Brevet
d' I nitiation
Aéronautique



Gérard PURET www.cach37.fr

SOMMAIRE

Modèles radiocommandés, généralités :

Le vocabulaire.

L'aérodynamique, la mécanique du vol et les bases du pilotage.

Choix techniques.

Matériaux et technologie.

Radiocommandes:

Ensemble de radiocommande : Constitution.

<u>L'émetteur</u>: généralités.

<u>Installation radio.</u>

Sécurité.

Les fréquences autorisées en radiocommande.

Moteurs:

Les réacteurs.

Les moteurs électriques.

Les moteurs thermiques :

Allumage, carburant, cylindrée.

Sécurité.

Les hélices.

Catégories.

Classification.

Où voler?

Assurances.

Annexe 1 : Structure et matériaux de construction.

Annexe 2: Profils et centrage.

Annexe 3: Installation radio et commandes de vol.

Annexe 4 : Modèle de début et installation moteur thermique.

Annexe 5 : Classification

AEROMODELISME

Modèles radiocommandés, généralités :

Il n'y a pas de frontière entre l'aéromodélisme et l'aviation « grandeur ». Le plus grand modèle réduit actuel (8,80 m et plus de 200 kg) est plus grand et plus lourd que certains avions d'aéroclub et autres ULM, mais le plus petit hélicoptère radiocommandé pèse : 2,7 gr! Seule différence, comme pour les Drones! Le pilote reste au sol.

L'aéromodélisme utilise toutes les technologies : construction bois, métal, fibre de verre, carbone. (*Voir annexe 1 : Structure et matériaux*). Tous les outillages : du cutter aux machines à commandes numériques. Toutes les colles existantes. Mais aussi : soufflerie virtuelle, microprocesseur, pilote automatique, simulateur, GPS.... Même la notation Aresti qui définit par un code graphique chaque figure de voltige grandeur est utilisée en compétitions d'aéromodélisme.

Les hélicoptères modèles réduits sont également technologiquement semblables aux hélicoptères réels; en particulier en ce qui concerne les commandes de vol. Ils utilisent par exemple, des systèmes de stabilisations gyroscopiques associés à des commandes numériques ultra rapides, spécialement sur l'axe de lacet pour la commande d'anti-couple.

Utilisez vos connaissances Avions!

Le vocabulaire employé pour modèle réduit est identique à celui utilisé en aviation grandeur, exemples :

- o Le maître couple, est toujours la plus grande surface d'un aéronef vue de face.
- o Un saumon désigne l'extrémité d'une aile.
- O Le Vé longitudinal est l'angle compris entre la corde du profil d'aile et la corde du profil du stabilisateur.

L'aérodynamique, la mécanique du vol et les bases du pilotage s'appliquent quelle que soit la taille de l'avion, voici quelques exemples :

- On décolle et on atterrit toujours face au vent. (manche à air)
- O Pour atterrir c'est le train principal qui touche la piste en premier puis la roue avant ou la roulette de queue.
- O Un décrochage a les mêmes causes et les mêmes conséquences.
- O Un dièdre positif donne de la stabilité en roulis, une flèche positive également, mais un dièdre trop fort, fait rouler le modèle d'un coté sur l'autre.
- O Un dièdre nul, favorise la maniabilité (voltige)
- o Le centrage s'effectue en positionnant le CG par rapport au bord d'attaque de la corde moyenne, il est généralement placé entre 20 et 40 % de celle-ci. Un modèle centré trop avant est « lourd » aux commandes. Un modèle centré trop

arrière est instable en tangage, il cabre puis pique du nez (décrochage). La stabilité longitudinale (tangage) augmente lorsque l'on avance le centrage et vice-versa.

0

<u>Profils</u>: Voir annexe 2: Profils et centrage

Seuls quelques profils d'aile ne sont pas utilisables en aéromodélisme, leurs performances, compte tenu de la réduction d'échelle, étant trop médiocres. Cependant des profils spécifiques ont été développés en particulier pour les faibles cordes et les faibles vitesses.

Un choix technique a les mêmes raisons d'être, exemples :

- On choisit un empennage en T parce qu'il n'est pas perturbé par la déflexion du flux d'air de l'aile.
- O Sur un avion à train tricycle, le train principal se situe légèrement en arrière du centre de gravité : pour favoriser la stabilité au sol et la rotation au décollage.
- 0

Quelques matériaux et quelques techniques particulières sont cependant utilisés spécifiquement en aéromodélisme, exemples :

- o Le balsa est un bois léger environ 150 Kg/m³, il est très utilisé pour construire des modèles réduits, mais l'est beaucoup moins pour des avions grandeurs.
- O Le polystyrène est également très employé, souvent découpé à l'aide d'un fil chaud, alimenté par un courant électrique et tendu par un arc. Le fil est déplacé à la main sur des gabarits ou piloté par un ordinateur. On peut ainsi découper des ailes qui seront ensuite recouvertes d'une peau en bois de placage, type Samba ou de différentes couches de tissus de verre.
- O Le polypropylène (EPP) est une mousse à mémoire de forme de plus en plus employé. L'EPP est beaucoup plus solide que le polystyrène mais il est aussi plus souple et nécessite d'utiliser des raidisseurs pour fabriquer des ailes (longerons ou haubans en carbone par exemple).
- O La colle cyanoacrylate, puissante, légère et à prise ultra rapide est également très employée pour le collage du bois et des plastiques. Le collage s'accélère avec l'humidité.
- O Pour l'entoilage des modèles, la soie n'est pratiquement plus employée. Le papier kraft est économique, rigidifie la structure mais reste lourd et fragile. Le matériau le plus utilisé aujourd'hui est un revêtement plastique thermorétractable et autocollant, léger, résistant et facile à poser, il existe dans de nombreux coloris et ne nécessite donc pas de finition. On peut aussi maroufler (entoilage des parties bois) avec du tissus de verre ce qui donne une grande résistance de la cellule.

Les grandes différences entre l'aéromodélisme et l'aviation grandeur, type aéroclub, sont de deux types : L'utilisation d'un système de radiocommande pour le pilotage et l'emploi de moteurs thermiques ou électriques spécifiques.

Radiocommandes:

La radiocommande s'est réellement développée à partir du jour où en 1954 : Allen et Redlich ont réussi à faire traverser la Manche à leur modèle « Radio Queen »

Un ensemble de radiocommande est constitué de : Voir annexe 3

o Un émetteur, avec une batterie, un module HF et un quartz.

La batterie d'alimentation d'un émetteur a une tension de 4,8 v, 7.2 v ou 9.6 v selon les marques. La batterie de réception a une tension de 4.8 v ou 5 v (4 ou 5 éléments)

- o Un récepteur, avec une batterie, un quartz et un interrupteur.
- o Des servos moteur.

Le « bras de servos » sert à relier la tringlerie de commande qui va vers le palonnier de la gouverne. La longueur de ce bras détermine le débattement de la gouverne, par exemple : si l'on veut diminuer le débattement, on diminue la longueur du bras de servos.

Du coté de la gouverne, le palonnier doit être bien à la verticale de l'articulation pour que les débattements soient identiques de chaque coté.

L'émetteur : généralités

Le nombre des commandes n'est pas limité aux seules commandes de vol, des interrupteurs et potentiomètres supplémentaires permettent le fonctionnement des : volets, trains rentrants, phares d'atterrissage....

La fréquence d'un émetteur et d'un récepteur de radiocommande est déterminée par la fréquence de vibration de leur quartz. La fréquence d'émission est inscrite en clair sur les quartz, exemple : 41 200 MHz. Sauf pour les émetteurs en 2,4 Ghz qui n'utilisent pas de quartz.

Le mode de pilotage le plus utilisé est le suivant :

• Manche de gauche :

Verticale : déplacement du volet de profondeur, action sur l'axe de tangage.

Horizontale : déplacement du volet de dérive, action sur l'axe de lacet.

• Manche de droite:

Verticale : commande moteur (plein gaz vers le haut)

Horizontale : déplacement des ailerons, action sur l'axe de roulis.

Chaque manche est muni de commandes de trim, un sur chaque axe (mise au neutre aérodynamique des gouvernes)

Les émetteurs modernes utilisent des microprocesseurs qui augmentent considérablement leurs capacités : Réglage des commandes, mixages*, mémorisation des modèles écolage...

* Un mixage est la possibilité de mélanger des commandes entre elles. Exemple : pour un planeur, la fonction « crocodile » (ou buterfly) permet d'obtenir des

aérofreins en baissant les volets et en montant les ailerons à l'aide du manche destiné aux gaz sur un avion.

Installation radio: Voir annexe 3: Installation radio et commandes de vol.

Sécurité:

On doit toujours mettre en marche l'émetteur puis ensuite le récepteur. Après le vol, on arrête d'abord le récepteur puis ensuite l'émetteur.

L'antenne d'un émetteur est un paratonnerre particulièrement efficace ! En cas d'orage, présence de cumulonimbus, arrêtez immédiatement de voler, coupez votre émetteur, repliez l'antenne et mettez-vous à l'abri par crainte de l'électrocution.

Il est recommandé de tester sa radio sur le terrain avant le premier vol de la journée.

<u>Les fréquences autorisées en radiocommande par l'ARCEP</u>: (Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes)

• Aéromodèles uniquement :

De 41.060 à 41.100 Mhz*

De 34,995 à 35.055 Mhz*

De 40.665 à 40.995 Mhz*

• Tous modèles réduits:

De 26.815 à 26.915 et 26.995 à 27.195 Mhz

De 41.110 à 41.200 Mhz *

De 72.200 à 72.490 Mhz *

De 2400 à 2483.5 MHz (2.4 GHz)

(La réduction à 10 mW max entre 2454 et 2483.5 MHz pour vol en extérieur a été abrogée par décision de l'ARCEP N° 2012-1669 du 18 décembre 2012)

* Espacement entre chaque quartz : 10Khz puissance max d'émission 100 mW

Plusieurs modèles peuvent voler en même temps, mais il est nécessaire de respecter certaines règles : Les terrains d'aéromodélisme sont dotés de tableaux de fréquences. Il est impératif de le consulter avant de mettre en marche son émetteur pour savoir si sa fréquence est libre. Si deux modèles sont sur une même fréquence, celui qui est en vol a très peu de chances de survie!

Moteurs:

Sur un modèle pour débutant, le moteur est installé légèrement incliné vers le bas pour l'empêcher de cabrer plein gaz.

Sur un modèle à moteur thermique, la cloison pare feu est collée avec de la colle époxy* et enduit de résine pour éviter au carburant et à l'huile de pénétrer dans le bois. * L'époxy est une colle qui doit être mélangée à un durcisseur.

Les réacteurs :

Ils sont commercialisés dans différentes tailles en fonction de leur poussée. Ils utilisent du kérosène comme carburant (*les premiers étaient à gaz*), ils disposent d'un démarreur électrique embarqué et d'un système de régulation électronique prenant en compte différents paramètres: Température, tuyère, pressions..... Bien que puissants, ils sont fiables et peu bruyants.

<u>Les moteurs électriques</u>:

Ils tendent à supplanter en nombre les moteurs thermiques, mis à part les grosses cylindrées à essence: Plus puissants à masse égale, en particulier pour les moteurs « brushless » sans charbon, d'un rendement de près de 85 % contre 20% pour un moteur thermique, associés à des batteries de dernières générations, type : Lithium-Ion-Polymer (tension nominale d'un élément : 3,7 V), ils offrent une autonomie comparable.

Les éléments de batteries Lithium-Ion-Polymer (Lipo) peuvent se monter en série et en parallèle exemple : Lipo 3S2P = 2 ensembles montées en parallèles et comprenant chacun 3 éléments en série.

Les moteurs électriques sont commandés par des contrôleurs qui permettent de doser la puissance et d'alimenter (circuit *BEC*) le matériel de réception à partir de la batterie de propulsion.

Les moteurs thermiques : Le montage sur une cellule est présenté en annexe : 4

Les moteurs, deux ou quatre temps de faible cylindrée (inférieurs à 25 cm²) utilisent un allumage et un carburant particulier.

Il existe pour l'aéromodélisme des moteurs thermiques mono et multicylindres : En étoile, à plat, en ligne ou en Vé, 2 Temps et 4 Temps, de toutes cylindrées.

o L'allumage:

Les bougies sont constituées d'un corps et d'un filament enroulé. Ce filament est alimenté par un courant d'une tension comprise entre 1.2 et 1.5 v uniquement pendant la phase de démarrage. Il est chauffé au rouge et est ensuite entretenu incandescent par l'explosion qu'il génère.

o <u>Le carburant</u>:

Le carburant spécial pour les moteurs 2T ou 4T est composé d'un mélange de méthanol, environ 80%, et de lubrifiant de synthèse, environ 20% (*l'huile de ricin ne s'utilise pratiquement plus*), plus éventuellement, un additif, le nitrométhane, en faible quantité : 2 à 10%, suivant le type du moteur et la température extérieure.

o <u>La cylindrée</u>:

Elle s'exprime en centimètre cube ou en cubic inch. (1 cubic inch = 16,4 cm3) Exemple : mon avion est équipé d'un « Legrocube 60 », sa cylindrée est de 0.60 cubic inch soit environ 10 centimètres cube.

Sécurité:

Tous les réglages ne peuvent se faire que moteur tournant. La main est toujours proche de l'hélice! Pour régler un moteur, il faut toujours se tenir derrière, entre l'aile et le stabilisateur, du coté opposé à l'échappement, en avançant la main le long du fuselage.

Le réglage de la commande des gaz est correct lorsque, le ralenti est obtenu avec le manche des gaz en butée basse et que l'on obtient l'arrêt du moteur à l'aide du trim.

Les hélices:

La taille doit être adaptée à la puissance et aux caractéristiques du moteur, pour reconnaître une hélice, le diamètre et le pas sont marqués en centimètres et en pouces sur l'une des pales, exemple :

• Une hélice 25*8 cm est égale à 10*3 pouces (1 pouce = 2.54 centimètres)

Le premier chiffre est le diamètre, le second est le pas.

Le pas correspond au déplacement longitudinal pour un tour d'hélice, exemple :

• Un moteur tourne à 13000 tr/mn, son hélice fait 22 cm de pas. Le modèle volera environ à : 172 km/h 1 3000 * 22 / 100 000 * 60 = 171,6 (Conversion : cm/mn en km/h)

Catégories de modèles :

<u>La législation française classe les aéromodèles radiocommandés en 2 catégories</u> : (Arrêté du 11 avril 2012)

<u>Catégorie A</u>:

Aéromodèle de masse inférieure ou égale à **25 kg** et d'une cylindrée moteur totale inférieure ou égale à **250 c.c**, inférieur à **15 Kw** pour les modèles électriques ou à turbopropulseur et **30 daN** pour les réacteurs avec un rapport poussée / poids sans carburant inférieur ou égal à 1,3. Ces aéromodèles ne donnent pas lieu à déclaration ou autorisation préalable de vol.

<u>Catégorie B</u>:

Tout aéronef ne répondant pas aux caractéristiques d'un aéromodèle de catégorie A. Ces aéromodèles sont soumis à autorisation de vol délivrée par la DGAC.

Nota: Les masses ainsi définies s'entendent réservoirs ou ballasts pleins. Un modèle supérieur à **150 Kg** doit de plus, disposer d'un document de navigabilité délivré par l'AESA (Agence European Safety Agency)

Qualification de pilote de démonstration QPDD:

Indispensable pour participer à une manifestation en présence de public avec un aéromodèle de Cat.A. Pour un aéromodèle de Cat. B, l'autorisation de vol délivrée par la DGAC vaut QPDD.

La QPDD n'est pas nécessaire pour les aéromodèles de moins de 500g, pour ceux de vol libre et ceux de vol circulaire.

La QPDD comprend cinq types de qualification (Avion, hélicoptère, jet, planeur, aérostat) avec deux niveaux par type:

- Niveau 1, poids inférieur à 7 kg
- Niveau 2, poids compris entre 7 et 25 kg

(Voir site www.ffam.asso.fr pour les évolutions de catégorie ou de classification.)

Classification: FFAM (Voir annexe 5)

Vol libre:

C'est une discipline dans laquelle le modèle ne possède aucun dispositif de guidage. C'est Alphonse Penaud, un ingénieur français, qui en 1870 a l'idée d'utiliser un élastique comme moyen de propulsion sur un modèle réduit, pour mener à bien ses études d'aérodynamique.

Vol circulaire:

Modèles pilotés à l'aide d'une poignée reliant la commande de profondeur de l'avion par 2 câbles, les évolutions se font à l'intérieure d'une demi-sphère.

Indoor:

Vols pratiqués à l'intérieur d'un gymnase.

Planeurs:

Les connaissances météorologiques mises en œuvres, sont les mêmes que celles utilisées pour la pratique du vol à voile. En vol de pente, tout comme les planeurs grandeurs, on utilise la dynamique de pente, le vent fait monter la masse d'air sur le relief.

Moto planeur:

Est le terme utilisé pour désigner un planeur utilisant un dispositif embarqué de mise en altitude.

Où voler?

Demander l'autorisation du propriétaire du terrain, ne pas survoler les propriétés privées ou non, utiliser systématiquement un pot d'échappement, être bien assuré, relèvent d'un minimum de savoir vivre et permettent à notre loisir de continuer d'exister.

Il faut savoir que le maire d'une commune a le droit de prendre un arrêté interdisant la pratique de l'aéromodélisme (même sur un terrain privé) s'il juge qu'il y a trouble à l'ordre public (bruit)

Il est interdit de voler à moins de 2 km d'un aérodrome, près des grandes voies de communication, des lignes à haute tension et des habitations.

Pour trouver un club:

• FFAM (Fédération Française d'Aéromodélisme) www.ffam.asso.fr

Assurances:

L'aéromodélisme n'est pas un jeu! Un modèle même petit n'est pas un jouet!

Leur masse, leur vitesse et leur technologie peuvent détruire des biens coûteux, blesser ou tuer un autre modéliste ou un passant. Un modèle même léger et peu rapide qui traverse une route peut surprendre un conducteur!

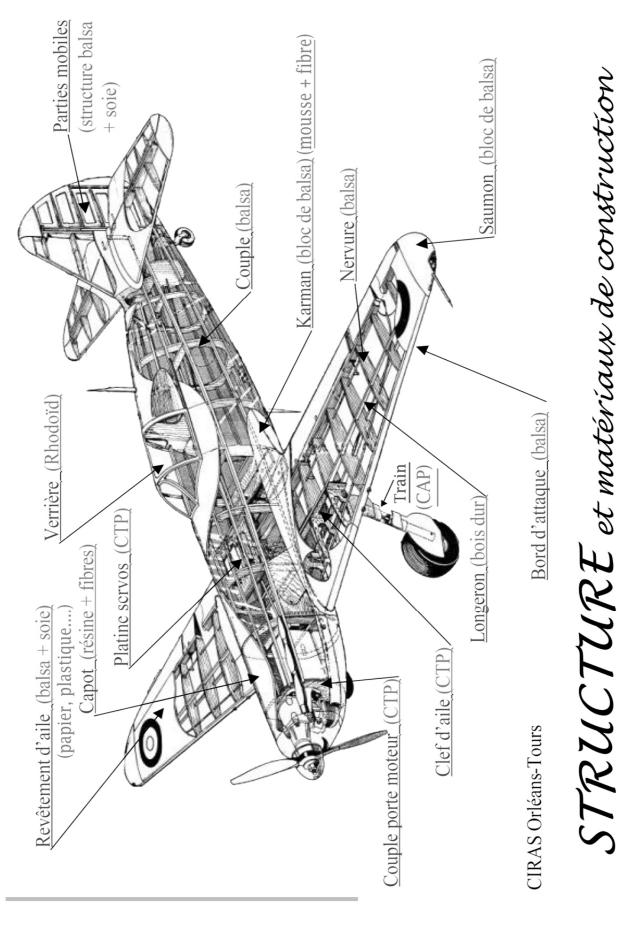
Assurance spécifique à la pratique du modélisme :

• Les licences des clubs affiliés à la FFAM ou l'UFOLEP comportent un volet assurance, responsabilité civile et individuelle accident.

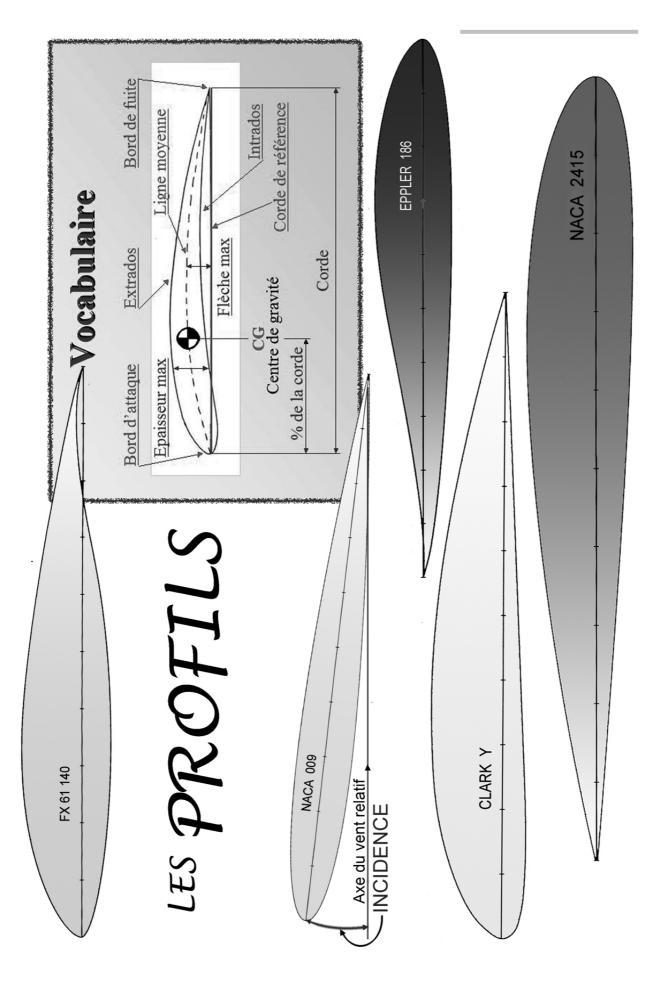
ATTENTION: Bien que remboursée par votre assurance, la victime d'un accident dont vous seriez la cause même involontaire, peut porter plainte contre vous, si elle estime que vous avez commis une faute. Si vous utilisez du matériel non homologué en France (radio), si vous n'avez pas respecté une des règles énoncées ci-dessus ou, si vous utilisez votre modèle d'une manière délibérément dangereuse (survol du public), vous pouvez être lourdement condamné et voir votre assureur se retourner contre vous!



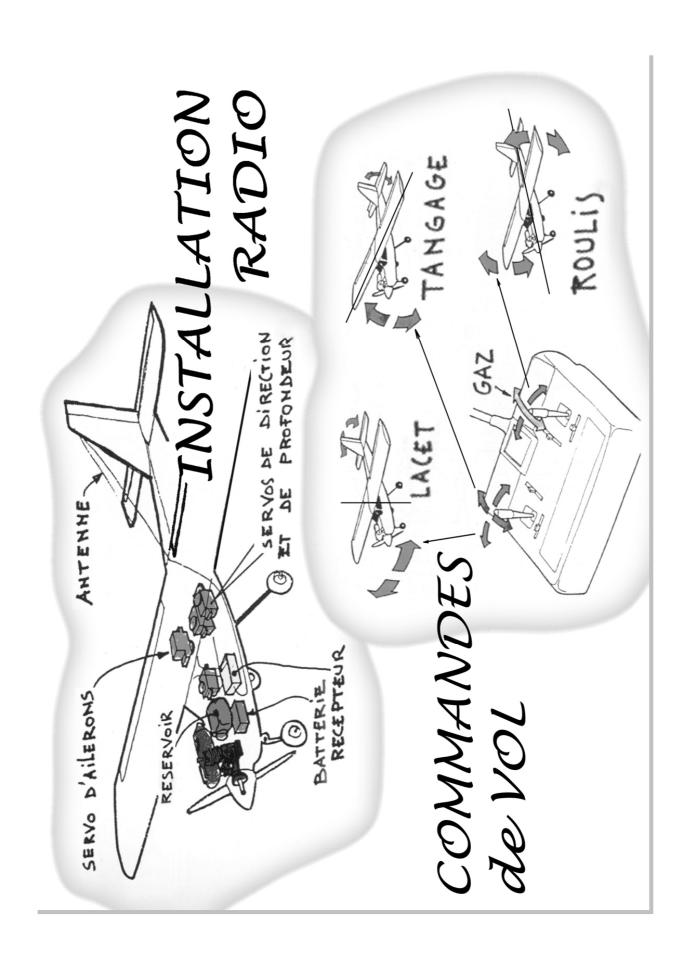




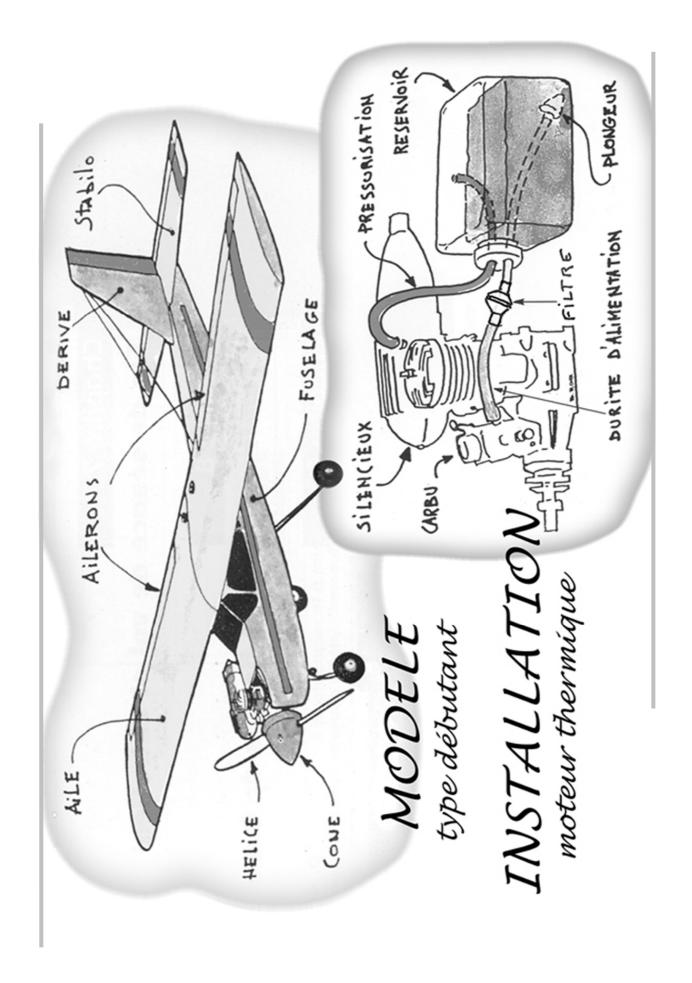
Annexe: 1



Annexe: 2



Annexe: 3



Annexe: 4

Classe F1 - Vol Libre

- F1A PLANEUR
- F1B AEROMODELE A MOTEUR ELASTIQUE "WAKEFIELD"
- F1C MOTOMODELE
- F1D AEROMODELE D'INTERIEUR
- F1E PLANEUR A GUIDAGE AUTOMATIQUE
- F1G AEROMODELE A MOTEUR ELASTIQUE "COUPE D'HIVER"
- F1H PLANEUR FORMULE A1
- F1J MOTOMODELE
- FIM AERMODELE D'INTERIEUR BEGINNER
- FIN PLANEUR LANCE MAIN D'INTERIEUR
- F1P MOTOMODELE
- F1Q MOTOMODELE A MOTEUR ELECTRIQUE

Classe F2 - Vol Circulaire Commandé

- F2A AEROMODELE DE VITESSE
- F2B AEROMODELE D'ACROBATIE
- F2C AEROMODELE DE TEAM-RACING
- F2D AEROMODELE DE COMBAT
- F2E AEROMODELE DE COMBAT DIESEL

Classe F3 - Vol Radio Commandé

- F3A AVION DE VOLTIGE RADIOCOMMANDE
- F3B PLANEUR DE VOL THERMIQUE RADIOCOMMANDE
- F3C HELICOPTERE DE VOLTIGE RADIOCOMMANDE
- F3D AVION DE COURSE AUX PYLONES RADIOCOMMANDE
- F3F PLANEUR DE VOL DE PENTE RADIOCOMMANDE
- F3G MOTOPLANEUR
- F3H PLANEUR "CROSS-COUNTRY" RADIOCOMMANDE
- F3I VOL A VOILE REMORQUE RADIOCOMMANDE
- F3J PLANEUR THERMIQUE DE DUREE RADIOCOMMANDE
- F3K PLANEUR "LANCE-MAIN" RADIOCOMMANDE
- F3N HELICOPTERES FREESTYLE
- F3M AVION DE VOLTIGE GRAND MODELE RADIOCOMMANDE

Classe F4 - Maquette

- F4A MAQUETTE VOL LIBRE D'EXTERIEUR
- F4B MAQUETTE VOL CIRCULAIRE
- F4C MAQUETTE RADIOCOMMANDE
- F4D MAQUETTE VOL LIBRE D'INTERIEUR A MOTEUR ELASTIQUE
- F4E MAQUETTE DE VOL LIBRE D'INTERIEUR A MOTEUR CO2 OU ELECTRIQUE
- F4F MAQUETTE DE VOL LIBRE D'INTERIEUR FORMULE "CACAHUETE"
- $F4G-MAQUETTE\ GRAND\ MODELE\ RADIOCOMMANDE$

Classe F5 - Vol Electrique Radiocommandé

- F5A AVION DE VOLTIGE ELECTRIQUE RADIOCOMMANDE
- F5B MOTOPLANEUR ELECTRIQUE RADIOCOMMANDE
- F5C HELICOPTERE ELECTRIQUE RADIOCOMMANDE
- F5D RACER ELECTRIQUE RADIOCOMMANDE
- F5E AVION ELECTRIQUE A PROPULSION SOLAIRE
- F5F MOTOPLANEUR ELECTRIQUE 10 ELEMENTS RADIOCOMMANDE
- $F5G GROS \ PLANEUR \ ELECTRIQUE \ RADIOCOMMANDE$

Classe F6 - Catégories de Promotion

- F6A AVION DE VOLTIGE ARTISTIQUE
- F6B VOL EN MUSIQUE
- F6C HELICOPTERE DE VOLTIGE ARTISTIQUE
- F6D PLANEUR LACHE MAIN EN ALTITUDE

Classe F7 – Aérostat

Classe SM - Modèles Spatiaux

Annexe: 5

Classification internationale des aéromodèles