Accus Li-Ion et Vape

Par Pascal MACARTY

Table des matières

1. Sécurité 2
2. Lexique 3
3. Capacité, énergie, autonomie, série, parallèle 5
4. Un peu de chimie et d'électrochimie des accus 6
5. Charge et cycle de charge 7
6. Sous-technologies 10
7. Protections et sécurités 12
8. Accus constructeurs et accus rebrandeurs/rebrandés 14
9. Philosophie méca / électro et choix d'accu (et loi d'ohm) 16
10. Parallèle, série ? Sécurité ? Autonomie ? Efficacité ? 21
11. Chargeurs du rédacteur 28
12. Accus du rédacteur 29

Ce document s'adresse à toute personne vapotant / vapant désireuse d'approfondir le sujet des accus.
Ces 29 pages sont une compilation de connaissances, accumulées au sein de la communauté, mais aussi par le fruit de recherches et de réflexion, de lectures de datasheets et de blogs, de visionnages de vidéos, de tutos, etc…
Tout ça m'a fait me rendre compte qu'il manquait quelque chose sur lequel se baser, je n'ai pas la prétention de dire que ce document est LA référence absolue (il faudrait qu'il fasse 500 pages pour ça…au moins), c'est à vous de décider si ce document peut faire office de référence pour notre domaine qu'est le vaporisateur personnel ou « cigarette électronique ».

Je laisse donc ce document partagé sur mon espace OneDrive, en lecture uniquement, accessible à tous.
Si vous avez des suggestions, des critiques, merci de m'envoyer un MP par Facebook (nom sous le titre).

1. Sécurité

Un accu, quelle que soit sa technologie, ou même une pile, est une source d'énergie concentrée qui a besoin d'un élément conducteur pour libérer son énergie.

Il est **important**, pour ne pas dire **vital**, de veiller :

- A ne jamais mettre un ou plusieurs accus dans ses poches (présence de clés, de pièces qui peuvent faire court-circuit)
- A toujours entreposer ou transporter ses accus dans des boîtes les maintenant séparés les uns des autres
- A faire les calculs et mesures nécessaires pour vérifier que le montage effectué ne soit pas en-dehors de la zone de sécurité de l'accu (courant trop élevé, court-circuit))
- A éviter tout contact avec des objets métalliques, des liquides et d'éviter tout choc. Ne jamais utiliser un accu qui a subi un choc l'ayant déformé
- A toujours respecter la polarité indiquée dans le MOD ou dans le manuel d'utilisation
- A faire appel à un spécialiste pour l'initiation à l'utilisation d'un MOD méca
- A toujours verrouiller son MOD méca ou électro en dehors de toute utilisation
- A faire attention au pin positif de l'atomiseur en cas d'utilisation d'un MOD méca hybride (le pin positif doit sortir suffisamment – 1 à 2 mm – du connecteur 510 de l'atomiseur, et il doit être fixe et surtout pas sur ressort). Demander conseil auprès d'un spécialiste.
- A prendre soin de ses accus : nettoyer les contacts de l'accu et du MOD, si des points noirs d'oxydation apparaissent (surtout sur MOD méca), faire appel à un spécialiste !
- A remplacer la gaine plastique de protection (wrap) si celle d'origine est abîmée, et poser une étiquette permettant de savoir de quel modèle d'accu il s'agit, caractéristiques, etc… -> faire appel à un spécialiste ! Ne pas utiliser l'accu si le wrap est abîmé, déchiré.
- A jeter ses accus défectueux dans des conteneurs prévus à cet effet, pas dans des poubelles domestiques.
- A ne pas mettre un accu en bouche (ou dans tout autre orifice)
- A ne pas tenir un accu par ses pôles, mais par son plastique de protection (les doigts ne sont pas toujours propres, et peuvent occasionner une oxydation des contacts des pôles)
- A ne pas utiliser d'accus 18350 ou d'autres « petites » tailles pour des usages impliquant de forts courants.
- On dit souvent que la mise en série de plusieurs accus est dangereuse, et c'est le cas effectivement, mais la mise en parallèle l'est tout autant sans une isolation entre chaque accu (cf. **§ 4** -> court-circuit par construction dentritique, et **§ 10** dédié série et //)
- A ne pas stocker d'accu complètement chargé : un accu chargé à 100% et stocké pour quelques mois avant d'être utilisé se déchargera un peu, et surtout, sa durée de vie s'en retrouvera impactée.
- A ne pas laisser un accu Li-Ion dans une voiture au soleil, ou dans un bagage en soute dans un avion : risque d'incendie ou d'explosion très important ! (Cela concerne la ecig, les batteries pour portables, tablettes, smartphones… lisez les mises en garde de vos appareils pour savoir s'ils sont équipés d'une batterie Li-Ion)
- A veiller à ce que les pôles de vos accus soient propres et sans dommages : si des « points noirs » apparaissent sur le pôle négatif, c'est le signe d'une oxydation par éclairs électriques, créant une résistance supplémentaire dans le circuit (chauffe du switch sur MOD méca)

Dans tous les cas, **réfléchissez avant d'agir**, vos doigts et vos mains vous en remercieront !

2. Lexique

18350, 18650, 26650 :

Les 2 premiers chiffres indiquent le diamètre de l'accu en mm, les 2 suivants la longueur de l'accu en mm, et le 0 final indique le type de « finition » (pôles plats, boutons, avec lamelles, forme différente), même si le 0 est conservé souvent car certaines finitions sont ajoutées dans le circuit de distribution (par exemple, les lamelles sont proposées en option chez Nkon).

mAh, Ah :

milli**A**mpère **h**eure, **A**mpère **h**eure. C'est la capacité de l'accu.

1 Ah est la quantité d'électricité parcourant une section d'un conducteur par un courant d'intensité de 1 ampère pendant 1 heure. Plus ce nombre est grand, plus l'accu pourra fournir de l'électricité pendant plus de temps. Ce nombre a donc une influence sur l'autonomie de l'accu.

5A, 10A, 20A, 25A, 30A :

C'est le courant maximum de décharge continue.

Cette valeur est **à ne surtout pas dépasser** si on souhaite décharger l'accu complètement en une seule fois. C'est-à-dire : on prend un accu complètement chargé, on le place dans un appareil qu'on allume, et qu'on éteint une fois l'accu complètement déchargé. C'est ce qu'on appelle la « décharge continue », la décharge de l'accu se fait sans s'interrompre. Dans la vape, notre usage des accus n'est pas dit « continu », mais en « pulse » : plusieurs petites activations qui vont décharger l'accu par pallier.

En mode « pulse », il est possible d'obtenir des courants supérieurs au courant maximum de décharge continue. Toutefois, il faut s'assurer que l'usage ainsi que le matériel soient totalement sécuritaires (activation accidentelle coupée automatiquement au bout de quelques secondes par exemple, ce qui est impossible avec un MOD méca, et donc l'usage de verrouiller le switch systématiquement permet de parer à cette impossibilité).

1C, 2C, 10C, 30C :

Le nombre indique un multiplicateur, et le C rapporte à la capacité de l'accu. Il faut donc multiplier le nombre avec la capacité en Ah (si 3000mAh alors 3Ah). Le nombre obtenu représente là aussi le courant maximum de décharge continue, cette notation se retrouve surtout sur les accus de type LiPO. Le courant max de charge s'exprime parfois également en C plutôt qu'en A.

20mohm, 18mohm :

milli**ohm** : il s'agit de la résistance interne de l'accu. Un accu est une source d'énergie, malheureusement, celle-ci n'est pas parfaite.

En schématisant, un accu se présente donc comme une source parfaite accompagnée d'une résistance en série.
Conséquence : lorsqu'on alimente un circuit, plus le courant consommé est fort, plus la tension aux bornes de cette résistance interne est importante, et plus la tension aux bornes de l'accu diminue (la tension de la résistance interne se soustrait à la tension de la source parfaite).

IMR, ICR, LiPO : cf. **§ 6** – Sous-technologies

Accus Li-Ion et piles Lithium : attention, ce sont 2 technologies différentes, les accus étant rechargeables, les piles non !

Wh :

Watt-**h**eure, unité de quantité d'énergie consommée par un appareil de 1W pendant 1h. Dans notre quotidien, notre facture d'électricité se base sur les kWh, donc mesure de la quantité d'énergie d'un appareil de 1000W pendant 1h (ou de 1W pendant 1000h).

MOD méca : version la plus simple du vaporisateur personnel. Un boîtier (box) ou un tube, un ou plusieurs accus, un atomiseur.

On distingue le « Full méca » qui est entièrement mécanique (aucun fil ou soudure), le « méca » qui pourra avoir des liaisons câblées (fils avec soudures), et également des « hybrides » entre méca et électronique, donc un MOD avec une petite électronique de protection, mais qui aura le même fonctionnement électrique qu'un méca.

Ne pas confondre avec « MOD hybride », appellation mal choisie, car ce type de MOD réduit le nombre de connexions et contacts entre l'accu et l'atomiseur. En fait, le pin central du connecteur 510 de l'atomiseur est directement en contact avec le pôle positif de l'accu.

> **ATTENTION : ce dernier type de MOD impose d'utiliser un atomiseur ayant un <u>pin central fixe</u> qui dépasse suffisamment du connecteur 510 pour éviter de créer un court-circuit sur l'accu !**

MOD électro : ce type de MOD est à l'opposé du MOD méca, car il offre de nombreuses possibilités. Possibilités de protections, possibilités de réglages, possibilités de configurations, possibilités de personnalisations…

réglage : qui peut s'effectuer instantanément, comme changer la puissance ;

configuration : qui nécessite d'entrer dans un menu pour être modifié, ou via un logiciel comme EScribe, configuration d'un profil pour un type de fil, configuration de la courbe d'accu pour optimiser la charge/décharge ;

personnalisation : modifications esthétiques et/ou ergonomiques en fonction de son usage, comme l'ordre des profils par exemple)

3. Capacité, énergie, autonomie, série, parallèle

La capacité (Ah ou mAh), l'énergie (Wh) et l'autonomie sont étroitement liés.

Evidemment, l'usage aura son influence également.

Pour un accu de 3,7 V ayant une capacité de 3000 mAh (3 Ah), son énergie sera de 3,7 x 3 = 11,1 Wh.
Pour un jeu de 3 accus :

- En série, on multiplie la tension par 3 : (3 x 3,7) x 3 = 33,3 Wh
- En parallèle, on multiplie la capacité par 3 : 3,7 x (3 x 3) = 33,3 Wh

Conclusion : que ce soit en série ou en parallèle, la quantité d'énergie disponible sera la même.

Dans **un monde idéal**, cela veut dire que, en série ou en parallèle, l'autonomie sera la même en consommant la même puissance.

Malheureusement, le monde idéal, l'utopie, n'existe pas, et le montage en parallèle a un gros désavantage : le courant ! En effet, comme la tension est plus basse, le courant devra compenser pour obtenir la même puissance.
Hors, une élévation du courant signifie que chaque jonction et chaque contact sera l'occasion d'une perte de tension pour le coil plus importante qu'avec le montage en série.

Pour ce qui est de l'autonomie, pourquoi 2 personnes avec exactement le même setup arrivent à des autonomies totalement différentes, et surtout, en désavantage pour celui qui a réglé la plus faible puissance ?

D'une l'énergie disponible n'est qu'une valeur de départ. Celle-ci ne représente pas l'usage qu'on en fera !

Prenons 2 vapoteurs, dont le 1er vape à 50W, et le 2ème à 80W.
Le 1er se plaint que son autonomie est plus faible que pour le 2ème. Pourquoi ?

Parce que le 1er consomme plus en énergie que le 2ème…
Pourtant le 1er ne vape qu'à 50W !!!
Attention, 50W est la **puissance** qu'il a **réglée**… **l'énergie** est ce qu'il consomme **réellement** !

Comment peut-il consommer plus d'énergie que le 2ème ?

L'énergie prend en compte le temps. Donc pour que le 1er se retrouve avec moins d'autonomie, c'est qu'il a consommé plus de temps !

Il suffit en effet que le 1er fasse des bouffées de 5s, alors que le 2ème fasse des bouffées de 2s, pour que le différentiel d'autonomie soit énorme !

50 x 5 = 250

80 x 2 = 160

Donc à chaque bouffée, le premier consomme plus de 1,5x ce que le 2ème consomme réellement.

L'autonomie du 1er sera donc 1,5x inférieure !

Si le 2ème a 1,5 jour d'autonomie, le 1er n'en aura qu'1…

De même, activer des options comme le **contrôle de température** surconsomme en énergie, et là, c'est difficilement calculable !

Si des courbes sont publiées par certains pour montrer l'efficacité des chipsets à réagir à la montée en T°C anormale des coils, il faut prendre en compte ceci :

- Plus la courbe sera en dents de scie de forte amplitude, plus la surconsommation sera grande.
- Plus la courbe sera « aplatie » ou avec une amplitude faible et des changements progressifs, plus la surconsommation sera faible.

C'est comme une voiture : lorsqu'on appuie brusquement sur l'accélérateur, on consomme plus que si on avait appuyé lentement.

4. Un peu de chimie et d'électrochimie des accus

Un ion est une molécule à laquelle un ou plusieurs électrons ont été enlevés ou ajoutés.

Un ion reste donc de la matière, qui aura une charge électrique (électrostatique) positive ou négative, et peut donc être attirée par une charge électrostatique inverse.

Cette propriété électrostatique permet de rendre les ions mobiles tout en libérant des électrons qui créent le courant électrique.

Un accu Li-Ion est donc un aquarium dans lequel 2 électrodes différentes baignent, et en-dehors de cet aquarium, des fils rejoignent un circuit, une lampe, ou tout autre chose nécessitant de l'électricité.

Lorsque l'accu est chargé, celui-ci a plein de Lithium sur une de ses électrodes.
Dès que le circuit externe est fermé, c'est-à-dire conducteur, en fonction de ce que demande le composant externe, plus ou moins de molécules de Lithium vont libérer des électrons en même temps. Plus il y a d'électrons libérés en même temps, plus le courant est fort.
Lorsque ces molécules de Lithium ont libéré leur(s) électron(s) dans l'électrode et donc le circuit externe, ceux-ci se transforment donc en ions (de charge positive) et sont attirés par l'autre électrode (où les électrons s'accumulent) chargée négativement, où ils vont récupérer leur(s) électron(s) en s'y agglutinant.

Pour ce qui est de la charge, il s'agit de faire faire le chemin inverse aux molécules de Lithium afin de les remettre sur la 1ère électrode.

En effet, les 2 électrodes sont faites de matières différentes, afin que le processus électrochimique soit possible dans les 2 sens.

La mobilité des ions pose toutefois un problème !

En effet, lorsqu'une des électrodes présente un défaut, ou une impureté, ou encore à la suite d'une charge ou d'une décharge trop violente, il risque de se former des agglutinations anormales de molécules de Lithium sur l'électrode. Cette agglutination anormale rend plus épaisse la couche de Lithium sur l'électrode à certains endroits, et au fur et à mesure, cette épaisseur augmentera, pouvant aller jusqu'à toucher la 2ème électrode.
C'est ce qu'on appelle un **court-circuit interne par construction dendritique** (cf lien de la page Wikipédia ci-dessous à ce sujet), ou « court-circuit interne » pour simplifier.

Avantages et inconvénients des accus Li-Ion ?

La page Wikipédia explique très bien ces points : https://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulateur_lithium-ion

De même que les détails des états électrochimiques lors de la charge et de la décharge d'un accu Li-Ion (l'exemple donné est celui d'un accu Li-Ion au cobalt, donc dit « ICR »).

5. Charge et cycle de charge

Charge :

Pourquoi consacrer un chapitre à la charge des accus Li-Ion ?

Tout simplement pour enlever une idée reçue de nos têtes.

En effet, cela fait partie d'un des gros avantages des accus Li-Ion, ils ne souffrent pas de l'effet mémoire comme les accus NiCd ou NiMH !

Qu'est-ce que ça veut dire ?

> **Qu'il est possible de charger un accu Li-Ion à partir de n'importe quel moment.**

Donc, lorsqu'un accu Li-Ion est déchargé de 10% (reste donc 90% d'énergie en lui), le fait de le recharger complètement à ce moment ne comptera que comme 10% d'une charge complète.

Quand les accus **NiCd et NiMH** comptent un certain nombre de cycles de charges en espérance de vie, ces types d'accus n'aimaient pas les charges partielles. En quelques recharges de 90% à 100%, l'accu finissait par ne plus délivrer d'énergie en-dessous de 90% d'énergie restante, et du coup, 90% devenait le nouveau 0% ! D'où l'effet mémoire. Un accu de 1000mAh se retrouvait alors avec seulement 100mAh de capacité à cause de cet effet mémoire.

Un accu **Li-Ion**, lui, n'aura **jamais** ce problème !

Vous pouvez enchainer les charges partielles, même si elles ne vont pas jusqu'à la charge complète. C'est le niveau de début et le niveau d'arrêt de la charge qui détermine la proportion de charge complète effectuée.
Donc, si on fait 10 charges de 90 à 100%, ou 10 charges de 40 à 50%, ça équivaudra à 1 charge de 100%, ou 1 cycle de charge complète.

Si un accu Li-Ion a une espérance de vie de 1000 cycles de charges complètes (100%), cela veut dire qu'on peut aussi le charger 10000 fois de 10% seulement !

Il y a donc tout intérêt à recharger aussi souvent que possible un accu Li-Ion !

Attention : il y a tout de même une limitation au fait de pouvoir charger un accu Li-Ion à n'importe quel moment !

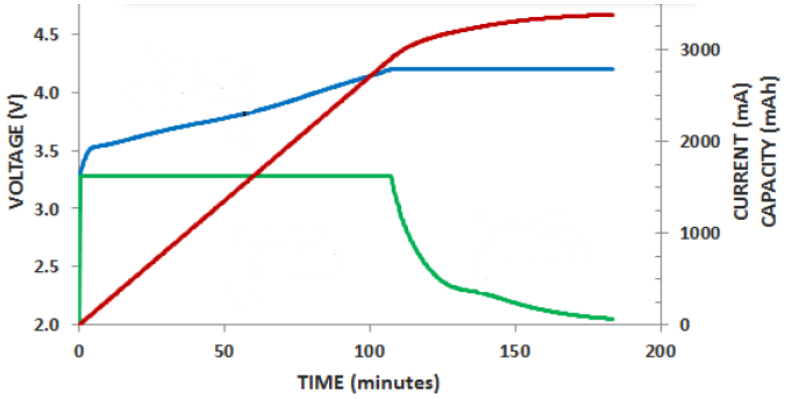
En effet, lorsqu'un accu a atteint une tension trop basse (en-dessous de 2,5V en général, sauf spécification par le constructeur), celui-ci a atteint ce qu'on appelle la **décharge profonde**.

Un accu ayant atteint la décharge profonde **ne devrait pas être rechargé ni être réutilisé**.

Même un chargeur étant programmé pour tenter une récupération ne réussira pas à tous les coups, et surtout, la chimie interne de l'accu est déjà endommagée, et même si la récupération semble avoir fonctionné, l'accu vieillira mal et beaucoup plus vite qu'à la normale, son nombre de cycles de charge ainsi que sa capacité sont également fortement réduits (sans parler du risque de court-circuit interne qui est augmenté).

Cycle de charge :

Un accu Li-Ion se charge en 2 phases.
La 1ère phase est dite à **courant constant**, la 2ème est dite à **tension constante**.



(courbe issue d'un datasheet Panasonic)

En **bleu** : tension (voltage) en Volts(V)

En **vert** : intensité ou courant (current) en milliampères (mA)

En **rouge** : capacité (capacity) en milli-ampères-heure (mAh)

Lorsque l'accu est déchargé, sa tension est plutôt basse, par exemple 3V.
Le chargeur va donc lui appliquer une tension qui va augmenter au fur et à mesure mais avec un courant continu et constant (droite horizontale verte sur le graphique).
Ce courant est paramétrable sur certains chargeurs, par exemple, sur le chargeur Opus BT-C3100, on peut le paramétrer à 200, 300, 500, 700, 1000 ou 2000mA, le dernier choix étant limité à 2 accus en même temps.

Dans cette phase, la tension de l'accu va augmenter plutôt linéairement, tout comme la capacité d'énergie emmagasinée.

Lorsque l'accu atteint 4,2V, sa capacité énergétique à ce moment-là n'est que de 80%, bien que 4.2V soit sa tension finale.

C'est à ce moment que la 2ème phase commence. Là, le chargeur envoie une tension constante (droite horizontale bleue sur le graphique) avec un courant qui va diminuer au fur et à mesure pour atteindre le courant de fin de charge (quelques mA en général).
Lorsque ce courant est atteint, l'accu a sa pleine capacité.

> Ce chiffre de **80%** ne vous rappelle rien ?
>
> C'est le pourcentage annoncé par tous les constructeurs automobiles pour la charge rapide de leurs véhicules électriques…
>
> En fait, il s'agit uniquement d'une limitation technologique liée aux accus Li-Ion, car à partir de 80%, l'augmentation de capacité n'est plus linéaire, et surtout, plus lente -> en règle générale, en phase 2, il faut à peu près le même temps qu'en phase 1 pour les 20% restants que pour les 80 premiers %.
>
> D'ailleurs, les véhicules de Tesla Motors sont équipés d'accus Li-Ion en 18650 (Panasonic NCR18650A ou B) raccordés les uns aux autres et empaquetés dans de gros boitiers pour former de grosses batteries au Li-Ion.
> Probable que ça ait évolué depuis la publication des photos de ces « battery packs ».

Courant de charge :

Certains chargeurs vous laissent le choix du courant de charge, ce qui modifie la durée de la charge.

Ainsi, charger 1000mAH avec un courant de 200mAh prendra 5h environ, alors qu'avec un courant de 2A cela prendra 30min.

Mais attention, en rechargeant un accu toujours avec de forts courants, c'est lui réduire sa durée de vie (cycles de charge) et sa qualité de vie (capacité, résistance interne).

Privilégiez toujours des charges à faibles courants, de 200 à 500mA pour les charges habituelles.

Ne faites des charges à forts courants (1A, 2A ou +) que de façon exceptionnelle et de préférence non répétée.

6. Sous-technologies

Si le Li-Ion est une technologie à part entière, celle-ci est toutefois divisée en plusieurs catégories bien distinctes, chacune ayant des caractéristiques propres.

On distingue essentiellement :

- **ICR** : LiCoO2 – accus contenant du Cobalt. Ces accus peuvent exploser.
- **IMR** : LiMn – accus contenant du Manganèse. Contrairement aux accus au cobalt, ces accus ne peuvent pas exploser, mais peuvent dégazer si l'accu est malmené : court-circuit, température trop élevée ou choc déformant la coque métallique.
- **INR** : technologie hybride incorporant du cobalt et du manganèse (Samsung 25R entre autres par exemple). Explosion possible selon le taux de cobalt présent dans l'accu, sinon, dégazage.
- **LiPO** : catégorie à part des précédentes, car l'électrolyte est cette fois un gel de polymère de lithium, plutôt qu'un liquide. Le polymère de lithium est une forme anionique du lithium, et est donc une sous-technologie du Li-Ion. La grosse différence étant que les ions Lithium ne se déplacent plus d'une électrode à l'autre, mais poussent le gel d'un côté pour que les ions de l'autre côté se transforment en lithium, et vice-versa pendant la charge. Le LiPO n'aiment pas les températures négatives, gardez-les au chaud (20-25°C) ! Les accus LiPO peuvent également prendre des formes autres qu'un cylindre : cube, feuille de quelques mm d'épaisseurs, formes complexes… Il n'y a pas de limite ! Autre avantage, et inconvénient également : les accus LiPO n'ont pas de coque métallique, ce qui les rend très léger, mais aussi très vulnérables à un choc contendant/pointu, et également un courant de décharge trop fort peut les faire chauffer et gonfler facilement (comme les 18xxx, les LiPO ne sont pas épargnés par des caractéristiques exagérées annoncées par leurs fabricants). Un accu LiPO peut entrer en dégazage voire s'enflammer, mais pas d'explosion à craindre. Le risque d'incendie et la forte multiplication des smartphones ont conduit les fabricants à adopter des accus Li-Ion plutôt que LiPO. **Attention** : une LiPO qui s'enflamme produit son propre oxygène et le feu ne peut être éteint par de l'eau, il faut un **extincteur pour feux électriques**. **Attention** : les LiPOs utilisés pour la vape contiennent généralement du **cobalt**, cf **ICR** !
- **IFR** : LiFePo4 – accus contenant du phosphate de fer. Technologie la plus sûre et la plus stable dans le temps de toutes celles présentées ici. Simple dégagement de chaleur en cas de problème, **pas d'explosion, pas de dégazage**. De plus, nombre de cycles de charges/décharges très élevé par rapport aux autres, pouvant aller jusqu'à 8000 ! Durée de vie pouvant dépasser 10 ans. Et plage de températures de fonctionnement plus grande que les autres technologies. Inconvénient, tension nominale plus faible : 3,2V contre 3,6 à 3,7V)

Côté densité énergétique (quantité d'énergie contenue dans un volume ou une masse donnés), les catégories IMR, ICR et INR surclassent tout le monde, suivent les LiPO puis les LiFePo4.

Exemple : les Panasonic NCR18650B, ayant une capacité de 3400mAh sont parmi les accus ayant la plus forte densité énergétique en 18650 et en Li-Ion toutes catégories confondues.

PS : des tableaux comparatifs peuvent être trouvés sur internet, mais ceux-ci ont été édités à un instant T où chacune des technologies n'avait pas atteint le niveau de développement actuel.

Par exemple, les accus Sony VTC6 fraichement arrivés sur le marché réussissent à avoir une forte capacité (3120mAh) et un courant de décharge continue plutôt élevé (environ 20A).

7. Protections et sécurités

Accus Protégés :

Les accus protégés sont équipés d'un petit circuit électronique supplémentaire, et placé sur le pôle négatif de l'accu. De plus, ce circuit nécessitant d'être alimenté en permanence pour effectuer des mesures constantes, une nappe fine entourée d'un scotch généralement transparent court le long de l'accu jusqu'au pôle positif.

Ce circuit était appelé PCM (Protection Circuit Module) et est actuellement appelé PCB (Protection Circuit Board), choix bizarre quand PCB était déjà utilisé pour « Printed Circuit Board » (circuit imprimé).

De plus, on trouvera essentiellement des circuits de protection sur des modèles d'accus contenant du cobalt (accus ICR ou hybrides).

Avantages (toutes les protections ne sont pas forcément intégrées à tous les PCB) :

- Coupure en cas de fort courant (décharge ou charge) ou de court-circuit
- Coupure en cas de surcharge
- Coupure en cas de surchauffe
- Coupure pour éviter la décharge profonde
- Selon le modèle, peut être réutilisé après un court-circuit (coupure électronique au lieu de coupure d'un fusible)
- Certains PCB prennent en charge plusieurs accus en même temps, avec intégration de sécurités supplémentaires comme l'équilibrage de charge

Inconvénients :

- Augmente le prix des accus
- Tous les accus n'existent pas en modèles protégés
- Augmente la taille des accus d'environ 2 mm (en 18650, 67 mm au lieu de 65 mm) les rendant trop grands pour nombre d'appareils
- Forte limitation du courant de décharge les rendant peu intéressants pour des applications nécessitant de forts courants (exemple, 2A de limitation)
- Selon le modèle, rend l'accu totalement inutilisable après un court-circuit (fusible)

Accus non protégés :

Ce sont les accus « standards ». Mais même s'ils n'ont pas d'électronique de protection, les constructeurs travaillent sur la chimie interne des accus pour les rendre de plus en plus sûrs.
Les ICR (explosifs) laissent la place aux IMR (dégazage et risque de flammes), avec l'espoir d'arriver à la même sécurité que les accus LiFePo4 (simple dégagement de chaleur), mais avec les mêmes densités d'énergie et courant max de décharge continue que les IMR/ICR.

<u>Event de dégazage et dangers de conception :</u>

La plupart des accus Li-Ion disposent d'un évent de dégazage de sécurité.

Cet évent se situe généralement du côté du pôle positif des accus 18xxx. Il conviendrait donc que les MODs soient équipés de trous d'évacuation au plus proche de ce pôle.

Malheureusement, la plupart des fabricants de MODs méca intègrent des trous d'évacuation du côté du pôle négatif, soit en plaçant des trous visibles, sont en les cachant dans le switch.

Le problème de cette conception, est qu'un accu Li-Ion qui va entrer en dégazage chauffe énormément, au point de gonfler et, avec sa protection plastique (gaine), peut provoquer une étanchéité du côté du pôle positif.

Et lorsque l'accu se met finalement à dégazer, la pression augmente sous le top cap du MOD méca, ce qui peut aller jusqu'à faire exploser le métal du tube et éjecter le top cap et son atomiseur à plusieurs mètres voire dizaines de mètres.

Ou comment transformer un élément de sécurité en danger supplémentaire.

Attention également : lorsqu'un accu dégaze, il s'agit en fait de vapeur d'acide qui est éjectée hors de l'accu, et dont la température est très élevée (>100°C).

Un accu qui dégaze doit donc être lâché au plus vite, et il faut sécuriser les alentours pour éviter que quelqu'un (un enfant par exemple) ne prenne l'accu brûlant en main et ne s'asperge le visage avec de l'acide brûlant.

Dans tous les cas, il résultera une hospitalisation avec arrachage de la peau brûlée par la température et par l'acide, puis greffe de peau venant d'autres parties de votre corps !

Côté MODs électros, c'est un peu la loterie côté conception et prise en compte d'un éventuel dégazage, mais c'est « moins pire » que côté MODs mécas !

Par exemple, les Reuleaux (DNA200, RX200, RX200S, RX2/3) sont équipées de multiples trous de dégazage sur la coque métallique principale (coque qui supporte tout le reste : ato, façades, berceau d'accus, chipset, etc…). Hors il n'y a aucun circuit prévu pour permettre au flux du dégazage de s'extraire facilement par ces trous. Par contre, le couvercle des accus n'étant pas fermé hermétiquement, le dégazage se fera tout autour de celui-ci au lieu des trous prévus par le fabricant.

8. Accus constructeurs et accus rebrandeurs/rebrandés

Parmi les accus qu'on trouve sur le marché, il faut distinguer 2 catégories distinctes :

- Les accus « constructeurs »
- Les accus « rebrandeurs » ou rebrandés

Les accus « **constructeurs** » sont fabriqués par celui qui les met sur le marché de la distribution. Un accu LG sera fabriqué par la filiale énergie de LG, idem chez Samsung, chez Panasonic, chez Sanyo et chez Sony (cas particulier de Sony, depuis 18 mois, c'est un sous-traitant de Sony qui a pris en charge la fabrication d'une partie des accus Li-Ion en 18650 de la série VTC, sans perte de qualité).
Ces accus bénéficient d'une ingénierie poussée des départements énergie de chacun de ces fabricants. De plus, chaque accu fabriqué dispose d'un datasheet (cahier de spécifications techniques) très complet.

Les accus « **rebrandeurs** » eux ne sont pas fabriqués par celui qui les met sur le même marché !
En effet, les « rebrandeurs » sont des sociétés qui achètent des accus aux constructeurs directement, ou encore à des distributeurs, ou parfois même à d'autres rebrandeurs !
Ces sociétés mettent ensuite leur « wrap » (plastique de protection) sur ces accus achetés, avec leur logo, leurs « couleurs », et des spécifications annoncées souvent mensongères.
Problèmes avec les accus rebrandeurs :

- Une fois les accus remis sur le marché, impossible de savoir précisément ce qu'il y a sous le wrap
- Des spécifications techniques sont annoncées par le rebrandeur sur le wrap de l'accu, hors celle-ci peuvent être fausses ou exagérées, en faisant prendre des risques aux utilisateurs.
- Pire, un même wrap peut être utilisé sur différents accus selon les arrivages (cas d'Efest par exemple sur plusieurs modèles, un batch annoncé 35A mais 20A réels, batch suivant toujours annoncé 35A mais 10A réels – d'où mise en danger des utilisateurs).
- Les accus achetés ne sont pas des accus « premium », c'est-à-dire des accus qui ont passé 100% des tests de qualité et de sécurité. Les rebrandeurs achètent des accus dits « poubelles », soit des accus qui n'ont pas passé les 100% des tests de qualité et de sécurité des constructeurs.
- Certains rebrandeurs achètent même des accus sans savoir leur provenance, leur niveau de défectuosité, leur capacité, ou même fabriquent des accus à partir d'autres accus récupérés en décharge… cas de TrustFire par exemple (ou autres marques avec « Fire » dans le nom).
- Certains accus rebrandés sont dans une autre technologie que celle annoncée sur le wrap. Il a déjà été trouvé des accus de type ICR, donc dangereux, là où il était indiqué « IMR » sur le wrap (Efest par exemple).
- Certains accus rebrandés sont également mis sur le marché pour faire croire qu'il s'agit d'accus constructeurs. Il s'agit alors là de contrefaçons
- Trop souvent, aucun datasheet disponible, seule les informations sur le wrap permettent de connaitre les caractéristiques d'un accu.
- Entreprises qui « surfent sur la vague » en proposant des produits semblant attractifs visuellement et avec des caractéristiques qui « font rêver » alors qu'il en est tout autrement.

Exemple d'accu récupéré dans une décharge et remis sur le marché avec des caractéristiques totalement mensongères (18650 4000mAh alors qu'en réalité il en fait à peine 400 voire 40mAh).
http://depechemods.blogspot.fr/2014/01/feel-contrefacon-les-accus-ne-sont-pas.html

Exemple de page créée spécialement pour montrer les différences entre un vrai accu Sony VTC5 et sa contrefaçon :
https://www.sun-vapers.com/how-to-spot-a-fake-sony-vtc5-battery/

Datasheets de différents accus : https://1drv.ms/f/s!AkHYqImN9xk76jLdqzt0FJLkGZ18

Votre serviteur vous conseille vivement de vous éloigner de ces marques « rebrandeurs » (Efest, MXJO, Vamped, ListMann,…), bref, tout ce qui n'est pas LG, Samsung, Sony, Panasonic ou Sanyo.

Une bonne partie des revendeurs ne savent pas toujours ce qu'ils achètent en réalité, car ils ne vont pas demander la provenance à chaque distributeur dans la chaine de distribution…

> Si des revendeurs / distributeurs lisent ceci, il y a un filon à exploiter (honnêtement) : pouvoir **certifier la provenance** et donc l'authenticité des accus vendus…
>
> Ça veut donc dire pouvoir remonter la filière des accus vendus jusqu'à la source.

Merci à ces revendeurs qui, de par leur professionnalisme, font de leur mieux pour avoir des produits de qualité et non contrefaits.

Une certification avec affichage d'un label serait un plus sécuritaire pour tous !

Vous l'aurez compris, je n'achète mes accus que chez un seul revendeur : Nkon !

La seule fois où j'ai fait une entorse à cette « règle », j'ai obtenu 2 contrefaçons de VTC5 (le revendeur a fini par faire un rappel des accus vendus suite à une enquête auprès de leur fournisseur). Ça ne veut pas dire que ce sera encore le cas aujourd'hui !

Certains revendeurs français n'ont pas cherché à avoir du VTC5 alors que c'était impossible, bravo à eux, mais certains autres en ont vendu alors que c'était des contrefaçons, sans forcément le savoir, sur la période d'octobre 2014 à avril 2015… Si vous avez acheté des VTC5 entre ces dates, il y a de très très fortes chances pour que ce soit des contrefaçons ! (Au moins 2 gros revendeurs web pour ce que je sais, probablement d'autres, dont 1 avec qui j'ai argumenté pendant un weekend avant qu'ils rappellent tous les accus).

Nkon était un des seuls revendeurs (pas le seul) d'accus Sony VTC5 en Europe à afficher clairement l'indisponibilité de ces accus, pour quelle raison ils étaient indisponibles (déménagement de la ligne de production de Sony au prestataire), et à indiquer que tous les VTC5 sur le marché pendant la période d'indisponibilité seraient des contrefaçons, et enfin à indiquer une date de retour en stock qui a été repoussée à de multiples reprises (entre janvier et fin avril 2015).

9. Philosophie méca / électro et choix d'accu (et loi d'ohm)

Dans la vape, on va distinguer 2 usages différents de nos accus :

- En MOD méca
- En MOD électro

Dans ce chapitre, on verra comment calculer le courant maximum de décharge continue que devra supporter l'accu en fonction de l'usage et ce, pour rester en zone de sécurité.

A. <u>En MOD méca :</u>

Avec un MOD méca, l'accu est utilisé quasi en direct avec un atomiseur. Il n'y a aucune interface permettant d'obtenir une tension constante par exemple.

Ce qui fait qu'au fur et à mesure de l'utilisation, la tension de l'accu chute et donc la puissance de vaporisation chute également.

D'un point de vue technique, pour choisir un accu pour une utilisation avec un MOD méca, il faut donc se baser sur la tension de l'accu à pleine charge (4,2V) pour les calculs car c'est à ce moment que la puissance sera la plus importante, et donc que le courant de décharge instantané sera le plus important aussi.

De plus, comme un MOD méca ne dispose d'aucune protection (en général) autre que la bonne volonté de son utilisateur (verrouiller le switch), il faut également veiller à ne pas dépasser le courant de décharge continue prescrit par le constructeur pour éviter de faire entrer l'accu dans une phase de montée en T°C trop importante avec un risque de dégazage voire d'explosion selon l'accu.

On va utiliser la formule I = U / R pour déterminer le courant développé.
Avec U = 4,2V et R = 0,1 ohm, on obtient 42A de courant.

Hors, à l'heure actuelle, il n'y a aucun accu sur le marché capable d'un tel courant de décharge continue.
Certes, il y a des accus capables de soutenir une telle intensité sur des temps très courts (pulse), mais utiliser ces accus dans ces conditions impose d'être très strict avec la sécurité : il faut verrouiller le switch en-dehors de toute utilisation.

Certains constructeurs fournissent via leurs datasheets les intensités que leurs accus peuvent supporter durant un temps donné, exemple pour le VTC4 :

Discharge current 放電電流	30～40A	～50A	～60A	～80A	～100A
Time 時間	<33sec.	<18sec.	<15sec.	<9sec.	<3sec.

Attention, ces valeurs de courant et de temps sont données pour une **utilisation unique**, et pas pour une utilisation répétée (mode « pulse »). Veillez à toujours rester **en-dessous** du courant maximum de décharge continue donné par le fabricant ! (Thanks Mooch !)

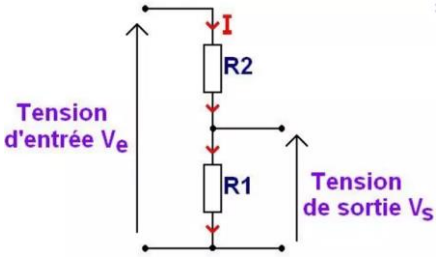
De tels courants sont par contre déconseillés, car ils dégradent l'accu aussi bien en termes de cycles de charge et de capacité, sans parler des risques pris inutilement.

A tout cela, il faut encore ajouter la prise en compte de la résistance interne de l'accu, qui va faire chuter la tension de l'accu en fonction de l'intensité du courant.

Et c'est là que ça se complique, car celle-ci est très rarement fournie, même dans les datasheets les plus complets. Pour le VTC5, seule l'impédance « AC » (courant alternatif) est indiquée, mais cela ne nous intéresse pas, puisque nous sommes en « DC » (courant continu).
Le chargeur Opus BT-C3100 permet de mesurer cette résistance interne par exemple, si besoin.

Toutefois, pour l'exemple, on va prendre la valeur de 20 milli ohms, soit 0,02 ohm.

Avec l'exemple précédent, un coil à 0,1 ohm, on obtient un « **pont diviseur** », que nous pouvons schématiser ainsi :



La tension d'entrée **Ve** est la tension de l'accu parfait, donc dont la tension ne chute pas en fonction du courant I.
R2 est la résistance interne de l'accu.
La tension de sortie **Vs** est la tension de l'accu réel.
R1 est la résistance du coil (on va omettre les résistances parasites induites par les connexions, les contacts et les pièces métalliques du MOD lui-même)

Donc, on a Ve = 4,2V, R2 = 0,02 ohm, R1 = 0,1 ohm.
La formule pour calculer Vs est très simple :

Vs = Ve x R1 / (R1 + R2) = 4,2 x 0,1 / 0,12 = **3,5V**

Donc, lorsque le circuit est fermé (appui sur le switch), la tension aux bornes de l'accu descend à 3,5V dans notre exemple, alors que l'accu est pleinement chargé !

Pas difficile de comprendre que l'accu va se décharger **très vite** à une tension à vide qui le fera passer en-dessous de 3V lorsque le circuit sera fermé (3V étant une tension de seuil communément admise comme étant une tension minimum à ne pas dépasser).

Au fur et à mesure que l'accu se décharge, la tension à ses bornes baisse et donc la puissance également pour un même coil.

> **Donc, sur un MOD méca, pour déterminer le courant maximum que l'accu devra supporter, on se base sur la tension de l'accu à pleine charge pour faire le calcul.**

B. <u>En MOD électro :</u>

Avec un MOD électro, l'histoire est différente.

D'une part d'un point de vue sécurité, c'est l'électronique qui gère :

- Protection contre les inversions de polarité
- Fusible
- Protection contre les courants trop élevés
- Protection contre le déséquilibrage entre accus (cas de MODs avec plusieurs accus)
- Protection contre les températures élevées (du chipset)
- Protection contre les court-circuits
- Protection contre les résistances trop faibles
- Protection contre les activations accidentelles et continues (coupure à 10 ou 15s)
- …

D'autre part, d'un point de vue technique également. Comment choisir ses accus en fonction de tel ou tel MOD, de telle ou telle vape ?

D'un point de vue sécuritaire, il vaut mieux toujours respecter la règle disant de ne pas dépasser le courant de décharge continue de l'accu.
Sauf qu'avec un MOD électro, le calcul est un peu plus complexe…

Reprenons notre coil de 0,1 ohm, sur un MOD électro permettant de monter à 200W avec **3 accus** Li-Ion.

La tension totale des accus est donc de 3 x 4,2 = 12,6V accus chargés.

Avec la formule $P = U^2 / R$, on déduit que $U = \sqrt{(P \times R)}$

En supposant qu'on veuille une puissance de 200W sur le coil, on obtient :

$U = \sqrt{(200 \times 0,1)} = \sqrt{20} = 4,47V$

Le chipset va donc envoyer une tension de 4,47V sur le coil de 0,1 ohm pour obtenir 200W.soit un courant de 44A environ !

Mais, le MOD envoie 4,47V, mais les accus lui fournissent 12,6V, comment on s'en sort ?

Le chipset du MOD électro agit comme un transformateur de puissance.
Idéalement, la puissance fournie par les accus est égale à la puissance fournie au coil.
Dans la réalité, il faut tenir compte du rendement du chipset, c'est-à-dire le pourcentage de la puissance fournie par les accus qui est restituée au coil.
En clair, lorsque le chipset envoie 200W sur le coil, le chipset va consommer un peu plus que 200W sur les accus.

Pour les chipsets DNA200 et DNA250, ce rendement est fourni dans les datasheets, il est de 97% (efficiency).

<u>ATTENTION</u> : ne pas confondre **rendement** et **dérive** :

- Le **rendement** est un rapport entre puissance **consommée** sur les accus et puissance **délivrée**.
- Une **dérive** est un rapport entre puissance **demandée** au chipset et puissance **délivrée**.

Donc, si le chipset envoie 200W au coil, il consomme en réalité 200 x 100 / 97 = 206,2W environ sur les accus.

Plus le rendement est proche de 100%, plus la différence est faible, et donc plus efficace est le chipset.
Exemple avec un rendement de 90% dans les mêmes conditions, la consommation sur les accus serait de 200 x 100 / 90 = 222,2W, soit 16W de plus, et donc moins efficace, ou dit autrement, avec une moins bonne autonomie, et le chipset chauffera plus aussi.

Maintenant que nous savons calculer la puissance réellement consommée sur les accus (en dehors de la dérive), il reste à calculer le courant que doivent supporter les accus :

I = P / U = 206,2 / 12,6 = 16,4A

Ce chiffre est très plaisant, car de nombreux accus de forte capacité permettent de soutenir un tel courant de façon continue (pour rester en zone de sécurité).

De plus, le courant étant moins élevé qu'avec le MOD méca, la chute de tension aux bornes des accus sera également plus faible.

Comme les accus sont montés en séries, leurs résistances internes s'additionnent (ou on la multiplie par le nombre d'accus) :

U= (0,02 x 3) x 16,4 = 0,06 x 16,4 = 0,984V
Donc, à 200W sur le coil, la chute de tension sera d'environ 1V sur les accus.

Mais que se passera-t'il si mes accus sont presque déchargés ?

On va dire que les accus ont une tension de 3V à ce moment, donc 9V pour le chipset.

Le MOD lui continuera à envoyer 200W dans le coil avec toujours le même rendement, soit une consommation de 206,2W sur les accus.

Hors, si on calcule le courant consommé sur les accus avec la tension de ceux-ci :

I = P / U = 206,2 / 9 = 23A environ.

On remarque donc que le chipset a pleinement joué son rôle de transformateur d'énergie.
Ayant moins de tension qu'au départ, il a compensé avec plus d'intensité.

> **Du coup, pour choisir mes accus sur un MOD électro, il vaut mieux se baser sur un calcul prenant en compte la tension de coupure (accu déchargé) pour obtenir l'intensité que les accus devront supporter.**

C. Conclusion :

En MOD méca, il faut choisir ses accus en fonction des coils qu'on fait et de la tension à pleine charge des accus.

En MOD électro, il faut choisir ses accus en fonction de la puissance maximale du chipset, de son rendement et de la tension minimale que les accus peuvent supporter (tension de cut-off).

Pour choisir un accu, ou plusieurs, on pourra également se reporter au travail d'analyse et de classification réalisé par Mooch, ainsi qu'aux valeurs qu'il a mesuré pour le courant de décharge de chaque accu pour décortiquer le vrai et le faux, ainsi qu'au tableau des accus recommandés :

https://www.facebook.com/batterymooch/?fref=ts

Rappels sur la loi d'ohm :

Vous pouvez visionner l'excellente vidéo de Petit Jean s'Evape sur le sujet, et qui montre de façon intéressante comment appréhender les différentes limites des chipsets de nos MODs électro, j'avais fait il y a 3 ans les mêmes graphiques que lui pour l'Evic et le Vamo V3 :

https://www.youtube.com/watch?v=KoDgf1ZpvM8

10. Parallèle, série ? Sécurité ? Autonomie ? Efficacité ?

A. Sécurité :

On a vu plus haut qu'il était possible de monter ensemble plusieurs accus, soit en parallèle, soit en série. J'ai également indiqué que le montage d'accus en parallèle était tout aussi risqué que le montage en série.

Attention : quel que soit le montage, série, parallèle, un jeu d'accus doit toujours être utilisé ensemble, et si un des accus montre un signe de faiblesse, **il faut remplacer tout le jeu d'accus**.

J'ai également parlé des court-circuits internes (par construction dentritique).

Que se passe-t'il dans un montage en série de 2 accus si un des accus se mettait en court-circuit interne ?

Il ne se passerait rien, ou pas grand-chose ! (un accu qui se met en court-circuit interne meurt « silencieusement »). A part que d'un seul coup, un montage ayant « de la pêche » se retrouverait bizarrement à ramer comme une pauvre batterie Ego… Effectivement, si un des accus se comporte comme un simple fil, il ne reste plus qu'un accu dans le montage pour alimenter l'atomiseur. D'où diminution de la tension de 7,4V à 3,7V (nominaux).

Attention : il ne se passerait rien si le court-circuit s'établit de façon lente, c'est-à-dire au fur et à mesure de l'utilisation de l'accu. Si le court-circuit s'établit de façon rapide, suite à un choc par exemple, cela peut entraîner un dégazage voire une explosion en fonction de la technologie de l'accu.

S'il n'y a aucun gros danger en cas de court-circuit interne, où se situe le danger dans un montage d'accus en série ?

Le véritable danger vient du déséquilibre entre les 2 accus lors des cycles de charge/décharge, surtout si les accus sont rechargés directement dans le MOD ! Si les accus sont rechargés sur un chargeur externe, le danger est moins grand, vu que les 2 accus seront rechargés au même niveau.

En chargeant des accus montés en série dans le MOD, si celui-ci n'est pas équipé d'une puce prenant en compte l'équilibrage entre accus, il arrivera un moment où un accu sera chargé à 5V et l'autre seulement à 3V (par exemple).

Celui chargé à 5V est surchargé et est bon à jeter direct. Celui chargé à seulement 3V pourra être jeté direct aussi car il est chargé à la tension de coupure. Et si on a utilisé le MOD sans savoir pour le déséquilibre, il y a fort à parier que celui à seulement 3V chargé a été déchargé à des tensions plus basses et en-dessous du seuil de décharge profonde.

Donc : **2 accus à jeter** (dans des box de récupération, merci !), dans les pires cas avec **destruction du MOD, voire des brûlures pour l'utilisateur.**

Maintenant, qu'en est-il d'accus montés en parallèle ?

Premièrement, les montages en parallèle d'accus sont rares dans les box vendues sur le marché. Ce type de montage se retrouve par contre très fréquemment dans les box dites « home made » (faites maison).

En parallèle, 2 accus ont leurs pôles positifs reliés entre eux, et de même pour leurs pôles négatifs. Et dans les box « Home Made », aucun fusible à cet endroit, aucune protection !

Que se passe-t'il si un des 2 accus se met en court-circuit interne ?

Bah il se comportera comme un fil. Sauf que ce fil relie les pôles de l'autre accu également, et lui est pleinement fonctionnel ! Donc, il se passera ce qu'il se passe quand on fait un court-circuit sur un accu, à savoir au mieux un dégazage, au pire une explosion !

Donc : **2 accus à jeter**, et probablement **la box avec**, et peut-être **un tour à l'hosto** pour des **brûlures à l'acide, à des flammes, ou des blessures par explosion**…

Pour les montages en parallèle pour les box « Home Made », il y a pourtant 2 solutions permettant d'obtenir une sécurité quasi-parfaite :

- Un fusible entre les pôles positifs ou négatifs ; accu en court-circuit = fusible qui claque
- Ou mettre autant de MOSFETs qu'il y a d'accus en parallèle, une simple adaptation du schéma et du montage permet d'obtenir une meilleure sécurité. Le montage obtenu devrait montrer que les 2 pôles négatifs sont reliés entre eux par les résistances de « gate », donc vu leur valeur (15kohm) et le fait qu'elle soient en série entre les 2 pôles, si 1 des accus se met en court-circuit, le 2 verra à ses pôles une résistance de 30kohm, ce qui le déchargera très lentement (courant de 0,00012 A, soit 0,12mA) – un accu d'une capacité de 3000mAh mettra 3 heures à être déchargé avec un courant de 1A. Donc avec 0,00012A…..

Je vous laisse seul juge sur la sécurité série / parallèle, car les certitudes des uns…

Pour ma part, je n'achèterai ni ne me fabriquerai jamais une box avec accus en parallèle sans protection…

Et côté chipsets avec des accus en série ?

Par expérience, les seuls chipsets gérant correctement le déséquilibre entre accus sont les DNA200 et DNA250. La charge s'arrête lorsque la tension totale des 3 accus atteint 12,6V, le circuit de charge s'assurant du maintien de l'équilibre.

Les cas de déséquilibre sur DNA200/250 sont tous dus à des accus ou à un pack LiPO:

- Qui n'étaient pas tous de même marque et modèle
- Qui n'avaient pas « vécu ensemble » (2 accus neufs et 1 accu ancien par exemple)
- Qui n'étaient pas de bonne qualité (accus rebrandeurs ? ou pire, « Fire » ?), ou pack LiPO de qualité aléatoire voire douteuse, ou en fin de vie

Les pires cas de déséquilibre sont survenus avec des box comme les IPV3, où aucun circuit d'équilibrage n'était présent, et la charge via le connecteur rond pouvait mener à un incendie dans la box… (j'avais 2 IPV3 desquelles j'ai supprimé le petit circuit de charge pour ne pas être tenté !)

B. Autonomie et efficacité :

Quelle différence d'autonomie en un montage en parallèle d'accus et un montage en série ?

En théorie et dans un monde idéal, aucune !
En effet, en calculant un peu, pour 2 accus de 3,7V / 3000mAh (=3Ah) :

En série : (**3,7 x 2**) x 3 = **22,2Wh**

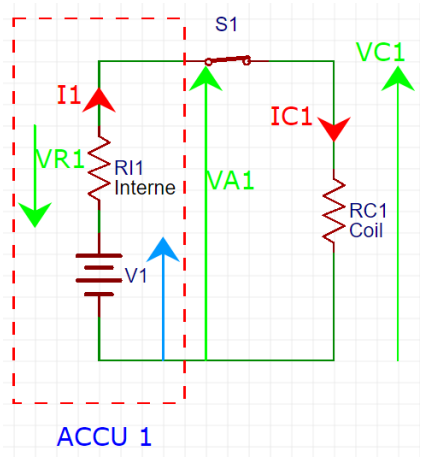
En parallèle : 3,7 x (**3 x 2**) = **22,2Wh**

Donc on a bien la même réserve d'énergie, quel que soit le montage.

Mais ceci n'est vrai que si on ne consomme pas sur les accus.

Les problèmes commencent quand on se met à consommer !

Petit rappel pour un montage simple (équivalent d'un setup méca) :



Dans ce circuit simple et fermé :
V1 est la tension d'un « accu parfait » de tension fixe, quel que soit le courant demandé.
RI1 est la résistance interne de l'accu réel
VR1 est la tension aux bornes de cette résistance interne :
`VR1 = RI1 x I1`
VA1 est la tension de l'accu réel :
`VA1 = V1 - VR1`
VC1 est la tension aux bornes du coil :
`VC1 = RC1 x IC1`
Puissance sur le coil, plusieurs calculs :
$PC1 = VC1 \times IC1 = VC1^2/RC1 = RC1 \times IC1^2$

Si le switch S1 est ouvert, le courant ne peut circuler, donc I1 = IC1 = 0A

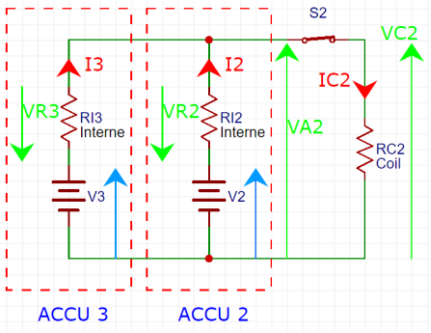
Du coup, VA1 = V1.

Lorsque le switch est fermé, le courant peut circuler. Comme celui-ci n'a pas d'autres circuits à alimenter que ceux qui sont sur le schéma, alors IC1 = I1 .
Parenthèse : si il y avait 2 coils sur le schéma, branchés en parallèle, alors IC1 + IC2 = I1, et si les coils sont parfaitement de même valeur, alors IC1 = IC2 = I1 / 2 .

Constats :

- Plus le courant sera élevé, plus la tension aux bornes de l'accu réel sera faible, à cause de la résistance interne.
- Ce schéma représente une situation idéale, où ne sont pas pris en compte les résistances des matériaux, des contacts plus ou moins oxydés.

Que se passe-t'il lorsqu'on met 2 accus en parallèle ?

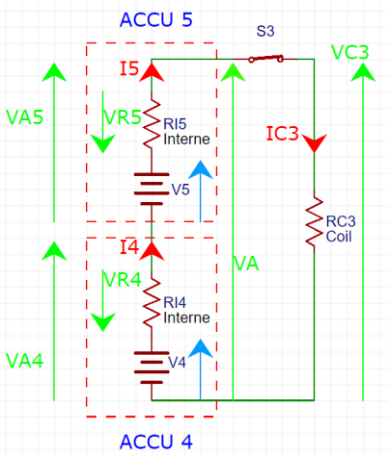


Dans un montage d'accus en parallèle, la tension VA2 est la même que celles des accus du montage.
Par contre, le courant envoyé au coil étant issu de plusieurs sources en même temps, les courants dans chaque accu est donc inférieur à celui d'un montage simple :
IC2 = I2 + I3
Et si les accus sont parfaitement identiques :
I2 = I3 = IC2 / 2

Conséquence : le courant dans chaque accu étant plus faible, la chute de tension due aux résistances internes sera également plus faible, et donc le montage sera plus efficace.
Mais ce gain d'efficacité se limite à la seule résistance interne, et si le gain en efficacité semble important avec 2 accus en parallèle, ce gain sera de moins en moins important au fur et à mesure qu'on augmente le nombre d'accus en parallèle (progression logarithmique).

Et comme le but de ce type de montages est avant tout d'avoir des coils de valeurs plus faibles qu'en simple accu, en augmentant ainsi le courant du coil, la chute de tension dans les accus sera du même ordre au final, et surtout, le MOD, les contacts, devront laisser passer des courants plus forts, ce qui occasionnera une chute de tension qui viendra contre-balancer le gain du montage en parallèle.

Et pour 2 accus en série ?



Dans un montage d'accus en série, la tension VA3 est la somme des tensions des accus du montage :
VA = VA4 + VA5
VA = V4 - VR4 + V5 - VR5

Et si les accus sont parfaitement identiques : VA4 = VA5
VA = 2 x VA4 = 2 x VA5
VA = 2 x V4 - 2 x R4 = 2 x V5 - 2 x VR5

Et le courant est le même partout dans le circuit :
IC3 = I4 = I5

La tension VA étant supérieure aux montages simple accu et accus en parallèle, la valeur du coil devra être adaptée afin d'obtenir la même puissance sur le coil.

En effet, si la tension U est multipliée par 2 dans un montage :

$P = (2 \times U)^2 / R = 4 \times U^2 / R$ et $I = (U \times 2) / R = 2 \times U / R$

On voit que la **puissance est multipliée par 4**, et le courant est multiplié par 2 également ! Donc pour compenser cette augmentation de puissance, il faut **multiplier la valeur du coil par 4** pour obtenir la même puissance qu'un montage simple accu ou accus en parallèle.

Que se passe-t'il lorsqu'on fait nos calculs pour ces 3 types de montages et qu'on passe ensuite à la pratique ?

On prend des accus de 3,7V 3000mAh, chargés à 100% (4,2V), des coils de 0,1 ohm et 0,4 ohm pour le montage en série.

Calculs **théoriques**, faits par tous, sans tenir compte des résistances internes ou autres :

Montage simple accu :

$P = U^2 / R = 4,2^2 / 0,1 = 176,4W$

Montage 2 accus en parallèle :

$P = U^2 / R = 4,2^2 / 0,1 = 176,4W$

Montage 2 accus en série :

$P = U^2 / R = 8,4^2 / 0,4 = 176,4W$

En théorie, ces montages sont donc parfaitement identiques !

On passe maintenant au monde réel, avec ajout de la résistance interne à ces calculs, en prenant une valeur de 0,02 ohm pour chaque accu.

Montage simple accu :

Calcul du courant : $I1 = V1 / (RI1 + RC1) = 4,2 / (0,02 + 0,1) = 35A$

Tension aux bornes de l'accu : $VA1 = V1 - VR1 = V1 - (RI1 \times I1) = 4,2 - (0,02 \times 35) = 3,5V$

Puissance dans le coil : $P = VA1^2 / RC1 = 3,5^2 / 0,1 = 122,5W$

Soit une chute de 53,9W entre théorie et pratique !

Montage 2 accus en parallèle :

Calcul du courant IC2, en prenant en compte : V2 = V3, RI2 = RI3 et I2 = I3 = IC2 / 2

VA2 = RC2 x IC2

VA2 = V2 - VR2 = V3 - VR3

RC2 x IC2 = V2 – VR2

RC2 x IC2 = V2 - (RI2 x I2) = V2 - (RI2 x IC2 / 2)

(RC2 x IC2) + (RI2 x IC2 / 2) = V2

IC2 x (RC2 + (RI2 / 2)) = V2

IC2 = V2 / (RC2 + (RI2 / 2)) = 4,2 / (0,1 + 0,01) = 38A

Tension aux bornes des accus :

VA = V2 – VR2 = V2 - (RI2 x I2) = V2 – (RI2 x (IC2 / 2)) = 4,2 - (0,02 x 19) = 3,82V

Puissance sur le coil :

$P = VA2^2 / RC2 = 3,82^2 / 0,1 = 145,9W$

La chute de puissance n'est plus que de 30,5W environ, soit environ la moitié de la chute en simple accu.

Montage 2 accus en série :

Calcul du courant IC3, avec V4 = V5, RI4 = RI5 et I4 = I5 = IC3, d'où VR4 = VR5 :

VA = RC3 x IC3

VA = V4 – VR4 + V5 – VR5 = 2 x V4 - 2 x VR4

RC3 x IC3 = 2 x V4 - 2 x VR4

RC3 x IC3 = 2 x V4 - 2 x RI4 x IC3

RC3 x IC3 + 2 x RI4 x IC3 = 2 x V4

IC3 x (RC3 + 2 x RI4) = 2 x V4

IC3 = 2 x V4 / (RC3 + 2 x RI4) = 8,4 / (0,4 + 0,04) = 19,1A

Tension aux bornes de chaque accu et du montage en série:

VA4 = V4 – VR4 = 4,2 - (0,02 x 19,1) = 3,81V

VA = VA4 + VA5 = VA4 x 2 = 7,63V

Puissance au coil :

$P = VA^2 / RC3 = 7,63^2 / 0,4 = 145,8W$

Soit la même chute de puissance qu'avec le montage parallèle.

Attention, les exemples pratiques pris ici ne reflètent toujours pas vraiment ce qui se passe dans le monde réel.
En effet, dans un MOD, il y a des contacts, des jointures, ainsi que de la matière à traverser.
Tout cela constitue de petites résistances supplémentaires qui viennent s'ajouter dans le schéma.

Et dans le monde réel, c'est le montage en série qui l'emportera sur l'efficacité et / ou l'autonomie par rapport à un montage en parallèle !

Pourquoi ?

Car toutes les petites résistances vont s'additionner et provoquer une chute de tension d'autant plus grande que le courant est élevé.
Hors, le montage en parallèle est celui qui procure le plus de courant, et le montage en série est celui qui en procure le moins.

Et l'augmentation du nombre d'accus accentuera cette différence, puisque le courant sera encore plus grand en parallèle et encore plus faible en série !

C'est d'ailleurs pour ça que le transport d'électricité EDF se fait en haute voire en très haute tension pour parcourir de longues distances.
Imaginons un câble de 100km dont la résistance serait de 0,01 ohm par km, soit 1 ohm pour les 100km.

On souhaite alimenter une petite ville avec 10000 W.

10000W, ça peut aussi bien être 10000V avec 1A, que 1V avec 10000A, ou 100V avec 100A ça revient au même.

Mais une fois sur le terrain :

on envoie 10000V avec 1A : au bout des 100km, on aura 10000 - 1 x 1 = 9999V

on envoie 1000V avec 10A : 1000 - 1 x 10 = 990V

on envoie 100V avec 100A : 100 - 1 x 100 = 0V

Inutile de continuer plus loin les calculs, on trouverait des valeurs négatives qui ne sont pas réalistes. En pratique, si on augmente encore le courant, cela provoquera la chauffe du câble voire la fonte de celui-ci.

Conclusion : le courant est notre ennemi, dans toutes les situations où l'efficacité électrique est recherchée.

11. Chargeurs du rédacteur

Opus BT-C3100 :

Le chargeur Opus BT-C3100 est une bête de course (j'en ai 4,, dont 1 à mon travail).

Il sait charger automatiquement 3 types d'accus (Li-Ion, NiCd, NiMH).

Il peut gérer jusqu'à 4 accus en même temps avec des intensités de 200, 300, 500, 700, 1000mA ou 2 accus en même temps à 2000mA.

Il intègre plusieurs modes :

- Charge
- Test : permet de mesurer la résistance interne ainsi que la capacité réelle
- Discharge : permet de décharger des accus pleins en vue de les stocker longtemps
- Refresh : permet de rafraichir un accu qui aurait un certain âge et dont la capacité serait un peu faible

Chaque slot du chargeur étant indépendant, chaque slot peut être utilisé dans un mode différent.
Les slots étant assez rapprochés, il n'est possible de charger au maximum que 4 accus en 18xxx ou 2 accus en 26xxx.
Notice succincte en 1 feuille A4 pliée en 4 si je me rappelle bien.

Chargeur SkyRC MC3000 :

Le MC3000 est la version grand luxe du BT-C3100 !

8 types d'accus, encore plus de modes de fonctionnement, connectable à un PC ou à un smartphone via une application dédiée, jusqu'à 3A par slot pour la charge ou la décharge, port USB 2,1A pour charger un équipement externe…
Slots suffisamment espacés pour loger 4 accus 26xxx ou 2 accus 32650 avec 2 accus 18650!
Notice format A5 de 41 pages en anglais à ingurgiter….
A priori, la connexion en USB à un PC devrait permettre de mettre à jour le firmware du chargeur (à vérifier dans la réalité), et également de surveiller les charges en cours.
Possibilité de l'utiliser au quotidien de façon :

- « Dummy » ou ultra simple (on insère l'accu et on valide pour lancer la charge) – 2 pages
- « Simple » on peut modifier des paramètres de base pour chaque slot séparément – 9 pages
- « Avancé » on peut configurer chaque slot aux petits oignons, jusqu'à 30 programmes à paramétrer pour différents types et modèles d'accus… 30 pages….

Bon, sur les nombres de pages, j'ai exagéré, il y a quelques pages sur les avertissements de sécurité, le branchement, etc…

Sans parler des possibilités avec la connexion BlueTooth sur un mobile, surveillance, activation de charge ….

12. Accus du rédacteur

Pour les avoir utilisés pendant des mois (années pour certains), je ne peux que vous conseiller les accus suivants :

- **Panasonic NCR18650B** (3400mAh) : Excellent accu pour qui cherche une vape « pépère ». Capacité énorme, donc grosse autonomie. Attention, avec ce modèle d'accu, ne pas dépasser 20W par accu dans le MOD électro (1 accu dans le MOD = 20W max, 3 accus dans le MOD = 60W max), et ne surtout pas utiliser sur MOD méca !
- **Samsung 25R** : excellent accu, très bien pour MODs mécas, mais capacité la plus faible des accus présentés ici
- **Sony VTC5** : encore meilleur accu que le Samsung, capacité légèrement supérieure, et meilleure tenue en tension, ce qui allonge son autonomie encore un peu plus
- **LG HG2** : sa capacité de 3000mAh en fait un excellent accu pour MOD électro
- **Sony VTC6** : de capacité légèrement supérieure au LG, il a également une meilleure tenue en tension (achetés et reçus tout récemment, le rédacteur les teste en ce moment même sur Reuleaux DNA200…)

Ne me parlez surtout pas d'accus rebrandés, je les bannirai jusqu'à ma mort !