



Fédération Française d'Aéro-Modélisme

Agrée par le ministère des transports, la DGAC, le SFACT et par le Ministère de la Jeunesse et des Sports

INITIATION A L'AERO-MODELISME

PRESENTATION DES MOTORISATIONS

Edition juillet 2009

*∅ Francis qui a posé les bases
d'une formation accessible à tous les modélistes*

INTRODUCTION.....	1
LES MOTEURS	2
LES MOTEURS THERMIQUES DEUX TEMPS	2
<i>Description</i>	2
<i>Cylindrée</i>	3
<i>Fonctionnement</i>	3
<i>L'allumage</i>	4
<i>Le carburateur</i>	4
<i>Entretien</i>	6
<i>Le carburant</i>	6
<i>Le pot d'échappement</i>	7
MOTEURS A AUTO-ALLUMAGE	7
AUTRES TYPES DE MOTEURS.....	7
LES MOTEURS THERMIQUES QUATRE TEMPS	8
<i>Description</i>	8
<i>Fonctionnement</i>	9
LES MOTEURS ELECTRIQUES.....	10
<i>Les différents types de moteurs</i>	10
<i>Influence des constituants</i>	11
<i>Précautions à prendre</i>	12
<i>Dénomination des accus LiPo</i>	13
<i>Quelques points clefs</i>	14
LES ACCESSOIRES:	14
<i>Variateurs ou contrôleurs</i>	14
<i>L'hélice</i>	14
LES MOTEURS DE PLANEURS.....	15
<i>Le "sandow"</i>	15
<i>Le treuil électrique ou à main</i>	15
<i>Le renvoi</i>	15
<i>La catapulte</i>	15
<i>Le remorquage</i>	16
<i>La pente</i>	16
LE BRUIT, UN MAL QUI POURRAIT NOUS FAIRE DISPARAÎTRE	17
LIST DES MISES A JOUR.....	23
DATE.....	23
PRECISION MINEUR/CORRECTION	23
AJOUT DE CHAPITRE	23

INTRODUCTION

Ce recueil, diffusé par la FFAM, s'adresse à tout modéliste débutant. Les informations qu'il trouvera dans ce livret, l'aideront à mieux comprendre les explications que lui donneront les différents responsables du Club auquel il vient de s'inscrire. Elles lui permettront également de saisir tout le sens et toute la richesse des connaissances transmises par les membres plus anciens qui l'entourent.

Compte tenu de l'étendue du domaine d'activité de ce loisir, et pour rester dans le cadre de l'initiation, il a été nécessaire de faire une sélection des sujets traités et de les limiter à des notions.

Le débutant, encadré au sein de son Club par un moniteur, ne retrouvera pas dans cet ouvrage LA méthode utilisée dans son club, mais les points clefs auxquels aboutissent toutes les méthodes.

Ces points essentiels concernent :

- Des notions sur le fonctionnement des moteurs 2 et 4 temps
- Des notions sur les moteurs électriques
- Quelques particularités ou accessoires

Lorsque la phase d'initiation sera dépassée, le « livret de formation de pilote de modèles réduits » fournira un guide qui le conduira vers l'art du pilotage.

Avis aux candidats à l'examen du CATIA:

Les questions du chapitre "Aéromodélisme" du CATIA sont issues à 80% de ce recueil.

LES MOTEURS

Laissons de côté les moteurs-fusées destinés à une discipline spéciale (astromodélisme) et les turboréacteurs miniatures qui sortent du cadre d'une initiation, pour ne parler que des deux principaux modes de propulsion : les moteurs thermiques 2 et 4 temps et les moteurs électriques.

LES MOTEURS THERMIQUES DEUX TEMPS

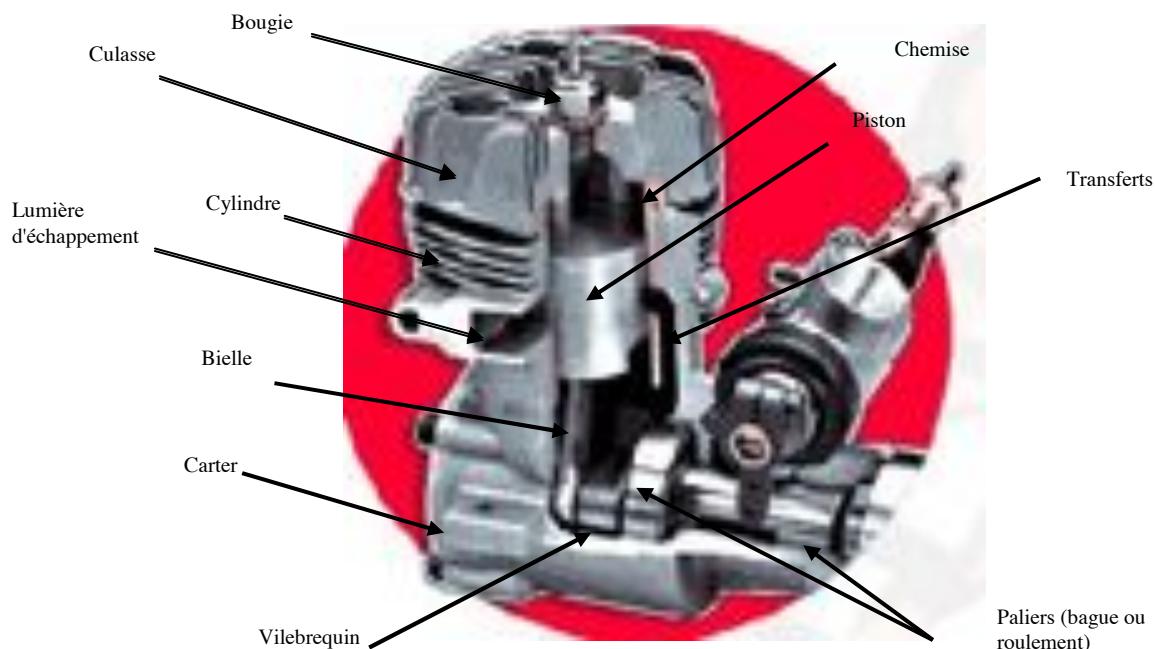
Les moteurs thermiques, utilisés sur les avions d'une taille raisonnable pour un débutant, sont développés spécialement pour l'aéromodélisme. Lorsque la taille du modèle augmente le besoin de puissance croît également et les moteurs employés sont soit développés spécifiquement, soit issus de l'industrie et modifiés.

Les premiers moteurs de modèles réduits (mis à part les moteurs à vapeur de la fin du 19^{ème}), étaient équipés d'une bougie à étincelle ou fonctionnaient sur le principe du moteur Diesel. Ce n'est qu'après 1947 que la bougie à filament s'implanta progressivement.

C'est ce type d'allumage, aujourd'hui le plus répandu sur les moteurs équipant les avions de début, qui est pris en référence pour les chapitres suivants.

Description

Ils sont mécaniquement assez simples car ils comportent peu de pièces. Un carter moulé en alliage léger assure la fixation du moteur sur le modèle et intègre le cylindre. Ce carter supporte des paliers dans lesquels tourne un attelage mobile composé d'un vilebrequin, d'une bielle et d'un piston. Le piston coulisse dans une chemise insérée dans le cylindre. La chemise est percée d'orifices qui permettent la circulation des gaz, les transferts et l'évacuation des gaz, la lumière d'échappement. La culasse, fixée au sommet du cylindre, est munie d'un orifice fileté où vient se visser la bougie. Cette bougie comporte un filament qui sera maintenu incandescent.



Cylindrée

La cylindrée des moteurs, surtout les petits moteurs, est généralement exprimée en unité anglo-saxonne. Le volume de référence est le cubic inch (pouce au cube) qui vaut $(2.54\text{cm})^3$ soit environ 16cm^3 . La cylindrée est alors exprimée en fraction de cubic. Par exemple, un moteur marqué 25 correspond à environ 4 cm^3 ($25=1/4$ et $16\text{ cm}^3/4=4\text{cm}^3$)

Fonctionnement

Le principe de fonctionnement est basé sur le cycle Beau de Rochas c'est-à-dire un temps d'admission, un de compression, un de combustion détente et un d'échappement. Dans un moteur deux temps, tous ces temps sont accomplis sur un tour de vilebrequin. Cela implique qu'il se passe quelque chose en même temps au-dessus et au-dessous du piston.

Pour mieux comprendre le fonctionnement voyons séparément chaque temps même si ceux-ci sont imbriqués les uns dans les autres.

L'admission

Première phase: remplissage du carter.

Lorsque le piston monte dans le cylindre (cela correspond également au temps de compression), il crée une dépression dans le carter.

Cette dépression aspire de l'air à travers le carburateur dans lequel un gicleur calibre la quantité de carburant du mélange. Durant toute la phase de montée du piston, une rainure dans le vilebrequin permet au mélange carburé de remplir le carter. Ce dispositif peut être remplacé par un clapet.

Deuxième phase: admission dans le cylindre.

La descente du piston (qui correspond également au temps de combustion/détente) crée une compression des gaz contenus dans le carter. Sous l'effet de cette pression, les gaz remontent par des canaux situés sur les flancs du cylindre: les transferts. Lorsque le piston est au point mort bas, le cylindre est rempli de mélange carburé.

La compression

Le piston remonte et comprime le mélange qui a été admis dans le cylindre durant le temps d'admission

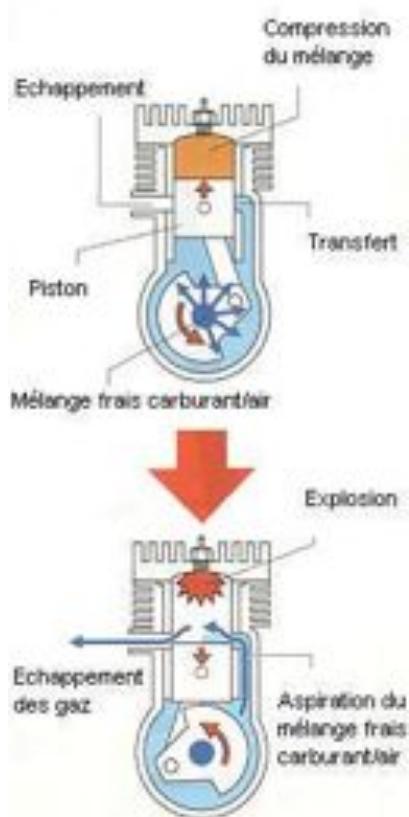
La combustion/détente

Sous l'effet du filament incandescent de la bougie et de la compression, le mélange s'enflamme. La pression augmente et repousse le piston vers le bas, les gaz se détendent.

L'échappement

Lorsque le piston arrive au point mort bas, il découvre l'orifice d'échappement (lumière d'échappement). Les gaz brûlés s'échappent.

Piston au point mort haut	Allumage Combustion (des gaz comprimés au cycle précédent)
Le piston descend	Détente des gaz
	Le mélange carburé remonte dans le cylindre par les transferts
Piston au point mort bas	Echappement des gaz brûlés
Le piston remonte	Compression des gaz contenus dans le cylindre
	Admission du mélange dans le carter à travers le vilebrequin et le carburateur



L'allumage

Sur ces micro moteurs, l'allumage est réalisé par une bougie à incandescence (glow plug) inventée au Etats Unis dans les années 40.

Un filament de platine est chauffé au rouge avant le démarrage par le passage d'un courant d'environ 3 Ampères sous 1,2 volts à 1,5 volts. La compression et la combustion maintiennent le filament incandescent ce qui permet la continuité de fonctionnement du moteur. En modifiant l'indice de la bougie, on modifie le moment de l'allumage, ce qui revient à mettre plus ou moins d'avance à l'allumage

Le carburateur

Description

Les moteurs utilisés en modèle réduit, utilisent un dispositif qui permet de mélanger l'air d'admission et le carburant dans une proportion compatible avec un bon fonctionnement (1/15 à 1/17 pour l'essence et 1/6,4 pour le mélange méthanol). C'est ce qui est couramment appelé le carburateur.

Le carburateur utilisé sur les modèles radiocommandés est constitué d'un corps, formant un venturi. Dans ce venturi passe l'air aspiré par le moteur. Le passage de l'air aspiré crée une dépression au col du venturi, cette dépression aspire le carburant.

Pour faire varier le régime de fonctionnement du moteur il suffit de faire varier la quantité de mélange carburé, c'est le rôle du boisseau qui obture plus ou moins le venturi et modifie ainsi le débit d'air et la dépression. Le boisseau est manœuvré par le servo de "gaz".

Le carburant traverse un gicleur dans lequel se déplace une aiguille. Le déplacement de l'aiguille règle le dosage de carburant par rapport à l'air. C'est le pointeau.

La réponse rapide du moteur aux demandes de modification de régime est obtenue en ajoutant un deuxième gicleur équipé d'une aiguille de réglage; c'est le contre pointeau.

Réglage

ATTENTION DANGER

A de rares exceptions près, les vis de réglage du carburateur se situent proches du plan de rotation de l'hélice. Ceci constitue un grand danger ! Il est indispensable de se tenir derrière le plan d'hélice pour faire les réglages du carburateur et d'opérer sur un modèle parfaitement immobilisé. Lorsqu'un déplacement du modèle est nécessaire, s'assurer qu'aucun obstacle n'est présent dans la zone d'évolution. Tenir le modèle fermement par une zone non grasse éloignée de l'hélice.

Il s'agit dans ce paragraphe de donner les grands principes mais en aucun cas des valeurs de réglage. Chaque moteur a ses propres caractéristiques et sa notice d'utilisation est suffisante.

Effectuer ces réglages de préférence dans l'ordre suivant

Régime maximum

En ouvrant totalement le boisseau, le débit d'air est maximum ce qui donne le plein régime moteur. Pour obtenir ce plein régime, il faut ajuster le réglage du pointeau afin que la proportion air/carburant soit optimum. Pour cela, à partir d'un réglage moyen, fermer légèrement le pointeau. Si le régime augmente, il faut continuer à fermer le pointeau. Lorsque la fermeture du pointeau entraîne une baisse de régime, rouvrir le pointeau pour obtenir le régime maximum. C'est ce que les modélistes nomment "la pointe".

Toutefois, avion à l'horizontal, le carburant est facilement aspiré par la dépression du carburateur (éventuellement aidée par une pressurisation du réservoir), mais lorsque le modèle est mis à la verticale, si le pointeau n'est pas suffisamment ouvert, la dépression ne permet plus d'aspirer suffisamment de carburant et le mélange devient trop pauvre. Le moteur baisse de régime et, parfois, s'arrête. Il est donc nécessaire de modifier le réglage de pointe du carburateur.

Moteur plein régime, l'avion est mis dans une position cabrée. Si le régime baisse, le pointeau doit être légèrement ouvert (quelques crans).

Le réglage correct est obtenu lorsque le moteur atteint son plein régime avion à l'horizontal et le conserve lorsque le modèle est cabré à plus de 45°.

Reprise

Lors d'une ouverture rapide du boisseau, il faut que le mélange carburé s'adapte rapidement pour permettre l'accélération du moteur. Ceci est obtenu par le réglage du contre pointeau.

Le réglage correct est obtenu lorsque le moteur répond sans retard à une sollicitation rapide en accélération.

Ralenti et arrêt

La position du boisseau détermine un passage d'air qui fixe le régime de ralenti. Le vissage plus ou moins prononcé du pointeau calibre la quantité de carburant aspiré.

Le réglage est correct lorsque le régime de rotation du moteur au ralenti est stable et n'entraîne pas de déplacement du modèle.

Pour stopper le moteur, il suffit de fermer le boisseau du carburateur.

Sur le corps du carburateur, une vis permet de régler l'ouverture maxi et mini du boisseau.

IMPORTANT: au ralenti le boisseau ne doit pas être en butée mécanique sur cette vis, une course supplémentaire doit lui permettre de se fermer d'avantage pour stopper le moteur.

Le réglage est correct lorsque:

- manche en butée arrière (ralenti) et trim plein avant ou au milieu = régime de ralenti
- manche en butée arrière (ralenti) et trim plein arrière = arrêt

Entretien

Toutes les pièces en frottement constituant le moteur s'usent, mais cette usure laissera bien assez de temps pour voler avant de nécessiter un changement. Cette période sera d'autant plus longue que certains soins seront apportés au moteur, comme par exemple, respecter les conseils d'emploi de la notice d'utilisation, ne pas le faire tourner sans carburant ou avec du carburant inadapté ou bien encore de nettoyer l'extérieur pour maintenir un bon taux de refroidissement. Mais la cause principale des détériorations des moteurs sont les "crashes".

Si à la suite d'une chute le moteur est souillé par de la terre, surtout ne pas le faire tourner à la main, tout corps étranger entré dans le carter par le carburateur ou l'échappement risque de détériorer un des éléments de l'attelage tournant. Démonter l'hélice sans la faire tourner, déposer le moteur de l'avion, au besoin enlever la culasse et le bouchon de carter puis le rincer à grande eau. Ensuite seulement, tenter tout doucement et sans forcer de faire tourner le plateau d'hélice. Arrêter immédiatement si un point dur ou un frottement anormal est perceptible. Dans ce cas, un nettoyage plus poussé est nécessaire. L'aide d'un modéliste chevronné sera très précieuse pour juger du degré de démontage souhaitable ainsi que pour indiquer les astuces de démontage et montage.

Après séchage, un rinçage à l'alcool suivi d'une lubrification avec du carburant suffit en principe avant le remontage.

Le carburant

Le carburant est un mélange dont la base est du méthanol (50 à 80%), un alcool tiré du bois.

Pour lubrifier toutes les pièces en mouvement, on ajoute une forte proportion (20 à 30%) d'huile de ricin ou d'huile de synthèse spécialement étudiée pour les micros moteurs.

Pour augmenter la stabilité du fonctionnement, certains carburants sont additionnés de nitrométhane (3 à 30%)

Certains moteurs, extrapolés de l'industrie, utilisent de l'essence.



Le pot d'échappement

Le pot d'échappement (silencieux ou résonateur).

Sur un 2 temps comme sur un 4 temps, il est indispensable. Cet organe est non seulement le principal moyen de limiter le bruit et de sauvegarder les terrains d'évolution, mais il est également indispensable pour le bon fonctionnement des moteurs. La longueur de la pipe d'échappement, le volume et la forme du silencieux, le diamètre du tube de fuite ne sont pas le fruit du hasard. Ils sont calculés pour améliorer le rendement du moteur, permettre une plus forte puissance et surtout, une meilleure régularité. Il ne faut pas céder aux impressions que provoque le surcroît de décibels, un moteur actuel a un meilleur rendement avec son pot d'échappement.

On trouve sur la majorité des pots d'échappement une prise de pressurisation. Cette prise permet de prélever une partie de la pression dans le pot et de l'acheminer à travers une durite vers le réservoir. Ce dispositif assure une alimentation régulière du moteur quel que soit son régime (stabilisé ou transitoire) ou la position du modèle.

MOTEURS A AUTO-ALLUMAGE

Une des solutions pour se dispenser du système d'allumage nécessaire avant l'introduction de la bougie à filament (la Glow connue de nos jours). Les premiers moteurs construits en Europe étaient des moteurs deux temps à auto-allumage, sans bougie. C'est la chaleur produite par la compression qui allume le mélange. Ces moteurs utilisent un carburant à base d'éther. Ils ont été détrônés par les moteurs à "glow plug" qui sont d'un emploi plus facile.

AUTRES TYPES DE MOTEURS



Il existe des moteurs utilisant des technologies peu habituelles comme les moteurs à piston axial ou les moteurs "rotatifs" (ne pas les confondre avec les premiers moteurs en étoile dont le vilebrequin était fixé à la structure et le carter, portant les cylindres, entraînait l'hélice).



LES MOTEURS THERMIQUES QUATRE TEMPS

Le principe de fonctionnement des moteurs quatre temps utilisés sur nos modèles est identique à celui des moteurs quatre temps utilisés sur les voitures ou les motos.

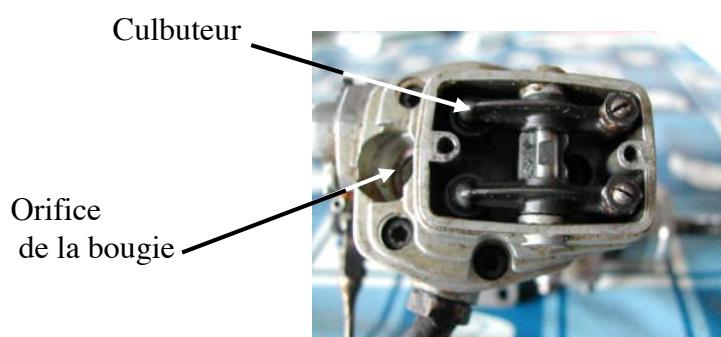
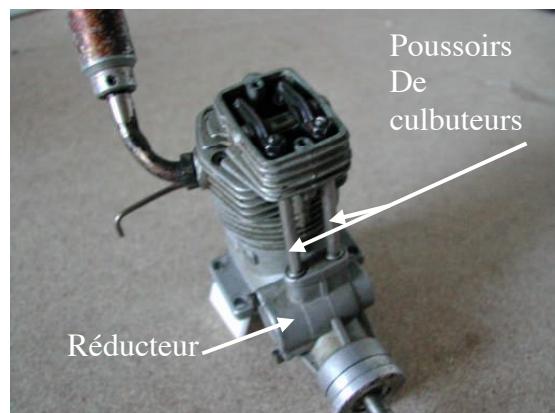
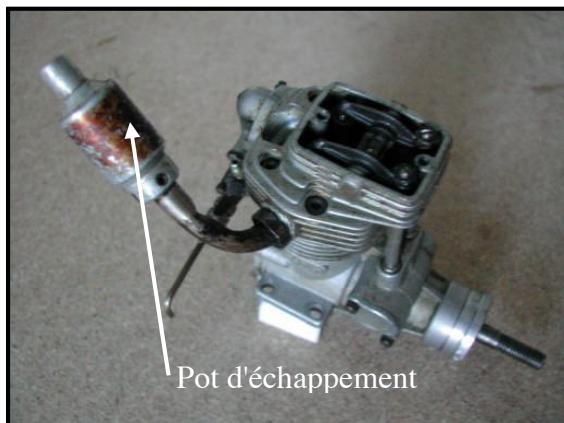
Le carburant est sensiblement identique à celui employé pour les moteurs deux temps utilisé en modèle réduit.

L'un des avantages du moteur 4 temps est son bruit beaucoup moins « agressif » que celui du moteur 2 temps. Par contre, sur un modèle donné, il nécessite une cylindrée supérieure

Description

La culasse possède une soupape d'admission par laquelle les gaz carburés en provenance du carburateur entrent dans le cylindre et une soupape d'échappement par laquelle sont évacués les gaz brûlés.

Ces deux soupapes sont ouvertes ou fermées en séquence par des culbuteurs eux-mêmes poussés par des tiges mises en mouvement par un arbre comportant des cames. Cet arbre à cames est entraîné par le vilebrequin à travers un réducteur qui le fait tourner à mi-vitesse. Sur certains moteurs, les culbuteurs peuvent être actionnés directement par un arbre à cames mis en rotation par une courroie entraînée par le vilebrequin.



Fonctionnement

Premier temps: admission

Lorsque le piston descend, il crée une dépression qui aspire le mélange carburé venant du carburateur à travers la soupape d'admission

Deuxième temps: compression

Les soupapes sont fermées rendant le cylindre étanche. Lorsque le piston remonte il comprime le mélange

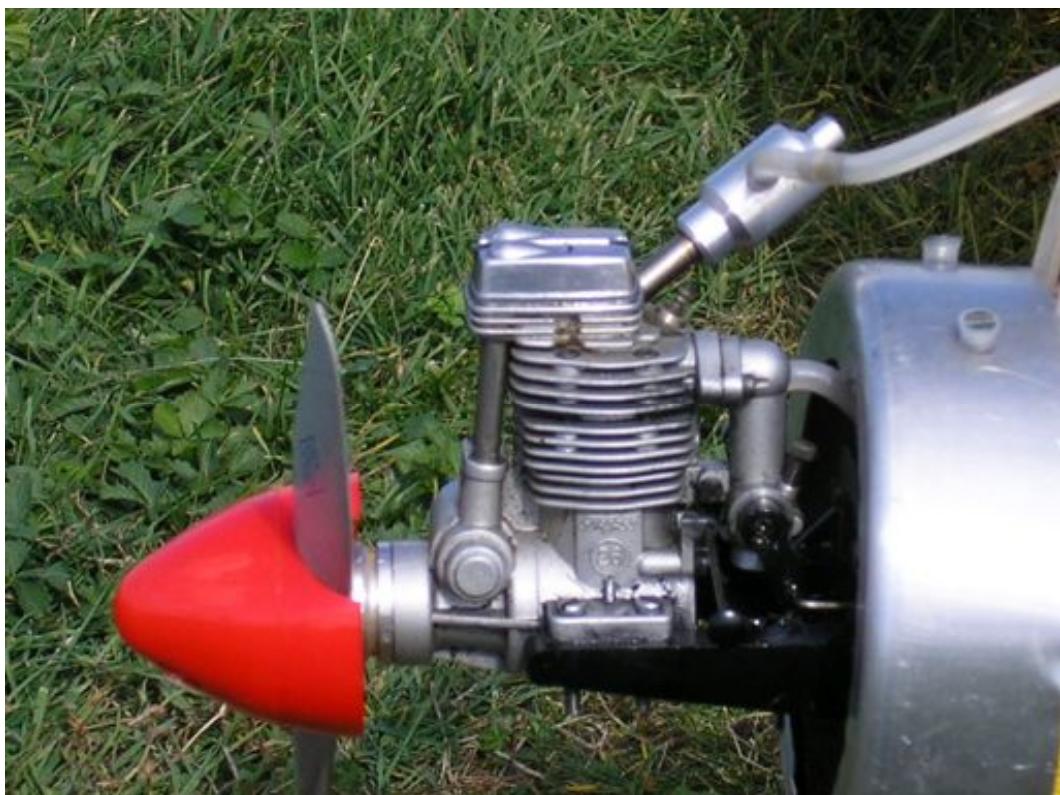
Troisième temps: explosion détente

Lorsque le piston est au point mort haut, le mélange s'enflamme sous l'effet du fil incandescent de la bougie provoquant une dilatation des gaz et la descente du piston.

Quatrième temps: échappement.

Le piston remonte à nouveau chassant les gaz brûlés par la soupape d'échappement

Les moteurs à quatre temps sont technologiquement plus compliqués que les moteurs deux temps car il y a plus de pièces en mouvement. Ceci entraîne un poids plus élevé, un entretien et des réglages plus fréquents. Leur fonctionnement avec un temps moteur un tour sur deux entraîne une vitesse de rotation moins élevée et une puissance plus faible que les moteurs deux temps de cylindrée identique. Malgré cela, ils conservent un bon rendement grâce à un meilleur remplissage du cylindre, leur ralenti est plus régulier et le bruit qu'ils génèrent est moins agressif. Leur emploi est compatible avec de grandes hélices ce qui est recommandé pour réduire d'avantage les nuisances sonores et ainsi préserver nos terrains d'évolution
Ces moteurs sont plutôt utilisés par les modélistes confirmés.



LES MOTEURS ELECTRIQUES

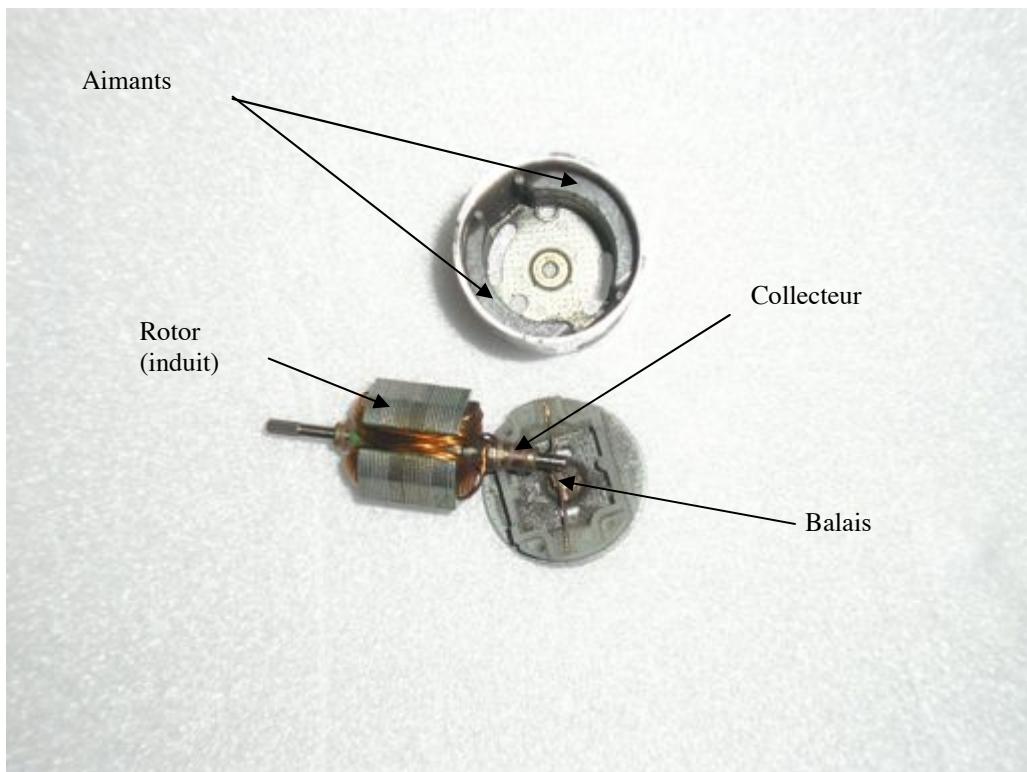
Les progrès de ces dernières années sur les moteurs et les batteries ont permis de mettre à la disposition des modélistes des ensembles très performants. La propulsion électrique est intéressante à plus d'un titre: les moteurs sont silencieux, il n'y a pas de problème de démarrage, il n'y a pas de rejet gras salissant ou détériorant la cellule. Le rapport poids/puissance, n'est plus un obstacle grâce aux nouvelles batteries. On en arrive même actuellement au paradoxe que certains moto-planeurs de début nécessitent du plomb à l'arrière pour le centrage.

Les différents types de moteurs

Deux technologies sont actuellement utilisées:

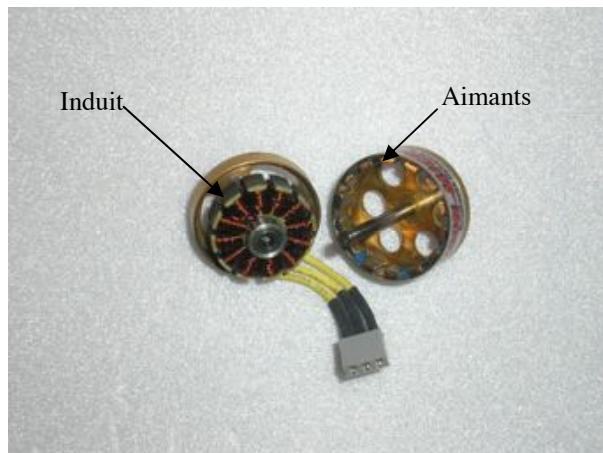
les moteurs à courant continu

Ces moteurs possèdent un rotor constitué d'enroulements alimentés par un collecteur sur lequel frottent des balais (charbons). Ce dispositif permet d'alimenter les enroulements uniquement lorsqu'ils sont bien positionnés par rapport aux champs magnétiques d'aimants ce qui entraîne la rotation. Un variateur commande la vitesse de rotation du moteur que l'on peut considérer comme proportionnelle à la tension moyenne délivrée. Le sens de rotation du moteur dépend du branchement sur le moteur.



Les moteurs triphasés appelés couramment "brushless"

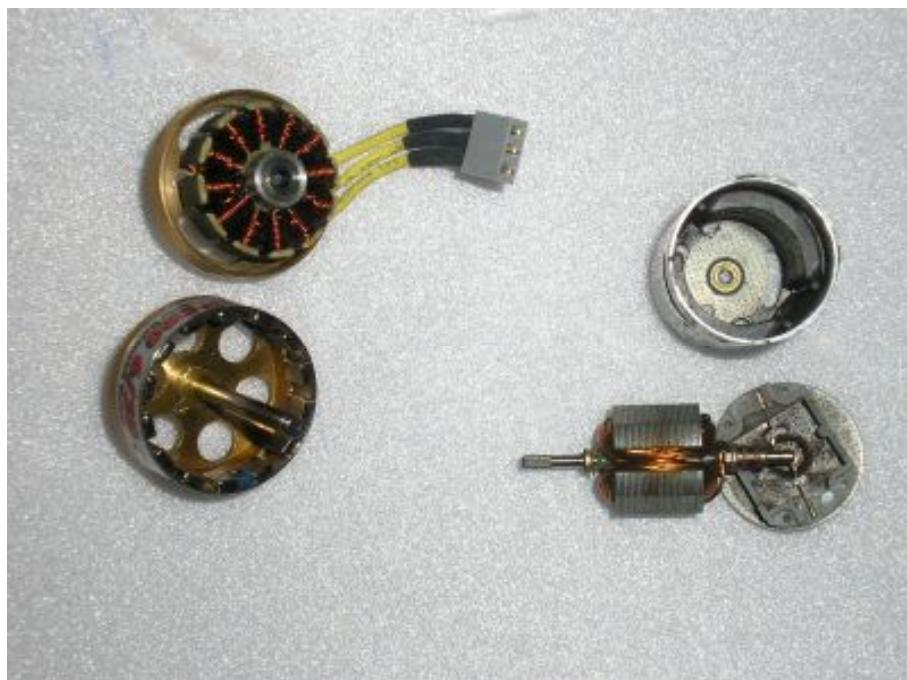
Sur ces moteurs, les enroulements sont fixes ce qui supprime le collecteur et les carbons (d'où le nom anglais de brushless). Grâce à un "contrôleur" extérieur, le courant circule en séquence dans chaque enroulement de façon à générer un champ magnétique tournant. Le rotor comporte des aimants qui réagissent comme les moteurs à courant continu et provoquent la rotation. Compte tenu de leur mode de fonctionnement, il suffit de croiser deux fils d'alimentation sur le moteur pour inverser le sens de rotation.



Influence des constituants

La puissance des moteurs dépend principalement de la qualité magnétique des aimants, du courant qui circule dans les enroulements et du nombre de spires des enroulements. Les carbons, comme les moteurs thermiques, nécessitent un rodage qui permet de les ajuster sur le collecteur et de diminuer les pertes à ce niveau.

La dégradation des performances des moteurs est due, en grande partie, à l'usure des carbons et à la diminution du magnétisme des aimants consécutive à des échauffements importants et répétés.



Les enroulements

Ils sont capables de supporter un courant plus ou moins important en fonction de la section du fil qui les constitue et du nombre de spires. Ces caractéristiques détermineront l'emploi possible du moteur.

Un moteur bobiné avec quelques spires de gros fil aura une forte puissance au prix d'une forte consommation et inversement s'il est bobiné avec du fil plus fin, ce qui privilégie la durée du vol au détriment de la puissance.

Les aimants

On distingue deux types d'aimants:

- les aimants ferrites, bon marché, de performance et de longévité moyenne,
- les aimants spéciaux (néodyme, samarium/cobalt) plus performants, conservant leurs caractéristiques beaucoup plus longtemps mais d'un coût beaucoup plus élevé.

Couple moteur/hélice

Le couple moteur/hélice doit être choisi en fonction du modèle sur lequel il est monté, le plus judicieux étant de suivre les indications du concepteur du modèle, du fabricant du moteur ainsi que les recommandations d'un connaisseur du club, bâties sur l'expérience.

L'absence d'à-coups et de vibration rend possible le montage d'un réducteur qui permet l'emploi d'hélices d'un diamètre plus important. Les performances ainsi obtenues permettent d'augmenter l'autonomie.

Un des avantages des moteurs électriques étant leurs possibilités de mise en fonctionnement et d'arrêt en vol, il est conseillé d'utiliser un variateur ou un contrôleur équipé d'un frein électromagnétique. Ce dispositif permet d'éviter que l'hélice ne soit entraînée par le vent relatif et n'augmente considérablement la traînée. Sur les moto-planeurs le moteur ne constituant qu'un dispositif de mise en altitude, l'emploi d'une hélice à pales repliables permet également un gain important de traînée.

Des mesures utiles:

Sur les moteurs thermiques, les seules mesures possibles sont celles concernant la force de traction et le régime de rotation. L'utilisation d'un moteur électrique, rend possible la mesure de la puissance (avec un Voltmètre et un Ampèremètre) et permet d'obtenir un meilleur rendement en fonction de l'hélice et du taux de réduction.

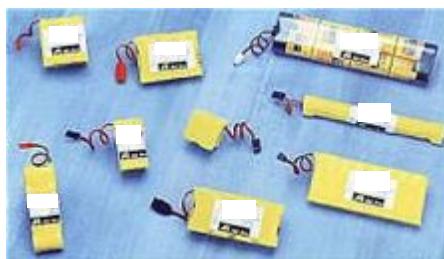
Précautions à prendre

- Un moteur électrique avec une hélice présente un DANGER au moins aussi élevé que son homologue thermique. Car il peut démarrer à tout moment, causant des blessures graves. Il faut prendre l'habitude de débrancher la batterie dès la fin du vol, et de ne la brancher qu'au moment du vol, hélice bien dégagée. Ne jamais rester dans le champ de l'hélice
- Les moteurs électriques sont pratiquement sans entretien. Il est nécessaire de prévoir une ventilation pour éviter de les faire chauffer et il ne faut pas les utiliser de façon permanente, ni enchaîner vol sur vol sans les laisser refroidir.
- L'axe porte-hélice est assez mince et se tord assez facilement, ce qui se traduit par de fortes vibrations. Dans ce cas ne volez pas car, outre la perte de puissance liée à ces vibrations, il y a danger de rupture de l'hélice et de la structure.
- Il faut impérativement éviter d'approcher des éléments métalliques (limailles de fer, épingle, agrafes...etc) près du moteur, ils risquent d'être attirés à l'intérieur du moteur et de le bloquer. Les moteurs non démontables seront alors inutilisables.

LES ACCUMULATEURS

3 types d'accumulateurs sont actuellement disponibles (mais la technologie évolue rapidement):

- les accumulateurs au Nickel Cadmium (NiCd), 1,2V par élément
- les accumulateurs au métal hydride (Ni Mh), 1,2V par élément
- les accumulateurs Ion Polymères ou Lithium Polymères (Li Poly), 3,6 ou 3,7V par élément



La mise en application de normes strictes de pollution ainsi que des performances moins intéressantes, entraîne une disparition progressive des accumulateurs NiCd au profit des Ni Mh environ 50% plus légers pour la même puissance.

Actuellement, à de rares exceptions près, les Li-Poly peuvent s'utilisent sur tous les modèles. A performances identique, il ont une masse environ 50% plus faible que les Ni-Mh.

Pour des raisons de sécurité, la recharge de tous ces types de batteries doit s'effectuer au moyen d'un chargeur adapté qui détecte la fin de charge. On évite ainsi une surcharge des accumulateurs qui provoque un emballement thermique pouvant conduire à l'explosion et à l'embrasement de la substance chimique constituant l'électrolyte.

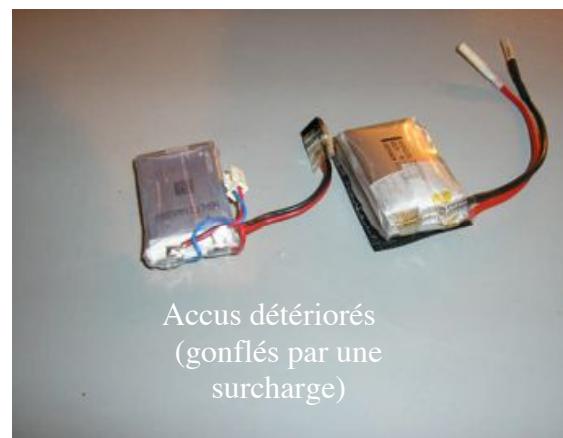
En cas de doute, se référer aux inscriptions portées sur l'accu ou ne pas dépasser un courant de charge égal à une fois la capacité.

La tenue dans le temps des accumulateurs Li-Po est directement liée au taux de décharge de chaque élément. Ne pas descendre en dessous de 2,9 à 3v par élément.. Un équilibrage de charge ou une charge élément par élément évite une décharge trop profonde de chaque élément.

Dénomination des accus LiPo

Ces accus se montent soit en série(somme des tensions) soit en parallèle(somme des intensités) soit en combiant les 2.

Une batterie 3S2P est composée de 2 ensembles montés en parallèles comportant chacun 3 éléments en série.



Accus détériorés
(gonflés par une
surcharge)

De par leur capacité (mAh) et leur nombre (X x 1.2V ou X x 3.7V), les accumulateurs déterminent quel sera l'emploi de la batterie. Pour un débutant, le respect des consignes du constructeur du modèle ou du moniteur reste une garantie de bon fonctionnement. L'expérience permettra ensuite de trouver le bon compromis permettant de privilégier l'autonomie ou le taux de montée. Toutefois, une étude plus approfondie est nécessaire pour ne pas tomber dans la simplification réductrice: plus d'éléments = amélioration. Les quelques principes reposant sur la loi d'Ohme seront là pour le rappeler et faire prendre conscience du fort potentiel de cette technologie.

Quelques points clefs

Afin de garantir un long usage des batteries, il faut respecter les consignes d'utilisation des constructeurs.

En ce qui concerne les NiMh, il est judicieux notamment:

- de roder les accumulateurs par quelques charges lentes suivies de décharges à courant limité,
- de ne pas faire de décharge trop profonde (voir les consignes du fabricant),
- de stocker les accumulateurs chargés ou déchargé selon les indications du fabricant,
- de suivre la recommandation de certains fabricants qui recommandent une décharge avant la recharge (ceci est surtout nécessaire pour les accus Ni-Cd afin de limiter la formation de cristaux de dendrite qui entraînent l'effet mémoire et limite la capacité),

Attention:

La tension d'une batterie d'accumulateur NI-Cd ou Ni-Mh n'est pas le reflet de sa charge.

Pour garantir les performances dans le temps des Li-Po, respecter impérativement les consignes de charge et de décharge du fabricant. Ayant un taux d'autodécharge très faible (environ 5%/an) et n'étant pas sujet à l'effet mémoire, Il est conseillé de les recharger même s'ils ne sont pas totalement déchargés (doc Westechnique), y compris pour les stocker.

LES ACCESSOIRES:

Variateurs ou contrôleurs

Il serait simple, viable et économique de monter, sur l'alimentation du moteur, un interrupteur commandé par un servo. C'était d'un emploi courant au début de l'utilisation de ce type de propulsion et cela fonctionnait bien.

Désormais, le mieux est d'utiliser un variateur ou un contrôleur qui permet de commander la vitesse du moteur, de le couper et de le faire redémarrer. Ces équipements ont deux fonctions supplémentaires:

- BEC: ils permettent d'alimenter le récepteur et les servos par la batterie de propulsion ce qui permet de se passer d'une alimentation indépendante.
- CUT OFF: ce système de BEC pourrait être très dangereux car en fin de vol les accus seraient totalement déchargés et la radio ne fonctionnerait plus. Le système de "cut off" coupe l'alimentation du moteur avant que les accus ne soient complètement vides, laissant assez d'énergie pour finir le vol.

L'hélice

Pour faciliter la compréhension, mais ceci est bien sûr inexact car l'air est un fluide compressible, on peut considérer l'hélice comme une vis. Dans ce cas, à chaque tour, elle avancerait d'une distance égale au pas.

Une hélice de modèle réduit est identifiée par un couple de nombres, 10x8 ou 9x5 ou 228x127... Le premier indique le diamètre en mm ou en pouces, le second le pas en mm ou en pouce. En suivant la simplification choisie, une hélice 10x8 ferait avancer l'avion de 20.32 cm à chaque tour. Si l'hélice tourne à 6000t/mn il parcourrait théoriquement $20.32 \times 6000 = 121920\text{cm}/\text{mn}$ soit une vitesse théorique du modèle proche de 72km/h

Rappelons qu'à puissance identique, le bruit diminue et les performances sont sensiblement meilleures avec une hélice d'un plus grand diamètre possédant un pas adapté



LES MOTEURS DE PLANEURS

Evidemment les planeurs n'ont pas, par définition, de moteur. Il n'empêche qu'ils doivent prendre de l'altitude pour pouvoir évoluer. Pour des vols d'apprentissage, plusieurs solutions sont utilisées pour obtenir le plus grand gain de hauteur possible:

Le "sandow"

Il est constitué d'une longueur d'élastique prolongée par un fil. A l'extrémité du fil, un anneau soudé permet d'accrocher le crochet du planeur. L'élastique est d'une section et d'une structure adaptées au poids du planeur à lancer, sa longueur peut varier de 30 à 50 m. Le fil est souvent similaire à du fil à pêche, sa résistance dépend de l'effort de tension auquel il sera soumis lors du lancer et sa longueur est d'environ 100m. L'ensemble doit être adapté à la longueur du terrain dévolution. C'est le dispositif le mieux adapté au débutant.

Le treuil électrique ou à main

Un moteur électrique ou une manivelle entraîne un tambour sur lequel s'enroule le fil de traction.

Dans le cas du treuil électrique, une commande tout ou rien permet de doser la tension et la vitesse de treuillage.

Le renvoi

Un fil de traction est accroché à une extrémité au sol, à l'autre extrémité au planeur. Ce fil passe dans une poulie de renvoi tirée par des aides. La poulie permet de tendre le fil et de tirer sur le brin accroché au planeur ce qui provoque sa mise en altitude.

La catapulte

Bâtie sur le principe du sandow mais avec un élastique plus court et de plus forte puissance auquel est attaché un fil limité à une longueur permettant d'assurer la sécurité du lanceur en cas de rupture de l'élastique ou de décrochage des piquets de fixation. Ce mode de lancement est basé sur la transformation de la vitesse initiale du planeur en gain d'altitude.



Le remorquage

L'avion, comme le planeur, sont équipés d'un crochet. Un câble relie les deux modèles. Lorsque l'avion décolle, il entraîne le planeur. Lorsque l'altitude souhaitée est atteinte, le pilote du planeur ouvre le crochet et se sépare de l'avion remorqueur.



La pente

Lorsque le vol a lieu sur une pente, il suffit de lancer le planeur face au vent vers la vallée, l'aérologie du lieu fait le reste.

Le principe de tous ces dispositifs (hormis le lancer à la pente) est de tirer sur le planeur pour lui donner une vitesse de sustentation qui le fasse monter. Quand le planeur arrive à la verticale du fil, l'anneau de celui-ci se dégage du crochet du planeur et le fil retombe. Un parachute ou un chiffon situé à proximité de l'anneau permet de faire descendre le fil selon l'orientation du vent et de le localiser facilement lorsqu'il est à terre.

Plusieurs précautions sont à prendre lors de l'utilisation de tous ces moyens:

- utiliser un moyen de lancement adapté à la résistance du planeur,
- positionner le crochet de remorquage du planeur à une distance du centre de gravité en fonction du dispositif utilisé,
- s'assurer que l'aire de lancement est dégagée,
- lâcher le planeur ailes horizontales avec une attitude à cabrer adaptée au moyen de lancement.

LE BRUIT, UN MAL QUI POURRAIT NOUS FAIRE DISPARAÎTRE

La principale menace qui pèse sur nos terrains d'évolution est le bruit. Celui-ci est du en grande partie à :

- l'échappement : il est impératif d'utiliser un silencieux bien adapté
- au moteur lui-même : les moteurs de conceptions anciennes sont plus bruyants
- au l'adaptation moteur/l'hélice : il est souvent possible de diminuer le bruit en augmentant le diamètre de l'hélice et en diminuant sont pas ou encore en montant une hélice tripales
- au fuselage qui se comporte comme une caisse de résonance.

La FFAM a lancé une opération d'aide à l'acquisition de silencieux 4 chambres et a distribué un sonomètre à tous les clubs. Le Guide du Dirigeant, en ligne sur le site internet de la fédération, fixe la limite de bruit en loisir ou en compétition et indique comment effectuer la mesure (voir § Qualification de Pilote De Démonstration). Des moyens sont donc à la disposition des Clubs pour réduire le bruit des aéromodèles et pour en mesurer périodiquement le niveau afin d'en déduire les éventuelles dégradations.

Un modèle équipé du moteur avec silencieux et de l'hélice recommandée par le constructeur n'est pas pour autant le moins bruyant. Le sonomètre permettra de vérifier si le bruit est acceptable et aidera à trouver, sinon un silencieux plus efficace, au moins le meilleur compromis moteur/hélice bipales ou tripales.

QUESTION CATIA

Le seul temps qui produit de l'énergie mécanique utile sur un moteur à quatre temps est :

- a) admission.
- b) compression.
- c) échappement.
- d) combustion-détente

Lorsqu'un modèle s'élève, la diminution de la densité de l'air aura tendance à :

- a) provoquer un givrage carburateur
- b) augmenter la puissance utile
- c) appauvrir le mélange
- d) enrichir le mélange

Le carburateur d'un moteur à pistons 4 temps:

- a) injecte directement du carburant dans les cylindres
- b) assure la mise en pression du circuit d'alimentation en carburant
- c) assure le mélange air/essence admis dans les cylindres
- d) refroidit les cylindres

Durant un cycle de fonctionnement d'un moteur à piston, le seul temps qui produit de l'énergie mécanique utile pour la propulsion est :

- a) l'admission
- b) la compression
- c) l'échappement
- d) la combustion-détente

Pour les moteurs de modèles réduits utilisant de l'essence, la composition idéale du mélange carburé air/essence correspond à une proportion de 1 gramme d'essence pour :

- a) 27g d'air
- b) 20g d'air
- c) 15g d'air
- d) 8 g d'air

Sur un moteur 4 temps:

- a) l'arbre à cames tourne à demie vitesse par rapport au vilebrequin
- b) l'arbre à cames tourne deux fois plus vite que le vilebrequin
- c) l'arbre à came tourne à la même vitesse que le vilebrequin
- d) l'arbre à cames tourne quatre fois (4 temps) plus vite que le vilebrequin

Le principal avantage du moteur 4 temps est :

- a) sa faible masse par rapport à un 2 temps de même cylindrée
- b) sa grande puissance par rapport à un 2 temps de même cylindrée
- c) son bruit moins agressif pour l'oreil qu'un 2 temps de même cylindrée
- d) son double allumage

L'emploi d'un moteur 4 temps en remplacement d'un moteur 2 temps se traduit par :

- a) une cylindrée supérieure à celle d'un moteur 2 temps
- b) une cylindrée identique à celle d'un moteur 2 temps
- c) une cylindrée inférieure à celle d'un moteur 2 temps
- d) à cylindrée identique, l'utilisation d'une hélice plus petite

Pour obtenir de bonnes performances avec un moteur électrique à courant continu :

- a) il est nécessaire de le roder
- b) il faut l'utiliser immédiatement au maximum de ces capacités
- c) il faut le faire chauffer quelques secondes dès sa première utilisation
- d) il faut changer les charbons à la fin du rodage

Comment inverse-t-on le sens de rotation d'un moteur à courant continu commandé par un variateur équipé d'un système "BEC"

- a) en inversant les polarités de l'accumulateur d'alimentation
- b) en inversant le signe du "timing" lors de la programmation
- c) en inversant les deux fils d'alimentation sur le moteur
- d) en inversant le fil du signal sur le variateur

Le système "BEC" d'un variateur permet:

- a) d'éliminer les parasites
- b) d'alimenter le récepteur par la même batterie que le moteur
- c) de mettre le moteur en court-circuit pour le freiner et permettre éventuellement le repliage de l'hélice
- d) de faire un régulation de vitesse du moteur avec une fréquence plus élevée

Les moteurs « brushless »

sont des moteurs à courant continu puisqu'on les utilise avec une batterie

- a) sont des moteurs triphasés
- b) sont des moteurs triphasés à courant continu
- c) sont des moteurs dont les charbons sont remplacés par des frotteurs (brush)

Sur un moteur « brushless », c'est :

- a) le corps aimanté qui tourne
- b) les enroulements qui tournent
- c) indifféremment le corps aimanté ou les enroulements qui tournent
- d) le corps qui tourne dans un sens et les enroulements dans l'autre

Pour inverser le sens de rotation d'un moteur "brushless", il faut:

- a) Inverser le fil + et le fil – qui viennent de la batterie
- b) Changer le "timing"
- c) Inverser deux fils qui relient le moteur au contrôleur
- d) L'arrêter puis le redémarrer

Changer le "timing" d'un contrôleur utilisé avec un moteur "brushless" permet:

- a) de changer le sens de rotation du moteur
- b) d'adapter l'avance au nombre de pôles du moteur
- c) de limiter le régime de rotation du moteur
- d) de régler la progressivité de démarrage du moteur

Les accumulateurs NICD ou NI MH nécessitent un rodage :

- a) vrai
- b) faux

Plus la résistance interne d'un élément Ni-Mh ou NiCd est faible:

- a) plus l'intensité de charge pourra être élevée
- b) Plus il sera fragile et ne supportera pas les fortes intensités de cécharge
- c) Plus sa capacité sera importante
- d) Plus son seuil de décharge sera bas

Le principal avantage des accumulateurs Li-Poly est :

- a) leur tension individuel (3.7V) malgré leur faible capacité en décharge
- b) leur absence d'effet mémoire et leur forte capacité en décharge
- c) leur faible auto décharge et leur absence d'effet mémoire
- d) leur poids et leur forte capacité en décharge

Un chargeur dédié aux accus Ni Cd dont l'arrêt automatique s'effectue par « delta peak »

- a) peut être utilisé sans aucun problème avec des accus NiMh
- b) risque d'endommager les accus NiMH
- c) est adapté aux accus Li Poly
- d) peut être utilisé avec des accus Ni Mh si la source d'alimentation est régulée en intensité

Après la phase de réglage, un débutant vous demande conseil sur le moyen le mieux adapté pour faire monter son planeur (2m, 1kg) en altitude, vous lui conseillez en priorité:

- a) un sandow adapté à son planeur
- b) une catapulte
- c) le treuil électrique utilisé au Club pour les compétitions F3J
- d) le lancé main

Quand on ne connaît pas les critères de charge d'une batterie NiCd ou NiMh et que l'on souhaite la charger rapidement, il est conseillé de la charger à:

- a) 1 fois sa capacité nominale
- b) 2 fois sa capacité nominale
- c) 3 fois sa capacité nominale

Chaque élément des batterie Li-Po possède une tension nominale de:

- a) 1,2V
- b) 3,6V
- c) 3,7V

Quels sont, dans l'ordre, les signes indiquant qu'un élément Li-Po est détérioré suite à un mauvais processus de charge:

- | | | |
|------------------|--------------|---------------|
| 1) il s'enflamme | 2) il gonfle | 3) il explose |
| a) 1-3-2 | b) 2-3-1 | c) 3-2-1 |

Pour la charge d'une batterie composée de plusieurs éléments Li-Po, il est conseillé:

- a) de la décharger jusqu'à 2,4V par élément puis de la charger
- b) de la charger élément par élément pour maintenir un équilibre de charge entre chaque élément
- c) de la charger en série quel que soit son taux de décharge
- d) de la recharger dès que sa température dépasse 37,5°

Avant de remiser une batterie pour une période assez longue, il est conseillé de charger:

- a) Ni-Cd uniquement
- b) les Ni-Cd et les Ni-Mh
- c) les Ni-Cd et les Li-Po
- d) les Ni-Mh et les Li-Po

Si un élément Li-Po a été déchargé trop profondément:

- a) il suffit de le recharger avec précaution pour annuler l'inversion de polarité
- b) une très légère baisse de performance apparaîtra
- c) il devient inutilisable
- d) Cela n'a aucune importance

On réduira le bruit, avec des performances sensiblement égales :

en augmentant le diamètre de l'hélice quitte à réduire le pas
 en augmentant le pas quitte à diminuer le diamètre
 en augmentant à la fois le pas et le diamètre

Un modèle réduit à un moteur de 8 cm³ qui tourne à 13000 tours/minute. Son hélice de diamètre 24 cm a un pas de 22 cm. Si le rendement de l'hélice était égal à 1, Il volerait à environ:

- a) 172 km/h
- b) 82 m/s
- c) 103 km/h
- d) 52 km/h

Un élément Li-Poly se décharge sur une résistance donnée, en dix minutes. En Mettant deux éléments en parallèle sur la même résistance, le temps de décharge sera:

- a) 5 minutes
- b) 10 minutes
- c) 20 minutes

Un accumulateur « Li-Po » 3S-2P est constitué :

- a) de 3 ensembles montés en parallèle et comprenant chacun 2 éléments en série
- b) de 3 ensembles montés en série et comprenant chacun 2 éléments en parallèle
- c) de 2 ensembles montés en parallèle et comprenant chacun 3 éléments en série
- d) de 2 ensembles montés en série et comprenant chacun 3 éléments en parallèle

Un modèle de début est équipé d'un moteur qui porte l'inscription « 25 »

- a) Il s'agit d'un moteur de 0,25in³ soit environ 4cm³
- b) Il s'agit d'un moteur de 2,5cin³
- c) Il s'agit d'un moteur de 2,5in³
- d) Il s'agit d'un moteur équipé d'une bougie indice 25

Le pas des hélices de modèles réduits est généralement constant. Par conséquent, les sections de pales présentent un angle de calage :

- a) Décroissant en allant du moyen vers l'extrémité
- b) Constant sur toute la longueur de la pale
- c) Croissant en allant du moyen vers l'extrémité
- d) Décroissant à l'extrémité de pale pour éviter les phénomènes de bruit d'hélice

A quoi servent les transferts d'un moteur « 2 temps » :

- a) A transférer le carburant du carburateur au carter
- b) A transférer le mélange carburé de la pipe d'admission au cylindre
- c) A transférer le mélange carburé du carter vers le cylindre
- d) A transférer la puissance thermique en puissance mécanique

Sur les moteurs fonctionnant avec un mélange de méthanol, quel est le rapport masse d'air/masse de carburant pour obtenir une combustion complète :

- a) 15,4
- b) 6,8
- c) 17
- d) 21,2

Lors des essais moteur, le modéliste positionne son modèle environ sous 45°, moteur vers le haut et gaz au maximum pour :

- a) vérifier la traction de l'hélice
- b) s'assurer que le plongeur du réservoir n'est pas coincé
- c) vérifier que le régime moteur ne chute pas
- d) réponse b) et c)

LIST DES MISES A JOUR

Date

07/07/09

Précision mineur/correction

Pages:

Ajout de chapitre

Page :

Ajout de questions CATIA

Édité par la FFAM.
Réalisation C Dupré deuxième semestre 2004;
Reproduction, même partielle interdite sans autorisation du rédacteur.