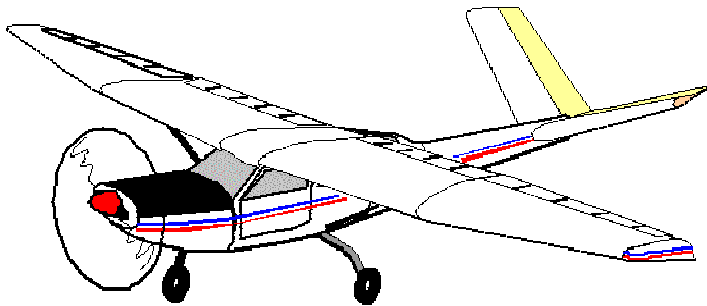
**Le fuselage** : On peut le comparer à une boîte dans laquelle sont embarqués les éléments de commande "accus, servos, récepteur, réservoir etc."

**L'aile** : Elle est fixée au fuselage (au-dessous, au milieu, au dessus) et elle supporte le poids de tout l'ensemble (roulis)

**Le stabilisateur** : Comme son nom l'indique, il stabilise le modèle horizontalement (tangage).

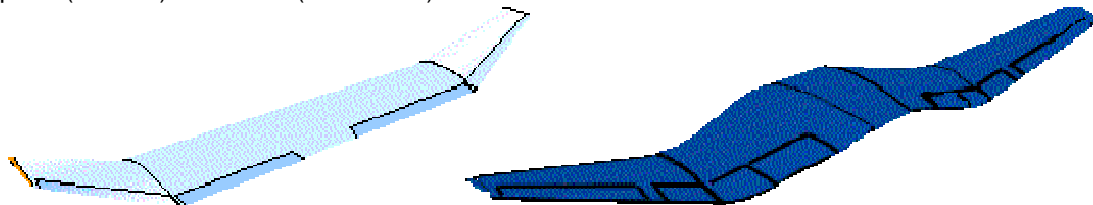
**La dérive** : Elle sert à maintenir un axe de vol en ligne droite (lacet).

## Le modèle en détail



### Observation sur l'aile

Une aile est composée de deux panneaux "demi-aile" collées entre elles ou fixées au fuselage. Le dièdre formé par les panneaux d'ailes. Le V ainsi formé, peut être plus ou moins important selon les modèles, il peut être aussi formé par les extrémités relevées, la partie centrale de l'aile restant plate (JODEL) voir en W (CORSAIR) et aussi inversé.



La forme de l'aile peut être différente : rectangulaire, trapézoïdale ou elliptique. La section de l'aile est sans doute la plus importante, on trouvera différentes sections (profil) : creux, plan convexe et biconvexe. On trouvera également des volets cotés bord de fuite :  
==> aileron volet en bout d'aile

## Observation sur le stabilisateur

Tout comme l'aile, le stabilisateur "stab" peut recevoir un profil :

biconvexe



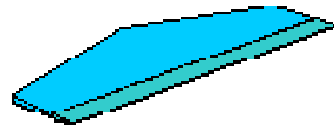
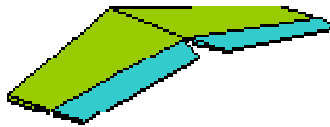
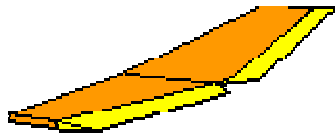
plan convexe "porteur"



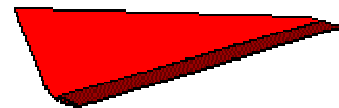
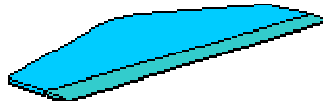
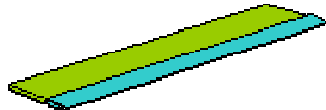
plat (le plus fréquemment employé)



Le stab peut aussi recevoir un dièdre positif, négatif, ou plat



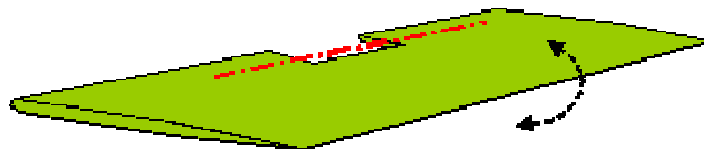
La forme pourra être rectangulaire, trapézoïdale ou triangulaire



Le stabilisateur pourra être :

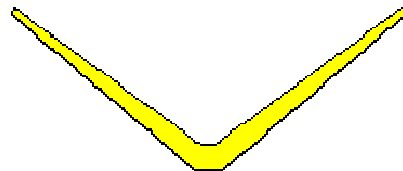
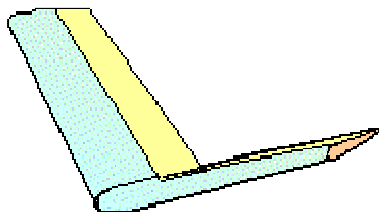
### pendulaire

Tout le stab est articulé



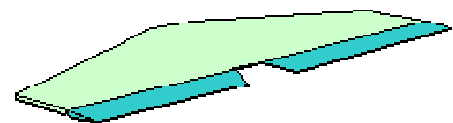
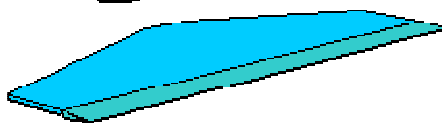
### Papillon

le stab et la dérive sont cumulés et forment un V plus ou moins ouvert



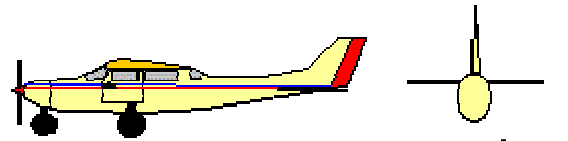
### Traditionnel

fixe avec un volet mobile en 1 ou 2 pièces

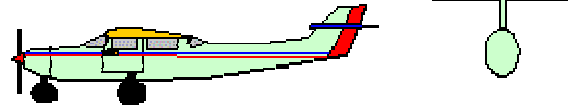


Le stabilisateur se positionnera :

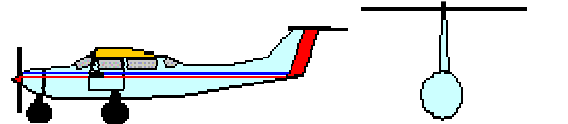
sur ou sous le fuselage



au milieu de dérive



au sommet de la dérive "empennage en T "



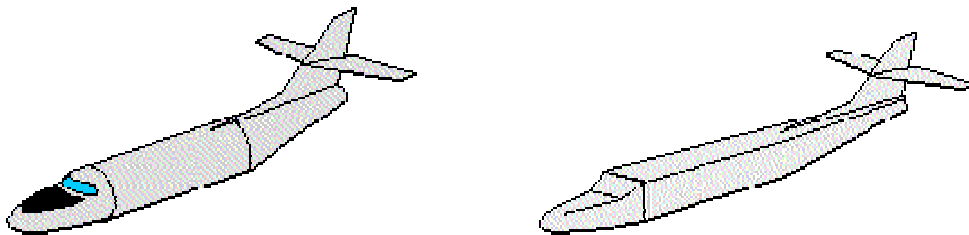
### Observation sur la dérive

Comme les deux organes précédents, la dérive peut recevoir un profil, il sera biconvexe, symétrique ou plat.

La forme de la dérive peut être très variée mais n'influe pas sur le vol, elle sera d'une surface suffisante pour que l'appareil est un bon comportement en vol.

### Observation sur le fuselage

La forme du fuselage peut être de forme ovoïde cylindrique ou cubique.



La difficulté est dans la construction.

Le fuselage est équipé du train d'atterrissage et sert surtout à recevoir les organes ci-dessus nommés et à embarquer les mécanismes pour le vol.

Tout ce qui vient d'être énuméré sont les principaux organes, mais d'autres artifices peuvent être installés pour améliorer le vol (la portance, la finesse etc.... )

En conclusion, un avion est conçu pour optimiser la traînée et le meilleur écoulement possible de l'air autour des différents organes que compose le modèle.

### l'aéromodélisme

L'aéromodélisme est un loisir mais aussi un sport, cette discipline se pratique avec des règles et des normes de sécurité, contrairement à ce que l'on pourrait croire l'avion n'est pas un jouet.

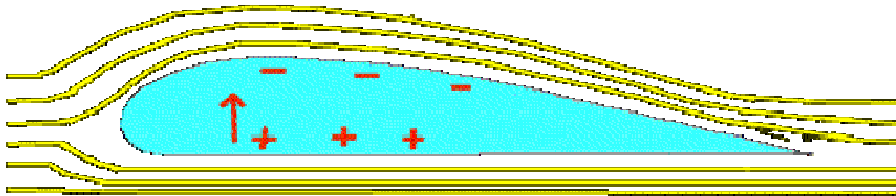
- Une hélice tourne vit environ 11000 tours par minute (attention aux doigts),
- la vitesse de vol se situe au alentour de 100 Km/h pour certains modèles : c'est un vrai projectile !
- L'aéromodélisme se pratique sur des terrains appropriés dégagés de tout obstacles et loin des habitations.

-Il est recommande de se rapprocher des club d'aéromodélisme pour la pratique de cette discipline afin de pouvoir évoluer sur un terrain, et pouvoir bénéficier de l'aide de pilotes expérimentés.

## POURQUOI ET COMMENT VOLENT NOS MODELES

Comme pour les avions grandeurs, nos modèles se déplacent dans un fluide ( L'AIR ) et le déplacement d'une surface portante ( l'AILE ), produit d'une PORTANCE qui maintient en vol, mais aussi une TRAINEE, force de résistance opposée au mouvement, qu'il faut équilibrer soit avec un moteur, soit avec une composante du poids ( vol plané en descente ).

EXTRADOS du PROFIL ou de l'AILE



INTRADOS du PROFIL ou de l'AILE

On s'aperçoit que les filets d'air ( vue ci-dessus ) passant sur extrados et l'intrados du profil sont déviés.

Les filets d'air passant sur l'extrados du profil se déplacent plus vite que ceux passant en dessous, cette différence de vitesse provoque une pression en dessous du profil et une dépression en dessus du profil ou de l'aile.

Cette dépression donne la PORTANCE.

### En Conclusion

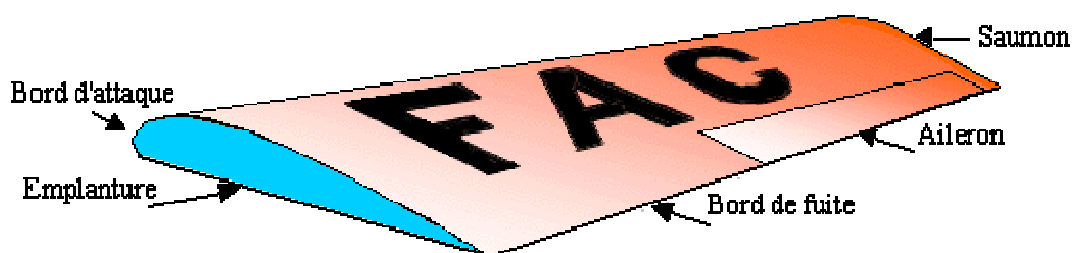
Une aile se déplaçant dans l'air est soutenue par son extrados.

### L'aile

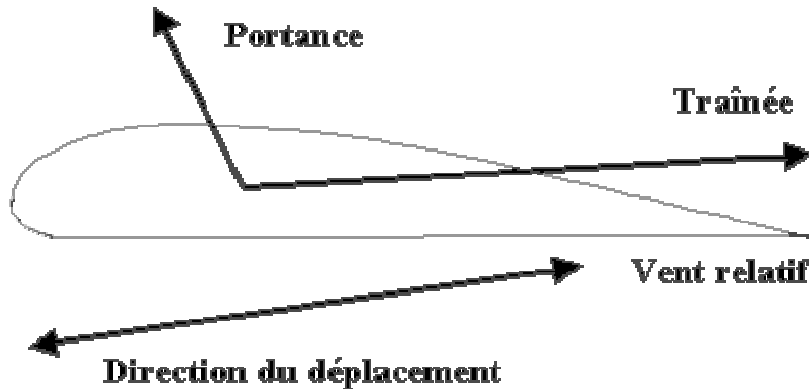
L'aile est caractérisée par ses dimensions (envergure et largeur) ainsi que sa forme.

La plus facile à construire étant rectangulaire, mais le rendement sera meilleur si elle est de forme trapézoïdale, l'idéal étant une forme elliptique, comme le fabuleux avion de chasse Anglais le Spitfire, mais très difficile à construire.

C'est elle qui va donner ces performances au modèle

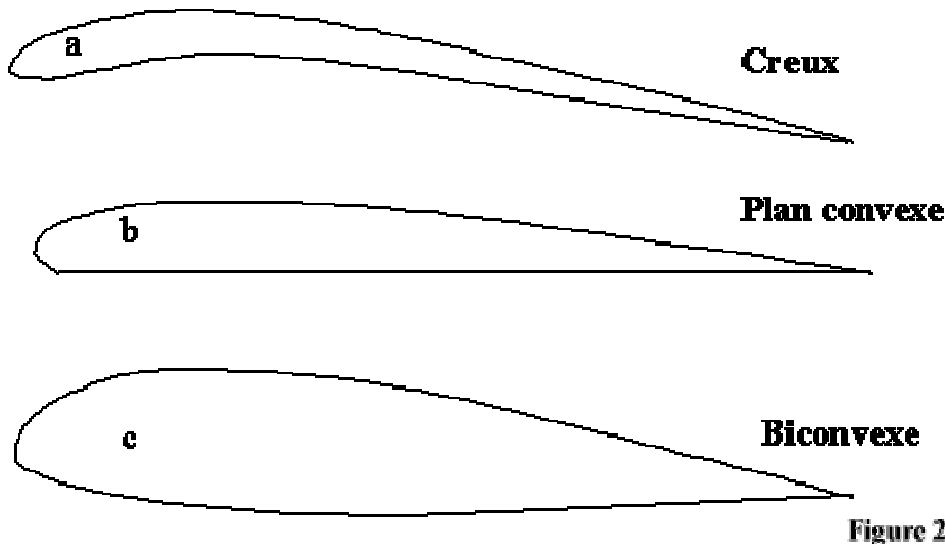


On lui demande d'en assurer la **PORTANCE**, mais au prix d'une **TRAÎNÉE** minimum ( fig. 1)



**Figure 1**

Une aile pourrait n'être qu'une plaque mince, mais le rendement est très mauvais. On emploie des sections dessinées spécialement, appelées **PROFIL** (fig. 2).



**Figure 2**

**Un profil CREUX** (fig. 2a) aura beaucoup de portance à faible vitesse, mais avec une forte traînée .

**Un profil BICONVEXE** (fig. 2c) conviendra bien pour les grandes vitesses car la portance ne sera suffisante que si l'appareil va vite, et sa traînée sera faible.

Une solution intermédiaire est le **profil PLAN CONVEXE** (fig. 2b) qui est un bon compromis : c'est celui utilisé sur les avions de début, donnant une portance honorable avec une traînée supportable.

De plus, son dessous plat rend la construction plus facile.

Pour nos appareils de début, deux points sont importants :

L'avant du profil doit être arrondi, un " nez " pointu ou rugueux abîme complètement le flux d'air le long du profil et causera des problèmes (fig. 3a).

L'avant du profil ne doit pas être tombant, mais nettement relevé, ce qui donnera un vol plus stable (fig. 3b).

C'est l'avant du profil qui est le plus important **BORD D'ATTAQUE**, ce qui ne veut pas dire qu'on puisse saboter l'arrière **BORD DE FUITE**. En particulier, on s'efforcera de le rendre le plus effilé possible, tout en restant compatible avec la solidité.

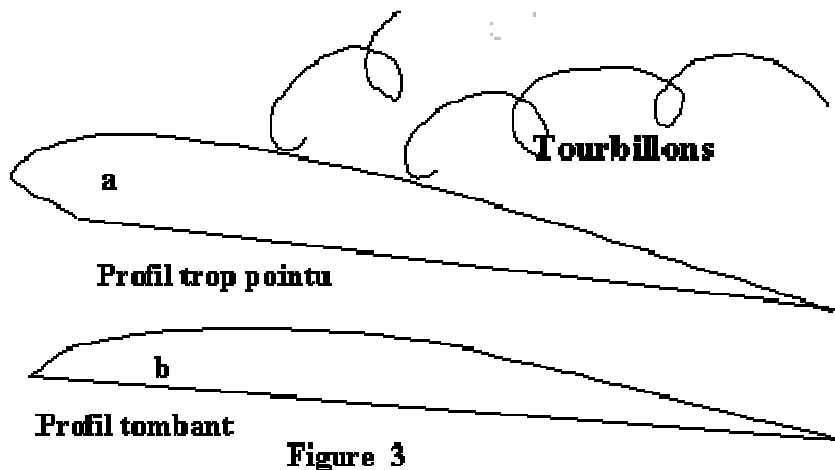


Figure 3

## la portance

L'aile se déplace dans l'air à une certaine VITESSE  $V$  et une portance va apparaître dès que l'aile va faire un certain angle avec le courant d'air. Cet angle est nommé L'INCIDENCE, qu'il ne faut pas confondre avec le CALAGE qui est l'angle entre l'aile et le fuselage. Le calage est fixé par la géométrie de l'appareil, tandis que l'incidence varie avec la vitesse, si l'on monte ou si l'on descend, etc.

La portance est d'autant plus élevée que l'aile est grande, et elle augmente avec la vitesse, elle augmente même très vite car elle croît comme le carré de la vitesse : si l'on va trois fois plus vite, la portance sera multipliée par  $3 \times 3 = 9$ .

Partant de zéro à l'incidence nulle, la portance croît rapidement avec l'incidence, mais il arrive un moment, vers 10 à 15 degrés d'incidence, où l'air refuse de circuler autour du profil et s'en détache : on arrive au DECROCHAGE (fig. 4) où la portance tombe très brutalement ... et l'avion aussi. On met très facilement en évidence ce phénomène sur un avion en réduisant la puissance, donc la vitesse diminue, et pour rester en palier, il faut tirer le manche pour augmenter l'incidence et conserver la portance. Il arrive un moment où les filets d'air décrochent et l'avion tombe brutalement... jusqu'à ce qu'il ait repris assez de vitesse en piquant.

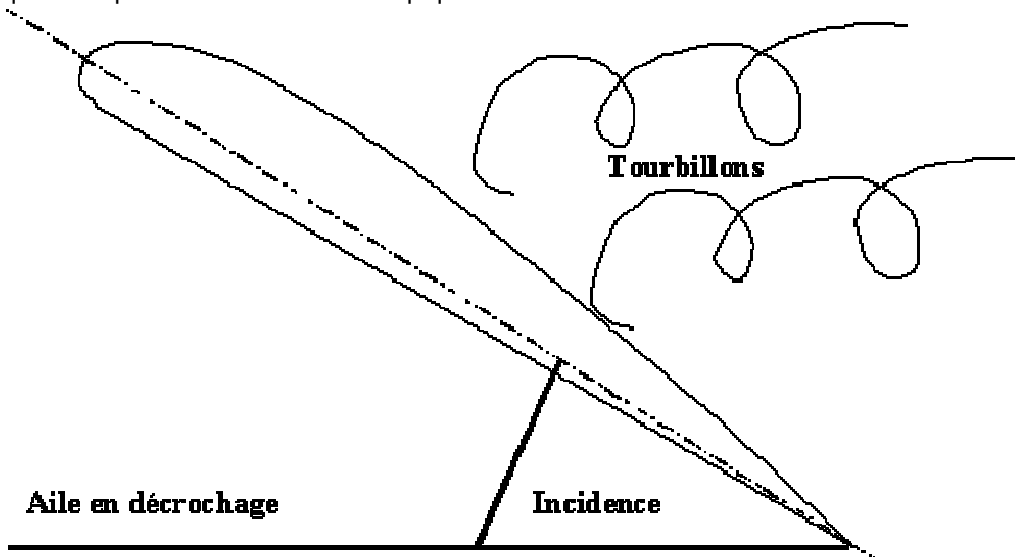


Figure 4

Ce phénomène de DECROCHAGE (terme préférable à PERTE DE VITESSE) est d'une importance capitale en aviation. Il a causé de nombreux accidents, de nombreux morts et beaucoup de nos modèles ont ainsi terminé leur carrière.

Normalement, la portance est égale au poids de l'avion et elle ajuste par une variation de l'incidence (grande vitesse = faible incidence- basse vitesse = grande incidence, si la portance est supérieure au poids, l'avion va monter et réciproquement pour la descente).

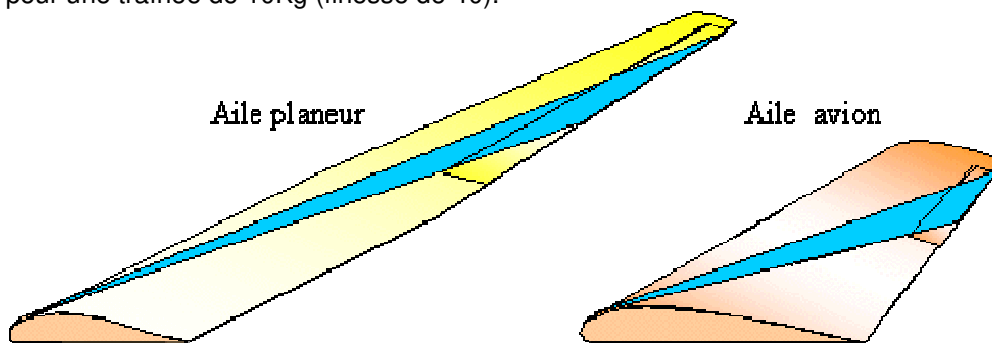
## La traînée

C'est une force parasite, s'opposant au mouvement de l'avion et qui a deux origines :

La traînée de forme, due au frottement de l'air sur l'avion : on peut la réduire en carénant bien tout ce qui dépasse, en arrondissant les angles, etc....

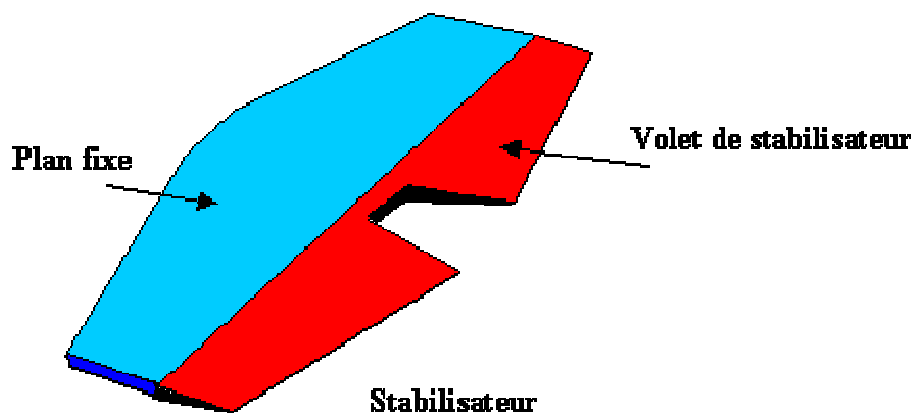
La traînée induite qui est due à la portance de l'aile car dès qu'il y a portance mais aussi traînée. On ne peut la diminuer qu'en agissant sur la forme de l'aile : à égalité de surface (donc de portance), une aile longue et étroite aura moins de traînée qu'une aile courte et large.

C'est pour cela que les planeurs de performance ont des ailes extrêmement allongées, ce qui diminue la traînée pour une portance donnée. On dit qu'ils ont une grande FINESSE : leur aile va porter 400Kg pour une traînée de 10Kg (finesse de 40).



## Le stabilisateur

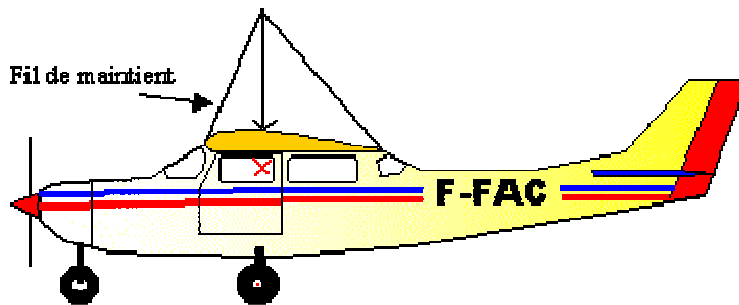
Une aile toute seule n'est pas stable : pour le vérifier, il suffit d'essayer de faire voler une aile seule : elle va partir en pirouette. On est obligé, comme pour une flèche, de lui adjoindre un EMPENNAGE HORIZONTAL, appelé aussi PLAN FIXE, placé à l'extrémité du fuselage, pour lui permettre de voler.



En fait cet empennage a un rôle un peu plus compliqué que celui d'une flèche, car la stabilité dépend pour beaucoup du CENTRAGE, c'est à dire de la position du CENTRE DE GRAVITE par rapport à l'aile.

(Rappelons que le centre de gravité est le point d'équilibre de l'appareil : soulevé au centre de gravité, il reste en équilibre sans pencher ni en avant ni en arrière)





## Pour déterminer le centre de gravité

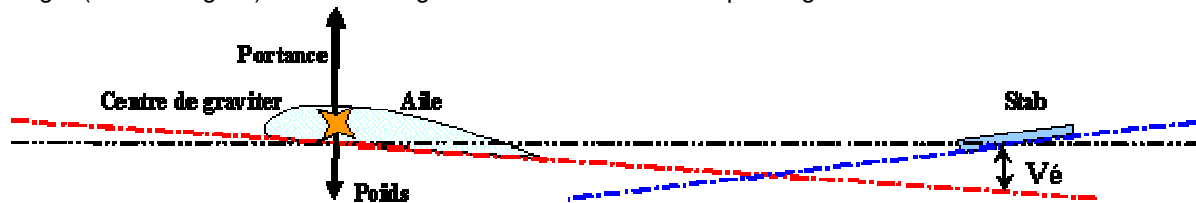
Suspendre votre avion au plafond de votre atelier avec un cintre et deux boucles de ficelles de diamètre identique fixées à chaque extrémité du cintre.

Positionner le modèle dans sa ligne de vol, ATTENTION réservoir vide.

Placer un fil à plomb comme indiqué ci-dessus et ceci vous donnera exactement le point sur lequel vous centrerez votre avion.

Maintenant équilibrer le modèle en positionnant les organes correctement ou en mettant du plomb.

La condition de stabilité d'un modèle classique, c'est que le centre de gravité doit être en avant du centre de poussée de l'aile (c'est le point où s'exerce la portance, en général vers le 1/3 avant avec les profils utilisés). Dans ces conditions, le modèle aurait tendance à basculer vers l'avant ; pour l'en empêcher, l'empennage doit être légèrement déporteur donc calé négativement. Il y a donc un léger angle (2 ou 3 degrés) entre le calage de l'aile et celui de l'empennage : c'est le V LONGITUDINAL.



En pratique, les profils plan convexes employés ont déjà de la portance lorsqu'ils sont posés à plat en raison de leur cambrure. Sur un avion de début, les réglages seront bien dégrossis avec une aile et un empennage posée à plat sur le fuselage, et un centrage au 1/4 avant du profil.

Axe du profil



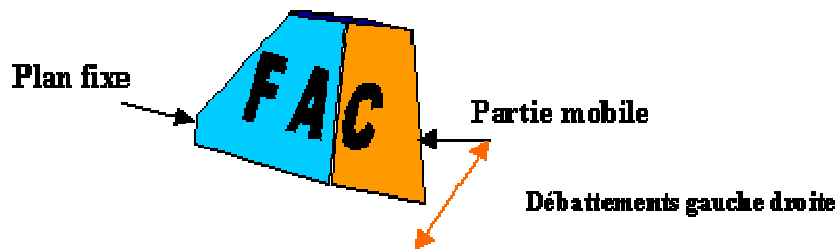
Cette question de centrage est capitale pour qu'un appareil vole : mal centré (trop arrière en général), il n'arrivera pas à se stabiliser, il va pirouetter et tomber. S'il est centré trop avant, il aura tendance à piquer du nez, mais c'est beaucoup moins grave.

**Se souvenir qu'il vaut mieux un appareil lourd mais bien centré, plutôt qu'un appareil léger mais centré trop arrière.**

Tout ceci concerne la stabilité longitudinale (sens haut/bas TANGAGE). On doit aussi considérer la stabilité transversale (sens gauche/droite ROULIS ou LACET). C'est un très vaste sujet, très compliqué dans le cas général, mais assez simple dans le cas des appareils de début. Il y a deux conditions

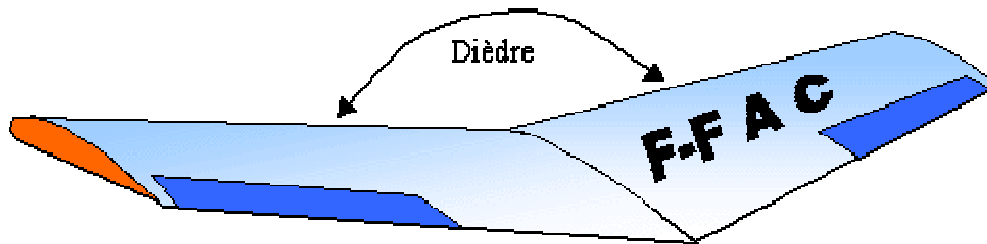
## La dérive

L'avion doit avoir à l'arrière, une surface verticale appelée DERIVE qui l'empêche de se mettre en travers : LACET



## le dièdre

L'aile doit avoir du dièdre, c'est à dire que les deux demi ailes sont légèrement relevées vers le haut.



Ce dièdre a deux effets intéressants :

Il rend l'avion stable, car le centre de gravité est très bas sous les ailes, et le modèle va avoir tendance de lui même à revenir à plat, ce qui est bien apprécié du débutant.

Il permet de piloter à la direction seule car, sur un ordre de direction, l'avion va s'incliner et virer.

Par contre ce dièdre et cette stabilité ont un effet néfaste si l'on veut faire de la voltige.

Par exemple, si l'on met l'avion sur le dos, il n'y restera pas car il va avoir tendance à revenir au vol normal.

Pour y rester, il faut diminuer cette stabilité, donc le dièdre, avec à l'extrême une aile plate. L'avion est alors indifférent, il reste là où on le laisse.... C'est parfait...

Mais on s'aperçoit alors que la direction ne le fait plus s'incliner :

il se met en travers, mais continue à voler droit, avec le vent relatif en attaque oblique (dérapage).

Pour s'incliner, il faut alors des ailerons agissant directement sur les ailes.

**UN AVION DE DEBUT EST DONC PILOTE A LA DIRECTION GRACE A UN DIEDRE IMPORTANT (aile en V).**

**UN AVION DE VOLTIGE N'A PAS BESOIN DE DIEDRE (au contraire) IL SERA PILOTE AUX AILERONS.**

## En résumé

Un appareil doit voler à une vitesse suffisamment éloignée du décrochage, il doit être centré assez avant avec un léger V longitudinal, il doit avoir une dérive suffisante et un dièdre relativement important (10 % de chaque côté).

Vous objecterez qu'on arrive à faire voler des engins ne répondant pas du tout à ces critères, des ailes volantes, des deltas, des soucoupes et même des fers à repasser ou des niches à chien...

laissons cela aux spécialistes (qui ont d'abord commencé en faisant voler des avions très classiques).

Pour résumer ce chapitre, rappelons ces deux notions vitales en aviation, qu'elle soit petite ou grande.

- Surveiller sa vitesse, donc son incidence pour éviter la PERTE DE VITESSE ou DECROCHAGE.
- Ne tenter de voler qu'avec un CENTRAGE CORRECT et surtout par trop arrière.
- Pour un premier vol, il est préférable de faire appelle à un pilote confirmé

## les gouvernes

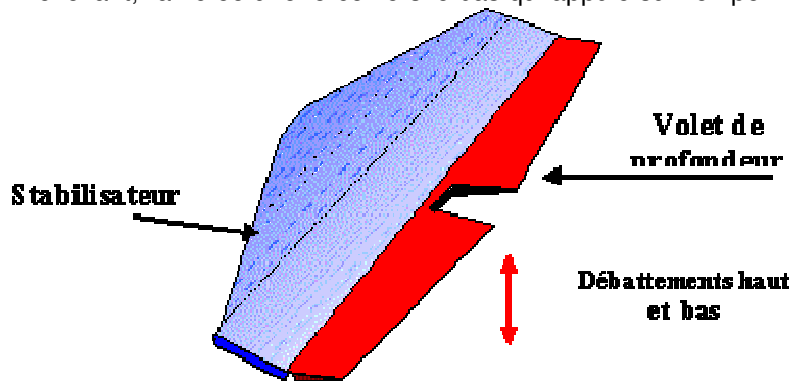
Pour piloter un modèle, on va agir sur des volets mobiles, les gouvernes qui agissent sur différents axes.

Dans le sens Haut/Bas sur le manche de gauche:

### la gouverne de profondeur

est un volet articulé à l'arrière du plan fixe.

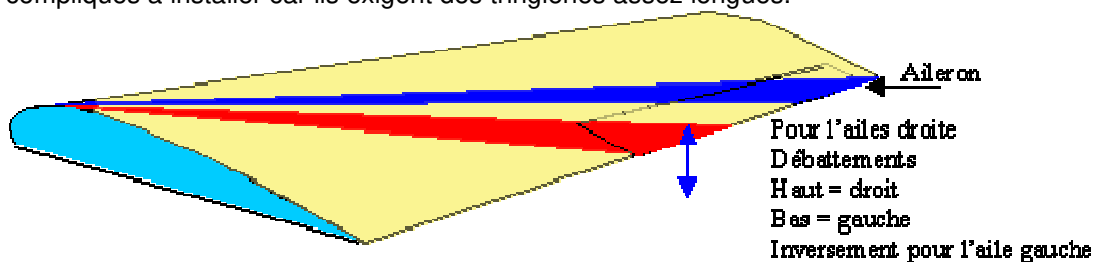
En le levant, l'air crée une force vers le bas qui appuie sur l'empennage et l'appareil va cabrer.



Dans le sens Gauche/Droite sur le manche de droite : c'est un peu plus compliqué car il y a deux possibilités.

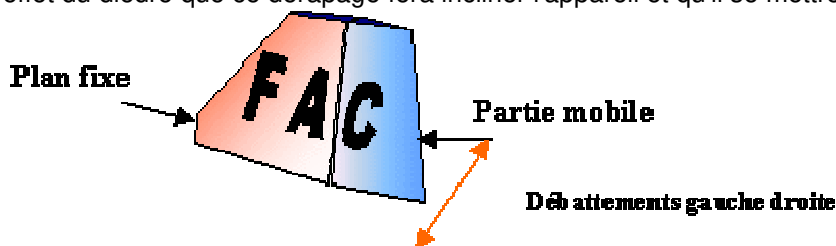
### Les ailerons

sont fixés aux extrémités des ailes et agissent sur l'inclinaison (roulis). Ils sont relativement compliqués à installer car ils exigent des tringleries assez longues.



### la dérive

On peut aussi se servir du GOUVERNAIL DE DIRECTION dont l'effet initial sera de faire partir le nez de côté en créant une attaque oblique ( DERAPAGE ), mais en fait, il n'y aura pas de virage. C'est par l'effet du dièdre que ce dérapage fera incliner l'appareil et qu'il se mette en virage.



Sur un avion de vol circulaire, seule la profondeur est commandée (encore que, dans des appareils spéciaux, on peut utiliser un 3ème fil pour d'autres commandes).

En radiocommande, le minimum est :

- commande de direction
- la profondeur est quasi indispensable
- ainsi que le moteur.

La commande d'ailerons est obligatoire pour aborder la voltige, d'où la nécessité d'une radio à 4 voies. D'autres commandes peuvent agir sur le train rentrant ou sur des volets permettant de se poser à vitesse plus faible.

## L'atmosphère

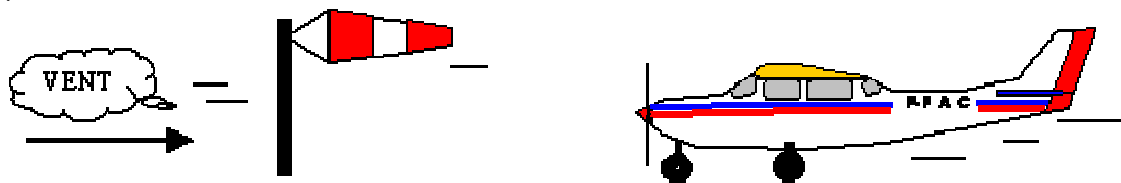
Nos modèles sont destinés à voler dans les airs, qu'ils soient libres ou commandés et un minimum de connaissances à ce sujet est indispensable. Deux phénomènes sont particulièrement sensibles pour nos modèles : le VENT et les ASCENDANCES.

### Le vent

Le vent est un phénomène bien connu, il agit de deux façons, en entraînant le modèle et aussi en le secouant dans ses tourbillons. Dès qu'un modèle est lâché, il est entraîné par la masse d'air et en est solidaire. Il se déplace et évolue dans cette masse d'air comme si elle était immobile. Vus du sol, ses mouvements sont donc la somme du déplacement de la masse d'air, et des déplacements de l'appareil dans cette masse.

C'est ainsi qu'un ballon, attaché au sol, va tirer sur son câble et être agité par le vent, mais si on lâche ce câble, il va partir, tout calmement dans la masse d'air. Nos modèles, surtout ceux petits et légers, volent à des vitesses faibles, de sorte qu'ils sont inexorablement entraînés par le vent, n'arrivant même pas à remonter le vent. De plus, le vent est rarement régulier, il y a des tourbillons, des turbulences qui secouent le modèle. La sagesse impose de ne pas voler dès que le vent se lève, et, comme le faisaient les pionniers de l'aviation, de ne tenter les vols que tôt le matin ou tard le soir.

Avec plus d'entraînement, on apprendra à utiliser le vent, au lieu de le combattre, mais ce sera pour plus tard.



A ce propos, il ne faut pas renouveler l'erreur de ces pionniers.

Contrairement à l'idée initiale, un décollage doit se faire face au vent, pour augmenter la vitesse de l'air, donc la portance, et réduire la vitesse par rapport au sol. De même pour l'atterrissage : une présentation vent arrière amène à se poser à très grande vitesse par rapport au sol, d'où des risques de casse : il faut se poser vent de face.

### Les ascendances

Si l'air était parfaitement calme, une fois le moteur coupé, le modèle descendait inéluctablement, or tous les souhaits des modélistes visent à voler le plus longtemps possible, en profitant des courants ascendants. Ils sont de deux types :

- Les ascendances THERMIQUES, causées par la chaleur du soleil sur un champ, un toit, une piste : une " bulle " d'air chaud se forme, et, plus légère se met à monter de plus en plus pour former un nuage (cumulus) qui peut évoluer en nuage d'orage. On trouve ces ascendances en plaine, par beau temps : ce sont elles qui permettent aux planeurs de performances de franchir des centaines de kilomètres en passant d'une bulle à l'autre.

Les ascendances de RELIEF DYNAMIQUES vont apparaître lorsque le vent tape contre une falaise ou une pente, qui oblige l'air à s'élever : en restant dans la zone idéale, on peut rester des heures en l'air (vol de pente). Ce type de vol ne peut se pratiquer qu'au bord de la mer (dunes ou falaises) ou en montagne.

## EMPLACEMENT DES DIFFERENTS ORGANES D'UN AVION

