

Pour découvrir et comprendre, restons simples...

Ce dossier va nous permettre de découvrir chaque élément d'une motorisation électrique, en prenant exclusivement en compte les caractéristiques immédiatement disponibles dans les catalogues et les sites internet des fabricants et distributeurs...

Donc, ici, pas de notions réservées aux initiés, pas de grandes formules mais uniquement du matériel facile à se procurer dans le commerce. Cet article s'adresse, en premier lieu, aux débutants et à tout aéromodéliste désirant découvrir l'électricité dans la limite d'une utilisation orientée vers le loisir.

La chaîne de motorisation

Un équipement de propulsion pour un aéromodèle électrique est composé d'éléments, tous identiques par leur nom, quel que soit la puissance qu'ils développent. Tout d'abord la source d'énergie (propulsion aujourd'hui, de façon standard à technologie Li-Po) derrière laquelle se trouvent le contrôleur puis le moteur qui peut être réducteur ou en prise directe puis l'hélice. Sur les importantes puissances, un circuit d'alimentation séparé de la réception est utile et nécessaire. Bien entendu, impossible de concevoir cette chaîne de motorisation sans y adjoindre le chargeur destiné à la recharge de la batterie de pro-

pulsion. Et enfin, ne pas oublier que c'est toujours le maillon le plus faible qui conditionne les capacités de toute la chaîne !

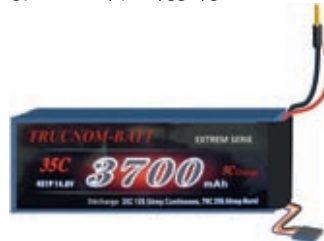
Analyse d'une batterie Lithium-Polymère (Li-Po)

Une batterie Li-Po est composée d'éléments qui peuvent être montés en série et/ou en parallèle (à condition qu'ils soient de même capacité). Un élément présente une tension nominale de 3,7 V et sa capacité nominale (C) a, bien sûr, une relation directe avec sa taille et sa masse. Cependant, pour une même capacité, la masse peut varier d'une manière importante en fonction du courant maximal de décharge en continu.

Le conteneur est rectangulaire, plat, légèrement souple et donc fragile. En utilisation loisir, une batterie Li-Po ne nécessite pas de rodage avant l'emploi mais elle est sensible à la tension de charge qui ne doit pas être supérieure à 4,2 V et à la tension minimale de décharge qui ne

doit jamais être inférieure à 2,7 V voire 3 V par sécurité.

Prenons pour exemple une batterie Li-Po sur laquelle sont portés les renseignements suivants : 3700 mAh/4S1P/35C/5C.



féral de limiter le courant de charge à 2 C.



Contrôleur de capacité batteries 1S LiPo = 3,7 v (tension nominale)

Entretien et stockage des batteries...

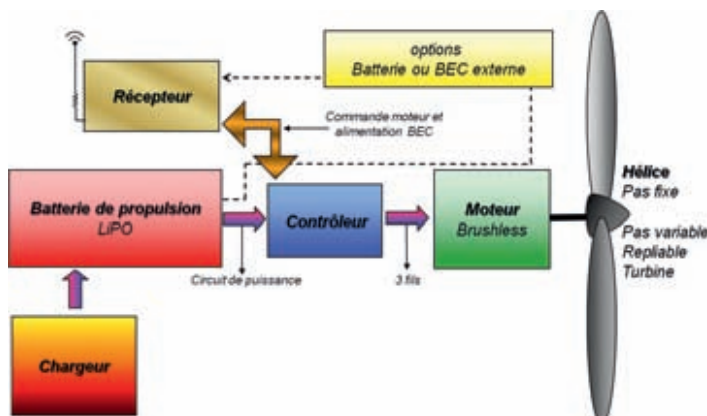
Bien que leur technologie s'améliore, les batteries Li-Po restent fragiles, leur enveloppe souple les expose aux agressions mécaniques et une mauvaise charge (mauvaise sélection du nombre d'éléments...) ou une mauvaise utilisation (contrôleur défectueux, surcharge...) risque de les faire gonfler, voire de provoquer un incendie.

En conséquence, il y a quelques précautions basiques à mettre en œuvre :

- utiliser uniquement un chargeur prévu pour ce type de batteries,
- si ce chargeur doit être réglé manuellement (choix du nombre d'éléments, intensité de charge...) il faudra vérifier, plutôt deux fois qu'une les paramètres de charge avant d'y brancher chaque batterie,
- charger vos Li-Po si possible en les plaçant dans un conteneur non métallique et ininflammable, et toujours hors de l'aéromodèle et de votre voiture. De plus, il faudra impérativement surveiller le déroulement du processus de charge.
- ne jamais brancher ensemble

Voyons ce que signifient ces différents chiffres et lettres...

- sa capacité nominale C est de 3700 mAh,
- elle est constituée de 4 éléments en série (4S) ce qui représente une tension nominale de 14,8 V,
- elle présente un pack de 4 éléments (1P). Ainsi, en branchant en parallèle deux de ces batteries on obtiendra une 4S2P qui portera alors sa capacité nominale à 7400 mAh (Rappel : montés en série, la tension des éléments s'additionne et montés en parallèle, c'est la capacité des éléments qui, cette fois, s'additionne),
- son courant de décharge maximum indiqué en continu (35C) est égal à 35 fois sa capacité nominale soit : $35 \times 3,7 \text{ A} = 129,5 \text{ A}$. Ainsi, pour deux batteries de ce type branchées en parallèle, soit une capacité de 7400 mAh (7,4 A), la capacité de décharge sera également doublée : $35 \times 7,4 = 259 \text{ A}$.
- le courant de charge maximum (5C) est égal à 5 fois la capacité nominale de la batterie soit $5 \times 3,7 \text{ A} = 18,5 \text{ A}$. Cependant, pour ménager la durée de vie de vos batteries, il sera largement pré-





Que ce soit pour un Polyclub, coqueluche des clubs de par ses qualités de vol et sa simplicité, ou pour un autre modèle électrique, il est important de bien connaître le fonctionnement de la chaîne de propulsion électrique.

des éléments de capacités différentes,
 - en cas de stockage de courte durée (pendant la saison de vol), il sera préférable de conserver un peu d'énergie dans la batterie et pour cela ne pas épuiser la totalité de la batterie lors du dernier vol (conserver 20 % de capacité),
 - lors des stockages de longue durée, vider la batterie jusqu'à environ 40 % (fonction stockage du chargeur) et la ranger au frais (environ 10°),
 - ranger et transporter vos Li-Po dans une boîte adaptée sans qu'elles ne puissent entrer en contact avec d'autres objets métalliques ou susceptibles d'endommager l'enveloppe).

Les chargeurs multifonctions...

Les caractéristiques techniques de ces chargeurs vont de pair avec leurs prix : pour moins de 10 € on peut trouver un matériel qui se contente de charger 2 à 3 éléments Li-Po, et c'est tout. Pour plusieurs centaines d'€, il sera capable de chouchouter tous types d'éléments en grand nombre, de mémoriser la vie de plusieurs batteries et de vous raconter tout ça sur votre ordinateur ! Pour rester dans le cadre du loisir, voici, à notre sens, les principales caractéristiques qui vous permettront de choisir le vôtre :

- Alimentation 12 V, avec des pinces crocodile pour se brancher sur une batterie de voiture, certains peuvent être également alimentés en 220 V ce qui est une option intéressante qui permet de s'affranchir, à l'atelier, de l'alimentation stabilisée,

- Capacité de charge de 1 à X éléments Li-Po en série sans oublier la charge de 1 à X éléments Ni-Cd ou Ni-MH car on en trouve encore et ils ont encore la préférence des aéromodélistes pour l'alimentation de la réception,
 - Détection automatique du nombre d'éléments,
 - Courant de charge : 0,1 à X A,
 - Détection automatique de la fin de charge avec signal sonore. Chaque type de batterie présente ses particularités dont le chargeur doit tenir compte pour détecter le moment où la charge est complète tel la détection de tension pour les Li-Po et le système Delta-Peak (détection d'un pic de tension) pour les Ni-MH. La sensibilité de ce paramètre peut être fixe ou réglable et seule une lecture approfondie de la notice du chargeur vous le confirmera.
 - Courant de décharge : 0,1 à X A

car la possibilité de décharger une batterie est intéressante pour pouvoir la mettre en condition de stockage ou pour connaître sa capacité et son vieillissement. Cette décharge est bien sûr limitée en tension.
 - Cycles de charge/décharge programmable qui permet la remise en condition après un stockage de longue durée,
 - X mémoires permettant de mémoriser le programme de charge et l'évolution des caractéristiques de vos batteries,
 - Sorties Tx-Rx avec arrêt de charge auto qui permet de recharger les batteries émetteur et récepteur,
 - Affichage des paramètres en français mais le plus souvent les données sont présentées en anglais abrégé,
 - Transfert des données et paramétrage possible par câble USB,
 - Nombreuses sécurités liées à la protection en cas d'inversion de polarité, de surcharge, de surchauffe... Avec alarme sonore bien entendu.

Les contrôleurs...

Sur un contrôleur, on va trouver un certain nombre d'indications qui vont nous permettre de savoir de quoi il est théorique-

ment capable.

Ainsi, les caractéristiques principales vont être (exemple) :

- Courant continu : 25 A
 - Courant en pointe (10 s) : 35 A
 - Sortie BEC : 2 A
 - Entrée LiPo : 2 à 4 éléments (S)
 - Programmation : par radio ou carte
 - Dimensions : 50 x 26 x 11 mm
 - Poids : 25 g
- Attention, un contrôleur ne permet l'alimentation et la commande que d'un et d'un seul moteur brushless. Sur ces contrôleurs, de nombreuses fonctions sont programmables, dont les plus courantes sont :
- Frein : on/off,
 - Nombre d'éléments (fonction qui peut être automatique),
 - Type de coupure moteur : franche ou précédée d'une réduction de puissance,
 - Tension de coupure avec plusieurs choix exprimés en V par élément ou du type : Low/Middle/High,
 - Mode de démarrage qui peut être franc pour un moteur utilisé en prise direct ou progressif pour l'utilisation d'un réducteur accouplé au moteur,
 - Choix du timing, réglage important qui permet d'harmoniser le couple : contrôleur- moteur. Pour comprendre ce



LE RÉGLAGE DU TIMING...

Comme indiqué au chapitre contrôleur, parlons du timing. Le fonctionnement d'un brushless dépend, comme on vient de le voir, de la course effrénée entre un champ tournant créé par la commutation successive de bobines et un rotor portant des aimants faisant tout ce qu'il peut pour suivre le mouvement. Or, pour qu'un brushless donne le meilleur de lui-même, on peut être amené à créer un décalage pour que le champ tournant soit légèrement en avance sur le rotor, c'est cette avance que l'on nomme "timing".

Ce timing est donc réglable, et ce réglage dépend des caractéristiques du moteur. Il a une influence sur sa vitesse de rotation, sa consommation et son rendement, c'est donc en toute logique la notice du moteur qui vous indiquera le bon réglage à effectuer sur le contrôleur. Seulement voilà ! Personne ne s'est encore mis d'accord pour formuler cette valeur de la même manière, on peut trouver le timing exprimé en degrés de 0° à environ 30° ou bien des indications du type mode 1, mode 2... ou encore Low, Middle et High. Il vous faut donc bien lire les deux notices (moteur et contrôleur) sachant qu'en général un brushless inrunner a besoin d'un timing faible alors qu'un outrunner préférera un timing moyen à fort. Le premier réglage effectué, poussez la manette des gaz lentement, si le timing n'est vraiment pas le bon, le moteur démarre mal ou donne l'impression de brouter ou de cogner à pleine puissance. S'il démarre bien et fait un bruit normal et régulier sur toute la plage de puissance, le timing est convenable et pourra éventuellement être optimisé par un spécialiste.

réglage, il faut un minimum de connaissances en ce qui concerne les moteurs brushless, nous allons voir cela au chapitre moteur.

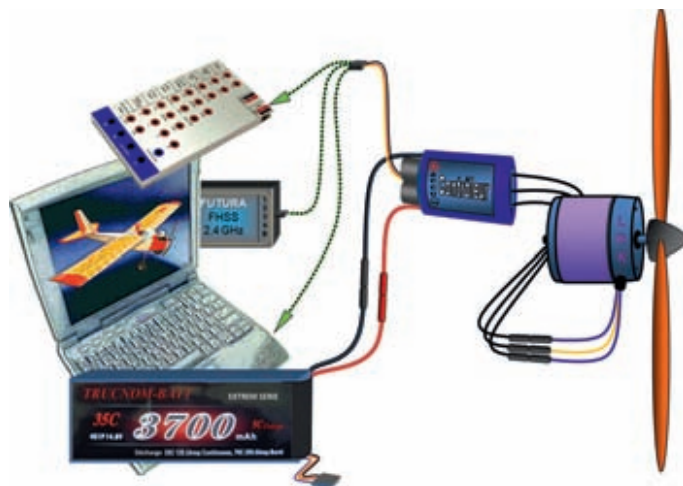
Bien entendu, suivant les différentes marques, il existe d'autres fonctions programmables possibles comme la mise en mémoire de plusieurs réglages, ses fonctions spécifiques hélicoptère, des courbes de progression des gaz, l'inversion du sens de rotation, le choix de la fréquence de découpage etc. Certains contrôleurs possèdent une prise qui leur permet de se brancher sur le connecteur de charge d'une batterie Li-Po et ainsi de tenir compte d'un éventuel déséquilibre entre éléments pendant le vol.

La programmation d'un contrôleur peut se faire de plusieurs manières différentes :

- Directement à l'aide de l'émetteur : l'ensemble de la propulsion étant sous tension (sans l'hélice par sécurité) et l'émetteur en marche, la notice nous guide pour jongler avec le manche des gaz tout en écoutant les différents bip-bip ou mélodies diverses qui nous permettent de dérouler le programme,
- À l'aide d'une carte de programmation, (ci-dessous) sur laquelle des diodes LED permettent de visualiser les différentes options retenues, il suffit ensuite de les valider en appuyant sur un bouton,



- En branchant le contrôleur sur un ordinateur avec un logiciel qui permet de faire ses choix puis de valider. C'est une solution très high-tech mais qui impose de prendre avec soi sur le terrain son ordinateur portable si l'on veut parfaire ses réglages ! En revanche, lorsque ce type de programmation existe, il est souvent possible de mettre à jour le soft du contrôleur en se connectant sur le site du fabricant ce qui constitue un vrai plus pour disposer de matériel toujours à la pointe du progrès.



Enfin et fort heureusement, les contrôleurs sont dotés de protections internes : inversion de polarité, surtension, surintensité, surchauffe, sécurité à la mise sous tension, coupure moteur en cas de perte du signal radio... On trouve rarement d'interrupteur Marche/Arrêt sur les contrôleurs, ce qui n'est pas bien important car il est préférable de débrancher la batterie entre chaque vol. (N.D.L.R. : on peut aussi installer un interrupteur sur le fil de signal situé entre le contrôleur et le récepteur).

Alimentations externes...

Les circuits BEC internes aux contrôleurs sont en général limités en puissance et le nombre de servos (plus le récepteur) qu'ils peuvent alimenter ne dépasse guère trois ou quatre. Sur des grands planeurs, il n'est pas rare d'utiliser un plus grand nombre de servos. La solution

consiste à utiliser un contrôleur OPTO et une batterie séparée pour alimenter la radio. Mais lorsque l'on possède déjà du matériel BEC, il y a une autre solution, il suffit (mais c'est impératif) de débrancher (et d'isoler) le fil rouge + sur la prise de connexion au récepteur puis de brancher une petite batterie pour la radio.



Une autre solution consiste à utiliser un petit module (une dizaine de grammes) baptisé : Bec externe ou U-BEC qui va remplacer la batterie radio en puisant de l'énergie sur la batterie de propulsion et son régulateur est assez puissant pour alimenter sans faiblir tous les servos de votre modèle.

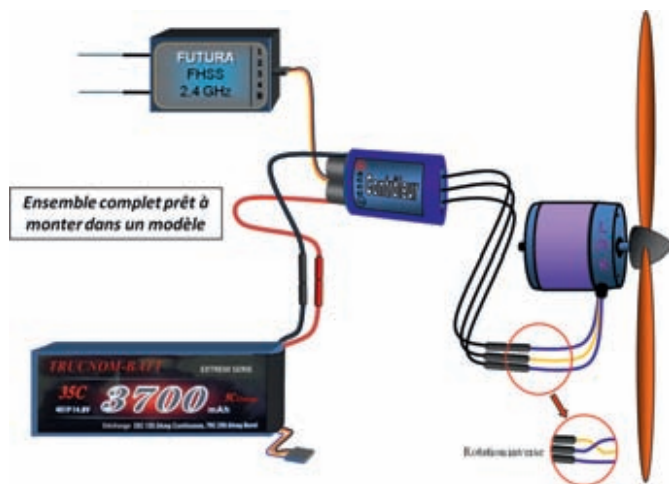
Les moteurs brushless...

Avec ce type de moteur, ce sont les aimants qui tournent alors que les bobinages restent fixes. Ils peuvent donc être alimentés directement sans passer par un système rotatif type collecteur/charbons ce qui fait qu'il n'y a donc pas d'usure, pas d'étincelle donc pas d'antiparasite ! C'est génial, il suffisait d'y penser. La contrepartie de cette simplicité, c'est que pour créer le champ magnétique tournant nécessaire à la rotation du moteur, il va falloir transformer le courant continu en courant triphasé à fréquence variable et alimenter successivement les bobines du moteur. Et ça, c'est le travail du contrôleur. Un moteur qui ne s'use pas (mis à part les roulements) associé à des aimants (néodyme) de qualité, voilà un investissement durable !

Il existe deux types de moteur brushless, les moteurs à rotor interne (inrunner) et les moteurs à rotor externe (outrunner). Dans ce second cas, c'est l'extérieur qui tourne et c'est pour ça que l'on entend parler de moteur à cage tournante que l'on baptise également LRK, acronyme reprenant les initiales de leurs inventeurs : Messieurs Luces, Retzbach et Kuhfuss. Les brushless inrunner, ont des régimes de rotation élevés, on les utilisera davantage sur des avions rapides, avec de petites hélices ou une



Les fabricants, depuis quelques années, ont jeté leur dévolu sur Qdes semi-maquettes en mousse. De par leur masse très faible, elles peuvent se contenter de motorisations électriques modestes.



Ensemble complet prêt à monter dans un modèle.

turbine ou dans certains cas avec un réducteur. Les brushless LRK tournent plus lentement mais ont l'avantage de posséder un couple élevé ce qui les autorise à tourner de grandes hélices : ils sont à l'aise sur des avions de loisir ou de voltige et sur des motoplans.

De plus, bien souvent, leur axe est coulissant ce qui permet de les fixer par l'avant ou par l'arrière et c'est bien pratique. Attention cependant aux fils s'ils touchent le rotor : il y aura frottement, donc usure puis

court-circuit. Ces moteurs, quel que soit leur type, peuvent être accouplés à un réducteur pour tourner de très grandes hélices.

Enfin, il n'y a pas de code de couleurs précis pour le raccordement des fils entre le moteur et le contrôleur, si ce dernier ne tourne pas dans le sens souhaité, il suffit d'inverser au hasard deux fils sur les trois pour que la rotation s'inverse.

Caractéristiques principales :

- Tension d'alimentation : V ou nombre de S
- Courant maximum : A
- Kv : tr/min/V à vide
- Rendement : %
- Dimensions : mm
- Ø de l'arbre : mm
- Poids : en grammes (g)

Il est courant d'exprimer la tension d'alimentation d'un moteur en nombre d'éléments Li-Po (S). En principe, le "Courant max" est le courant maximum en utilisation continue, mais certains constructeurs apportent une précision supplémentaire, comme : courant max : 30 A en continu/45 A pendant 5 secondes.

Le Kv est le nombre de tours minute par volt à vide, c'est-à-dire sans hélice. C'est une information importante, car plus cette valeur est faible plus on utilisera une grande hélice sur un modèle lent et inversement. Les moteurs inrunner ont, de construction, un Kv élevé d'où une utilisation en direct (sans réducteur) avec une petite hélice ou une turbine. Pour un moteur accouplé à un réducteur, le Kv de l'ensemble de propulsion sera égal au Kv du moteur divisé par le rapport de réduction.

L'hélice, ultime maillon de la chaîne.

Pour un débutant, l'hélice peut sembler un simple accessoire, or c'est peut être l'élément le plus difficile à choisir. Un même moteur peut entraîner des hélices de tailles très différentes en fonction de sa tension d'alimentation (nombre d'éléments), de l'utilisation ou non d'un réducteur, et du type

ÉQUILIBRAGE...

Un point qui concerne les hélices, et qui a son importance, c'est l'équilibrage. Même neuve, une hélice est rarement équilibrée et les vibrations que ce déséquilibre engendre vont mener la vie dure aux roulements du moteur et aux éléments radio. Plus le diamètre est grand et plus le problème s'aggrave, quoique... même les cônes méritent d'être équilibrés. Un équilibreur d'hélice ne coûte que quelques euros, il suffit de poncer légèrement la pale la plus lourde ou, pour les hélices de vol Indoor un peu de scotch de bureau sur la pale la plus légère fait généralement l'affaire. En électricité, même à l'oreille, on fait facilement la différence entre une hélice équilibrée ou non.



Pour procéder à des essais, il vous faut un instrument de mesure. Voici l'exemple d'un matériel particulièrement adapté à nos besoins. C'est le couteau suisse du modélisme électrique ! Vendu sous différentes marques pour moins de 50 €. Il est à la fois testeur de batterie, capable de mesurer la résistance interne de la batterie (*), fonction Wattmètre, testeur de servo, compte-tours optique, indicateur de température avec sonde et calculatrice de traction.

(* La résistance interne d'une batterie caractérise sa capacité à donner plus ou moins de courant, exemple : une 20 C a une résistance interne plus forte qu'une 35 C. Cette résistance interne augmente en fonction de l'âge et de l'emploi de la batterie, c'est donc une information importante pour connaître son état et son vieillissement.



En compétition, on trouve de nombreuses catégories où la propulsion électrique prend le pas sur le thermique (F3A, F3C/F3N par exemple). C'est plus timide en maquette, sauf pour les frères Boudou qui ont adopté ce mode de propulsion depuis longtemps.

mum. Heureusement, c'est aussi le maillon le moins cher. On pourra donc, en prenant quelques précautions, déterminer en quelques essais, l'hélice idéale pour notre couple avion/moteur.

Une hélice se distingue par quatre éléments caractéristiques : son diamètre, son pas, sa masse et sa forme.

- Le diamètre s'exprime en pouces ou en centimètres, c'est la caractéristique la plus facile à mesurer,

- Le pas est également exprimé en pouces ou en centimètres, c'est l'avancement de l'hélice pour un tour. Le pas est donc fonction de l'angle de calage des pales.

- La masse n'est jamais directement exprimée mais la mention SF ou slow fly désigne une hélice légère spécialement conçue pour les modèles Indoor ou le park flyer,

- La forme où, d'une marque à l'autre, voire dans une même marque, on peut trouver des hélices de tailles identiques mais au look très différent ! Il y a cependant autant d'effet de mode que de véritables recherches aérodynamiques, mais il faut aussi constater que les résultats montrent parfois de réelles différences.

La taille d'une hélice...

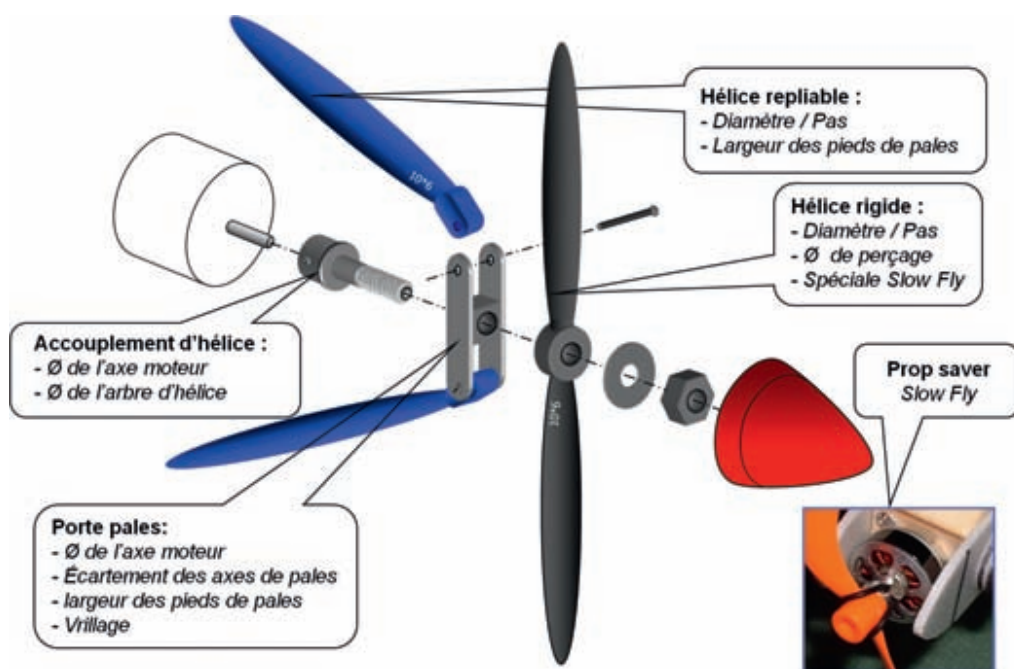
Elle est le plus souvent exprimée en pouce, une 6 x 3 fait donc 6 pouces de diamètre pour un pas de 3 pouces soit : 15 x 7,5 cm. On trouve actuellement quatre types d'hélice :

- Les hélices rigides de type slow fly, spécial électrique ou communes aux moteurs thermiques et électriques,

- Les hélices repliables plutôt destinées aux planeurs, elles peuvent aussi être montées sur avion,

- Les hélices à pas variables plutôt destinées pour l'heure à l'indoor, elles nécessitent pour certaines un moteur spécial avec un arbre creux,

- Les hélices spéciales multirotors souvent vendues par paire, sens horaire et anti horaire, elles peuvent également se replier latéralement.



Ensemble complet prêt à monter dans un modèle.

L'accouplement moteur-hélice...

Pour le montage de l'hélice, quelques moteurs possèdent un arbre fileté (indoor et multirotor), d'autres spécifiques pour l'indoor, sont munis d'un "prop saver" (sauve hélice) : un astucieux montage élastique mais la plupart du temps il est nécessaire d'utiliser un accouplement d'hélice.

Cet accouplement peut se servir sur l'axe moteur par une ou plusieurs vis ou pincer fortement cet axe à la manière d'un mandrin de perceuse. On le choisit en fonction du diamètre de l'arbre moteur et du diamètre de perçage de l'hélice. Cet accouplement est suffisant pour monter une hélice rigide et éventuellement son cône.

Pour le montage d'une hélice à pales repliables, il faut utiliser, en plus, un porte-pales. Cette pièce en forme de H se choisit en fonction du diamètre de l'accouplement utilisé, de la cote de l'entre-axe d'articulation des pales (qui peut faire varier le diamètre de l'hélice) et de la largeur des pieds de pales (qui augmente naturellement avec la taille de l'hélice).

Certaines marques proposent des modèles incluant un vrillage positif ou négatif, exprimé en degrés, permettant d'aug-

menter ou de diminuer légèrement le pas de l'hélice sans changer les pales.

Attention, il faut parfois veiller à ce que le diamètre des axes d'articulation corresponde aux pales choisies ! Heureusement, on trouve également des ensembles comprenant tous les éléments y compris le cône. Ouf !

Essais, mesures et sécurité

Compte tenu de ce qui précède, vous êtes maintenant en mesure de comprendre tous les éléments de la motorisation de votre RTF (ready to fly), de remédier à quelques défauts en reprogrammant un frein d'hélice par exemple ou en cherchant à adapter une nouvelle hélice pour accroître ses performances ou son autonomie. Vous avez également les connaissances nécessaires pour motoriser un modèle vendu sans équipement. Pour valider vos choix et les optimiser, il va vous falloir procéder à des essais et donc des mesures.

Procédure : faire des essais, des mesures, des changements dans une chaîne de motorisation est utile et formateur, mais il faut le faire avec prudence !

Les puissances électriques et mécaniques mises en jeu peuvent être considérables. Si l'on ne veut pas tout détruire en quelques secondes, mettre le feu ou perdre quelques doigts dans l'hélice, il y a des précautions élémentaires à prendre.

Essais et mesures sur un modèle équipé :

- Tout d'abord, lire consciencieusement les notices pour bien maîtriser tous les éléments de la chaîne, notez toutes les valeurs max de chaque élément (batterie, contrôleur, moteur et instruments de mesure), respectez les consignes de sécurité préconisées par les fabricants ;

- Mettez en place la batterie dans le modèle et effectuez un fonctionnement à vide sans hélice ;

- Ne mettez en place l'hélice qu'au dernier moment lorsque tout est prêt pour les essais

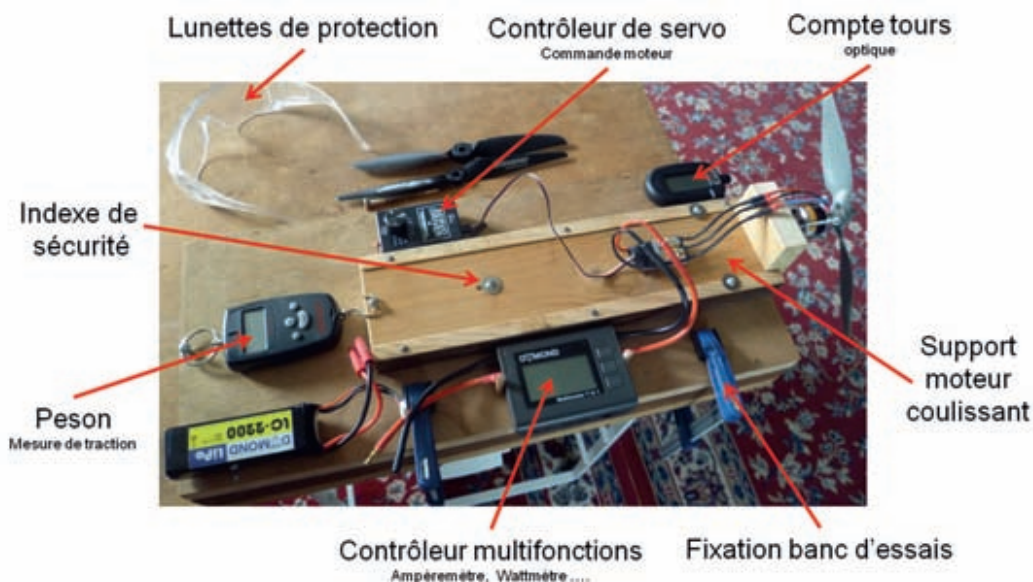
- Pour faire les mesures (consommation, vitesse de rotation, traction...), faites-vous aider. Un équipier tient le modèle, vous manœuvrez la commande de la radio et vous faites les mesures nécessaires. Poussez lentement la manette des gaz et ne dépassez jamais les valeurs max que vous avez notées ;

- Éviter les vêtements flottants et porter des lunettes de protection ;
- Placez vos outils, papier, crayon, en dehors du souffle de l'hélice (attention aux projections de graviers si vous êtes en extérieur) ;
- Ne laissez personne dans le champ de l'hélice.

Conclusion

Lorsqu'on conclut un sujet de ce genre, il est de coutume de terminer par : "bon, maintenant vous savez tout" ! Eh bien là, pas de chance, ce n'est pas le cas car il y a encore plein de choses à savoir et à découvrir !

Mais vous en savez assez maintenant pour comprendre ce que les revendeurs vous proposent et éventuellement faire des choix différents en faisant des essais et des me-



Exemple de banc d'essais permettant d'effectuer vos mesures

sures. De plus, maintenant vous pouvez lire des articles de fond sur le sujet sans avoir l'impression de lire du chinois !

Cet article étant issu d'une formation du club CACH37 (Centre), vous pouvez retrouver un diaporama détaillé de cette formation sur :

<http://www.cach37.fr/cms/index.php/motorisation-electrique.html>

■ Gérard Puret
CACH 37

QUELQUES POINTS DE REPÈRES

Commençons par des remarques ou rappels sur certaines formules de base :

- La puissance consommée $P(W) = U(V) \times I(A)$
- La tension (U) d'un élément Li-Po pendant le vol = **3,5 V en moyenne**
- La puissance réelle en vol est minimisée par le rendement de l'ensemble de la chaîne de propulsion. Ainsi, la **puissance nécessaire au vol d'un avion** est définie comme suit :

100 à 130 W/kg = modèle de début
130 à 160 W/kg = modèle de transition
160 à 200 W/kg = avion de sport
200 à 250 W/kg = avion rapide ou voltige

> 250 W/kg = avion à turbine loisir
250 à 350 W/kg = avion de voltige puissant
> 400 W/kg = avion de voltige 3d ou à turbine performant

C'est un peu différent en ce qui concerne la **puissance nécessaire à la montée d'un planeur** :

90 à 120 W/kg = planeur de début en plaine ou sécurité vol de pente
120 à 180 W/kg = moto planeur de loisir

> 180 W/kg = montée performante
> 250 W/kg = montée "speed"

La puissance **nécessaire au vol d'un multiroteur ou d'un hélicoptère** de loisir est de 240 à 300 W/kg et de 120 à 150 W en stationnaire. Le choix d'une hélice impose de **ne pas dépasser la consommation maximale de la chaîne de motorisation** (moteur/contrôleur/batterie) ce qui impose à tout nouvel "électricien" d'utiliser un ampèremètre. Pour affiner le choix de l'hélice, il faut modifier d'un pouce à la fois le diamètre ou le pas de l'hélice conseillée pour le moteur, en fonction du caractère du modèle et du Kv du moteur. Un racer ou un biplan qui ont tous les deux besoin d'un moteur de même puissance, n'ont pas le même caractère ! Les moteurs auront des Kv différents et les hélices seront très différentes.

kV > 2000 : Ø de l'hélice faible et pas fort = vol rapide, jet, racer, turbine...
1 000 < kV < 2 000 = vol sportif, voltige classique, planeur de loisir...
700 < kV > 1000 : Ø de l'hélice fort et pas faible = vol tranquille, voltige 3D, grand planeur...

Attention : deux hélices de même taille mais de marques différentes, peuvent entraîner des consommations et des tractions très différentes ! Idem entre les hélices repliables ou rigides.

Estimation du temps moteur (calculs empiriques basés sur l'expérience) :

- Avion de course ou motoplaneur : temps (*) = capacité batterie en mAh X 4/courant max au sol
 - Avion de voltige : temps (*) = Capacité batterie en mAh X 6/courant max au sol
 - Avion de début, loisir, trainer : temps (*) = Capacité batterie en mAh X 10/courant max au sol.
- (*) : en secondes