



## Comment choisir un moteur (brushless) et son contrôleur pour équiper un avion

Un moteur électrique transforme l'énergie électrique en énergie mécanique et en chaleur, plus le moteur chauffe plus le rendement de propulsion baisse : diminution de la traction et ou du temps de vol. Il est donc judicieux d'optimiser le choix du moteur, voici quelques critères.

Le terme puissance correspond ici à la puissance (électrique) délivrée par la batterie qui est très proche de celle absorbée par le moteur, au rendement près du contrôleur (pour un optoelectronique).

$P$  (puissance en watt) =  $U$  (tension en volt)  $\times$   $I$  (intensité en ampère). La tension de la batterie en charge est nettement inférieure à celle au repos.

Ex : batt.HACKER 6S 4500.  $U$  (au repos) = 24V ; en débitant 68A,  $U$  = 21,5V (mesures effectuées par un enregistreur de vol), soit 1450 W absorbés par le moteur.

### 1. Puissance et poids du moteur

La puissance maximum continue supportée par un moteur est liée à sa masse par une relation simple :

Pour un moteur de loisir à prix raisonnable  $P=3W$  par gramme, un moteur de 200g supporte 600w.

Pour un moteur haut de gamme (cher, voire très cher)  $P=4W$ (voire 5W) par gramme, un moteur de 150g supporte 600w.

Ces règles donnent des ordres de grandeur qui sont suffisants dans le domaine du loisir pour éviter de faire chauffer le moteur inutilement (problème de ventilation exclu).

### 2. Puissance nécessaire au vol

Il est facile de lier la puissance max du moteur en fonction du type de vol envisagé avec la masse de l'avion complet.

Pour un trainer/voltige (avion capable d'effectuer de la voltige classique mais les montés verticale sont limitées) 250w /kg sont suffisants. Un Calmato de 3kg (Comme celui du club) se contente de 750w mais est déjà une machine potentiellement vive.

Pour réaliser un programme de F3A ou du vol 3D il faut au moins 350w/kg.

### 3. Poids moteur/Poids avion.

Le moteur d'un trainer représente 7 à 8 % du poids total, pour un F3A ou un avion de 3D c'est au moins 10%. Les F3A de compétition (poids max de 5kg) ont des moteurs entre 500 et 600g.

#### 4. Grandeurs caractéristiques d'un moteur. KV

Un des critères de choix d'un moteur est son poids, mais pour un poids donné il faut s'intéresser : au diamètre de la cage, à la longueur et surtout au KV. Les deux premiers concernent l'intégration du moteur dans le nez. Le KV définit la vitesse de rotation à vide avec une alimentation de 1 volt.

**Ex :** un moteur de KV 500 alimenté en 10 volts(V) tourne à vide à 5000t/mn.

De nombreuses marques proposent pour le même moteur (poids, diamètre, longueur) un choix de KV important, parfois 4. Lequel choisir. Plus le KV est élevé plus l'hélice sera petite (diamètre et ou pas), l'inverse est vrai. Si vous voulez voler vite privilégier KV et pas élevés. Un KV faible permet d'entraîner une plus grande hélice qui privilégie la traction à la vitesse. Le diamètre de l'hélice peut être limité par la garde au sol (hauteur du train), une tripale est parfois la solution pour utiliser toute la puissance du moteur, le KV devra être adapté.

Le choix du KV dépend aussi des lipos dont vous disposez : KV élevé, nombre d'éléments lipo inférieur à un KV faible. Ex moteur JOKER 4250 (moteur LINDINGER de 210 g)

J 4250-4 alimentation 3 ou 4 lipos KV 1020 intensité max continu 48A

J 4250-8 alimentation 5 ou 6 lipos KV 510 intensité max continu 29A

L'intensité max en continu supportée par le moteur varie comme le KV.

#### 5. Choisir un moteur, une marque

A partir de la puissance max continue, du poids et du nombre de lipos de votre propulsion il est préférable de chercher l'oiseau rare (le moteur) parmi les marques qui fournissent des résultats d'essai avec différentes hélices : Xpower(topmodel), Hacker, OS, Dualsky, Scorpion ou au minimum la valeur de l'intensité max en continu : JOKER.....

Pour valider le choix d'une hélice la mesure de l'intensité avec une pince ampèremétrique (ou un wattmètre) reste la solution recommandée pour s'assurer qu'on utilise le moteur dans le domaine prévu.

#### 6 Contrôleur pour moteur brushless.

Ces moteurs reçoivent le courant de la batterie par l'intermédiaire d'un boîtier électronique : le contrôleur, dont les fonctions, très étendues, permettent de nombreux réglages.

## 1 : Catégories de contrôleurs, puissance.

4 familles sont définies en fonction de la tension d'utilisation et de la présence ou non d'un circuit BEC.

### 1.1 Avec ou sans BEC

Le BEC pour < battery elimination circuit > incorporé au contrôleur permet l'alimentation de la réception (récepteur et servos) d'où un gain de poids (plus de batterie de réception).

Comme tout module électrique le BEC a une puissance limite, exprimée en Amp (BEC 4A).

La tension du BEC, habituellement 5 ou 6 V, est parfois réglable et fait partie de la programmation du contrôleur (CT). Pour une machine de loisir (poids < 4 Kg, 5 servos) le CT avec BEC est un bon choix. Les CT sans BEC sont dits avec optocoupleur, contrôleur opto.

### 1.2 Tension d'utilisation.

Les contrôleurs (CT) adaptés à la gestion de plus de 6 lipos (en série) sont dits HV (high voltage).

Il existe des CT HV avec BEC, à mon avis à oublier dans le cadre du loisir. D'une part les prix explosent et d'autre part si la propulsion du modèle dépasse 6S soit plus de 800 G de batterie, les 100G supplémentaires d'une bonne alimentation de réception (life+régulateur) ne changeront rien au vol ou si peu...

### 1.3 Puissance.

La puissance du CT est définie par un voltage max admissible, souvent exprimé en nombre d'éléments lipo, et une intensité max. L'alimentation possible est habituellement définie par une plage : 2 à 4 lipos ou 6 à 14 pour un HV par ex. Concernant l'intensité (I), 2 valeurs sont souvent données : I max en pointe pendant quelques secondes et I max continue, seule cette seconde intensité sert à choisir un CT pour faire tourner un moteur :

La tension max du moteur doit être comprise dans la plage (volts ou nb lipos) du CT.

En revanche il vaut mieux majorer l'I max moteur pour définir l'I max CT en ajoutant

une petite louche : EX moteur 60 A ,contrôleur 70 A.

## **2 Rôles du contrôleur**

Il pilote le moteur en fonction, de l'énergie disponible par la batterie, des ordres de l'émetteur transmis via le récepteur et en respectant des limites de sécurité de fonctionnement.

Il a donc 3 interlocuteurs à satisfaire ou à ménager, pour cela quelques directives sont indispensables (programmation).

### **2.1 Auto protection.**

Le CT est normalement équipé d'une protection en température automatique. Au-dessus d'une valeur définie en usine, le CT diminue sa charge de travail en réduisant (voire en coupant) la puissance moteur. Il s'agit d'un fonctionnement normal si le refroidissement est insuffisant et/ou si l'intensité est trop élevée.

### **2.2 Protection batterie.**

La programmation du CT permet de définir le nombre de cellules lipo de la batterie et la tension de coupure choisie par élément. Il s'agit de tension en charge et pas au repos. Je la fixe à 3.4V, soit une tension mini de 20.4V pour une 6S. Deux modes de protection existent coupure franche ou réduction progressive, j'utilise la réduction.

Tous les CT ne proposent pas cette programmation mais la protection existe avec des valeurs réglées en usine.

### **2.3 Harmonisation contrôleur/émetteur.**

Le CT a besoin de connaître les valeurs des signaux de l'émetteur correspondants aux positions plein gaz et arrêt de la voie des gaz. Les notices des CT expliquent la procédure, habituellement simple. Ce réglage s'effectue trim au neutre, débattements sur 100% et la voie des gaz sur reverse pour la marque Futaba.

### **2.4 choix pilote : frein, courbe des gaz.**

Les CT sont tous équipés de l'option frein, dont le but est de ralentir ou d'arrêter la rotation de l'hélice manche des gaz sur arrêt. L'activation du frein prend différentes formes en fonction des marques : du tout ou rien à une programmation de la puissance couplée à une temporisation (JETI).

Frein ou pas de frein. Je vole toujours avec le frein actif pour limiter la prise de vitesse en forte descente (gaz sur arrêt), pour limiter l'allonge de la trajectoire en finale et pour se poser hélice arrêtée, on limite ainsi le risque d'abimer l'hélice.

Sur certains CT (OS par ex) la puissance du frein se règle de 0 à 100%, il est ainsi possible d'arrêter l'hélice juste au-dessus de la vitesse de décrochage (essais à effectuer en VRH à une altitude confortable). En finale si l'hélice s'arrête il faut remettre des gaz. Cette méthode donne une indication de vitesse air et non sol et est donc efficace indépendamment du vent.

### Courbe des gaz.

Le réglage de la courbe des gaz existe sur certains CT ou sur l'émetteur. Avec les motorisations puissantes la tendance naturelle conduit à voler trop vite (avec trop de puissance). Un moyen de contrer ce défaut consiste, en vol horizontal manette des gaz au neutre (manche vertical) à régler la courbe des gaz afin d'obtenir une vitesse raisonnable : ni un escargot ni un missile, l'idéale étant de pouvoir conserver cette vitesse en montée plein gaz.

### **3 Réglages spécifiques associés au moteur.**

Toutes les marques de CT ne proposent pas de renseigner tous les items suivants sauf le dernier, le timing, qui est essentiel pour le bon fonctionnement du moteur.

#### 3.1 Fréquence.

Switching ou PWM frequency si quelqu'un sait à quoi sert cette fréquence je suis preneur, à priori deux valeurs possibles 8 ou 16Khz, certaines marques donnent une valeur (Hacker) en l'absence de consigne utilisez 16Khz .

#### 3.2 Pole.

Le nombre de poles du moteur est utile au CT qui peut restituer une indication de vitesse de rotation (enregistrement ou télémessure).

#### 3.3 Démarrage

Deux réglages sont parfois proposés : puissance au démarrage et accélération. Je n'ai jamais trouvé de consignes moteur sur ces sujets. Pour la puissance la fonction auto est à privilégier, pour l'accélération, si le moteur pèse moins de 300g on débute avec une valeur moyenne, au-dessus de 300g une valeur inférieure à la moyenne est plus prudente. Après avoir réglé le timing, des essais avec hélice permettent d'affiner les réglages. Le moteur doit pouvoir monter en régime rapidement sans décrochage ni claquements. Il est normal qu'un gros moteur(500g par ex) demande plus de temps qu'un petit(150g) pour accélérer de l'arrêt au plein gaz (inertie).

### 3.4 Timing.

La prise en compte du timing peut prendre 3 modes différents : fonction automatique, à privilégier si le moteur est de la même marque que le CT ; Des plages de réglage : ex soft (0-7) medium (8-15) hard (16-25). Une échelle de 0 à 30. Le timing moteur est exprimé en degré (comme l'avance des moteurs à essence) et se règle entre 0° et 30°.

Certaines marques de moteurs indiquent la valeur préconisée (Hacker ,Scorpion....) elles sont malheureusement rares. Sans information constructeur, la fonction auto timing d' un CT donne généralement de bons résultats pour les moteurs de puissance modérée, moins de 1000w, au-dessus des essais prudents sont conseillés.

Comment trouver le timing adapté à un moteur : Monter une hélice figurant dans les essais constructeur (si vous n'en n'avez pas il vous reste les yeux.....), programmer timing 12 sur le CT(outrunner), les essais s'effectuent en amenant doucement le moteur à plein gaz, noter le régime et l'intensité obtenus qui devraient être très inférieures à ceux des essais constructeur, le nombre de lipos est bien sûr identique à celui utilisé comme référence. En augmentant le timing par pas de 3 (12-15-18-21....) et en recommençant l'essai il est possible d'arriver à peu près aux valeurs constructeur. Le timing obtenu est indépendant de l'hélice et du nombre de lipos.

Pour des moteurs de taille identique (diamètre,poids....) et de puissance comparable mais de marques différentes le bon réglage se situe entre 5° et 30°.