

## Les moteurs brushless ([www.france-modelisme.com](http://www.france-modelisme.com))

### Petit rappel : Comment fonctionne un moteur électrique ?

Avant de parler des moteurs brushless en particulier, un petit rappel du fonctionnement des moteurs électriques "traditionnels", c'est à dire à charbons, ne paraît pas superflu. Il faut savoir que, lorsqu'un courant passe dans un fil et que ce fil est soumis à un champ magnétique (aimant par exemple), ledit courant fait naître une force magnétique. Dans un moteur électrique, cette force, engendrée par le passage du courant dans les bobinages (fils émaillés du moteur) qui sont soumis au champ magnétique des aimants, est utilisée pour produire une rotation. Le moteur électrique est donc un "convertisseur" transformant l'énergie électrique en énergie mécanique... plus de la chaleur car le rendement n'est jamais de 100%. Pour créer le "champ tournant" des bobinages, il faut utiliser un système de commutation de manière à faire passer le courant dans ces bobinages dans un ordre précis et au bon moment. Dans un moteur à charbons ou balais (appelé brushed en anglais), cette commutation des bobinages est réalisée mécaniquement par l'intermédiaire des lamelles du collecteur situées sur l'axe moteur. Lors de la rotation, les charbons sont successivement en contact avec ces lamelles qui vont transmettre le courant continu délivré par le variateur aux bobines du moteur. Le passage du courant dans le fil des bobines fait naître une force magnétique qui repousse les aimants de même pôle et attire ceux de pôles opposés. Ce système de commutation mécanique détermine l'architecture type d'un moteur à charbons qui comprend : un rotor interne portant les bobinages, et un stator externe où sont fixés les aimants. Cette commutation mécanique est facile à réaliser mais le frottement des charbons (ou balais) sur le collecteur entraîne une perte, un échauffement du collecteur et une usure inévitable de celui-ci. D'où un rendement relatif et la nécessité d'entretenir son moteur en vérifiant régulièrement l'état des charbons et du collecteur.

### Comment fonctionne un moteur brushless ?

Dans un moteur brushless (terme qui se traduit par "sans balais"), la commutation des enroulements est faite non pas mécaniquement comme précédemment mais de manière électronique par un système complexe appelé "contrôleur". Celui-ci transforme le courant continu en courant triphasé à fréquence variable et va alimenter successivement les bobines du moteur pour créer le champ tournant et donc la rotation qui nous intéresse. On comprend aisément qu'avec ce principe d'alimentation, il est impératif que les bobines soient fixes dans le moteur, et non pas en rotation comme dans un moteur à charbons. Tous les brushless ont donc la même architecture de construction : un stator fixe qui porte les bobines, et un rotor mobile sur lequel les aimants permanents sont collés. Les bobinages peuvent être réalisés de manières différentes : en étoile ou en triangle (appelé également delta), mais vous trouverez toujours trois fils à la sortie du moteur, qui réunissent les bobinages.

La majorité des brushless possèdent un rotor interne qui tourne très vite jusqu'à 100.000 tr/mn. Si la vitesse est là, le couple est médiocre et il est alors obligatoire de les réduire fortement de manière à pouvoir utiliser des hélices de taille adaptée.

### Brushless: beaucoup d'avantages, peu d'inconvénients

Les avantages des moteurs brushless sont tellement nombreux qu'ils font vite oublier les inévitables inconvénients. En premier, tous les soucis liés aux frottements des charbons sur le collecteur disparaissent : plus de parasites, plus d'échauffement du collecteur et de pertes dues à l'étincelage, plus d'usure mécanique (si ce n'est celle des roulements), et pas besoin de rodage long et fastidieux non plus, le moteur étant utilisable au sortir de sa boîte. Le rendement est également bien supérieur à celui d'un moteur ferrite, de même que légèrement supérieur aux meilleurs moteurs samarium-cobalt et néodyme.

Mais l'avantage majeur et incontournable est bel et bien l'énorme gain de masse. A puissance développée équivalente, un brushless pèse deux à trois fois moins lourd qu'un brushed, ce qui n'est pas rien ! En moyenne, le rapport poids/puissance d'un moteur brushless est de 20 à 25 g pour 100 W développés.

### Le contrôleur et ses réglages

#### · Fonctionnement

Élément primordial pour les performances du moteur, le contrôleur est un élément électronique

complexe, généralement protégé par une simple gaine thermo rétractable. C'est lui qui va gérer les commutations des bobinages pour créer la rotation du moteur. Ce module électronique va ainsi générer six commutations successives pour chaque cycle. Chaque commutation est réalisée par un groupe de transistors montés en parallèle qui vont agir comme un interrupteur. Ce contrôleur est constitué d'un ensemble de systèmes électroniques ayant chacun un rôle primordial :

- un système qui détecte le moment précis où le courant passe dans les bobines.
- un système pour mesurer la valeur du courant dans les bobines.
- un système qui commande le fonctionnement des transistors.
- un système qui gère le décalage de phase (timing).
- un système qui gère la durée d'ouverture en fonction du signal de la radio.

Quels que soient le type de moteur et de bobinage (étoile ou triangle), ou la marque et le type de contrôleur, la "séquence" de commutation est toujours la même.

#### · Réglages

Ces contrôleurs offrent de plus en plus de possibilités de réglages. Les premiers contrôleurs avaient besoin de capteurs pour déterminer la position du rotor et envoyer les commutations au bon moment. En plus de leurs trois fils, les moteurs possédaient donc une nappe équipée d'un connecteur que l'on devait brancher au contrôleur. Depuis, les contrôleurs sont devenus "sensorless", c'est-à-dire sans capteurs. Les contrôleurs récents offrent des possibilités de réglages très étendues, que ce soit au niveau de l'adaptation au type de moteur utilisé, à celui des accus utilisés, ou à bien d'autres paramètres encore. Pour les réglages concernant le moteur, on peut choisir entre plusieurs valeurs de timing, plusieurs valeurs de fréquence, choisir la présence et la force du freinage, ainsi que le démarrage du moteur. On peut également programmer une régulation automatique de la vitesse (option très utile pour l'utilisation sur un hélico par exemple, afin de réguler automatiquement le régime du rotor). Pour l'accu, il est possible de régler le seuil de coupure du contrôleur en fonction du type d'éléments utilisés (Ni-Cd, Ni-MH, LiPo) afin de ne pas endommager ceux-ci. Enfin, la plupart des contrôleurs intègrent également une protection contre la surchauffe ou une consommation trop importante.

#### Quel contrôleur choisir ?

Le choix d'un contrôleur est plus simple que celui d'un brushless, même si l'offre est de plus en plus fournie. Le premier critère de sélection est tout simplement celui du nombre d'éléments que vous comptez utiliser. Plus le couple tension/intensité est important, plus il faut de transistors et plus le contrôleur est onéreux. Pas la peine de s'offrir un contrôleur capable de monter jusqu'à 32 éléments Ni-MH ou 10 LiPo si l'on sait que l'on ne dépassera pas 12 éléments. Il vaut mieux s'offrir un peu de marge sur la puissance. Les fabricants donnent la consommation admise en continu et celle en pointe pendant quelques secondes. Par exemple, un moteur est donné pour une alimentation en 6 à 18 éléments, et une consommation de 40 A en continu et 60 A pendant 15 secondes. Prendre en considération les performances données en continu, surtout si c'est pour une utilisation en avion où le contrôleur travaille beaucoup plus que sur un planeur. Si la consommation au sol est de 40 A, choisir un contrôleur capable d'encaisser 50 ou 60 A.