



MOTORISATION BRUSHLESS

POUR AVION MODÈLE RÉDUIT

À PROPULSION ÉLECTRIQUE

Février 2008

Document inspiré par :



Article de Franck Aguerre : Modèle Magazine, octobre 2007

Article de Marck Krieff : RC Pilot, novembre 2006

Livre de Gilles Brocard :
New Power Modélisme Edition.



Exposé présenté en 2 parties :

-Préliminaire : le relevé des caractéristiques utiles des composants de la motorisation

-Choisir sa motorisation en 5 étapes.



Méthode simplifiée pour choisir sa motorisation.

Préliminaire : Les caractéristiques des batteries LiPo

- Une batterie est *formée d'éléments câblés en série, et parfois en parallèles.*
- Chaque élément a pour caractéristiques :
 - la valeur de *sa tension nominale* = 3,7 volts
 - la valeur de sa *tension en pleine charge* = 4,2 volts
 - la valeur de sa *tension minimale de décharge* : environ 3 volts
 - la valeur de sa *capacité, nommée C*, en milli ampères heure.
c'est la *valeur du courant qu'elle peut débiter pendant une heure.*
 - la valeur du *courant maximum utilisable* en nombre de C.



2 éléments en série : tension nominale 7,4 volts

Capacité 1700 mAh, peut fournir 1,7 ampère pendant 1 heure, ou 17 ampères pendant 1/10 heure = 6 minutes

Courant maximum 20C = 20 x 1700 mA = 34 ampères

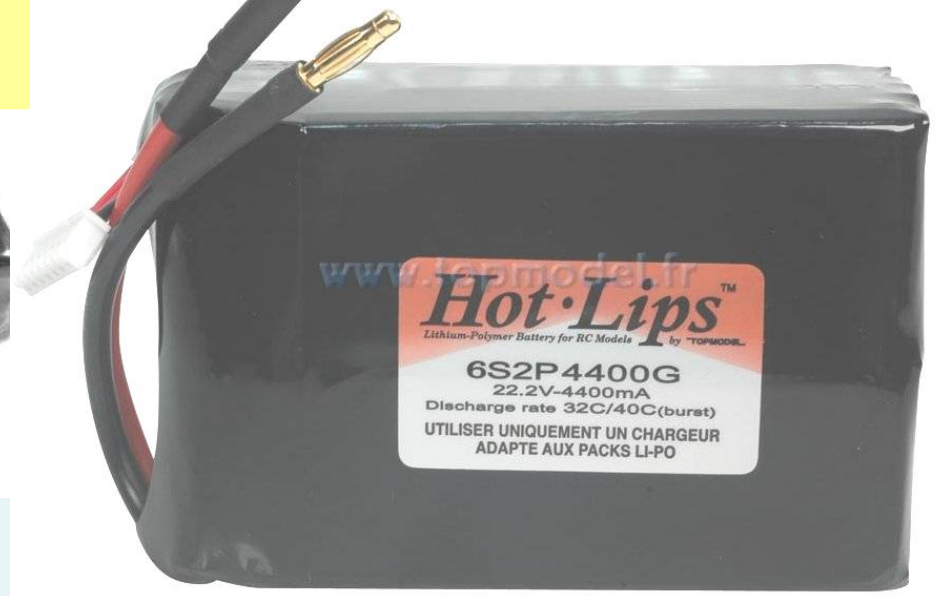
Exemples de batteries



Tension nominale : 11,1 volts = 3 éléments en série.

Capacité 3200 mAh , peut fournir 3,2 A pendant 1 heure ou 6,4 A pendant une ½ heure, ou 32 A pendant 1/10 heure.

Courant maximum = 12 C : $12 \times 3200 = 38,4$ ampères



6S2P = 12 éléments formés de 2 chaînes parallèles de 6 éléments en série : tension nominale de 22, 2 volts

Capacité 4400 mAh , peut fournir 4,4 A pendant 1 heure ou 8,8 A pendant une ½ heure, ou 44 A pendant 1/10 heure.

Courant maximum ***indiqué*** 70,4 A
La notation 32 C prête à confusion :
 $32 \times 4400 = 140,8$ ampères, alors qu'il faut prendre 32 fois un élément de 5 2200 mAh.

Recommandations tirées des articles de revues modélistes pour **préserver la durée de vie de la batterie** :

- **éviter de porter le courant aux valeurs « burst »** (valeur de pointe)
- **éviter d'utiliser pendant des durées importantes des courants dépassant 15C**, même si les indications le permettent : des températures nocives supérieures à 60°C peuvent être atteintes.
- **pour améliorer la durée des vols**, on peut recommander de limiter le courant maximum à 10C environ.

Valeurs numériques utilisées dans **la méthode simplifiée**

Une batterie utilisée dans **la propulsion fournit un courant important** : on observe à ses bornes **une diminution de tension** due à sa résistance interne.

Dans **cette méthode on admet** qu'en utilisation

La tension aux bornes de **chaque élément est de 3,5 volts**.

Méthode simplifiée pour choisir sa motorisation.

Préliminaire : **Le contrôleur :**

il transmet et contrôle la puissance de la batterie vers le moteur.

Ses caractéristiques : (au besoin les lire et les vérifier sur la notice)

- Il a une **limite de tension**
- Il a une **limite de courant**
- A-t-il une **fonction BEC** ? Dans ce cas pas de batterie additionnelle pour la réception. (Si la batterie Lipo a 4 ou plus d'éléments, il faut souvent l'annuler, les composants risquent de surchauffer)
- Le **couplage est-il OPTO**. Le risque de transmission de parasite vers la réception est diminué, mais il faut une batterie de réception séparée.
- Y a-t-il un **réglage de TIMING**. Un TIMING élevé (ou hard) augmente un peu la vitesse du moteur mais diminue son rendement. Souvent un TIMING bas (low ou soft) est recommandé pour un moteur à faible nombre de pôles, un TIMING élevé (high ou hard) pour un moteur à 12 pôles. Mais il ne semble pas que ce soit une nécessité
- Vérifier **si la programmation existe**, est si elle est facile.

Exemple de contrôleur : pour indoor ou parkflyer

Type: FLY-20A

- Weight: 18g
- Size: 32 x23 x7 mm
- Constant Current:20A
- Max Current:25A (for ten seconds)
- FET: 12
- BEC: Yes, 2A
- PWM: 8 KHz
- Input: 2 to 3 Li-Po, or 6 to10Ni-MH/Ni-Cd

Dans la notice :



limite de tension : fonctionne pour 2 ou 3 LiPo

limite de courant : 20 A, ou 25 A en pointe

Dispose de la fonction **BEC**

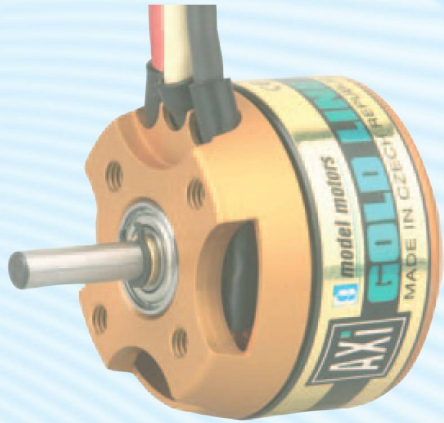
Limites de tension et de courant sont précisées sur le contrôleur.

Il faut ensuite **lire le manuel** pour voir :

- « **Break mode** » : le moteur peut être ou ne pas être freiné en position gaz réduits
- Il existe **2 mode de Timing** : soft timing et hard timing
- La **programmation** s'effectue par des mouvements du manche des gaz.

Méthode simplifiée pour choisir sa motorisation.

Préliminaire : Le Moteur Brushless : Caractéristiques utiles.



AXI 2208/xx GOLD LINE

Ce moteur est nommé **outrunner** : le rotor est externe

Pour la méthode simplifiée on note :

- Le **poids** du moteur
- Le **courant maximum** qu'il peut supporter
- La **valeur de Kv** permet de savoir la vitesse de rotation .

A vide la vitesse de rotation $N = Kv \times V_{\text{batterie}}$ en tours par minutes.

Avec l'hélice, en pleine puissance, la valeur de **Kv** est réduite d'environ **0,85** par l'augmentation du flux magnétique dans le moteur et **encore de 0,85** par la perte de puissance dans les bobines et le circuit magnétique.

On utilisera pour la vitesse de l'hélice $N = Kv \times 0,85 \times 0,85 \times V_{\text{batterie}}$

- Le **rendement du moteur**. S'il n'est pas précisé, on prend **75% pour un petit moteur** (< 300W), **80% pour un moyen** (300 à 1 kW), **85 % pour un gros** (> 1kW).

Méthode simplifiée pour choisir sa motorisation.

Préliminaire : L'hélice.

La méthode simplifiée utilise le **diamètre** et le **pas**

Leur valeur peut être donnée en **pouces** ou en **centimètre**. **1 pouce = 2,54 cm.**

Par exemple : hélice **8'' x 6''** ou hélice **20cm x 15cm** (le chiffres sont arrondis)

Pour lier les **propriétés aérodynamiques de l'hélice à la puissance** et à la vitesse du moteur nous aurons besoin de 3 formules, citées par exemple par F. Aguerre.

$$P_h = 500 \times \text{Diam}^4 \times \text{Pas} \times \text{Nt}^3$$

P_h = puissance fournie à l'hélice

$$T_h = 4,9 \times \text{Diam}^3 \times \text{Pas} \times \text{Nt}^2$$

T_h = traction de l'hélice avion arrêté.

$$V_h = 60 \times \text{Pas} \times \text{Nt}$$

V_h = vent d'hélice ou vitesse de
vissage de l'hélice dans l'air.

P_h en watts; T_h en kilogrammes; V_h en kilomètres par heure;

Diam(ètre) et Pas en mètres; **Nt** en milliers de tours par minute. ¹⁰

Méthode simplifiée pour choisir sa motorisation.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

Principe de la méthode : Choisir la motorisation dont la puissance maximale (c.à.d "gaz à fond") correspond aux critères que l'on désire.

1ère étape : Mettre **en chiffres les caractéristiques** souhaitées pour l'avion

On détermine la **puissance maximale demandée à la batterie**.

2ème étape : **Choisir le moteur d'après sa puissance indiquée ou**

d'après la tension et le courant maximum de son utilisation

3ème étape : **Choisir la batterie** : nombre d'éléments et la capacité.

On utilise : la **Puissance = Tension x Courant**

4ème étape : **Choisir le contrôleur**

d'après la tension et le courant maximum qu'il peut supporter.

5ème étape : **Choisir le diamètre et le pas de l'hélice.**

Quelques **formules ou tables de calcul** permettent de faire le bon **choix**.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

1ère étape : Mettre **en chiffres les caractéristiques** souhaitées pour l'avion

Prévoir le poids approximatif de l'avion fini :

- en le comparant à un autre modèle qui lui ressemble
- ou prendre la masse de l'avion sans motorisation et multiplier par 1,5.

La batterie devra fournir une puissance proportionnelle au poids de l'avion, et au type d'avion que l'on construit. **Les critères usuels** sont sur le tableau suivant, dressé **d'après l'expérience modéliste**.

Le tableau indique **l'ordre de grandeur de la vitesse de vol** suivant le type d'avion.

	Puissance par Kilo (W/kg) Vitesse de vol standard (km/h)					
Modèle / vol	Sécurisant		Dynamique		Démonstratif	
Planeur	100	40	150	60	200	80
Avion	150	60	200	90	250	120

Avion pour vol 3D : plus de 300 W/kg

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

1ère étape : Exemples pour deux modèles

Avion Indoor : vol de type 3D

- Masse totale prévue 260g
- Puissance désirée 320 W/kg
- La batterie devra fournir
 $320 * 0,26 = 83,2$ watts.



Motoplaneur, vol de plaine

- Masse totale prévue 600g
- Puissance désirée 125 W/kg
- La batterie devra fournir
 $125 * 0,6 = 75$ watts.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

2ème étape : Choisir le moteur d'après sa puissance indiquée ou d'après la tension et le courant maximum de son utilisation

La **puissance maximale possible indiquée pour le moteur** doit être **égale ou un peu supérieure** à la puissance que lui **envoie la batterie**.

Si la puissance maximale n'est pas indiquée, ou si on veut être plus précis :

- **noter le nombre maximum d'éléments LiPo** admissible pour moteur
- **noter le courant maximum admissible** (pendant 20 à 60 secondes)

Puissance maximale = tension maximale * courant maximum

Puissance maximale = nombre d'éléments maximum * 3,5 * courant maximum

Critère de choix : la puissance admissible du moteur est surtout limitée par son échauffement.

Avion très puissant type 3D : la puissance max est utilisée rarement, on peut choisir un moteur de puissance max égale à la puissance trouvée en 1ère étape.

Avion à vol rapide : une puissance importante est souvent utilisée, le moteur devrait avoir une puissance max d'environ 1,15 fois la puissance de la 1ère étape.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

2ème étape : Exemple de choix le moteur d'après une liste
qui pourrait être beaucoup plus longue.

Avion Indoor type 3D : puissance moteur $\geq 83,2$ watts.

Motoplaneur: puissance moteur $\geq 75 * 1,15 = 86,25$ watts

Moteur Nom	LiPo	Vitesse RPM/V	Rendement Max	Courant de bon rendement		Courant Max	Tension max Lipo chargée 3,5 V/élément	Puissance électrique maximale	Masse avec câbles
AXI 2203/46 GOLD LINE	2	1720	75%	2,5 - 7 A	(> 69 %)	8,5 A / 20 s	7	59.5 W	18,5 g
AXI 2203/52 GOLD LINE	2	1525	74%	2 - 5,5 A	(> 69 %)	7 A / 20 s	7	49 W	18,5 g
Nano Cyclon CPLR Edition	2	1900				7	7	49 W	17g
Micro Cyclon CPLR Edition	2 - 3	1600				10	10.5	105 W	27g
Booster 04 NPM	2 - 3	980		3 - 6,5 A			10.5	?	40 g
BlackStar NPM	2 - 3	1500				12 A	10.5	126 W	56 g
MicroDan MK25053D		1160	81%à4A			10?	10.5	105 ?	32g
MicroDan MK25103D	2 - 3	980	85%à4,5A			12?	10.5	126 W ?	54 g
AXI 2204/54 GOLD LINE	2 - 3	1400	77%	2 - 6 A	(> 67 %)	7,5 A / 30 s	10.5	78.75 W	25,9 g
AXI 2208/20 GOLD LINE	2 - 3	1820	82%	8 - 12 A	(> 75 %)	16 A / 60 s	10.5	168 W	45 g
AXI 2208/26 GOLD LINE	2 - 3	1420	82%	5 - 9 A	(> 74 %)	11 A / 60 s	10.5	115.5 W	45 g
AXI 2208/34 GOLD LINE	2 - 3	1100	81%	4 - 7 A	(> 74 %)	8 A / 60 s	10.5	84 W	45 g

Choix :

Avion Indoor : moteur **Micro Cyclon**, le plus léger de puissance suffisante

Motoplaneur: moteur **Axi 2208/26**, marge de puissance confortable,
poids intéressant << poids avion fini /10.

Quelques précisions pour choisir :

-Le choix fait ici tient compte essentiellement de **la puissance et du poids du moteur**.

-En pratique **la disponibilité du moteur** chez les revendeurs et **son prix** seront des critères supplémentaires importants.

- **Remarque :**

Il n'est pas utile d'utiliser un moteur dont la **puissance possible est beaucoup plus forte que la puissance nécessaire** pour 2 raisons : **il est plus lourd** qu'un moteur de même type moins puissant, **son rendement peut baisser notablement** si, en moyenne, il se trouve utilisé en dessous d'une valeur voisine de 1/4 à 1/5 de sa puissance maximale ;

c'est une **mauvaise utilisation de l'énergie disponible dans la batterie**.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

3ème étape : Choix d'une batterie LiPo qui convient au choix du moteur

4 caractéristiques déterminent le choix d'une batterie :

- Le nombre d'éléments, -le courant maximum, -la capacité, -le poids

-Le nombre d'éléments est le maximum pour le moteur choisi elle permet d'utiliser la puissance maximale.

-Le courant maximum doit être supérieur à celui qui donne la puissance maximale.

-La capacité C détermine la durée de vol. Un bon usage est de choisir une valeur de C égale ou légèrement supérieure à 1/10 du courant maximum utilisé.

-Le choix d'une forte capacité augmente l'autonomie mais aussi le poids.

Une valeur raisonnable du poids de batterie est de 1/5 à 1/4 du poids total en vol.

Remarque :

Le **courant maximum** est lié à la **capacité** par la spécification 12C, 20C et bien sûr la **capacité** est liée au **poids**. L'**autonomie** est directement liée à la **capacité**. On est souvent amené à faire un **compromis** entre ces caractéristiques, en y ajoutant celles de la **disponibilité et du prix**.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

3ème étape : Exemple de choix de batterie

Avion Indoor type 3D et Motoplaneur: dans les 2 cas les moteurs demandent
3 éléments → Batterie type 3S ou 11.1 volts

Pour le Motoplaneur : Puissance = Tension * Courant

Puissance voulue = 75 watts, Tension à fort courant = $3,5 * 3 = 10,5$ volts

Valeur du courant = Puissance/Tension = $75 / 10,5 = 7,143 \approx 7,2$ Ampères

$\frac{1}{4}$ du poids total = $600 / 4 = 150$ g

Pour l'Avion Indoor : Puissance = Tension * Courant

Puissance voulue = 83,2 watts, Tension à fort courant = $3,5 * 3 = 10,5$ volts

Valeur du courant = Puissance/Tension = $83,5 / 10,5 = 7,95 \approx 8$ Ampères

$\frac{1}{4}$ du poids total = $260 / 4 = 65$ g

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

3ème étape : **Exemple de choix de batterie d'après une liste**
qui, avec d'autres marques, pourrait être beaucoup plus longue.

Hot Lips 3S				Torpedo 3S			
Capacité	Courant max	Courant max	Poids	Capacité	Courant max	Courant max	Poids
mAh	de décharge	en Ampères		mAh	de décharge	en Ampères	
360 mAh	25 - 30C	9 A	40 g				
600 mAh	25 - 30C	15 A	65 g				
750 mAh	25 - 30C	18,75 A	75 g	800 mAh	15 - 25C	12 A	64 g
1000 mAh	25 - 30C	25 A	79 g	1000 mAh	20 - 35C	20 A	92 g
1300 mAh	20 - 25C	26 A	104 g	1300 mAh	20 - 35C	26 A	120 g
1700 mAh	20 - 25C	34 A	135 g	1800 mAh	20 - 35C	36 A	160 g

Hors critères de disponibilité et de prix, mes préférences :

-Avion Indoor : **Hot Lips 600mAh** ou **Torpedo 800mAh** pour limiter le poids.

-Motoplaneur : Batteries de **1300, 1700 ou 1800 mAh**. Celle de **1300 mAh favorise la légèreté**, celles de **1700 ou 1800 mAh favorisent l'autonomie**.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

4ème étape : Choix d'un contrôleur

2 caractéristiques doivent impérativement être satisfaites :

- La tension maximale qu'il supporte doit être égale ou supérieur à la tension de la batterie déjà choisie.
- Le courant maximum qu'il supporte doit être égale ou supérieur au courant maximum qu'il est prévu d'utiliser.

Caractéristiques optionnelles :

S'il y a un **réglage de Timing**, on dispose d'un léger réglage de la puissance maximale et du rendement de la motorisation.

Si l'on utilise une **batterie de plus de 4 éléments LiPo**, attention : la liaison BEC risque de chauffer. **Une liaison OPTO** est intéressante pour **limiter la transmission de parasites électriques** vers le récepteur.

Examiner si la méthode de programmation du frein, du timing, de la sécurité de limite de décharge est **facile**, noter son poids

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

4ème étape : Exemple de choix d'un contrôleur dans la marque Jetti
il existe beaucoup d'autres marques.

Contrôleur Jetti		Nombre de NiCd/NiMh, tensions fonctionnelles	Courant max, continu/pointe (en A)	Taille en mm	Poids sans ou avec câbles (g)	Résistance interne (mΩ)	BEC (A)	FET	B r a k e
Prog Card	PCARD	-	-	-	-	-	-	-	
ADVANCE 04 plus	A04	6 - 8 NC / 2 - 3 LiPo / 5 - 13 V	4 / 6	25x17x4	2 / 6	14+18	2	6	
ADVANCE 08 plus	A08	6 - 10 NC / 2 - 3 LiPo / 5 - 14 V	8 / 10	32x23x6	5 / 9	10+14	2	6	
ADVANCE 12 plus	A12	6 - 10 NC / 2 - 3 LiPo / 5 - 14 V	12 / 14	32x23x6	8 / 13	12+16	2	6	
ADVANCE 18 plus	A18	6 - 10 NC / 2 - 3 LiPo / 5 - 14 V	18 / 20	32x23x7	17 / 22	5+7	2	12	
ADVANCE 30 plus	A30	6 - 10 NC / 2 - 3 LiPo / 5 - 14 V	30 / 33	42x23x7	21 / 30	3+4	2	18	
ADVANCE 40 plus	A40	6 - 12 NC / 2 - 3 LiPo / 5 - 17 V	40 / 44	52x25x11	34 / 44	2,5+2,5	3	24	
ADVANCE 70 plus	A70	6 - 12 NC / 2 - 3 LiPo / 5 - 17 V	70 / 75	52x25x14	41 / 54	1,3+1,3	3	48	
ADVANCE 40 opto plus	A40opto	6 - 16 NC / 2 - 5 LiPo / 5 - 24 V	40 / 44	52x25x10	25 / 34	2,5+2,5	-	24	
ADVANCE 70 opto plus	A70opto	6 - 16 NC / 2 - 5 LiPo / 5 - 24 V	70 / 75	52x25x12	34 / 44	1,3+1,3	-	48	
ADVANCE 77 plus	A77	8 - 32 NC / 3 - 10 LiPo / 7 - 42 V	75 / 80	52x25x14	41 / 54	1,6+1,6	-	72	
ADVANCE 90 plus	A90	14 - 32 NC / 4 - 10 LiPo / 14 - 42 V	90 / 100	65x55x17	75 / 90	1,2+1,2	-	48	
ADVANCE 90 up to 12Li-Po	A90+	14 - 36 NC / 4 - 12 LiPo / 14 - 46 V	90 / 100	65x55x17	75 / 90	1,2+1,2	-	48	

On/off possibility
 Ein/Aus Schaltung
 Lze nastavit zapnut/vypnuto

Avion Indoor : choix possible **Advance 08**. Motorisation demande de temps en temps 8A, c'est la valeur qu'il supporte en continue il ne chauffera pas trop. Il est léger : 9 grammes avec les câbles.

Motoplaneur : choix possible **Advance 12**. La consommation à courant maximum > 7 A dure tout le temps d'une montée, il vaut mieux prendre une marge sur le courant maximum pour éviter un échauffement.

Les 2 types de contrôleurs ont une fonction **BEC de 2 ampères** : ils peuvent alimenter 4 servomécanismes classiques. Pas besoin de batterie de réception séparée.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

Petit bilan avant de continuer

Faire un bilan de masse :

-On avait **prévu une masse totale** pour l'avion.

Normalement (**au moins sur catalogue**) on dispose de :

- la **masse de la cellule**

- la **masse de la motorisation** puisque la **batterie**, le **moteur**, le **contrôleur** sont choisis.

- on ajoute **quelques grammes pour l'hélice** pour obtenir une **valeur réaliste de la masse de l'avion**



Si la valeur de masse est différente de la valeur prévue :
Sachant la puissance de la motorisation **on recalcule la puissance au kilo.**

Si la nouvelle valeur est dans la fourchette du type d'avion que l'on veut : **on continue, pour le choix de l'hélice.**

Si elle ne convient pas, **on reprend le calcul de la puissance nécessaire à la 1ère étape.**

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

5ème étape : Choix d'une hélice appropriée

Remarque :

D'après les formules : A puissances d'hélice égales

- augmenter le diamètre et réduire le pas favorise une forte traction

- augmenter le pas et réduire le diamètre favorise la vitesse.

- Pour une bonne aérodynamique de l'hélice, son pas doit être environ entre la valeur du diamètre et la moitié de cette valeur : $Diam/2 \leq Pas \leq Diam$.

Si ce n'est pas le cas, il faut revenir choisir un moteur de Kv différent.

Il faudra évaluer la puissance que reçoit l'hélice :

Puissance d'hélice =

Puissance fournie par la **batterie** * **rendement de contrôleur** * **rendement du moteur**

Prendre le rendement approprié du moteur, et le rendement contrôleur de l'ordre de 0,98.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

5ème étape (Suite) : Choix d'une hélice appropriée

La résolution des formules n'est pas faite à la main, mais dans un tableau de calcul Excel.

Il suffira d'y entrer les paramètres des éléments de la motorisation et d'examiner s'ils satisfont les critères désirés.

La **démarche est différente** pour un modèle 3D ou pour un modèle classique.

Pour le modèle 3D

il faut que **la traction à l'arrêt dépasse le poids total** du modèle afin de 'Torquer' et repartir.

On procède au calcul avec le **petit pas** qui favorise la traction **Pas = Diam/2**

Le procédé va être détaillé dans l'exemple qui va suivre.

5ème étape : Choix d'une hélice appropriée pour le **MODELE INDOOR 3D**

Calcul simplifié de la motorisation d'un avion.						
Avion :	Masse totale en kg	0.26	Kilos	Puissance batterie	83.2	Watts
	Watt / kilo	320				
Moteur	Kv	1600	Tr/mn/V			
	Rendement	0.75		Puissance à l'hélice	61	Watts
Batterie :	Nombre de Lipo	3		Courant de batterie	7.9	Ampères
				Vitesse moteur	12138	Tr/mn
				Vent d'hélice obtenu	65	km/h
				Pas imposé = Diam/2		
hélice en pouces		Calculée		Pas	3.5	" 9.0 cm
				Diamètre	7.1	" 17.9 cm
		Choisie		Pas	3.5	
				Diamètre	6.7	
Feuille protégé par mot de passe : yyy						
Les résultats ne sont qu'approximatifs, en raison de nombreuses simplifications.				Traction hélice calculée	0.37	kilo
				Rapport traction/masse	1.44	
				Traction de l'hélice choisie		
				Si la vitesse moteur est inchangée	0.32	Kilo

Aux catalogues on trouve les hélices les plus voisines :

Graupner Slowfly Prop : 6,7 x 3,5 ou **GWS 7 x 3**

Le fichier
Motorisation_simplifíee3D_CAM.xls
fait les calculs.

Attention toutes ces formules sont simplifiées : le résultat réel est proche mais rarement identique. Une **mesure du courant et de la vitesse du moteur** est utile.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

5ème étape (Suite) : Choix d'une hélice appropriée

Pour **un modèle classique** on cherche d'abord à **assurer une vitesse de vol** qui correspond au type d'avion que l'on construit

La **vitesse de vol** que l'on obtient est de l'ordre de **0,8 * vent d'hélice**.

La formule du vent d'hélice permet de **calculer le pas**.

Ayant le Pas on calcule **le diamètre**.

Pour cela on entre les paramètres des éléments de la motorisation dans le fichier Excel.

Dans les résultats on examinera **la valeur de la traction obtenue**.

Traction supérieure au 1/3 du poids du modèle,

elle assure **un décollage convenable,**

une **traction proche de la moitié** du poids est meilleure.

Si ce n'est pas le cas on peut :

- **choisir une plus forte puissance** de la motorisation
- ou **essayer une moteur de Kv différent.**

5ème étape : Choix d'une hélice appropriée pour le **MOTOPLANEUR**

Calcul simplifié de la motorisation d'un avion.						
Avion :	Masse totale en kg	0.6	Kilos	Puissance batterie	75	Watts
	Watt / kilo	125				
	Vitesse	50	km/h			
Moteur	Kv	1420	Tr/mn/V			
	Rendement	0.75		Puissance à l'hélice	55	Watts
Batterie :	Nombre de Lipo	3		Courant de batterie	7.1	Ampère
				Vitesse moteur	10772	Tr/mn
				Vent d'hélice souhaité	63	km/h
Hélice en pouces		Calculée		Pas	3.8	" 9.7 cm
				Diamètre	6.8	" 17.4 cm
feuille protégée par mot de passe : yyy				Rapport Pas / Diamètre	0.56	
		Choisie		Pas	4	
				Diamètre	7	
Commentaires :	Le rapport pas / diamètre est		bon			
Les résultats ne sont qu'approximatifs, en raison de nombreuses simplifications.				Traction hélice calculée	0.29	kilo
				Rapport traction/masse	0.48	
				Traction de l'hélice choisie		
				Si la vitesse moteur est inchangée	0.32	Kilo

Attention toutes ces formules sont simplifiées : le résultat réel est proche mais rarement identique. Une **mesure du courant et de la vitesse du moteur** est utile.

Méthode simplifiée pour choisir sa motorisation.

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

Conclusion de cette présentation.

Cette méthode utilise des données globales des motorisations électriques.

Elle permet un choix pertinent des composants de la motorisation.

Son défaut de précision se manifeste le plus souvent à la dernière étape : **le choix de l'hélice.**

C'est pour cela qu'une mesure du courant du modèle à l'arrêt **est sage** pour éviter de dépasser le courant toléré par la batterie, le contrôleur ou le moteur.

Si le courant est trop fort, on le diminue en réduisant d'une valeur dans le catalogue des constructeurs le diamètre ou le pas de l'hélice

Si le courant est trop faible, c'est un signe de puissance insuffisante, on l'augmente en augmentant d'une valeur dans le catalogue des constructeurs le diamètre ou le pas de l'hélice

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

5ème étape : Choix d'une hélice appropriée pour le **MODELE INDOOR 3D**

Puissance de batterie choisie $P_{batt} = 83,2$ watts.

Puissance transmise à l'hélice $P_h = 83,2 * 0,98 * 0,75 = 61,152 \approx 61$ watts

Vitesse moteur $N = 0,85 * 0,85 * K_v * V_{batt} = 0,85^2 * 1600 * 10,5 = 12138$ tr/mn

et en milliers de tours/minutes $N_t \approx 12,14$

Avec $Pas = Diam/2$ la formule de puissance d'hélice devient :

$P_h = 500 * Diam^{5/2} * N_t^3$ soit $Diam = (P_h / N_t^3 / 250)^{1/5}$.

$Diam = (61 / 12,14^3 / 250)^{1/5} = 0,168$ m = **6,6 pouces** pour un **pas de 3,3 pouces**

Aux catalogues on trouve les plus voisines :

Graupner Slowfly Prop : 6,7 x 3,5 ou **GWS 7 x 3**

La traction de la première est

$T_h = 4,9 * (0,0254 * 6,7)^3 * (0,0254 * 3,5) * 12,14^2 = 0,316$ kg

La traction de la seconde est

$T_h = 4,9 * (0,0254 * 7)^3 * (0,0254 * 3) * 12,14^2 = 0,309$ kg

} **Les 2 sont**
} **valables.**

Attention toutes ces formules sont simplifiées : le résultat réel est proche mais rarement identique. Une **mesure du courant et de la vitesse du moteur** est utile.

Si l'on veut vérifier à la

calculatrice le travail effectué par
Motorisation_simpliffee_CAM.xls

Choisir sa motorisation en 5 étapes.

5ème étape : Choix d'une hélice appropriée pour le **MOTOPLANEUR**

Puissance de batterie choisie **P_{batt} = 75 watts.**

Puissance transmise à l'hélice **P_h = 75 * 0,98 * 0,75 = 55,125 ≈ 55 watts**

Vitesse moteur **N = 0,85 * 0,85 * Kv * V_{batt} = 0,85² * 1420 * 10,5 = 10772 tr/mn**

et en milliers de tours/minutes **N_t ≈ 10,8**

Vitesse de vol désirée 50 km/h, entre sécurisant et dynamique du tableau.

Vent d'hélice V_h = Vitesse de vol / 0,8 = 50 / 0,8 = 62,5 km/h.

Formule **V_h = 60 * Pas * N_t** soit **Pas = V_h / 60 / N_t = 62,5 / 60 / 10,8 = 0,0964m ≈ 3,8 pouces**

On choisit une valeur voisine des catalogues : **4 pouces.**

Formule puissance d'hélice est : **P_h = 500 * Diam⁴ * Pas * N_t³**

soit **Diam = (P_h / Pas / N_t³ / 500)^{1/4}.**

Diam = (55 / (4 * 0,0254) / 10,8³ / 500)^{1/4} = 0,171 m = 6,74 pouces

On peut utiliser une **hélice 7 x 4** présente dans plusieurs catalogues.

La traction prévue devient **Th = 4,9 * (0,0254 * 7)³ * (0,0254 * 4) * 10,8² = 0,326 kg**

Valeur tout à fait correcte, légèrement supérieure à la moitié du poids du modèle.

Attention toutes ces formules sont simplifiées : le résultat réel est proche mais rarement identique. Une **mesure du courant et de la vitesse du moteur** est utile.