

PREPARATION AU B.I.A

L'Aéromodélisme

Ce document s'adresse aux élèves préparant le brevet d'initiation aéronautique et souhaitant choisir l'option « aéromodélisme » au B.I.A. Il présente les spécificités de l'aéromodélisme et vient en complément avec les cours préparant au B.I.A.

Il comporte 5 chapitres relatifs aux cinq axes de la formation B.I.A :

- histoire de l'aéromodélisme
- aérodynamique et mécanique du vol : limité car identique au chapitre du programme B.I.A
- connaissance des aéromodèles
- réglementation législation
- météorologie

Remarque : dans ce document, le terme « grandeur » fait référence aux avions pilotés par un être humain.

Sommaire

<u><i>Histoire</i></u>	page 3
1) Les premiers vols planés	page 3
2) Les premiers vols motorisés	page 3
3) Naissance du vol circulaire	page 4
4) Apparition de la radiocommande	page 5
<u><i>Aérodynamique et mécanique du vol</i></u>	page 7
1) principaux profils utilisés	page 7
2) le vol libre	page 7
3) le pilotage en vol circulaire	page 7
4) le pilotage d'un avion deux axes	page 8
5) le pilotage d'un avion trois axes	page 8
6) la voltige de base en avion	page 9
7) le pilotage d'un hélicoptère	page 9
<u><i>Connaissance des aéromodèles</i></u>	page 10
1) les différents types de modèles	page 10
2) la structure d'un modèle	page 14
3) les matériaux de fabrication	page 15
4) la motorisation	page 16
5) la radiocommande	page 24
<u><i>Réglementation</i></u>	page 28
1) assurance	page 28
2) terrain	page 28
3) catégories de modèles	page 28
4) la qualification de pilote de démonstration	page 29
5) concours	page 29
6) records en France	page 30
<u><i>Météorologie</i></u>	page 31

Histoire

1) Les premiers vols planés

Le premier planeur connu a été réalisé par Georges Caley en 1804 (fig. 1). Ce planeur présentant une surface de 9 dm² pour une masse de 90 grammes avait été conçu pour étudier l'influence donnée par la position du centre de gravité et les calages du stabilisateur. Caley le fit voler sur une pente et obtenu d'excellents vols planés. Il poursuivra ses essais jusqu'en 1849 et mettra en évidence des lois remarquables telles que :

- l'importance de la position du centre de gravité
- l'influence des empennages sur la stabilité
- l'amélioration de la stabilité latérale avec le dièdre donné à l'aile.

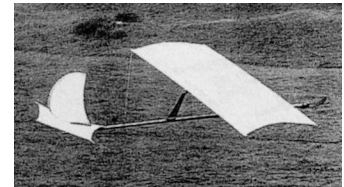


Fig. 1

En 1870, les frères Otto et Gustav Lelienthal construisent également des planeurs pour étudier les problèmes de centrage et de stabilité.

Plus tard, en 1899 et 1900, Octave Chanute développe avec les frères Wright des planeurs dont les envergures varient entre 1.5 et 6.7 m (fig. 2).

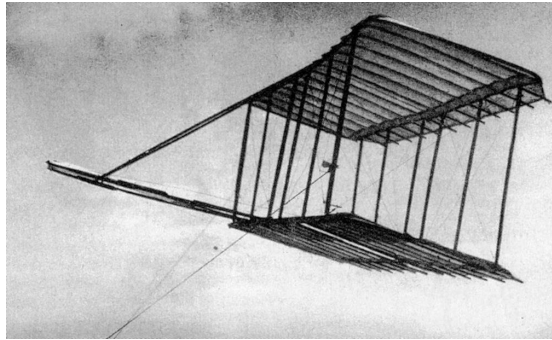


Fig. 2

2) Les premiers vols motorisés

Avec l'invention de la vulcanisation du caoutchouc par l'américain Charles Goodyear en 1839, le caoutchouc rendu élastique va permettre de l'utiliser comme premier moteur. On parle alors de moteur « caoutchouc », il s'agit en fait d'un écheveau d'élastique enroulé par torsion sur lui-même et permettant ainsi d'emmagasiner une énergie. En se déroulant, cet écheveau, relié à l'axe de l'hélice l'entraîne en rotation.

C'est en 1871 que le français Alphonse Penaud réalise un petit avion de 45 cm d'envergure, l'hélice est propulsive et l'appareil pèse 16 grammes. Ce modèle baptisé « planophage » par son créateur va exécuter des vols de 40 à 60 secondes et atteindre une altitude de 3m (fig. 3).

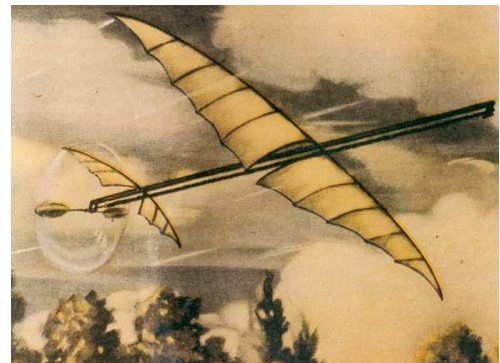


Fig. 3

Ce propulseur à base de caoutchouc va se répandre en Europe et sera la principale source de motorisation jusqu'au début des années 1960. Bien que supplanté par les moteurs thermiques et électriques pour le vol radiocommandé, le moteur caoutchouc est encore régulièrement utilisé dans les catégories dites de vol libre.

En 1879, Le français Victor Tatin met au point un appareil de deux mètres d'envergure équipé d'un moteur à air comprimé entraînant deux hélices. A l'époque, la radiocommande n'existait pas et cet

avion se « contentait » de tourner autour d'un pylône auquel il était rattaché par un câble (fig. 4). L'appareil comportait des gouvernes fixes.

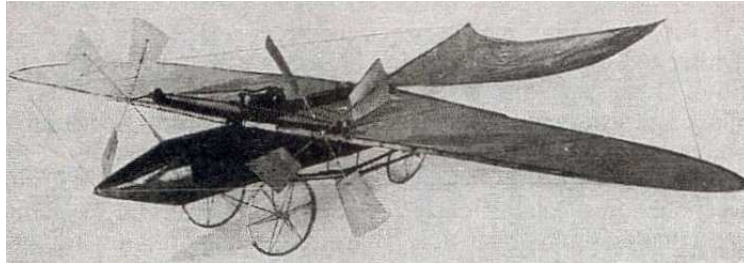


Fig. 4

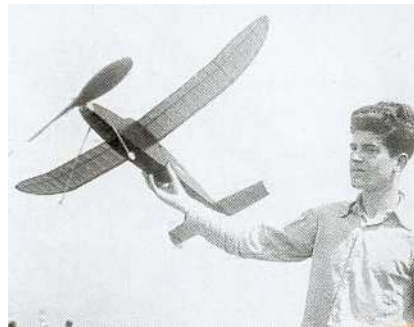
L'Aéro Club de France organise en 1905 une première concentration de modèles réduits (Fig. 5). L'esprit de compétition s'installe : plus haut, plus loin, plus longtemps !



A l'intérieur du hall du "Vel d'Hiv", alors dans la Galerie des Machines du Champ de Mars, on organisait en 1908 des concours qui attiraient de nombreux concurrents d'âges divers. La mode des avions à moteur caoutchouc à hélice tractive est forte en France. (Archives de l'auteur).

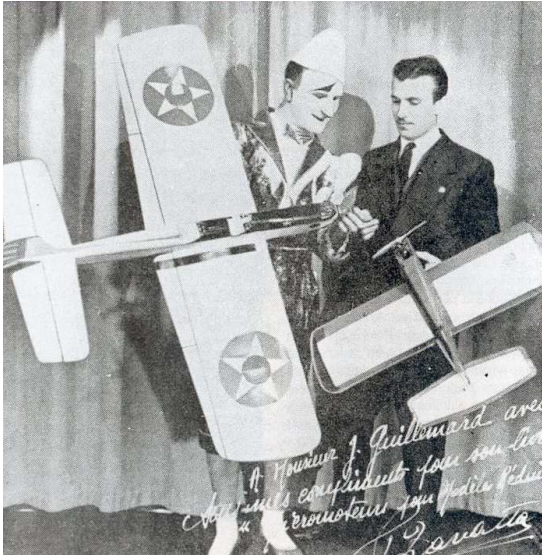
fig.5

De 1900 à 1939, les modèles réduits continueront d'évoluer autour de deux principales disciplines : le planeur pur et l'avion propulsé par moteur en caoutchouc. La pratique est vivement encouragée par le gouvernement avec la naissance de l'aviation populaire en 1936. La pratique de l'aéromodélisme rentre dans les écoles.

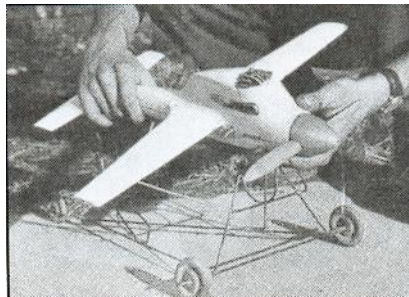


3) Naissance du vol circulaire

Si en 1879, Victor Tatin avait jeté les premières pierres du vol circulaire avec son avion tournant en rond autour d'un pylône. Il faudra attendre 1939 pour que la firme américaine « Victor Stanzel » mette sur le marché un procédé capable de guider un avion sur une trajectoire circulaire mais également de piloter le modèle en tangage en agissant sur le volet de profondeur. Le vol circulaire venait de naître. Durant la seconde guerre mondiale, les militaires américains présents sur les bases anglaises vont « importer » cette technique de vol circulaire en Europe. Entre deux, le développement de moteurs thermiques de faible cylindrée avait permis la motorisation des avions de vol circulaire.



Achille Zavatta, le roi des « clown » pratiqua également le vol circulaire et donnait à l'occasion des démonstrations sous le chapiteau de son cirque.

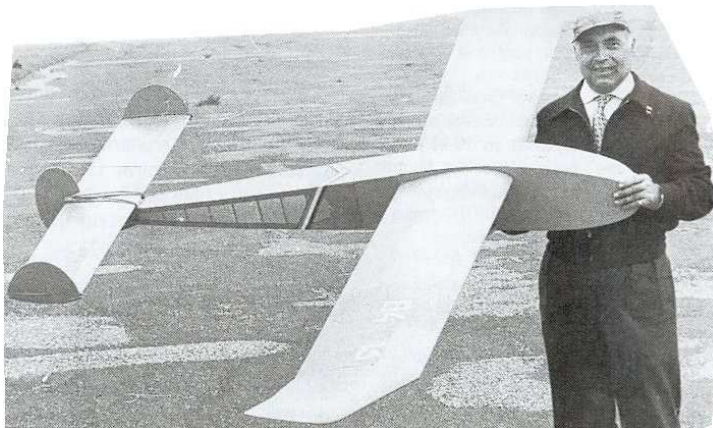


Avions de vol circulaire conçu dans le but de battre des records de vitesse.

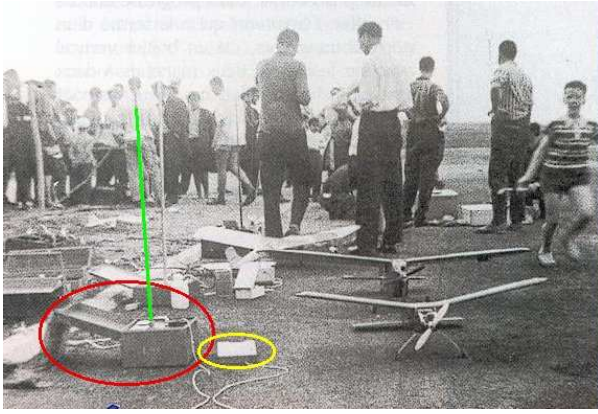
4) L'apparition de la radiocommande

Ce sont les américains qui réussirent les premiers à transmettre des ordres vers un avion en utilisant les ondes : Chester Lanzo fut d'ailleurs le premier vainqueur en catégorie « radio » lors du concours national qui s'est tenu aux états unis en 1937. A l'époque, les appareils de transmission étaient lourds et volumineux. On ne parlait pas encore de proportionnalité dans les ordres envoyés mais plutôt d'un fonctionnement en tout ou rien sur une voie. On pouvait alors parler de vol libre assisté. En France, il faudra attendre l'après guerre pour voir apparaître les premiers ensembles de radiocommande, souvent de réalisation personnelle. Charles Pépin, André Wastable et Francis Plessier seront les premiers à démocratiser l'usage de cette nouvelle technologie.

Les premières radiocommandes sont disponibles dans le commerce dès le début des années 1950. Quatre ans plus tard en 1954, Georges Honest Redlich et Sidney Allen font traverser la Manche à un modèle réduit baptisé « Radio-queen ». D'une envergure de 2.1m, il pesait 3400 grammes.



Exemple de planeur radiocommandé. Sur ce modèle, seul le volet de dérive était commandé et permettait un léger contrôle sur les trajectoires (année :1948)



Un terrain d'évolution dans les années cinquante :

- entouré en rouge : l'émetteur
- entouré en jaune : le pupitre de commande
- en vert : l'antenne d'émission



Albert Wastable à Lyon en 1955, l'émetteur utilisé alors permet le contrôle sur deux axes : tangage et lacet.

Aérodynamique et mécanique du vol

Le vol d'un modèle réduit d'avion, quelle que soit sa taille, reprend exactement les principes du vol d'un avion grandeur. On retrouvera une aile équipée d'un profil choisi suivant l'usage qui sera fait de l'appareil, cette aile fonctionnera suivant le principe de Bernoulli avec dépression à l'extrados et surpression à l'intrados. La taille réduite de l'aile implique simplement un fonctionnement avec un nombre de Reynolds plus faible et donc un rendement aérodynamique moins bon. Les notions de résultante aérodynamique, de charge alaire, les effets du dièdre, de la position de l'aile par rapport au fuselage reprennent les principes déjà abordés en aviation grandeur.

1) Les principaux profils utilisés

Bien que certains aérodynamiciens se passionnent dans la création de profils propres à la pratique de l'aéromodélisme, la majorité des profils utilisés proviennent de l'aviation grandeur. Les notions de corde, épaisseur relative, flèche restent bien sûr communes. Parmi les plus célèbres, on peut citer :

- les profils NACA à 4 ou 5 chiffres
- les profils Eppler
- les profils Goettingen
- Les profils Selig

Dans pratiquement chaque famille citée, on pourra trouver toute une gamme, du profil creux utilisable sur des modèles réduits lents au profil symétrique adapté aux avions de voltige.

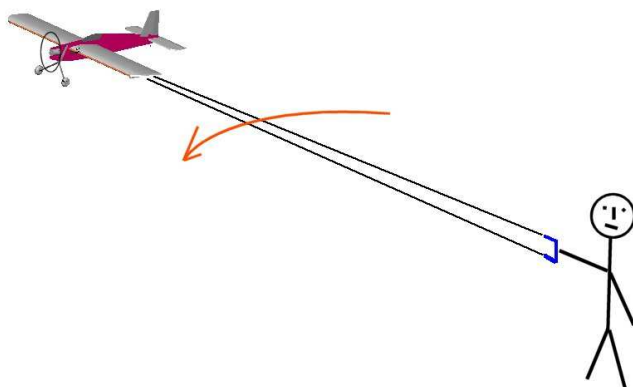
2) Le vol libre

Les évolutions du modèle ne sont pas contrôlées par le pilote. Les qualités et la durée du vol sont en grande partie liées à la parfaite construction de l'appareil ainsi qu'au réglage initial des gouvernes.

3) Le pilotage en vol circulaire.

Actuellement et bien que supplanté par le vol radiocommandé, le vol circulaire continue à être pratiqué en France et dans le reste du monde. Pour le pilotage et le seul contrôle en tangage, le pilote dispose d'une poignée qui le relie à son avion. Entre l'appareil et la poignée, on retrouve deux câbles qui vont permettre d'agir sur un renvoi d'angle situé dans l'avion. Ce renvoi actionne par l'intermédiaire d'une tringle le volet de profondeur (fig. 7).

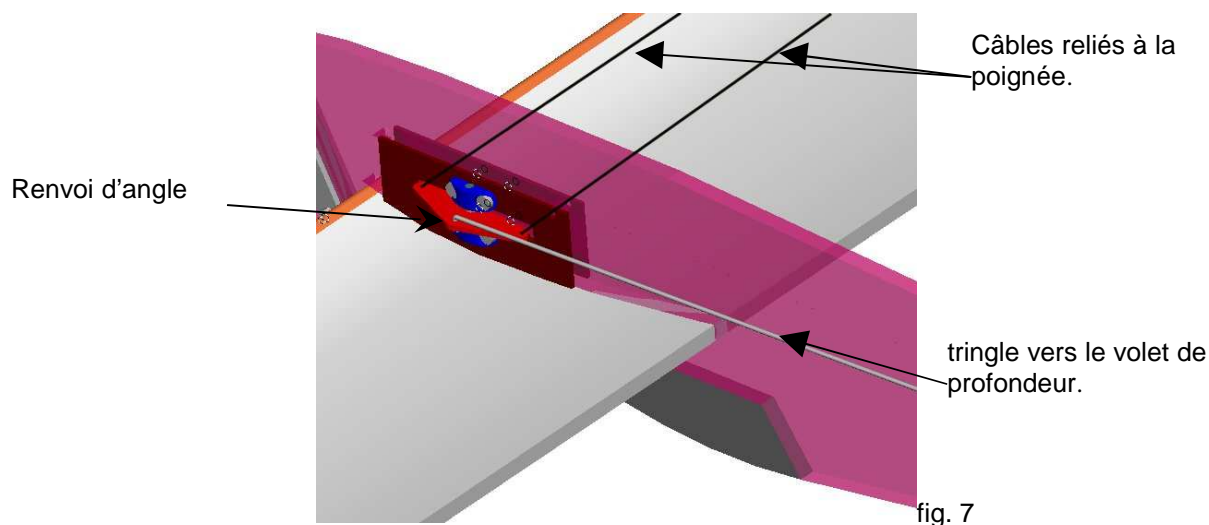
Le pilote se trouve au centre d'un cercle et tient le bras tendu en direction de l'avion (fig. 6). A la mise en route du moteur, l'avion prend de la vitesse et sous l'accélération centripète, les câbles se tendent. Le pilote peut alors sentir son appareil au travers de la poignée. En levant le bras, il agit sur les câbles qui, à leur tour, vont agir sur le renvoi et enfin sur le volet de profondeur, l'avion peut décoller tout en continuant de tourner autour de son pilote. L'avion évolue jusqu'à épuisement du carburant. La zone de manœuvre est une demi-sphère dans laquelle l'avion peut voltiger.



La longueur des câbles dépend de la taille du modèle et de la puissance de son moteur, elle peut varier entre 7 et 21m.

fig. 6

Vue sur le renvoi de commande installé sur l'appareil :



4) le pilotage d'un avion deux axes

Sur un avion radiocommandé dit « deux axes », le pilote peut agir sur la gouverne de profondeur (axe de tangage) et sur la dérive (axe de lacet). L'aile ne comporte pas d'ailerons mais elle présente un dièdre positif prononcé de l'ordre de 10° .

Cette disposition se retrouve sur les planeurs et avions d'initiation, le dièdre apporte son effet de stabilité sur l'axe de roulis.

Si le contrôle sur l'axe de tangage est commun aux avions grandeurs, la mise en virage s'effectue différemment et suivant deux étapes :

- 1) Pour amorcer un virage à gauche, le pilote agit sur la commande de dérive entraînant un braquage du volet à gauche. Il s'en suit un mouvement sur l'axe de lacet provoquant un dérapage de l'avion, c'est la première étape.
- 2) Le dièdre intervient alors pour la deuxième étape, la demi-aile qui avance sous l'effet de lacet voit sa vitesse et son incidence par rapport au vent relatif augmenter, la portance s'accroît et cette demi-aile se soulève provoquant un mouvement sur l'axe de roulis. Ce dernier entraîne l'avion en virage.

La sortie de virage s'effectue suivant le même processus mais avec un ordre contraire au niveau de la dérive, à droite dans cet exemple.

Ce mode de pilotage a l'avantage d'être moins vif et donc de ne pas brusquer l'apprenti pilote. Néanmoins, le dièdre prononcé associé à des rafales de vent de travers peut provoquer des mouvements non désirés sur l'axe de roulis. Il convient d'en prendre compte en finale lorsque l'appareil se rapproche du sol à faible vitesse, pour cela on privilégiera les atterrissages et décollages face au vent avec un modèle dit « deux axes ».

5) le pilotage d'un avion trois axes

En plus des commandes de lacet (dérive) de tangage (profondeur), un modèle dit « trois axes » sera équipé d'ailerons pour un réel pilotage de l'axe de roulis. Le pilotage dans ces conditions s'apparente en tout point au pilotage d'un avion grandeur. On retrouve également tous les effets secondaires comme le roulis induit et le lacet inverse. On parlera de pilotage « trois axes » consistant à conjuguer aileron et dérive pour effectuer des virages symétriques.

6) la voltige de base en avion

La boucle ou looping est obtenue en agissant sur la profondeur, après une prise de vitesse, le manche commandant la profondeur est progressivement tiré pour tourner une boucle positive. Au sommet de la boucle, le manche de profondeur est légèrement relâché. Le régime moteur est réduit pour attaquer la deuxième partie de la boucle. Pour terminer le dernier quart de la figure, la profondeur est de nouveau cabrée.

Le tonneau nécessite une action des ailerons à gauche ou à droite suivant le sens choisi pour la figure. Lorsque l'appareil passe sur le dos, une action sur le manche de profondeur à piquer est souvent nécessaire pour que l'avion conserve son altitude.

Pour le renversement, l'avion est cabré pour adopter une trajectoire verticale. Lorsque l'avion est sur le point de s'arrêter, on agit sur l'axe de lacet par l'intermédiaire de la dérive pour « botter » l'avion et le faire pivoter de 180°. L'avion adopte alors de nouveau une trajectoire verticale descendante, une nouvelle action sur la profondeur à cabrer termine la figure en redressant la trajectoire.

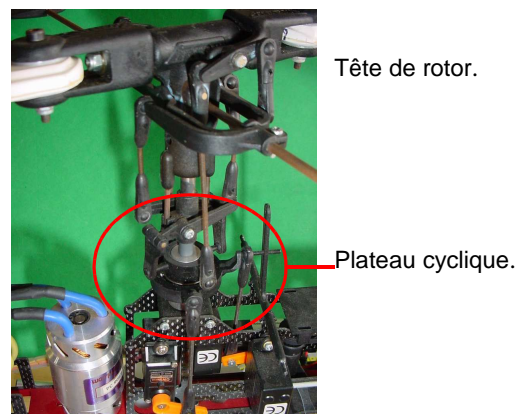
7) le pilotage de l'hélicoptère

L'hélicoptère modèle réduit est piloté sur les trois axes comme son homologue grandeur. Le rotor d'anticouple à pas variable situé en bout de queue assure le contrôle sur l'axe de lacet. Le plateau cyclique, situé sur l'axe du rotor principal, agit sur le pas des pâles pour obtenir :

- un contrôle sur l'axe de tangage (cyclique longitudinal, marche avant et arrière)
- un contrôle sur l'axe de roulis (cyclique latéral, inclinaison à droite et à gauche)
- un contrôle sur l'axe vertical (pas collectif : monter et descendre)

Le pilotage sur l'axe de lacet est assisté par un gyroscope dont le fonctionnement est transparent pour le pilote. Pour la voltige en hélicoptère, certains gyroscopes offrent la fonction « conservation de cap » qui permettent le maintien du cap malgré les perturbations : vent, rafales.

La commande anticouple est mixée avec la commande de pas collectif afin d'éviter les rotations sur l'axe de lacet lors de la montée et de la descente. Ces rotations sont provoquées par la variation du régime de rotation et la variation du pas sur le rotor principal.



Connaissances des aéromodèles

1) Les différents types de modèles

La déclinaison qui suit : avion de début, de transition, de voltige et maquette est bien sûr valable pour le vol radiocommandé mais également pour le vol circulaire. On retrouve également des planeurs et des motoplaneurs en vol libre.

1.1 Le planeur :

Cette catégorie de modèle réduit est dépourvue de moteur. Le type du planeur peut évoluer entre le modèle basique piloté en deux axes et présentant une envergure de 1m50 jusqu'à la maquette de 7 m d'envergure équipée de train rentrant, aérofreins et water ballast fonctionnel. La mise en altitude ne peut se faire qu'à l'aide d'un dispositif extérieur.



- lancement au sandow (fig.8) :

Ce dernier est constitué d'un élastique en caoutchouc gainé d'une longueur d'environ 30 m à l'extrémité duquel on fixe un câble de nylon d'environ 100 m de long. L'élastique est fixé au sol, un anneau permet de fixer le câble nylon au planeur. Le pilote recule avec son planeur dans la main pour tendre le sandow. Il lâche ensuite le planeur face au vent. Tiré par le sandow, le planeur adopte une assiette à cabrer et grimpe très rapidement. Une fois l'altitude maximale atteinte, le câble de nylon se décroche du planeur et celui-ci peut évoluer librement. L'altitude de largage dépend du vent, de la tension du sandow et du poids du planeur, elle peut varier entre 80 et 100 m. Cette technique permet de mettre en l'air des planeurs dont l'envergure varie entre 1m20 et 2m50.

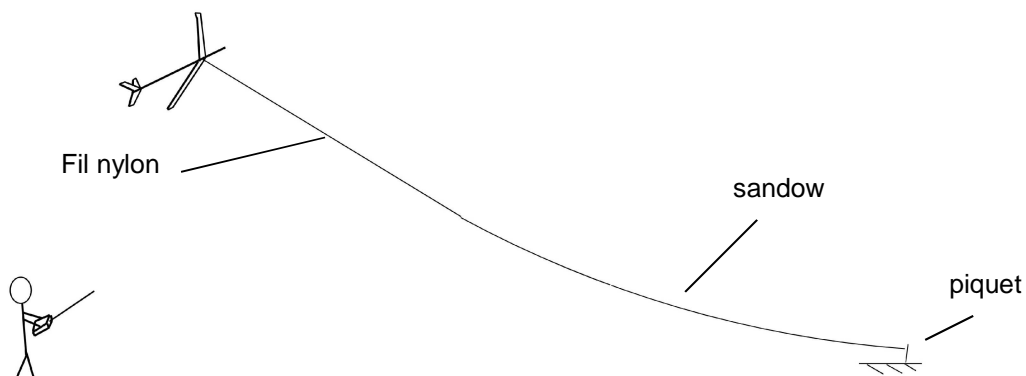
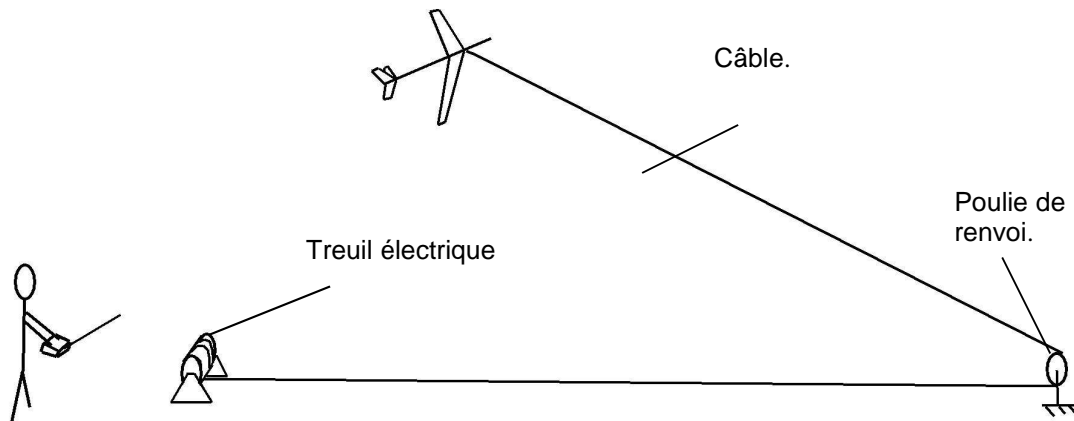


fig.8

- lancement au treuil (fig.9) : cette technique reprend le principe existant en grandeur avec une petite différence dans l'emplacement du treuil. Ce dernier est placé à proximité du pilote et le câble est tendu à l'aide d'un renvoi. Cette variante permet au pilote d'assurer à la fois les fonctions de pilote et de treuilleur en lui garantissant une totale autonomie. La puissance du treuil assure la mise en altitude de planeurs de plus grandes tailles jusqu'à 4 m d'envergure.



fiig.9

- le remorquage : là encore, cette méthode reprend le principe existant en grandeur avec un avion remorqueur équipé d'un câble de traction d'une longueur comprise entre 20 et 30 m. Le largage du câble est radiocommandé du côté du planeur mais également du côté de l'appareil remorqueur. Le pilote du remorqueur peut donc décrocher son câble si la situation devient dangereuse ou si le pilote du planeur rencontre un problème pour se décrocher. La taille du planeur remorqué dépend principalement de la puissance et de la taille du remorqueur.

En compétition, un dispositif de contrôle de l'altitude basé sur un baromètre, place le régime du moteur au ralenti lorsque l'altitude de largage est atteinte. Tous les planeurs sont alors largués à la même hauteur.

- le vol de pente (fig.10) : Le planeur utilise le vent ascendant qui remonte le long d'un relief pour maintenir ou prendre de l'altitude et évoluer face à la pente.

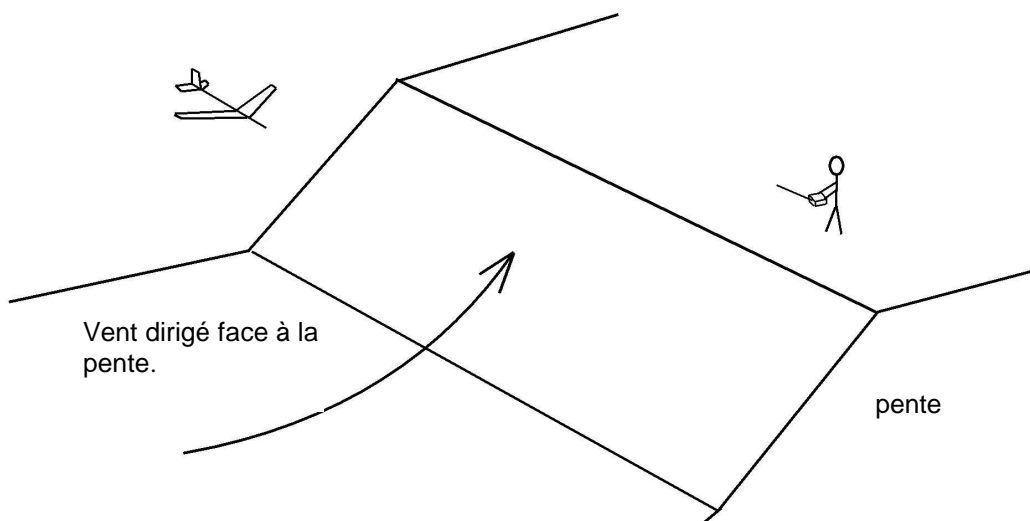


fig.10

1.2 Le motoplaneur

Ici, le planeur est équipé d'un groupe de propulsion d'appoint qui lui garanti une autonomie dans la prise d'altitude. La motorisation, qui faisait appel autrefois à un moteur thermique, utilise maintenant une propulsion électrique.

Le moteur est généralement implanté dans le nez du planeur, l'hélice employée est du type à pâles repliables. Ce système permet de rabattre les pales le long du fuselage lors des phases de vols planés purs afin de réduire la traînée. Les accumulateurs alimentant le moteur assurent en générale 3 à 4 montées vers 200 m d'altitude, la mise en route du moteur étant pilotée par la radiocommande. Cette autonomie de vol est bien sûr prise au détriment de la masse du planeur qui augmente par l'embarquement de la propulsion. Il est possible de motoriser des planeurs dont l'envergure avoisine les 5 mètres. Dans certains cas, on peut même utiliser une hélice montée sur un pylône rétractable comme sur certains planeurs grandeurs.



1.3 L'avion de début

Contrairement aux pilotages d'une voiture ou d'un bateau radiocommandé qui peut s'apprendre seul, l'apprentissage du pilotage d'un avion nécessite la présence d'un moniteur et d'un modèle dit « de début » dont la configuration géométrique le rend stable en vol. Ce modèle se présente donc généralement sous la forme d'un avion dont l'aile est en position haute et présente une surface alaire importante. Le train d'atterrissage est souvent du type tricycle pour faciliter les décollages. L'avion de début peut prendre la configuration deux axes ou trois axes, sa motorisation peut être électrique ou thermique. L'envergure « type » varie entre 1m40 et 1m60 et le profil aérodynamique est souvent plan convexe.



1.4 L'avion de transition

Si l'avion de début permet l'apprentissage des bases du pilotage : décollage, circuit, atterrissage, il permet également de découvrir les premières figures de voltige : looping, renversement et, tonneau si l'avion est du type trois axes. Attention toutefois, cette voltige n'est pas comparable à celle réalisée par un véritable avion de voltige, elle reste élémentaire et peu académique (tonneaux barriqués et vol dos difficile). Il existe donc une catégorie de modèle « de transition » dont la géométrie et la puissance permettent d'apprendre la voltige avec une meilleure précision. Ces avions sont dotés d'une aile basse présentant toujours une surface alaire généreuse associée à un faible dièdre, ils sont du type

trois axes. Les profils sont majoritairement biconvexes dissymétriques. L'avion de transition offre donc une meilleure maniabilité tout en garantissant un comportement sain à basse vitesse.



1.5 L'avion de voltige

Développement ultime dans la progression du pilote, la voltige ou encore acrobatie aérienne demande une bonne connaissance du pilotage pour réaliser toutes les figures suivant des critères bien précis et dans un espace figé. La géométrie d'un avion de voltige dépend directement des performances attendues en vol : profil d'aile symétrique, absence de dièdre. Les dimensions et la masse de l'appareil doivent respecter certaines valeurs pour que le pilote puisse participer à des concours de voltige (voir catégories concours). La motorisation est généralement du type thermique mais le moteur électrique est en forte progression dans cette catégorie. En 2005, le champion du monde de voltige est français et s'appelle Christophe Paysant-le-roux.



1.6 La maquette

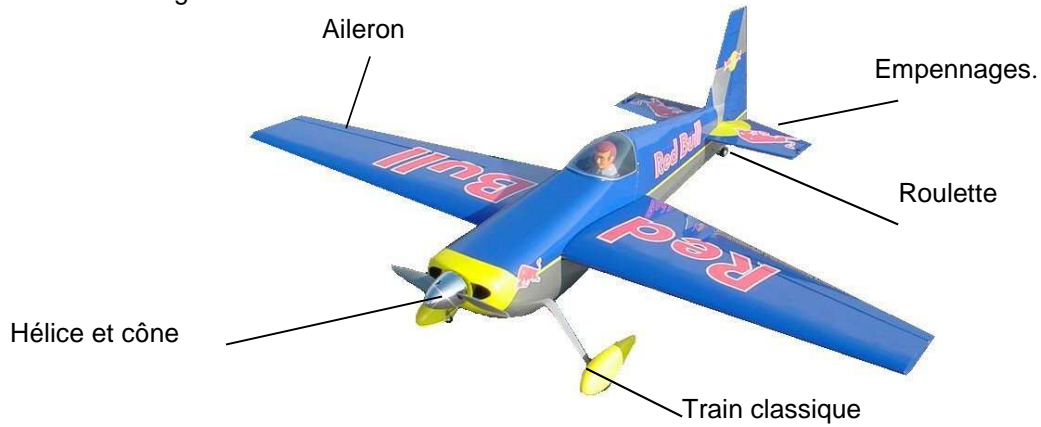
Si l'aéromodélisme permet d'essayer toutes les formules aérodynamiques en toute tranquillité et sans risque pour le pilote. Le pratiquant peut également s'orienter vers la reproduction parfaite et à échelle réduite d'un avion existant ou ayant existé, il s'agit de la catégorie maquette. La finesse des détails reproduits dépend bien souvent du temps passé sur la construction de la maquette. Là encore, des concours regroupent les maquettistes afin de juger du travail réalisé (épreuves au sol et en vol).



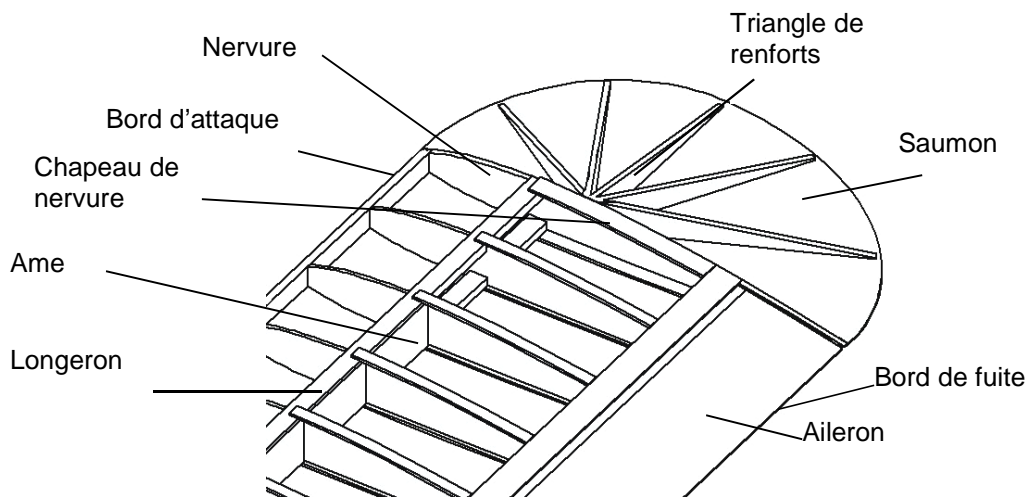
2) La structure d'un modèle

2.1 définitions générales

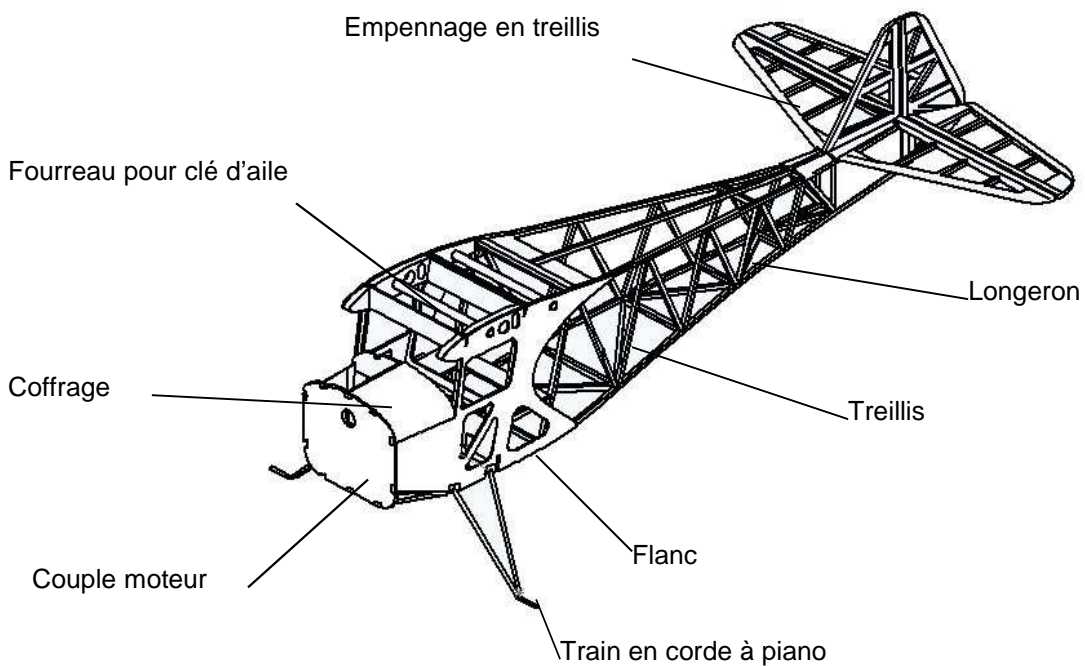
Le vocabulaire utilisé en aéromodélisme pour définir les différentes parties d'un modèle reprend celui utilisé en aviation grandeur.



2.2 structure d'une aile



2.3 structure d'un fuselage



3) Les matériaux de fabrication

3.1 La structure bois entoilée

Ce procédé de fabrication est principalement utilisé pour la majorité des avions et des planeurs présentant des formes relativement simples et facilement développables. Les essences de bois utilisées sont les suivantes :

a) le balsa : c'est un bois exotique très léger dont la densité est d'environ 150 kg/m^3 , on l'utilise pour les pièces suivantes :

- nervures
- longerons sur les petits modèles
- coffrage
- couples ne subissant pas d'efforts importants

b) le pin : bois plus dur utilisé pour

- les longerons d'ailes
- les longerons de fuselage

c) le peuplier : bois utilisé sous formes de contreplaqué en 3 ou 5 couches (plis), utilisé pour :

- les clés d'ailes pour une aile non démontable
- les couples supportant de gros efforts : moteur, fixation de l'aile, fixation du train d'atterrissage

L'entoilage recouvrant la structure bois peut être réalisé de différentes manières :

- papier de soie + enduits de tension nitro-cellulosique : pour les modèles de vol libre
- papier krat + colle à bois diluée à 50% : pour les modèles de vol circulaire ou radiocommandés
- film polyester thermorétractable : pour toutes les catégories
- tissu de verre + résine époxy : pour les zones entièrement coffrées sur les gros modèles

3.2 Structure composite

Cette technique permet de réaliser des formes plus complexes comme le fuselage d'un planeur moderne. Elle nécessite la réalisation d'un moule et, par conséquent, est souvent réservée à la fabrication en série dans un but commercial. Elle est également utilisée pour la confection des capots moteurs, des carénages de roues et autres raccords aux formes arrondies comme les karmans.

Pour réaliser une structure composite, on a recours à deux éléments :

- une ossature formée de fibre (de verre ou de carbone)
- une matrice assurant la fonction de liant : la résine souvent du type époxy, préférée à la résine polyester pour ces qualités mécaniques.

3.3 Autre structure

Dans certains cas, le principe du matériau sandwich peut être utilisé :

- polystyrène extrudé recouvert d'un film plastique de décoration : ce procédé donne un modèle léger mais dont la peau reste fragile aux chocs et se marque facilement
- polystyrène expansé + coffrage balsa : pour la réalisation des voilures. Fabrication rapide, solide mais plus lourde que l'équivalent en structure bois.

L'évolution des procédés de fabrication fait apparaître un nouveau type de structure basé sur le moulage du polystyrène extrudé de type dépron. Ce procédé permet la réalisation de fuselage creux présentant des formes complexes mais également des ailes creuses. Ces modèles sont extrêmement légers mais relativement fragiles. Il s'agit principalement de modèle dit « park flyers » ou « indoors », la vitesse d'évolution maximale de ces modèles avoisine les 10-15 km/h et leur grande maniabilité leur permet d'évoluer dans des espaces restreints : parking, salle de sport.

On peut également trouver des modèles réalisés en EPP (polypropylène expansé). Ce matériau se présente sous la forme de polystyrène expansé mais il est bien plus résistant aux chocs et aux grandes déformations.

3.4 Matériaux complémentaires

L'acier est utilisé sous forme de corde à piano pour la réalisation des clés d'ailes et des trains d'atterrissages. L'aluminium peut également servir pour les trains et les ferrures. Les bâtis moteurs, charnières, palonnier et renvoi sont en pvc, fibres, ou en nylon.

4) La motorisation

4.1 La motorisation caoutchouc

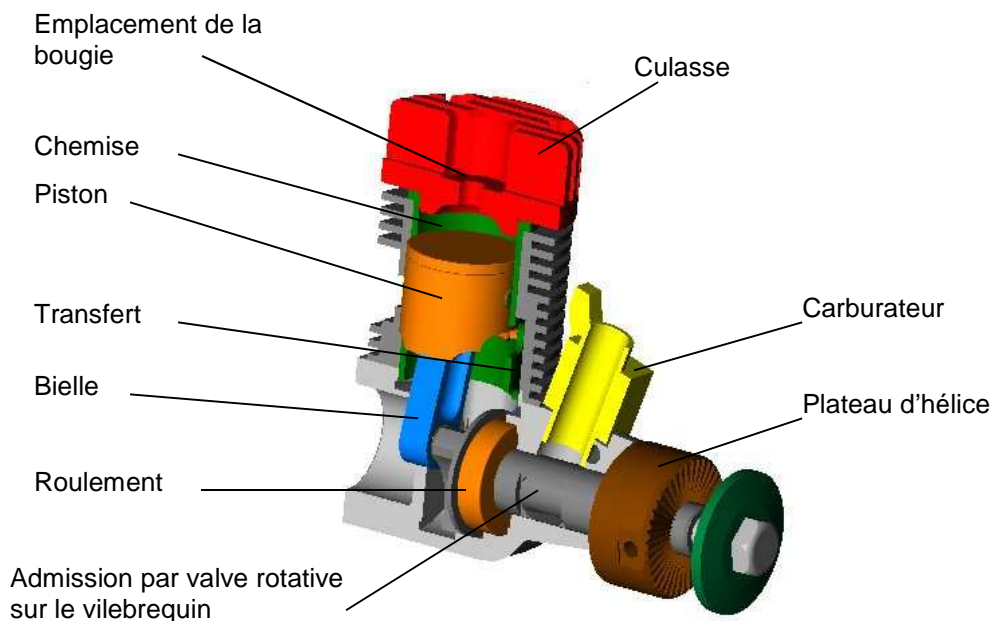
Déjà abordé dans la partie histoire de l'aéromodélisme, ce moteur est constitué d'un écheveau de caoutchouc. L'extrémité arrière de l'écheveau est solidement fixée à l'arrière du fuselage et l'extrémité avant est fixée à un crochet, lui-même solidaire de l'hélice. On tourne l'hélice dans le sens contraire à sa rotation propre pour enrouler l'écheveau sur lui-même afin de le tendre. Il suffit alors de lâcher l'hélice pour qu'elle soit à son tour entraînée par le moteur caoutchouc. Un système de roue libre sur l'axe d'hélice assure la libre rotation de cette dernière une fois l'écheveau complètement détendu.

4.2 La motorisation thermique à combustion interne

Pour motoriser un modèle réduit d'avion, il existe actuellement une large gamme de moteurs fonctionnant sur le principe du 2 temps ou du 4 temps.

A) Le moteur deux temps

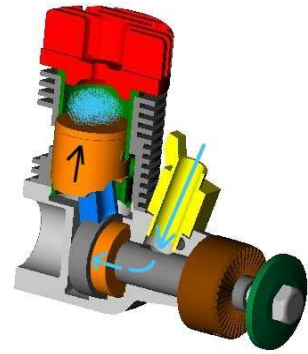
☞ Constitution



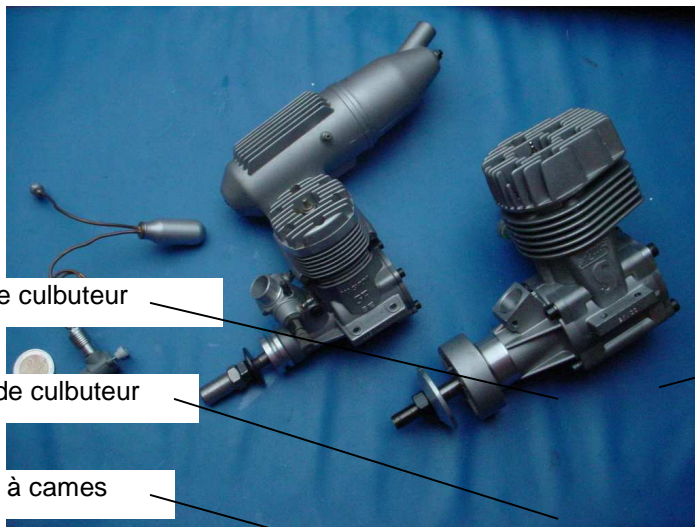
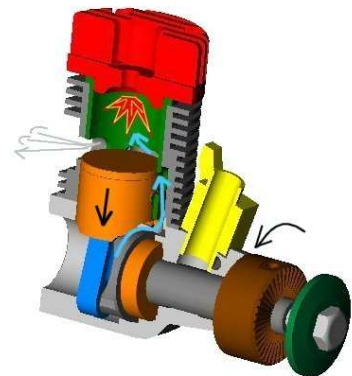
☞ Principe de fonctionnement

Phase 1 : admission et compression

Le piston monte et comprime le mélange air-méthanol dans la chambre de combustion. La valve rotative sur le vilebrequin se retrouve alors face au conduit du carburateur. La dépression créée dans le carter par la montée du piston aspire du mélange frais dans le carter.



Après l'allumage des gaz comprimés, l'explosion repousse le piston vers le bas. Ce dernier en descendant comprime les gaz frais se trouvant dans le carter pour les envoyer dans le cylindre via les transferts. En descendant, le piston découvre les lumières d'admission et d'échappement de la chemise. Les gaz frais pénètrent alors dans le cylindre et chassent les gaz brûlés. Une partie des gaz frais s'échappe avec les gaz d'échappement ce qui entraîne une consommation plus importante que pour le moteur 4 temps.



De gauche à droite :

- moteur CO₂, fonctionnant au gaz carbonique
- moteur deux temps de 10 cm³ (équipé de son pot d'échappement)
- moteur deux temps de 25 cm³ (pot d'échappement et carburateur démontés).

Cache culbuteur

Tige de culbuteur

Arbre à cames

Bougie

Pipe d'admission

Carburateur

Vilebrequin

Levier de commande du boisseau

Pattes de fixation

☞ Cycle de fonctionnement du moteur quatre temps :



Le principe reste le même que celui du moteur quatre temps équipant un avion grandeur. Les différences se situent au niveau de l'allumage sur les petites cylindrées (voir paragraphe suivant).

C) Caractéristiques techniques générales des moteurs deux temps et quatre temps

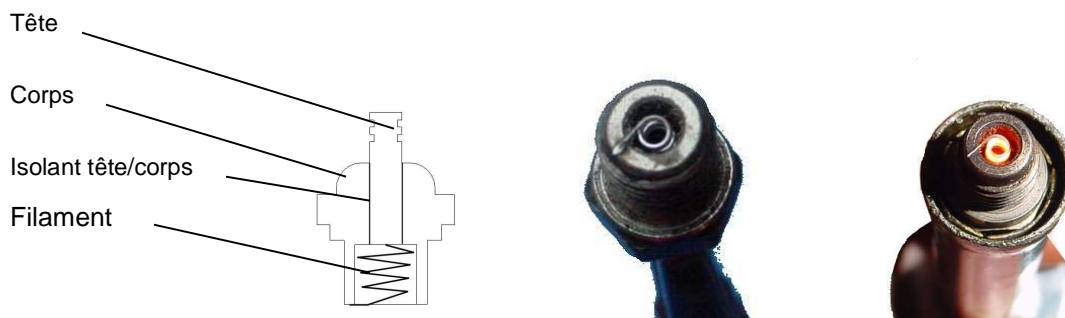
- plage de cylindrée : de 0.8 cm³ à 210 cm³
- puissance : de 220 w (0.3 cv) à 16.5 Kw (25 cv)
- fréquence de rotation maximale : de 7500 à 20000 tr/min.
- forme : du monocylindre au multicylindre à plat ou en étoile, en deux temps ou quatre temps

L'unité utilisée pour exprimer la cylindrée est souvent le cubic inch : 1 ci ↔ (2,54cm)³ = 16,39 cm³
Exemple : un moteur de 0,25 ci correspond à un moteur de 4 cm³ environ. Par abus de langage, les modélistes et fabricants parlent plus couramment de la cylindrée en cubic inch multiplié par 100, le moteur de 4 cm³ est donc souvent appelé 25.

En générale et à partir d'une cylindrée de 30 cm³, l'allumage est du type commandé par bobine ou plus généralement par allumage électronique avec bougie à électrode (glow spark).

En dessous de cette cylindrée et pour la plus grande majorité des moteurs utilisés, le principe est celui de l'auto allumage (découvert et breveté par Kenneth Howie en 1937). On utilise une bougie dite « luisante » ou incandescente et plus couramment appelée « glow pug ». Cette bougie comporte en son centre un filament de platine. Lors de la mise en route, on fait parcourir dans ce filament un courant de 1 à 3 A sous une tension de 1.2 v. Le filament rougit et provoque l'allumage du mélange air/carburant. Une fois en route, la fréquence de rotation élevée du moteur, même au ralenti, suffit à maintenir l'incandescence de la bougie et le moteur continue à tourner, on peut retirer le dispositif utilisé (soquet) pour « chauffer » la bougie.

D) Constitution d'une bougie « glow pug »



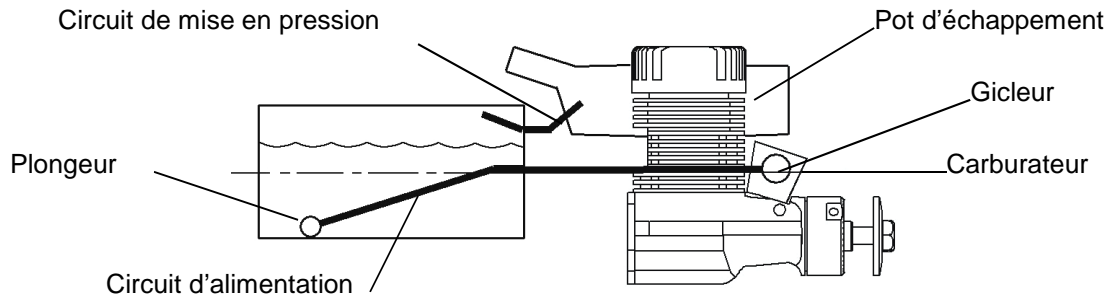
Il existe toute une panoplie de bougies classées suivant la longueur et le diamètre du filament de platine, on parle de bougie « chaude » ou « froide » et le choix peut dépendre de la température extérieure et de la cylindrée du moteur.

E) Circuit carburant et réglage d'un moteur deux temps ou quatre temps :

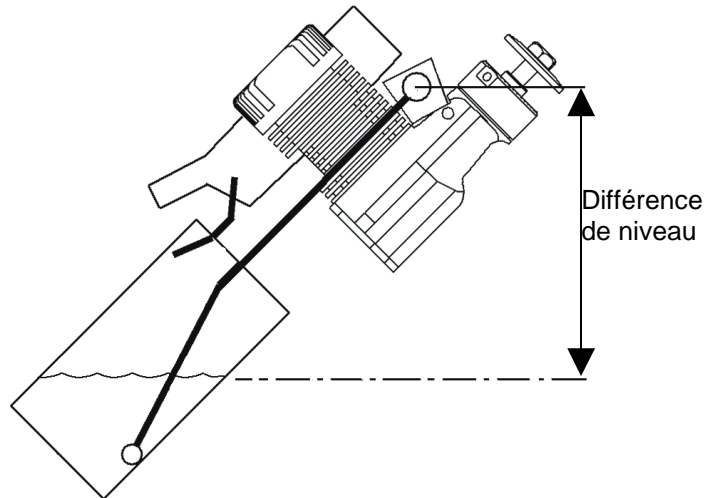
En règle générale, le moteur ne dispose pas de pompe à carburant. Le circuit carburant comporte une tuyauterie reliant le plongeur du réservoir au carburateur pour son alimentation. Il comporte également une autre tuyauterie provenant du pot d'échappement et venant se connecter au réservoir. Ce dispositif permet de récupérer la pression des gaz d'échappement afin de créer une surpression dans le du réservoir. Le carburant est donc aspiré par le moteur mais également envoyé sous pression depuis le réservoir. L'alimentation du moteur peut donc être assurée quelque soit la position du réservoir par rapport au moteur. Pour régler le débit de carburant à plein régime, le carburateur est doté d'un gicleur à pointe que le pilote pourra ouvrir ou fermer manuellement afin d'obtenir la richesse recherchée. Ce réglage de la « pointe » ou régime maximal est validé en levant le nez de l'avion (position que prendra l'avion juste après son décollage). Dans cette position, le niveau du réservoir se retrouve plus bas que le carburateur, le moteur doit maintenir son régime plein gaz sans perdre de tour pour être considéré comme bien réglé. Un deuxième gicleur réglable, souvent appelé contre-pointeau, permet d'affiner les transitions (reprise) entre ralenti et plein gaz.



Avion en vol horizontal : l'axe du gicleur est au même niveau que celui du réservoir



Avion en montée sous un angle de 45° : la différence de hauteur entre le gicleur et le niveau dans le réservoir entraîne une chute de pression du carburant compensée par la pression.



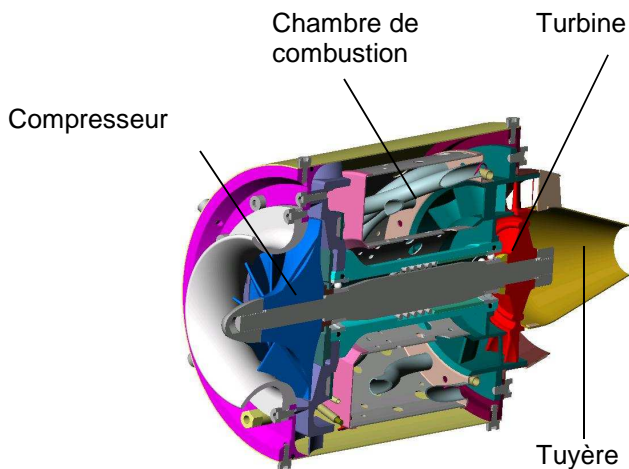
4.3 La motorisation à réaction

Le premier réacteur de petite taille destiné à propulser un modèle réduit a fait son apparition à la fin des années 80. Ce modèle développé par un français, Michel Serrier, sera très rapidement fabriqué et commercialisé par la firme française JPX. A l'époque, la poussée du moteur avoisinait les 4 daN et le réacteur fonctionnait au gaz propane. Depuis, d'autres modèles sont apparus sur le marché et l'offre est maintenant devenue très large même si le coût reste encore très élevé, de l'ordre de 2500 à 3500 euro.

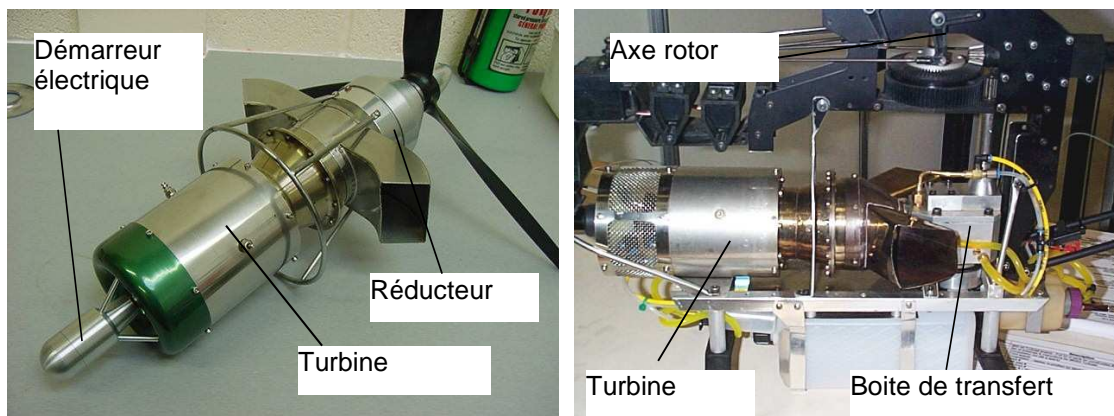
Principales caractéristiques :

- compresseur radial
- turbine axiale à un seul étage
- poussée : de 6 daN à 18 daN
- régime maxi : de 11000 à 20000 tr/min
- masse : de 700 à 1500 g.
- transition : ralenti- plein gaz : entre 1 et 3 secondes

Ces réacteurs fonctionnent tous avec du kérosène Jet A1 ou du pétrole lampant avec un démarrage souvent au gaz propane. Durant la phase de démarrage, le réacteur est relié à une unité électronique de contrôle qui prend en charge automatiquement la mise en route. Un petit moteur électrique monté sur l'axe du réacteur assure l'entraînement jusqu'à un régime minimal défini. Dès ce régime atteint, l'électrovanne de gaz est ouverte et ce dernier injecté dans la chambre de combustion est allumé. Le régime moteur augmente, le moteur électrique est coupé et débrayé et, à partir d'un deuxième seuil, le kérosène est injecté à son tour et l'électrovanne « gaz » est refermée. Après une montée en puissance et une vérification de la température tuyère, le régime moteur repasse au ralenti et le pilote récupère la « main » sur la commande des gaz. Lors de l'arrêt du réacteur, le moteur électrique est à nouveau mis en route automatiquement pour ventiler et refroidir le moteur.



L'usage de la propulsion à réaction est également utilisé pour la réalisation de turbopropulseur pour avion et hélicoptère :



4.4 Carburant

Les réacteurs fonctionnent avec du pétrole lampant ou du kérozène. Les moteurs à allumage piloté fonctionnent avec un mélange essence super + huile. Les moteurs à auto-allumage utilisent un mélange constitué de :

- 85% de méthanol
- 15% d'huile (synthèse ou ricin)

Afin d'augmenter les performances du moteur (reprise, stabilité du régime au ralenti, puissance), on peut ajouter en faible proportion du nitrométhane :

- 75 à 80 % de méthanol
- 5 à 10 % de nitrométhane
- 15 % d'huile (synthèse ou ricin)

L'ajout de nitrométhane ne doit pas se faire au détriment de l'huile afin de conserver une bonne lubrification du moteur. Bien que longtemps utilisée, l'huile de ricin est progressivement remplacée par les huiles de synthèses. Ces dernières ont l'avantage de ne pas gommer le moteur et de produire moins de résidus de combustion. Les carburants vendus dans le commerce peuvent également comporter des additifs anti-corrosion.

4.5 La motorisation électrique

Même si les premières tentatives réussies pour propulser un modèle avec un moteur électrique remontent à 1954, l'usage de la propulsion électrique s'est toujours limité à la motorisation de planeur et de petits modèles. Pendant longtemps, ce type de propulsion avait pour principal handicap le poids des batteries alimentant le moteur. Depuis, les progrès réalisés au niveau des moteurs et des batteries a rendu l'électrique performant et à égalité avec son équivalent thermique.

- moteur à balais :

Puissance de 20 w à 400 w, ces moteurs sont souvent accouplés à un réducteur pour permettre l'utilisation d'hélice de plus grand diamètre afin d'améliorer le rendement du groupe moto propulseur. Ces moteurs restent encore couramment utilisés pour des modèles dont l'envergure avoisine un mètre. Pour les plus grands modèles, ils sont de moins en moins prisés au profit des moteurs brushless. Tension d'alimentation comprise entre 7 et 40v, consommation maximale entre 8 et 80 Ampères.

- moteur sans balais « brushless »

Ces moteurs ne comportent pas de balais, ils offrent un excellent rendement, proche de 90%, et les seules pièces d'usure sont les roulements. Ils nécessitent l'utilisation d'un contrôleur spécifique pour le réglage du régime de rotation. La puissance varie entre 20 w et 10 kw. Ces moteurs du type synchro peuvent présenter deux architectures différentes :

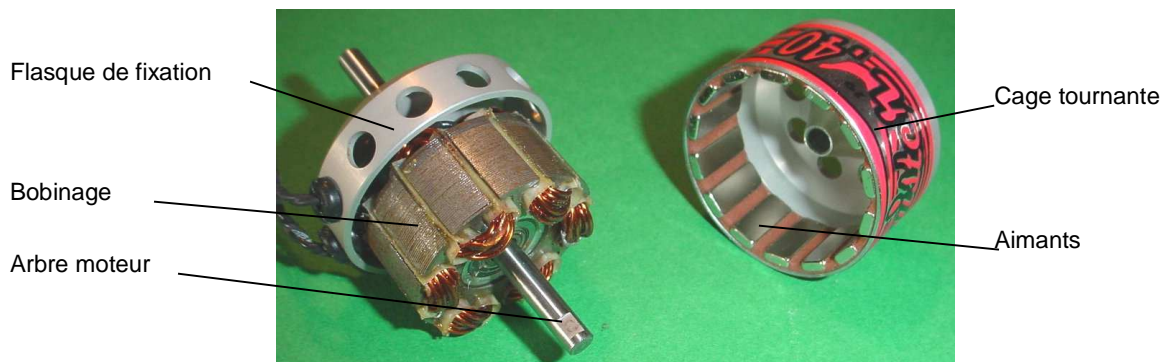
- classique avec rotor interne et bobinage entourant le moteur.
- à cage tournante : le bobinage est au centre du moteur et le rotor se présente sous la forme d'une cloche tournant autour du bobinage. Cette deuxième solution offre un meilleur couple et permet l'utilisation d'hélice de grand diamètre sans le recours au réducteur mécanique.

Tension d'alimentation comprise entre 7 et 40v, consommation maximale entre 8 et 300 Ampères.



De gauche à droite :

- moteur à balais en prise directe.
- moteur à balais avec réducteur.
- moteur brushless à cage tournante.



- accumulateurs

Pendant longtemps, les batteries utilisées étaient du type Nickel Cadmium (NiCd) mais ces dernières ont été remplacées par une deuxième génération basée sur le couple nickel - hydrure métallique : NiMH. L'accumulateur NiMH ne présente pas d'effet mémoire et, à masse égale, il offre une capacité de 1.5 à 2 fois plus grande que le NiCd. Ce dernier avantage permet d'augmenter d'autant la durée du vol.

Enfin et depuis peu, une nouvelle technologie déjà couramment utilisée pour la téléphonie portable ou la vidéo portable, le lithium polymère (Lipo) a fait son apparition dans le monde de l'aéromodélisme. Au début, ces accus présentaient un courant de décharge relativement faible, ce qui les rendait utilisables uniquement avec des petits moteurs peu « gourmands ». Depuis, les évolutions dans ce domaine offrent maintenant des courants de décharge équivalents à 20 fois la capacité propre de l'accu.

A tension égale, un pack « Lipo » présente actuellement une capacité supérieure de 10% au NiMH et une masse 2.3 fois plus faible. Les inconvénients pour l'instant restent le coût d'acquisition (environ 1.5 fois plus cher) ainsi que les contraintes de charges et de décharges. En décharge, la tension aux bornes d'un élément lipo ne doit pas descendre sous 3 v sous peine de l'endommager irrémédiablement. En fin de charge, la tension ne doit pas dépasser les 4.25 V sous risque de voir l'élément prendre feu de façon violente, voir exploser.

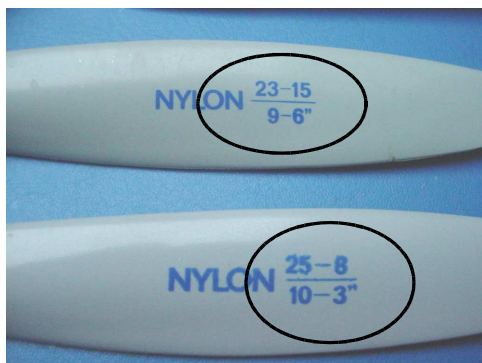
Néanmoins et malgré ces contraintes, la technologie lipo et les moteurs brushless à cage tournante offrent maintenant des propulsions, à puissances équivalentes, plus légères que leurs homologues thermiques.

4.6) Les hélices

Les hélices utilisées en aéromodélisme sont caractérisées par leur diamètre et leur pas, ces deux valeurs sont indiquées en pouces.

Exemple : hélice 9x6 : diamètre 9 pouces soit 23 cm, pas de 6 pouces soit 15 cm.

Les hélices sont principalement bipales à pas fixe, on les trouve en nylon, carbone ou bois. L'utilisation d'hélices métalliques est interdite en France. Des hélices à pas variable sont disponibles uniquement pour être installées sur des moteurs électriques de faible puissance (50 à 80 W).



Le diamètre et le pas figurent sur une des pales de l'hélice, sur l'exemple à gauche, le fabricant donne ces indications en cm ainsi qu'en pouce

5) La radiocommande

5.1 Principe

Le pilote dispose d'un émetteur qui lui permet de contrôler son avion sur les trois axes, le pilotage s'effectue à vue. Il n'y a pas de retour d'information au sol des paramètres de vol tels que vitesse ou altitude. Si l'altitude est facile à évaluer, il est plus difficile pour le pilote d'estimer la vitesse. La portée de l'émetteur est de l'ordre de 800 à 1.5 km et largement supérieure à la portée visuelle du pilote pour pouvoir évaluer correctement l'allure du modèle.

5.2 l'émetteur

La forme et les performances des émetteurs peuvent varier d'un modèle à l'autre mais ils ont tous en commun la même architecture de base avec deux manches, chacun est orientable dans deux directions. Ces deux manches permettent la commande de 4 fonctions (ou voies) sur l'avion. Les voies sont proportionnelles, la gouverne bouge en suivant le mouvement donné au manche. Des potentiomètres placés à proximité des manches et appelés « trim » permettent au pilote de régler les positions des gouvernes lorsque les manches sont en position centrale, ils remplissent la même fonction que les compensateurs sur les avions grandeurs. Un vu-mètre indique l'état de charge des accus qui alimentent l'électronique de l'émetteur.



Pour commander un modèle trois axes équipé d'un moteur, il faut utiliser une radio 4 voies :

- 1^{ère} voie commandant la profondeur (tangage)
- 2^{ème} voie commandant la dérive (lacet)
- 3^{ème} voie commandant les ailerons (roulis)
- 4^{ème} voie commandant le régime moteur

L'attribution des voies n'a pas d'importance et peut varier d'une marque à l'autre.

Il existe deux modes pour attribuer ces fonctions sur les deux manches :

Mode 1 : ailerons et commande moteur sur le manche de droite
Dérive et profondeur sur le manche de gauche

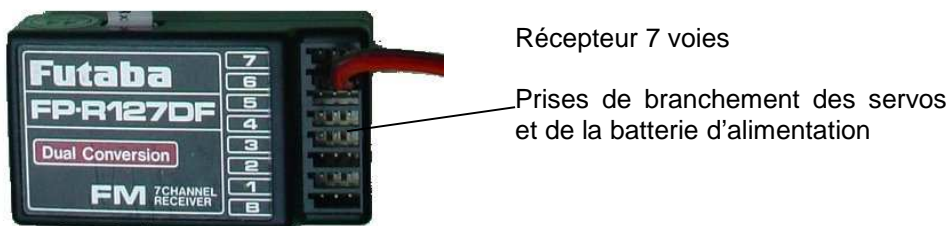
Mode 2 : ailerons et profondeur sur le manche de droite
Dérive et commande de gaz sur le manche de gauche

Les radios peuvent proposer des fonctions complémentaires (proportionnel et en tout ou rien) permettant la commande de volets d'atterrissage ou d'un train rétractable. On trouve également des radios dites « programmables » capable de stocker toutes les informations et réglages d'un ou de plusieurs modèles.



5.3 le récepteur

Installé à bord du modèle, le récepteur est équipé d'une antenne constituée d'un fil souple, il reçoit les informations de la radiocommande et les transmet à son tour aux servocommandes. Il existe différents types de récepteurs classés suivant leur nombre de voies et leur masse.



5.6 les fréquences d'émission

En général, l'émetteur et le récepteur sont équipés chacun d'un quartz qui donne la fréquence d'émission. Les bandes de fréquences utilisables en France sont réglementées :

- 26.815 à 26.905 MHz pour tous types de modèles non aériens (Voitures, Bateaux. etc.).
- **41.000 à 41.100 MHz réservées exclusivement à l'aéromodélisme (par pas de 10 kHz).**
- 41.100 à 41.200 MHz pour tous types de modèles réduits (par pas de 10 kHz).
- 72.010 à 72.490 MHz pour tous types de modèles réduits (par pas de 20 kHz)

On trouve également des radios et des récepteurs à synthèse de fréquence. Le pilote peut alors choisir la fréquence sur laquelle il souhaite émettre. Cette solution présente l'avantage d'éviter les changements et manipulations de quartz, ces composants restent en effet fragiles. La synthèse de fréquence reste toutefois uniquement accessible sur les radios de haut de gamme.

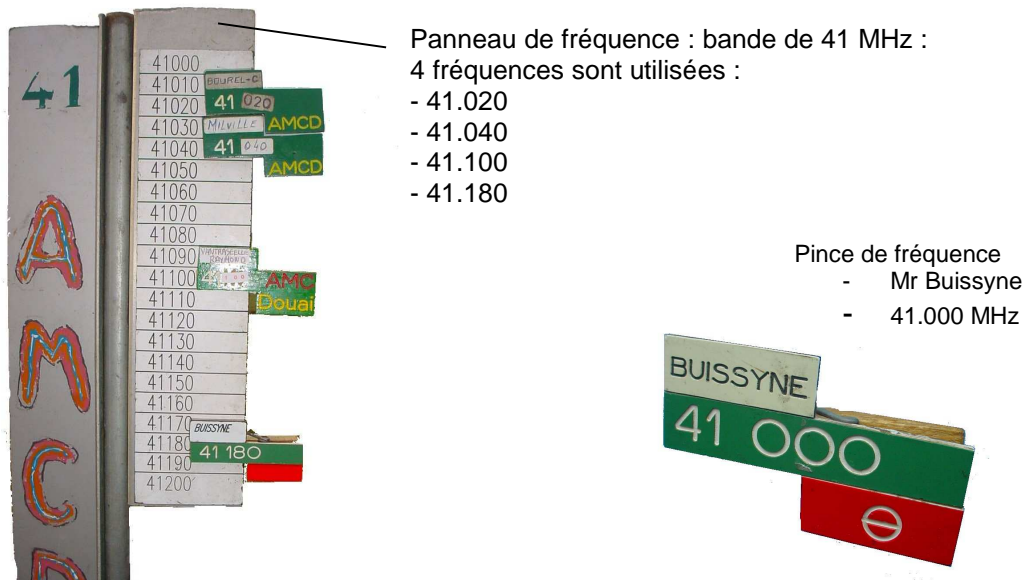
5.7 Gestion des fréquences sur le terrain de vol

Pour faire évoluer deux avions en même temps, il est impératif que les deux radios émettent sur deux fréquences distinctes afin d'éviter tous risques de brouillages pouvant entraîner la chute des avions. Or, le nombre de fréquences différentes, toutes bandes confondues, est bien inférieur au nombre de pilotes dans un club. Il est courant de trouver plusieurs pilotes utilisant la même fréquence. Un système de gestion est alors nécessaire pour éviter les brouillages au sol comme en vol. Il existe différentes solutions souvent basées sur le principe suivant :

- un tableau comportant toutes les fréquences disponibles
- un pince par émetteur portant la fréquence et le nom du pilote

L'ouverture des vols sur un terrain d'évolutions est conditionnée par la mise en service du tableau. Ce dernier est souvent installé aux abords de la piste.

Lorsqu'un pilote « A » souhaite voler, il accroche sa pince sur le tableau en face de sa fréquence. Il réserve ainsi cette fréquence et peut alors allumer son émetteur. Un autre pilote « B » disposant de la même fréquence et voulant voler va d'abord s'approcher du panneau pour vérifier si la fréquence est libre (absence de pince). Cette dernière étant déjà réservée par le pilote « A », il devra donc attendre que ce dernier finisse son vol et qu'il libère la fréquence.



Depuis 2005, la firme Spektrum propose une radio émettant sur la bande de 2,4 GHz (2400 MHz). A la mise sous tension de l'émetteur, ce dernier recherche un canal libre et commence alors à émettre. Si aucun canal n'est disponible, l'émetteur bloque toute émission. Cette nouvelle technologie va rendre obsolète le panneau et les pinces de fréquences. Actuellement, cette bande de fréquence n'est pas encore autorisée en France pour le pilotage des aéromodèles.

5.8 les servocommandes

Elément final dans la chaîne de commande, le servocommande reproduit le mouvement du manche pour actionner la gouverne du modèle.



Le servocommande est un système asservi comportant deux parties distinctes :

- partie commande avec l'électronique et le potentiomètre de positionnement du palonnier
- partie puissance avec le moteur électrique et le réducteur à train d'engrenage

Le cordon électrique comporte trois fils :

- pôle négatif d'alimentation électrique (de couleur noir ou marron)
- pôle positif d'alimentation électrique (de couleur rouge)
- la consigne de positionnement (de couleur blanche, grise ou orange suivant les marques)

Les servocommandes peuvent être classés suivant plusieurs critères :

- couple disponible sur le palonnier (de 5 N.cm à 200 N.cm)
- vitesse de rotation
- pignons du réducteur en nylon ou métallique
- guidage en rotation du palonnier : nylon, bagues bronze ou roulement.

- Taille et masse

5.9 L'alimentation électrique

Les parties émission et réception sont alimentées par des accumulateurs rechargeables. En général, la réception fonctionne sous une tension comprise entre 4,8 et 6 v (4 à 5 éléments de 1,2 v montés en série). La capacité de cette batterie dépend de la taille et du nombre de servocommandes branchés sur le récepteur (de 350 à 2300 mAh). Le courant de charge habituellement utilisé correspond au 1/10 de la capacité (charge lente).

Réglementation

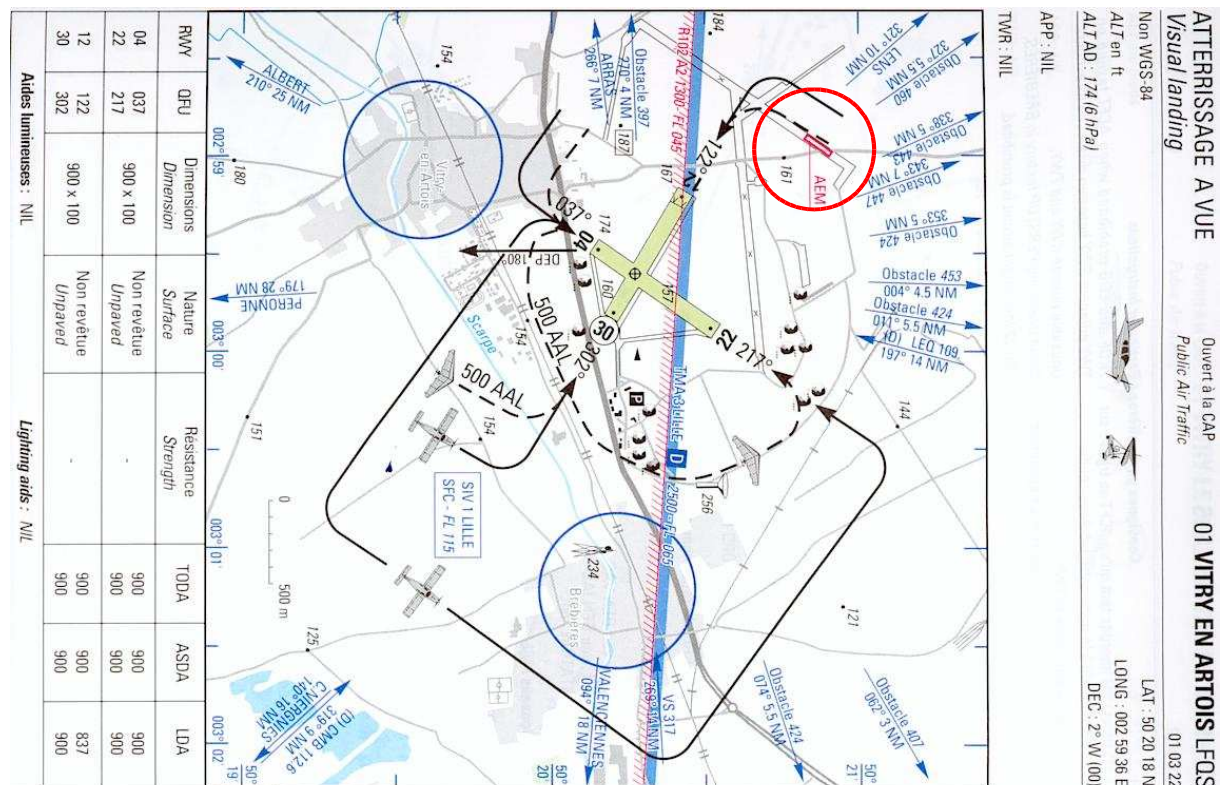
1) l'Assurance

Le pilote qui souhaite pratiquer l'aéromodélisme doit s'assurer que son assurance « responsabilité civile » couvre les risques liés. Il doit faire évoluer ses modèles sur un terrain éloigné de toutes habitations, animaux et obstacles aériens (lignes électriques). Néanmoins, l'apprentissage du pilotage ne pouvant s'effectuer seul, il est vivement conseillé aux débutants d'intégrer un club pour profiter des conseils et pour évoluer sur une piste prévue à cet effet. L'adhésion à un club permet également de souscrire une assurance spécifique. Sur un terrain appartenant à un club affilié à la Fédération Française d'aéromodélisme (FFAM), seuls les pilotes possédant une licence FFAM, à jour, ont le droit de faire évoluer leurs modèles.

2) le terrain

- la piste doit être axée selon les vents dominants avec les abords dégagés
- le parking avion doit être situé d'un coté de la piste et ne doit en aucun cas être survolé.
- le parking voiture doit se trouver à une distance suffisante de la piste
- les évolutions des aéromodèles ne doivent pas conduire au survol permanent des voies de circulation, ainsi que des personnes ou des animaux, mêmes isolés, en dehors des phases de décollage et d'atterrissage.

Les terrains réservés à l'aéromodélisme peuvent se trouver à l'écart des aérodromes ou à proximité et sont alors indiqués sur les cartes VAC par le sigle AEM.



3) les catégories de modèles

Quelque soit le type, avion, planeur ou hélicoptère, les modèles réduits sont classés suivant trois catégories :

- *Catégorie 1* : masse inférieure à 12 kg et de moins de 50 cm³ de cylindrée moteur, pas de réglementation spéciale.
- *Catégorie 2* : plus de 50 cm³ de cylindrée moteur ou entre 12 et 25 kg, déclaration à faire auprès du District Aéronautique via la FFAM (fédération française d'aéromodélisme).
- *Catégorie 3* : plus de 25 kg demande à faire sous forme de dossier technique déposé auprès de la Direction Générale de l'Aviation Civile, ils sont soumis à une autorisation de vol accordée par l'aviation civile après une épreuve en vol.

4) la qualification

Les pilotes souhaitant participer à des démonstrations ouvertes au public doivent détenir une qualification de pilote de démonstration. Il existe 5 types de qualification :

- avion / hydravion
- turboréacteur / turbopropulseur
- planeur
- hélicoptère
- montgolfière

Cette qualification est obtenue après une série d'épreuves en vol en présence de deux juges. La qualification est valable uniquement pour la catégorie de modèles avec lequel l'examen a été passé. Un pilote souhaitant faire évoluer en meeting un appareil appartenant à la cat. 2 devra passer sa qualification avec un modèle de même catégorie. Un pilote certifié cat. 2 pourra présenter un modèle de catégorie 1.

5) Les concours

Classés suivant le type de modèle :

- Vol libre : catégorie F1...
 - F1A Planeurs : planeurs de type "nordique" de plus de 2 m d'envergure
 - F1B Avions à moteur caoutchouc type coupe "Wakelfield" 3 à 4 minutes de vol
 - F1C Moto-planeurs de cylindrée 2,5 cm³, montée à 200 mètres en 7 secondes
 - F1D Modèles d'intérieurs, les catégories sont : microfilm, EZB, cacahuète, sainte formule
 - F1G Avions à moteur élastique type coupe d'hiver
 - F1H Planeurs classe A1
 - F1J Moto-modèles classe ½ A, moteur de cylindrée réduite
- Vol circulaire : catégorie F2...
 - F2A Avions de vitesse
 - F2B Avions d'acrobatie : programme avec figures imposées, notées par un jury
 - F2C Avions de course d'endurance sur 100 tours
 - F2D Avions de combat : 2 modèles sont opposés. La coupe d'un ruban de papier accroché à chaque modèle détermine le vainqueur
 - F2E Avions de combat diesel nouvelle catégorie règlement similaire au F2D mais avec des moteurs type "diesel " à auto-allumage
- Vol radiocommandé : catégorie F3...
 - F3A Avions de voltige
 - F3B Planeurs de vol thermique avec lancement au treuil électrique,
 - F3C Hélicoptères : voltige
 - F3D Avions de courses autour de pylônes
 - F3F Planeurs de vol de pente en montagne ou en falaise
 - F3I Planeurs de vol à voile remorqué

F3J Planeurs de durée, le planeur est lancé à l'aide d'un câble tiré par un coéquipier.
F3K Planeurs lancé main

- Maquettes : catégorie F4...

F4B Maquettes volantes en vol circulaire commandé.
F4C Maquettes volantes en radio commande.
F4F maquettes volantes de vol libre " indoor "(Formule cacahuète).

- Propulsion électrique : catégorie F5...

F5A Modèles de voltige électriques (similaire au moteur près, au F3A)
F5B Motoplaneurs électriques de durée, précision et vitesse.
F5C Hélicoptères électriques.
F5D Racers électriques de courses aux pylônes

6) quelques records en France

Vol libre catégorie avions à moteur élastique :

- durée : 31 mn 05s
- distance : 26 km
- vitesse : 58 km/h

Vol télécommandé avion à moteur thermique

- durée : 13 h 19 mn
- distance en ligne droite : 52 km
- vitesse : 319 km/h

Vol télécommandé planeur vol à voile

- durée : 14h 43 mn
- distance en ligne droite : 9,55 km
- distance en circuit fermé : 351,4 km
- hauteur : 780 m

Vol télécommandé hélicoptère à moteur thermique

- durée : 1h 40 mn
- distance en ligne droite : 115 km
- distance en circuit fermé : 101 km
- hauteur : 2940 m

Météorologie

Les évolutions se déroulant à proximité du sol avec une altitude maximale bien souvent comprise entre 100 et 300m, l'aéromodéliste est moins dépendant des conditions météorologiques que le pilote grandeur. Néanmoins, certains paramètres sont à prendre en compte et à éviter pour garantir la sécurité des vols :

- les précipitations : pluie ou neige : elles diminuent fortement la visibilité et peuvent provoquer des dégâts en s'infiltrant dans les émetteurs.
- Le vent et les rafales : à partir de 30 km/h, les trajectoires sont fortement perturbées. En phase d'éloignement, le modèle est facilement emporté par le vent et peut rapidement être perdu de vue.
- Les orages : la présence d'une antenne sur l'émetteur peut attirer la foudre entraînant un risque mortel pour le pilote et son entourage. Les vols par temps orageux sont à proscrire.
- Les cumulonimbus peuvent générer des ascendances violentes capables d'aspirer un planeur ou un motoplaneur.

De manière générale, les conditions météorologiques favorables correspondent à celles de toutes activités de plein air.

Crédits photographiques :

- Jean Champenois, publiés dans la revue fédérale Aéromodèles et reproduits avec l'autorisation de la FFAM
- Jean Michel Delfosse, Laurent Michelet, Laurent Buissyne.

Bibliographies :

- revues fédérales Aéromodèles, éditées par la FFAM www.ffam.asso.fr
- revue RCPILLOT, éditée par koolpress www.rcpilot-online.com
- guide du dirigeant, édité par la FFAM