

Bienvenue au 1^{er} Electro Rookie



**Thème de cette soirée:
Comprendre la propulsion électrique
Ou
Comment choisir sa motorisation électrique**

1	INTRODUCTION	1
2	DÉFINIR LA NOTION DE VOLTS, AMPÈRES, WATTS.	2
2.1	Comment calculer la puissance électrique ?	3
2.2	Qu'est-ce que la capacité ?	3
3	COMMENT MESURER LES VOLTS, LES AMPÈRES, LES WATTS, LA CAPACITÉ.	3
3.1	Comment mesurer l'intensité ?	3
3.2	Comment mesurer la puissance ?	4
3.3	Comment mesurer la capacité ?	4
3.4	Autre moyen de mesure en aéromodélisme	4
4	COMMENT OBTENIR UN VOLTAGE DE X VOLTS.	4
5	COMMENT AUGMENTER LA CAPACITÉ D'ÉNERGIE EMBARQUÉE À BORD.	5
6	DÉFINIR LA PUISSANCE NÉCESSAIRE AU VOL DU MODÈLE.	6
7	DIMENSIONNER LE TYPE D'ACCU À UTILISER.	6
7.1	Planifier ses achats intelligemment :	6
7.2	Qu'est-ce la capacité énergétique d'un accu ?	8
7.3	Que signifie la terminologie « 20C » ?	8
7.4	Qualité des cellules vendues sur le marché :	8
7.5	Voltage d'une cellule sous charge :	9
7.6	Calcul du temps de vol :	10
7.7	Choisir ses accus :	11
8	DÉFINIR LE TYPE DE MOTEUR À UTILISER.	11

1 Introduction

Comment choisir sa motorisation électrique ?

Cette question resurgi ponctuellement lors de discussions autour des modèles à propulsion électrique. Il faut aussi comprendre que l'on ne choisi pas ses composants de propulsion (moteur, régulateur, accu, connectique) au hasard, en plus le type de modèle à équiper donnera déjà une base à respecter: Avion, planeur, jet, hélicoptère.

Un des grands avantage des motorisations électrique résident dans le fait que l'on peut panacher les éléments de plusieurs sources, utiliser des moteurs de divers types et grandeur, agir sur le taux de réduction (en lien avec les réducteurs de moteur), la dimension, le nombre de tour par volts, le nombre de cellules de l'accu de propulsion, les dimensions de l'hélice etc...

Par contre la difficulté principale et celle de maîtriser et comprendre le fonctionnement des éléments électrique. Celui qui ne connaît ni la notion de **Watts, Ampères, Volts** et autre, sera bien embarrassé lors de ses choix, mais une bonne partie des réponses peuvent être obtenus sur les notices et autre mode d'emplois d'un modèle.

Les grandes marques et fabricant nous proposent déjà des éléments fort bien adaptés à leur produit, mais ces éléments sont généralement issues de leur propre marque...

Remarque:

Le but de cet article est de vous fournir un guide qui puisse vous aider dans le choix des motorisations et des terminologies du domaine électrique. Cet article ne permet pas de résumer tous les aspects de la propulsion électrique, on touche ici à un domaine bien plus complexe et vaste que les explications fournies ci-dessous. Mais il faut bien débiter en la matière et les divers chapitres seront traités de façon simplifiée, sans trop de détails nuisibles à la bonne compréhension des sujets abordés.

2 Définir la notion de volts, ampères, watts.

Pour qualifier la grandeur du courant, on utilise la notion de **volts** (on parle également de valeur de tension). On peut comparer celle-ci à la dimension d'une conduite d'eau. Un voltage de 2.2 volts pourrait se comparer à un tuyau de 4mm de diamètre intérieur, et un voltage de 220 volts à un tuyau de 400mm.

Les principaux accus que nous utilisons on les tensions nominales suivantes :

Type	Voltage
<i>Au plomb (PB)</i>	2.00
<i>Nickel cadmium (Nid)</i>	1.20
<i>Nickel hybride (Nimh)</i>	1.20
<i>Lipolymère (Lipo)</i>	3.70
<i>Lithium fer (Life04)</i>	3.30
<i>Lithium Ion (lion)</i>	3.60

Pour quantifier l'intensité, nous utilisons la notion **d'ampère**. En reprenant l'exemple du tuyau d'eau, l'intensité correspond à la vitesse d'écoulement du liquide. Si nous avons une faible pression dans notre conduite, l'eau s'écoulera gentiment, et si la pression est importante, l'eau s'écoulera rapidement.

Quand on parle d'ampérage, on arrive à obtenir des valeurs de quelques ampères pour les petites motorisations style indoor, en passant par des valeurs de 30-60 ampères pour les avions et planeurs de catégorie moyenne, jusqu'à des valeurs supérieures à 100 ampères pour les plus gourmands en énergie.

2.1 Comment calculer la puissance électrique ?

Quand on parle de **watts** (soit la puissance), ce n'est que le résultat de la multiplication de la tension en **volts**, par l'intensité en **ampères**. Par rapport à notre conduite d'eau, c'est la section du tuyau que l'on multiplie par la vitesse d'écoulement, ce qui nous donne un débit d'eau donnée. On peut facilement s'en rendre compte avec le tableau suivant :

<i>Voltage</i>	<i>Ampérage</i>	<i>Watts</i>
10.80	16.50	178.20
19.80	48.00	950.40
220.00	9.09	2000.00

2.2 Qu'est-ce que la capacité ?

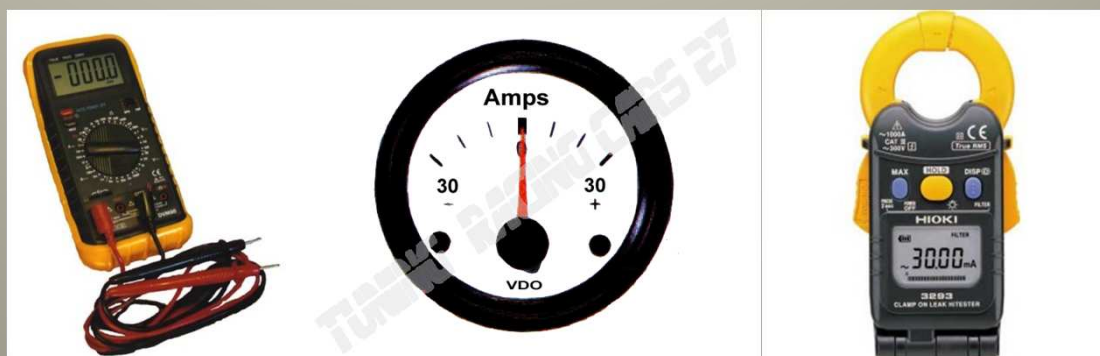
Pour exprimer la **capacité** d'un accu, on parle de capacité en milliampère par heure (exprimé en Mah). C'est la quantité d'énergie stockable dans une cellule. Par rapport aux exemples de fluides, si on possède un bidon de 20 litres de capacité, on pourra y stocker au maximum 20 litres, le surplus va déborder. C'est la même notion pour un accu, par exemple une cellule de 2000 Mah ne pourra pas stocker plus de 2000 Mah, même si on continue de charger celle-ci car le surplus sera détruit par échauffement...

3 Comment mesurer les volts, les ampères, les watts, la capacité?



La mesure du voltage se fait au moyen d'un instrument de mesure, appelé **voltmètre**. On trouve dans le commerce de toute les sortes de voltmètres, et ceci pour tous les budgets. Pour la mesure d'un accu par exemple, on place un câble de mesure sur le pôle positif (+) et l'autre câble sur la borne négative (-). On lira sur l'affichage 1.20V pour un accu **Nimh**, ou 11.1 V sur un accu **Lipo** de 3S (c'est-à-dire 3 accus de 3.7 volts reliés entre eux).

3.1 *Comment mesurer l'intensité ?*



Pour mesurer **l'ampérage**, il faut disposer également d'un instrument de mesure, appelé **ampèremètre**. Certains voltmètres permettent de mesurer également un ampérage, mais ils ne permettent pas de mesurer des fortes valeurs. La meilleure façon de procéder est de disposer d'une **pince ampèremétrique**, et en faisant passer un des câbles positif ou négatif dans le bec de celle-ci, on obtient la valeur. Au vu de l'investissement financier de ces instruments de mesure, il est peut-être utile de faire un achat entre plusieurs utilisateurs, ou un achat dans le cadre d'un club par exemple.

3.2 Comment mesurer la puissance ?



La puissance en **watts** ne se mesure pas dans nos applications aéromodélistiques, elle se calcule comme dans l'explication sous point 1.

3.3 Comment mesurer la capacité ?

Pour mesurer la **capacité** d'énergie stockée dans un accu, on ne peut que procéder par décharge de la cellule, et compter l'énergie restitué par celle-ci. On peut aussi compter la quantité d'énergie apportée à un accu lors de la charge, mais il faut tenir compte de pertes plus importantes que lors de la décharge.

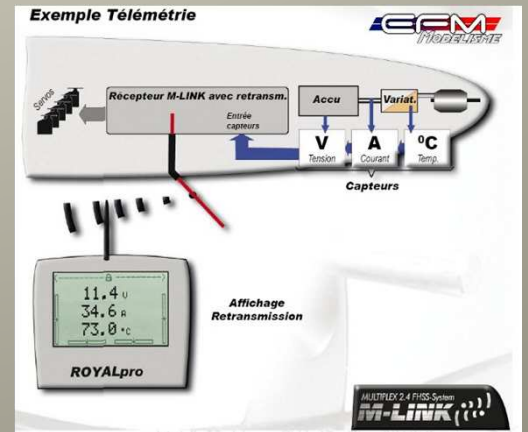
3.4 Autres moyens de mesure en aéromodélisme

Pour nos applications aéromodélistiques, il existe d'autres types d'appareil pour mesurer les courants. Plusieurs fabricants se partagent le marché avec des versions plus ou moins pratique à utiliser. On peut citer en exemple :

Le Wattmeter



Le multimètre embarqué, ou la télémétrie (2.4 Ghz)



Ces appareils peuvent en règle général faire office de voltmètre, ampèremètre, ils calculent la puissance, la capacité écoulee etc... Un avantage du système réside dans le fait que l'on achète un appareil qui fait tout, et certains peuvent aussi s'embarquer à bord des modèles. Le point négatif c'est qu'ils ne peuvent s'utiliser que pour des applications spécifiques.

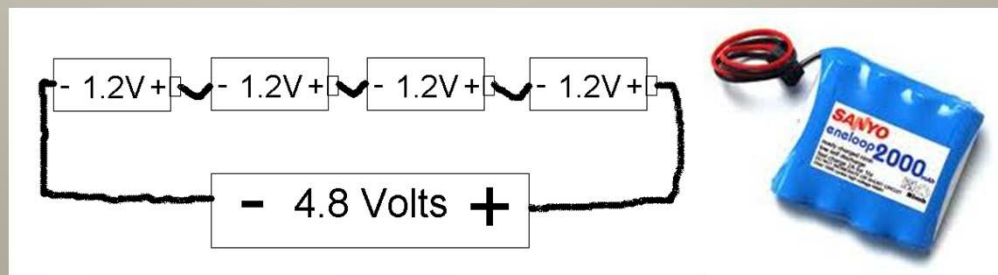
4 Comment obtenir un voltage de X volts ?

Lorsque l'on branche, par exemple son sèche cheveux au secteur électrique domestique, nous sommes dépendant en terme de voltage de la **tension** du réseau, soit 220 V. **L'intensité** (l'ampérage) peut varier selon le type d'appareil qui est branché.

En plus, nous obtenons du courant dit **alternatif**, c'est-à-dire que le pôle positif et négatif change de position toutes les x fois par secondes.

En modélisme, avec nos accus, nous utilisons uniquement du courant **continu**, c'est-à-dire que les pôles ne changent pas de polarité, le pôle positif restant toujours à la même borne de l'accu.

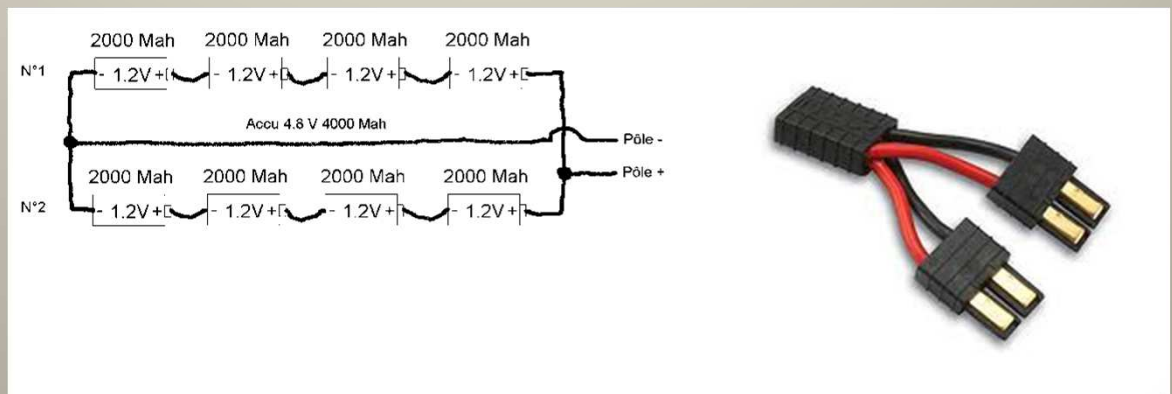
Mais alors me direz-vous, comment fait-on pour obtenir un voltage supérieur à la valeur de la cellule utilisée ? Simplement en connectant plusieurs accus entre eux. Par exemple :



Ce type de connexion s'appelle **branchement en série**. Pour calculer le voltage total, on se réfère toujours à la **tension nominale**, ici 1.2 volts pour une cellule Nimh, ou 3.70 pour une cellule **lipolymère**, que l'on additionne en fonction du nombre d'éléments. On comprendra aussi qu'il sera possible uniquement d'obtenir des voltages qui sont des multiples de 1.20, ou de 3.70 dans le cas d'une cellule Lipo.

5 Comment augmenter la capacité d'énergie embarquée à bord ?

Afin d'augmenter la capacité d'énergie stocké à bord, on ne peut que doubler, tripler, quadrupler etc.... les packs d'accu. Par exemple :



Ce type de connexion s'appelle **branchement en parallèle**. Pour calculer la capacité totale de l'accu on additionne les capacités, selon l'exemple ci-dessus, on aura pour l'accu N°1 2000 Mah + l'accu N°2 2000 Mah, donc nous aurons 4000 Mah de disponible sous 4.8 Volts de tension.

Il est possible de combiner les branchements série et parallèle entre eux, mais il est fortement recommandé d'utiliser des accus de même type et capacité. En plus il faudra veiller d'avoir des accus qui présentent le même degré d'usure, ceci pour avoir un accu global bien équilibré.

6 Définir la puissance nécessaire au vol du modèle.

On devra définir une puissance pour faire voler le modèle, celle-ci pourra varier fortement en fonction du type d'aéronef, de la forme de l'aile, de la trainée, du type de vol attendu, et d'autres facteurs annexes. Nous allons, selon le tableau suivant définir une puissance indicative pour motoriser le modèle, ces données sont issues des expériences faites par les constructeurs de moteurs électriques. Ce tableau ne s'applique pas aux hélicoptères, il s'utilise pour les avions, les planeurs et les jets :

Type d'aéronef	Puissance nécessaire
Avion standard, trainer, de transport	150-200 Watts/kilo
Avion voltige	250-300 Watts/kilo
Avion 3D	350-400 Watts/kilo
Planeur	120-180 Watts/kilo
Planeur hotliner	300-450 Watts/kilo
Jet style A-10, Me-262	200-250 Watts/kilo
Jet sportif	250-350 Watts/kilo
Jet rapide	300-450 Watts/kilo

Si on désire motoriser un avion standard de 2 kilos (poids final en ordre de vol) il faudrait 400 Watts (selon tableau 2x200 Watts) de puissance motrice disponible.

Si on désire avoir un avion de voltige de 2 kilos, il faudrait 600 Watts. Le même avion dédié au vol 3D passerait à 800 Watts. On remarque ici que les puissances varient énormément, et on n'utilisera pas les mêmes composants de motorisation pour un avion de début que celui utilisé en 3D.

7 Dimensionner le type d'accu à utiliser.

Le choix des accus est un élément primordial. Il faut que votre accu puisse délivrer la puissance demandé par le moteur, qu'il ne soit pas trop lourd, d'un encombrement réduit, offrant une capacité de stockage correcte, et supportable pour votre investissement financier ! Autant dire qu'il faut réfléchir à 2 fois avant d'acquérir des accus...

Pour les explications suivantes, nous allons partir du principe que nous utilisons des accus Lipo, car ce sont en ce moment les meilleurs types de cellule de propulsion.

7.1 Planifier ses achats intelligemment :

Lorsque l'on pense acquérir des accus pour motoriser ses modèles électriques, il convient d'étudier la globalité de son parc de modèle, ou à acquérir dans un proche avenir. Il ne faut pas faire l'erreur d'équiper un modèle avec un type d'accu spécifique à cet aéronef, mais plutôt de cibler ses achats pour une utilisation flexible. Par exemple, il ne faudrait pas s'équiper d'accus **2S** (signifie 2 cellules Lipo en série = 7.4 V) 3S, 4S, 5S etc., mais partir sur une base de multiple de 2S (2-4-6-8-10-12) ou 3S (3-6-9-12), ou combiner les 2S et 3S (2-3-4-5-6-8-9-10-12) ce qui vous permet de rationaliser votre équipement. Ainsi en assemblant vos packs séparés dans un modèle, vous pouvez couvrir une très large palette d'utilisation. Je vous rappelle que vous ne pouvez uniquement assembler des packs avec des accus de même type et capacité !

Lors d'achat d'accus pensez à acquérir des cellules de même capacité (par exemple 1200 Mah pour les petits modèles et 2100-2500 Mah pour les plus grands)

Exemples d'emplois d'accus de mon parc à modèles :

Nom	Envergure	Poids	Genre d'accu, poids total de l'accu
Mig-15, Alfa Models	65 cm	530 gr	3S 1200 Mah, 109gr
L-39 albatros, Great Planes	60 cm	520 gr	3S 1200 Mah, 109gr
Sprite, S2G	120 cm	600 gr	3S 1200 ou 2100 Mah, 109gr / 160gr
Funtana 3D, Eflight	110 cm	820 gr	3S 1200 ou 2100 Mah, 109gr / 160gr
Pilatus Pc-6,	120 cm	950 gr	3S 1200 ou 2100 Mah, 109gr / 160gr
Belt Cp, Esky	80 cm	500 gr	3S 2100 Mah, 160gr
Pilatus B4,	300 cm	3000 gr	2x 3S 2100 ou 3300 Mah (=3S2P), 320gr
Blue Ocean, Blue Airlines	330 cm	4000 gr	2x 3S 2100 ou 3300 Mah (=6S), 320gr / 520gr
L-39 Albatros, Savex	120 cm	3600 gr	4x 3S 2100 Mah (=6S2P), 640gr 2x 3S 3300 Mah (=6S), 520gr 8x 2S2P 1250 Mah (=8S4P) ancien modèle 1050gr

Quand on compare les coûts de motorisation entre électrique et thermique, on remarque vite qu'en utilisant ses accus sur plusieurs modèles on arrive à être moins cher qu'une motorisation thermique...

On trouve sur le marché une grande quantité de type de cellule Lipo, qui permettent de couvrir toute la panoplie de modèle en vente, on trouve principalement les capacités suivantes :

Capacité approximative	Utilisation type, pour info :
0-1000 Mah	Indoor-hélico coaxial
1000-1500 Mah	Petits modèles, jet
1500-2500 Mah	Petits avions, de normal à 3D, planeurs, jet
2500-3500 Mah	Avions classe 120, planeurs de plus de 3Kg
3500-5000 Mah	Plus gros modèles, ceux dont le poids n'est pas crucial

Il est bien clair que nous n'allons pas utiliser une cellule 2500 Mah dans un modèle indoor ! Et au contraire on ne pourra pas utiliser une cellule de 800 Mah dans un planeur de 5 kilos. Quand on cible l'achat de ses accus, il faudra sûrement faire une ou deux exceptions, ce sont généralement les petits modèles qui ne supporteront pas les accus trop gros. Je pense que la classe des 0-1000 Mah à sa raison d'être, en plus de cela ce sont des éléments à bas prix, donc on peut en faire abstraction.

7.2 Qu'est-ce la capacité énergétique d'un accu ?

C'est le nombre de « C » qu'une cellule est capable de fournir en continu. Le marché nous offre des accus de différente capacité, mais également d'une robustesse différente. Tous les accus de capacité similaire ne sont pas aptes à restituer de façon similaire l'énergie demandée. On trouve des éléments cotés en **8C**, 10C, 12C, 15C, 20C, 25C, 30C etc.

7.3 Que signifie la terminologie « 20C » ?

Prenons par exemple une cellule Lipo de 2100 Mah à 20C, cela signifie que la capacité de stockage théorique est de 2100 Mah et que la restitution de l'énergie est dimensionnée pour fournir 42 ampères ($20 \times 2100 = 4200$ divisé par 1000) en continu, et ceci sans causer de dégâts à la cellule. Le même type d'accu en 25C restituera au maximum 52.5 ampères sous charge. A titre d'exemple le tableau suivant nous renseigne sur les capacités de quelques cellules :

Type d'accu	Nombre de C en continu	Nombre d'ampères en continu
800 Mah	8 C	6.4 A
1250 Mah	12 C	15 A
1250 Mah	16 C	20 A
1250 Mah	20 C	25 A
1250 Mah	25 C	31.25 A
2100 Mah	20 C	42 A
2100 Mah	25 C	52.5 A
2100 Mah	30 C	63 A

On peut soustraire encore plus d'ampères à la cellule, mais celle-ci risque de se détruire en travail, et même prendre feu en cas de restitution trop importante ! Il est possible, sur toutes les cellules, de dépasser pendant un bref instant (par exemple au démarrage du moteur) la valeur en « C » en continu. Les fabricants indiquent par exemple 20/25C, ce qui signifie 20C en continu et 25C brièvement (15-30 secondes).

Quand on choisi ses éléments, on comprendra facilement qu'on ne peut pas soustraire indéfiniment de l'énergie à un accu. Pour obtenir un apport supplémentaire de watts, il convient soit d'augmenter la capacité de la cellule (en achetant des éléments de plus grande capacité) ou d'augmenter le nombre de cellules à bord par une connexion parallèle

7.4 Qualité des cellules vendues sur le marché :

On constate aussi que le prix des cellules en vente est directement proportionnel aux nombres de « C » que la cellule est capable de supporter, alors il convient d'être prudent lors d'achat d'accus à bas prix. En règle générale on constate qu'un accu bon marché restitue mal son énergie par rapport à un accu plus onéreux. Ici il conviendra de ne pas faire de fausses économies, car une fois acquis, on pourra plus rapporter les accus au magasin !!

Je vous conseille d'acheter des cellules avec 20 C au minimum. Ceci vous permettra d'avoir une plus grande marge de manœuvre si vous comptez les utiliser sur divers modèles.

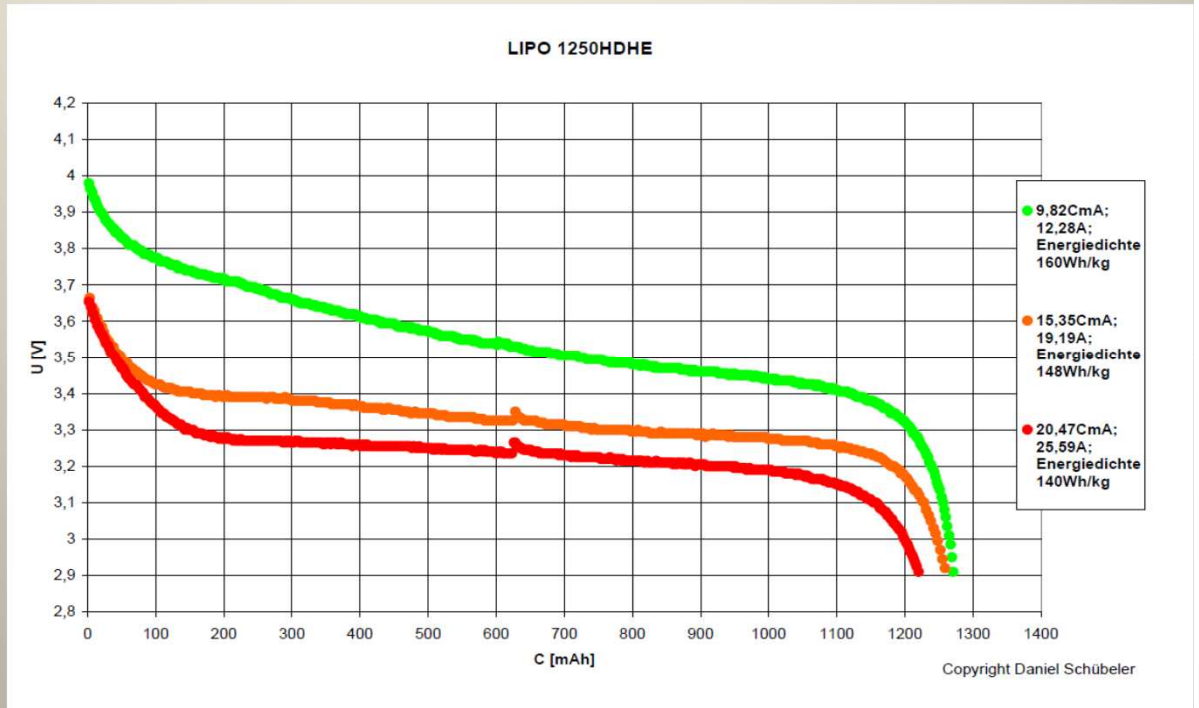
7.5 Voltage d'une cellule sous charge :

Un autre phénomène qu'il faut prendre en compte est la diminution du voltage de la cellule sous charge, et il existe un lien direct entre le nombre de « C » que la cellule supporte et le niveau de tension de sortie en charge.

Explication :

Une cellule Lipo à 3.7 volts au repos, et lorsque l'on met celle-ci en travail on constate une diminution du voltage. A plus on demande d'énergie, a plus le voltage diminuera. Par exemple sur un avion propulsé par un accu 3S, on mesurera un voltage moyen de 10.35 V, ce qui correspond à 3.45 V par éléments. Si on monte une plus grosse hélice sur le même modèle, on obtiendra une diminution plus importante du voltage, par exemple 9.75 V, soit 3.25 V par élément. Bien entendu le nombre d'ampères va aussi augmenter et le moteur fournira plus de travail, soit une traction supérieure que sous 10.35 V.

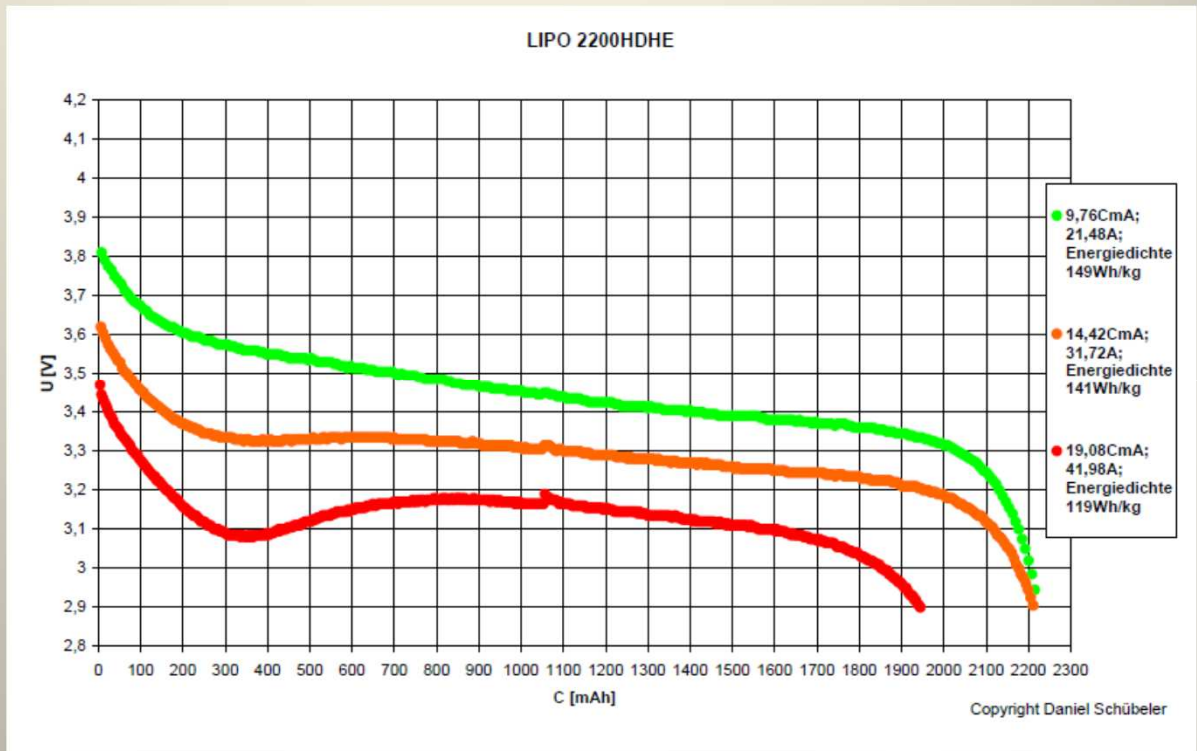
Le tableau suivant montre bien la réaction d'un accu sous charge :



En vert on obtient la courbe de décharge de la cellule avec 12.28 A (9.82 C), et l'on peut constater que nous obtenons environ 3.52 Volts de tension en travail à mi-décharge. On retiendra cette valeur pour effectuer nos futurs calculs.

La courbe orange révèle une intensité de 19.19 A (15.35 C), et l'on prendra 3.33 Volts comme valeur de calcul.

En rouge, on se situe à la limite de la cellule avec 25.59 A (20.47 C), l'on retiendra 3.25 Volts sous charge.



Si l'on compare la cellule de 1250 avec celle de 2200, on retiendra que si on branche un moteur qui consomme environ 20 Ampères, nous obtenons 3.30 Volts de tensions pour la 1250 contre 3.45 Volts pour la cellule de 2200. Cela veut dire, que pour un accu de 3S, la différence de tension se situe à 0.45 Volts en travail... Cette différence peut représenter un grand écart de performance du moteur, surtout pour ceux employés avec des réducteurs, les jets ou les hélicoptères.

Ce genre de courbe de décharge est très important, car elle fournit les valeurs de tension d'une cellule sous charge. Il est dommage que les fabricants de Lipo ne publient pas systématiquement ces courbes. Pour se donner des valeurs de départ pour effectuer ses calculs, il conviendra de choisir une courbe qui se rapproche au mieux des éléments que l'on désire utiliser. Le site de Daniel Schübeler fournit quelques courbes, vous pouvez les consulter sous www.schuebeler-jets.de

7.6 Calcul du temps de vol :

Le temps de vol disponible sur un modèle électrique est aussi important, surtout pour les jets et les hélicoptères. Sur ce type d'aéronef on ne peut que rarement couper la puissance pour économiser l'énergie, contrairement à un planeur ou un avion. Pour calculer le temps de puissance à disposition, nous pouvons procéder selon l'exemple suivant :

- sur un avion nous avons un accu de 2100 Mah, et le moteur consomme en moyenne 24 ampères en travail. Si nous divisons 2100 Mah par 1000, on obtient 2.1 Ah.
Divisons ensuite 2.1 par le courant de 24 A, on obtient 0.0875 qu'il faut multiplier par 60 pour obtenir un résultat en minutes, soit 5.25 minutes (résultat en heures décimales, donc 5minutes et 15 secondes).

Ce calcul de temps de propulsion reste théorique, il faut tenir compte de la diminution de capacité de l'accu au fil du temps, et il est prudent de garder une marge de réserve (env.15%) pour ne pas vider l'accu totalement car les cellules Lipo ne supportent que très mal d'être déchargées en dessous de 3.0 V en travail.

7.7 Choisir ses accus :

En résumé tenez compte de :

- de la puissance nécessaire en watts
- du nombre de « S », et de l'ampérage (vous indiquera la gamme et la capacité des cellules à acquérir). Vous obtenez l'ampérage en divisant la puissance nécessaire en watts par le voltage que restituera votre accu sous charge.
- du poids maximum que les accus doivent avoir. N'oubliez pas que l'accu sert aussi à centrer le modèle sans ajout de plomb !
- de la capacité en Mah désiré (en lien direct avec le temps de vol).
- de la place à disposition dans vos modèles.
- de la classe de prix que l'on est prêt à payer.

8 Définir le type de moteur à utiliser.

Pour définir quel type de moteur on va utiliser, il faudra tenir compte avant tout de la puissance que celui-ci devra délivrer, mais également de ses dimensions et de son poids.

Si on dépasse ce nombre de Watts, le moteur risque de griller... alors il faut de préférence choisir un modèle avec une marge de sécurité. Un avantage indiscutable des motorisations électriques se situe dans la souplesse d'emplois de ceux-ci par rapport au moteur thermiques.

En effet, sur un avion électrique, on peut utiliser une plus grande panoplie d'hélices que sur un thermique. Ceci vous permettra de faire des ajustements finaux au cas où vous dépassez la limite de courant admise, ou de faire varier la force de propulsion à convenance.

Un moteur thermique devrait au mieux être utilisé dans une plage de régime de rotation donné, ce qui correspond à son meilleur régime de ***couple/puissance***, qui ne pourra être atteint qu'avec une ou deux grandeurs d'hélice donné. On pourra tout de même influencer ce régime avec le type d'échappement (sauf pour les 4 temps...), et dans une certaine mesure le pourcentage de nitrométhane contenu dans votre essence... en lien direct avec le prix pour acquérir un litre du précieux liquide !

type	cylindrée	dimensions	Puissance (1Ch=735.499W)
OS 120FS SIII méthanol 4T	20 cm ³		2500 W
FA-150S méthanol 4T	25 cm ³		1840 W
OS 46 méthanol 2T	7.5 cm ³		1200 W
AXI-2532		25x32	700 W
Turnigy 42-60C 500Kv		42x60	900 W
Eflite Power 46 (670Kv)		50x55	700 W (max 40A continu)

Le marché actuel des fabricants de moteurs électriques reste vaste. Nous allons nous concentrer uniquement sur les moteurs dit « **brushless** », ce sont les moteurs qui à l'heure actuel on les meilleurs rendements. Pour certaines utilisations spécifiques, les bons vieux **moteurs au charbon** restent tout à fait d'actualité (par exemple les moteurs de servos !)

Il existe 2 catégories principales de moteurs brushless, les **cages tournantes (outrunner)** et les **rotors tournants (inrunner)**. Les moteurs à rotors tournants sont principalement utilisés sur les avions et planeurs avec réducteur, les jets, et les hélicoptères. Les moteurs accouplés à un **réducteur** sont devenus plus rares, car ils sont plus onéreux (prix de fabrication + prix du réducteur) et lourds que les cages tournantes, par contre on trouve facilement des planeurs équipés de moteur **réducté planétaire** ceci à cause de la faible place à disposition dans les fuselages étroits.

Les moteurs à cage tournante sont devenus moins chers, plus performants et plus léger, on en trouve également sur certains jets à turbine, et aussi sur les hélicoptères, mais ils trouvent principalement leur place dans les avions et planeurs. Ce type de moteur permet de transmettre un couple de rotation important, d'où une utilisation flexible.

Chaque constructeur de moteur donnera les informations suivantes pour indiquer dans quelle catégorie d'aéronef ce modèle est destiné :

- le type de moteur, cage tournante ou rotor tournant.
- son emploi : avion, planeur, jet, hélicoptère,
- en prise directe ou avec réducteur.
- ses dimensions extérieur (en mm).
- le poids (en grammes).
- le diamètre de l'axe (en mm).
- la puissance maximale supportable (en watts).
- le nombre de cellules utilisables (« S » pour les Lipos, « N » pour les Nimh).
- **le nombre de tours par volts (U / Volts ou Rpm / Volts).**

Je vous donne rendez-vous
pour la 2^{ème} partie de notre
Electro Rookie

Merci
pour votre participation

JEAN-LUC VILLARS