

AÉROMODÉLISME

SOMMAIRE

	Page 1
<u>Définition</u>	Page 2
→ Vol libre	
→ Vol circulaire	
→ Vol radiocommandé	
→ Facteur d'échelle	
<u>Construction</u>	
→ Forme	
→ Matériaux	Page 3
→ Équipement	Page 4
→ motorisation	
<u>Radiocommande</u>	Page 5
→ principe	
→ synoptique	
→ fréquence	Page 6
→ accumulateurs	Pages 7 et 8
<u>Vol</u>	Page 9
→ phases	
→ réglages	
→ records	
<u>Législation</u>	Page 10
→ terrain	
→ radiocommande	
→ qualification	
→ catégories d'appareils	
→ catégories de vol	Page 11

DÉFINITION

Modèles réduits d'aéronefs (planeurs, avions, hélicoptères, etc.) volant effectivement.

→ **Vol libre:**

Les évolutions de l'appareil ne sont pas contrôlées.

→ **Vol circulaire:**

Le principe du vol circulaire est de faire évoluer un modèle au bout de câbles, d'une longueur de 20 mètres, ceux-ci étant reliés au pilote, qui, au travers d'une poignée de commande, contrôle son avion grâce à la gouverne de profondeur. Le modèle peut donc évoluer sur une demi sphère.

Le moyen de propulsion pouvant être différent de celui des aéronefs correspondants (moteur à explosion, mais aussi électrique ou simplement à ruban de caoutchouc).

→ **Vol radiocommandé:**

Les évolutions de l'appareil sont contrôlées par transmission radioélectrique.

→ **Facteur d'échelle :** Le modèle est réduit en :

- Dimensions
- Masse
- Puissance

Mais le facteur d'échelle ne peut pas, ou très peu, intervenir sur la vitesse.

Ainsi, la vitesse du modèle au 1/20 d'un avion volant à 200 km/h ne sera pas de 10 km/h !
d'où la difficulté, mais aussi le côté spectaculaire, de l'aéromodélisme.

S'il s'agit du modèle réduit d'un aéronef existant, et reproduit le plus fidèlement possible, on parlera de "Maquette", mais il faut que celle-ci vole effectivement pour être classée dans l'aéromodélisme.

CONSTRUCTION

→ **Forme**

Comme les vrais appareils : même définition de l'envergure, de l'allongement, de la charge alaire, du maître couple, etc. *On en profitera pour réviser ces notions et refaire quelques exercices.*

→ **Matériaux**

- Bois et toile

- structure :	balsa (F)	150 kg/m ³	nervures, coffrages (fuselage, aile)
	spruce (USA)	300 kg/m ³	
	peuplier (F)	450 kg/m ³	bâti moteur, longerons
			en CTP 3 ou 5 plis : coffrage du bâti moteur
- colle à bois :	avec durcisseur incorporé		
- renforts :	renforts de structure en soie		
- entoilage:	papier modelspan tendu par enduit cellulosique film thermorétractable (tendu par air chaud) papier kraft (parties subissant des contraintes de torsion)		

- Composite (fibre + résine)
 - fibre : de verre, de carbone
 - résine : époxy + polymérisant
- Matériau sandwich
 - polystyrène expansé + film plastique:
 - polystyrène expansé coffré balsa: organes à fonction aérodynamique
 - alvéolé nid d'abeille + feuille d'aluminium:
- Cordes à piano (acier trempé à ressorts), divers diamètres : Tringlerie de commande Train d'atterrissage.
- Nylon: petites pièces (renvois d'angle, roulettes, charnières, hélices, etc.), décolletage.
- Kevlar. Etc.

→ Équipement

- Avion
 - 1 axe (profondeur) : vol circulaire (néanmoins : un plan vertical, mais fixe)
 - 2 axes (profondeur et direction) :
l'inclinaison est obtenue par roulis induit : *réviser cette notion*
nécessite un dièdre important (6° à 8° : davantage il "embarde"),
ce dièdre sera plus prononcé pour les planeurs.
 - 3 axes (profondeur + direction + ailerons)
le dièdre peut être plus faible, voire nul (recommandé pour la voltige)
l'aileron qui longe la totalité du bord de fuite de l'aile est dénommé "fullspan"
- Hélicoptère
 - Manche pas cyclique : action longitudinale : AV ↔ AR (tangage)
: action transversale : G ↔ D (roulis)
 - Manche pas collectif : Montée ↔ Descente
 - Commande anticouple : G ↔ D (lacet)

Toutes ces commandes sont à conjuguer en tenant compte:

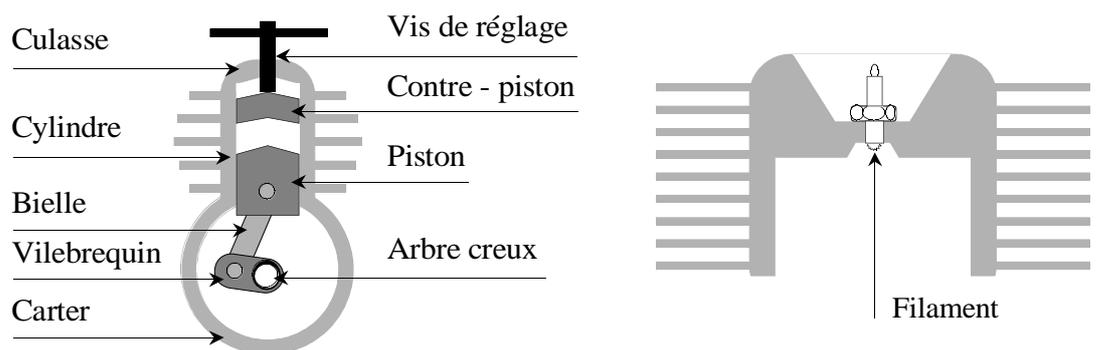
- de l'effet gyroscopique important du rotor.
- de l'effet de sol qui se fait ressentir quand la hauteur est inférieure au double du diamètre du rotor.

→ Motorisation

- Ruban de caoutchouc torsadé "moteur à élastique"
- Moteur électrique
 - avec hélice escamotable en composite carbone pour les planeurs autolancés
 - moteurs (sans charbon dits "brushless", en fait ils comportent un équipement d'électronique de puissance) de 10 W à plus de 1 kW pour les avions et hélicoptères.
(généralement, l'alimentation du moteur est effectuée par des accumulateurs embarqués au nickel - cadmium : Ni-Cd ou au nickel - hydrure métallique : Ni-MH)
- Moteur thermique : micromoteur
 - cylindrée : en 1/100 de cubic inch (pouce au cube)
exemple : **25** signifie $25/100 = 0,25 \text{ inc}^3 \approx 4 \text{ cm}^3$
 - puissance : de 500W à 20 kW (moins de 1 ch à plus de 25 ch)
 - fréquence de rotation : 10 000 à 30 000 tr.min⁻¹.

Exemple : un "50" présente : une cylindrée de 8 cm³
une puissance de 1,5 kW (2 ch)
une fréquence de rotation de 15 000 tr.min⁻¹.
une masse de 500 g .Son prix : environ 150 €

- type : diesel (auto inflammation par compression)
deux temps (distribution par fenêtre rotative sur l'arbre, et lubrification par additif au carburant)
Pour les très petites cylindrées : contre - piston : très forte compression pour le démarrage, on réduit ensuite pour un régime maximum. (dessin de gauche)



Pour les cylindrées plus importantes : glow plug : bougie de démarrage à filant que l'on préchauffe avec l'énergie électrique produite par un seul élément de pile (1,5 V) ou d'accumulateur Ni-Cd ou Ni-MH (1,2 V) disposé dans une espèce de crayon que l'on appuie sur la "bougie". Après le démarrage, les explosions maintiennent ce point d'ignition à température suffisante pour un auto-allumage par compression. (dessin de droite)

- carburant : méthanol
+ lubrifiant (huile de ricin, huile synthétique)
+ détonnant (éther, nitrométhane) pour obtenir l'auto-allumage.

- Hélice
 - en Nylon, en Nylon renforcé fibre de verre, ou en composite carbone.
 - diamètre en pouces x pas en pouces
exemple : hélice 8" x 4", ou simplement 8 x 4, présente un diamètre de 20 cm et un pas de 10 cm : *en profiter pour réviser ces notions.*
- Vitesse
 - ces motorisations permettent des vitesses de l'ordre de 100 à 200 km/h.
 - *exercice : hélice 8 x 4 à 15 000 tr.min⁻¹ : quelle est la vitesse correspondante ? (réponse : 90 km/h)*
- Sécurité

Les réglages du moteur (contre - piston, pointeau de richesse, etc.) se font en se plaçant derrière l'aile et en approchant le bras le long du fuselage.

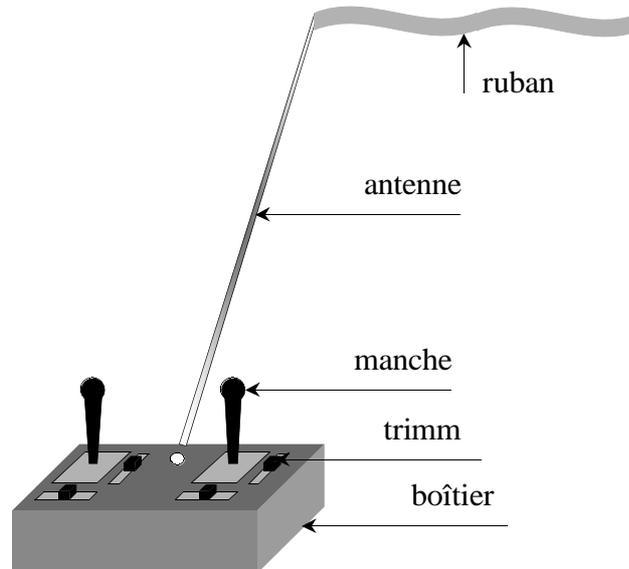
RADIOCOMMANDE

→ Principe

Le pilote fait évoluer son appareil dans les trois dimensions en restant en contact visuel (aucune information retour depuis le modèle n'est autorisée) et en agissant sur les gouvernes à distance grâce à un émetteur radioélectrique, soit par à coups (commande tout ou rien, maintenant pratiquement abandonnée) soit de façon proportionnelle (commande proportionnelle).

→ Synoptique

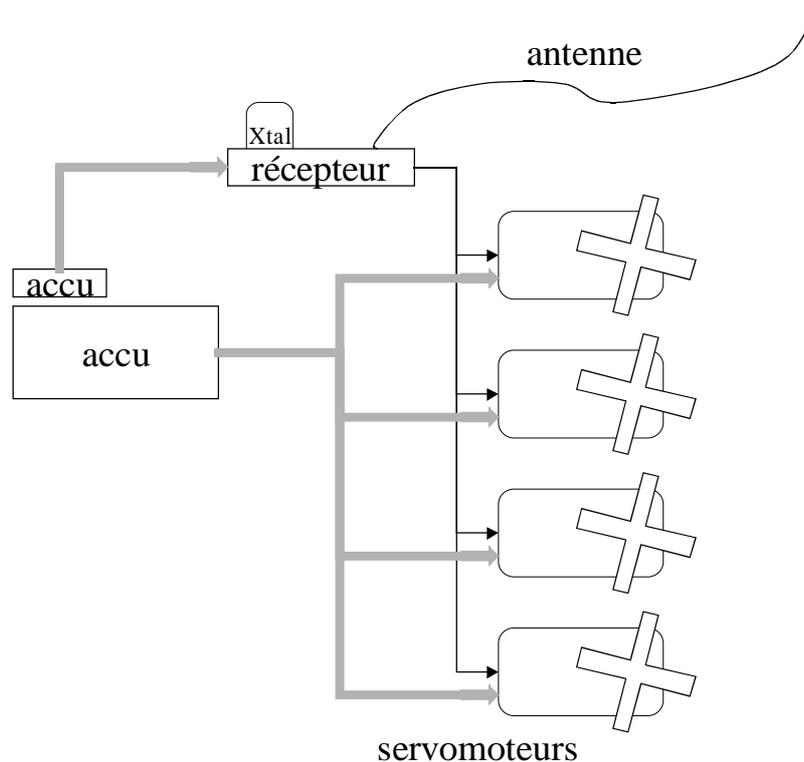
- Le pilote est muni d'un émetteur incluant un antenne et une batterie d'accumulateurs



Les manches actionnent les gouvernes, par exemple un des deux manches correspond au manche à balais tandis que l'autre, par exemple, agit latéralement sur la gouverne de direction et longitudinalement sur la commande des gaz.

Les trimms correspondent au réglage du neutre, ils agissent comme les compensateurs en quelque sorte.

- Le système embarqué comporte séparément : le récepteur, les servomécanismes, l'antenne qui est constituée d'un fil souple, les accumulateurs.



→ Fréquence

- Quartz.
 - La fréquence est bien précise, elle est pilotée par quartz (X tal)
cette fréquence est inscrite sur le quartz de l'émetteur ou est repérée par une couleur.
Exemple : 27.125 TX correspond à un quartz de fréquence 27,125 MHz d'émetteur.
 - Le quartz du récepteur doit correspondre, il porte la même inscription, mais est spécifié pour récepteur, car, en réalité, sa véritable fréquence de résonance diffère de celle de l'émetteur de 455 kHz ou de 550 kHz, afin de générer la fréquence intermédiaire des circuits résonnants sélectifs du récepteur.
 - Les quartz sont embrochés et facilement accessibles pour être changés très rapidement.
- Encombrement des fréquences
 - Tous les pilotes d'un même site doivent utiliser des fréquences différentes pour éviter les interférences : à cet effet :
 - La fréquence que chaque pilote utilise est indiquée par la couleur du ruban fixé à l'extrémité de son antenne.
 - Un tableau à l'entrée du terrain indique, par des pinces de couleur, les fréquences utilisées à ce moment.
 - Pour changer de fréquence, le pilote doit changer le quartz de l'émetteur et du récepteur.
- Procédure
 - L'arrêt d'un ensemble émetteur récepteur consiste à éteindre d'abord le récepteur puis seulement ensuite l'émetteur, sinon, le modèle en rupture radio risquerait d'accomplir n'importe quelle action qui pourrait être dangereuse (commande des gaz par exemple)

- Il existe des dispositifs permettant, en cas de rupture de liaison radio, de positionner les servomécanismes à des positions prédéfinies (gouvernes au neutre, gaz au ralenti, etc.)
- Fréquences autorisées:
 - Les fréquences autorisées en France sont les suivantes :
26.815 à 26.905 MHz pour tous types de modèles non aériens (Voitures, Bateaux. etc.).
41.000 à 41.100 MHz réservé exclusivement à l'aéromodélisme.
41.100 à 41.200 MHz pour tous types de modèles réduits.
72.000 à 72.500 MHz pour tous types de modèles réduits.(Aériens)
Aucune autre bande de fréquence n'est autorisée en France.
 - La bande de 41,000 à 41,200 MHz contient 21 canaux distincts et pourrait donc permettre l'évolution simultanée de 21 modèles sur un même site.
Parmi ceux-ci, seuls les 11 premiers canaux sont exclusivement dédiés à l'aéromodélisme.
La largeur de bande occupée par chaque canal est de 10 kHz.

Canal	Fréquence. (en kHz)	Canal	Fréquence. (en kHz)	Canal	Fréquence. (en kHz)
400	41000	401	41010	402	41020
403	41030	404	41040	405	41050
406	41060	407	41070	408	41080
409	41090	410	41100	411	41110
412	41120	413	41130	414	41140
415	41150	416	41160	417	41170
418	41180	419	41190	420	41200

Au besoin, 26 autres canaux , de largeur 20 kHz, sont disponibles dans la bande des 72 MHz. (canaux 200 à 250).

→ Accumulateurs.

- Nature
 - Les accumulateurs sont des électromoteurs chimiques rechargeables.
 - Les électromoteurs chimiques non rechargeables sont les piles, la force électromotrice d'un élément de pile au zinc, saline ou alcaline, est de 1,5 V.
Une pile n'est pas rechargeable ! (l'appellation commerciale de " pile rechargeable" est aussi inepte que l'appellation de " tube néon" à la place de " tube fluorescent" : les néons présentent une luminescence rouge !... par ailleurs, il est dangereux d'essayer de recharger une pile !).
 - Les accumulateurs au plomb présentent une force électromotrice de 2 V par élément.
 - Les accumulateurs Ni-Cd présentent une force électromotrice de 1,2 V par élément, mais doivent être totalement déchargés avant d'être rechargés, sinon leur capacité diminue (effet " mémoire").
 - Les accumulateurs Ni-MH ont également une force électromotrice de 1,2 V mais ne présentent pas cet effet mémoire.
 - Les éléments d'accumulateurs sont associés en série afin d'augmenter la force électromotrice : on parle alors de batterie d'accumulateurs ou " batterie".
Exemples : une batterie d'automobile de 12 V comporte 6 éléments au plomb.
Une batterie au nickel de 6 V comptera 5 éléments.

▪ Grandeurs électriques

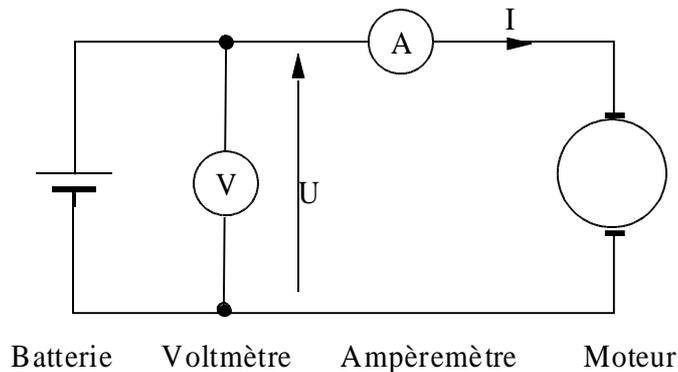
- Tension : notée U son unité est le volt (symbole V), la tension aux bornes d'un accumulateur est sensiblement égale à sa force électromotrice (4,8 V par exemple) on mesure la tension avec un voltmètre connecté en "parallèle" ou " dérivation".
- Intensité : l'intensité, notée I , du courant débité par l'accumulateur, s'exprime en ampères (A), sa mesure nécessite d'interrompre le circuit pour insérer un ampèremètre en série.
- Puissance : la puissance fournie par le "générateur" (accumulateur) au "récepteur" (moteur électrique par exemple) s'exprime en watts (W) et est égale au produit $U \times I$

$$P = U \cdot I \qquad P_w = U_v \cdot I_A$$

- Capacité : quand il fournit de la puissance, l'accumulateur se décharge, sa capacité est la quantité d'électricité qu'il peut fournir, d'autant plus grande que l'intensité est élevée et la durée de fonctionnement longue. Elle est égale au produit $I \times t$
Pour les accumulateurs de modélisme on l'exprime en mAh sachant que $1 \text{ Ah} = 1000 \text{ mAh}$

$$Q = I \cdot t \qquad Q_{Ah} = I_A \cdot t_h \qquad \text{ou} \qquad Q_{mAh} = I_{mA} \cdot t_h$$

- Recharge : elle se fait au " 1 / 10 de la capacité " : il faut comprendre dans ce jargon approximatif que, par exemple, un accumulateur de 3 000 mAh doit être rechargé sous un courant d'intensité 300 mA durant 10 h (en fait 12 h pour tenir compte du rendement de la charge qui est de l'ordre de 80 à 85 %)
Une recharge "rapide" (par exemple 5 A pendant 1 h) diminue considérablement la durée de vie des accumulateurs.



Exercice :

Pendant quelle durée théorique maximale une batterie d'accumulateurs de 3000 mAh pourrait-elle alimenter un moteur électrique absorbant une puissance de 180 W sous une tension de 9 V ?

Réponse : 9 min

VOL

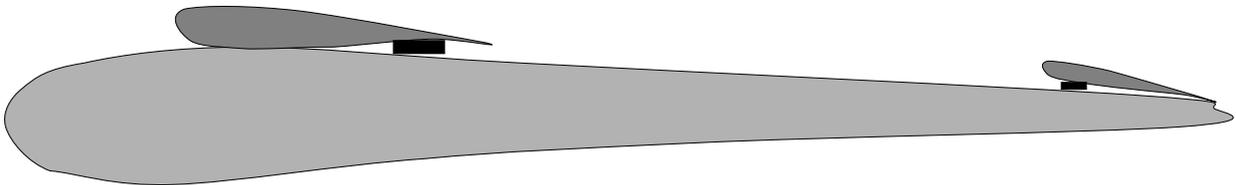
il s'effectue en respectant les mêmes principes que les vrais appareils.

→ Phases de vol

- Décollage : face au vent : se référer à la manche à air du terrain d'aéromodélisme
- Vol :
 - Toujours à vue (rem : la portée de la radiocommande n'excède jamais un kilomètre, ce qui est largement suffisant !)
 - Les planeurs pourront exploiter les ascendances thermiques mais ils utilisent plus fréquemment les ascendances orographiques (vol de pente : en montagne sur de nombreux sites, à la mer au bord des falaises, dans le " plat pays" du haut des terrils).
- Atterrissage : face au vent en cabrant l'appareil :
 - Train classique : atterrissage trois points , voire roulette de queue en premier.
 - Train tricycle : cabré pour poser le train principal en premier.

→ Réglages

- Essentiellement pour les planeurs : les calages :
 - Calage pour tendance à cabrer ou à piquer : par des cales sous le bord d'attaque ou le bord de fuite de l'aile ou du plan horizontal.
 - Calage pour la tendance à virer : centrage de l'aile ou braquage des volets.



Exemple de cales pour piquer placées sous le bord de fuite de l'aile et sous le bord d'attaque du plan fixe pour corriger une tendance à cabrer.

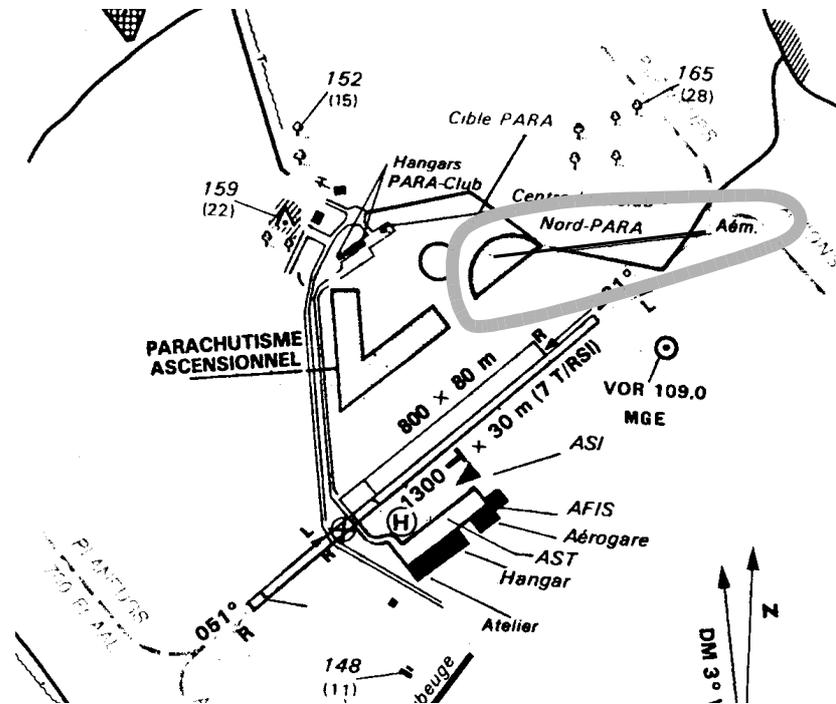
→ Records

- Vitesse :
 - Avion : 523 km/h
 - Planeur 390 km/h
 - Hélicoptère : 140 km/h
- Distance en ligne droite :
 - Avion : 455 km
 - Hélicoptère : 115 km
- Hauteur :
 - Avion : 8200 m (à vue ? ?)
 - Hélicoptère : 2940 m

LÉGISLATION

→ Terrain :

L'évolution doit se faire sur un terrain spécifique. Ces pistes réservées à l'aéromodélisme peuvent se trouver à l'écart des aérodromes ou à proximité et sont alors indiquée sur les cartes aéronautiques.



→ Radiocommande

L'utilisation d'un matériel de radiocommande est subordonnée à une autorisation administrative délivrée sous forme de licence par le Ministère des Postes et Télécommunication.

Cette demande est à effectuer auprès du :

Centre de Gestion des Radiocommunications BP 61 94371 Sucy en brie Cedex .

Cette licence est valable 5 ans ; elle n'est pas renouvelée automatiquement et l'aéromodéliste pratiquant et détenteur doit prendre l'initiative de son renouvellement.

Actuellement le coût est de 30€, pour cinq ans.

→ Qualification pilote

Un pilote ne peut faire évoluer, en présence d'un public, que le modèle pour lequel appartient sa qualification et sur lequel il a passé sa qualification.

→ Catégories d'appareils:

▪ Les aéromodèles sont soumis à diverses limitations qui les rangent en 3 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 ou de la commission SFACT/FFAM. -

- Catégorie 3 : plus de 25 kg. demande à faire sous forme de dossier technique déposé auprès de la Direction Générale de l'Aviation Civile.

→ Catégories de vol :

- Vol libre : catégorie F1...

F1A Planeurs : planeur de type "nordique" de plus de 2 m d'envergure
F1B Avion à moteur caoutchouc type coupe "Wakelfield" 3 , 4 minutes de vol
F1C Moto-planeur de cylindrée 2,5 cm³, monte à 200 mètres en 7 secondes
F1D Modèle d'intérieur 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 Avion de vitesse
F2B Avion d'acrobatie : programme de figures imposées, notées par un jury
F2C Avion 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 Avion de combat diesel nouvelle catégorie règlement similaire au F2D mais avec des moteurs type "diesel " à auto-allumage

- Vol radiocommandé : catégorie F3...

F3A Avion de voltiges
F3B Planeurs de vol thermique avec lancement au treuil électrique, les planeurs concourent en durée, précision et vitesse
F3C Hélicoptères
F3D Avions de courses autour de pylônes, avions de vitesse appelés couramment racers.
F3F Planeurs de vol de pente en montagne ou en falaise (ou en terrils)
F3I Planeurs de vol à voile remorqué
F3J Planeurs de durée avec lancement à la course

- 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 prè, au F3A)
F5B Motoplaneurs électrique de durée, précision et vitesse.
F5C Hélicoptères électriques.
F5D Racers électriques de courses aux pylônes

Grâce à l'apparition des moteurs à électronique de puissance brushless, aux performances accrues des nouveaux accumulateurs, aux caractéristiques étonnantes des nouveaux matériaux, grâce aussi à sa facilité de mise en œuvre et sa fiabilité, et également pour des raisons liées à l'environnement (niveau sonore) , la catégorie F5. est en plein essor.