

Atelier « batterie portable bon marché » du 20 Juillet 2024

Les cellules de batterie Lithium-ion

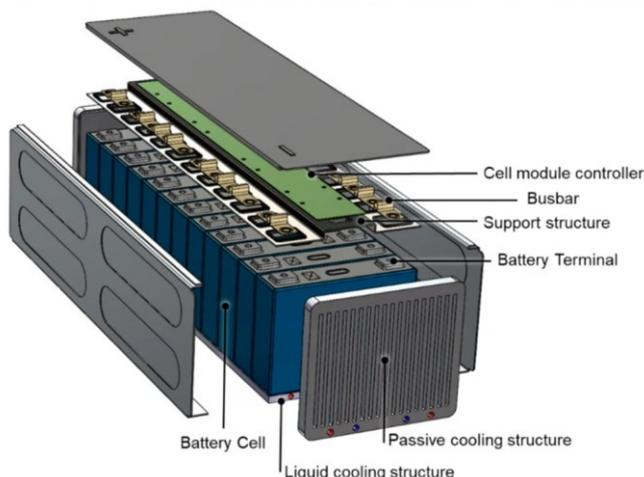
Il existe une grande variété de types de batteries lithium-ion, de diverses chimies ou taille. Les plus connues sont les cellules lithium-ion de type 18650. La cellule 18650 est un standard utilisé dans de nombreux appareils portables et notamment dans ordinateurs portables et les vélos électriques.



Diverses cellules 18650

Une cellule 18650 mesure 18mm de diamètre et 65mm de longueur. C'est un peu plus long qu'une pile AA non rechargeable. En 2023, le marché des cellules 18650 représentait 5.500 millions d'euros par an pour environ 4 milliards de cellules. Les principaux fournisseurs sont Panasonic, Sony, Samsung et LG.

Les modèles prismatiques sont les plus courants dans les voitures électriques. Le format classique est de l'ordre de 10x15x2,5 cm mais peut varier autour de ces valeurs. La coque étanche des cellules est le plus souvent en aluminium. Vu leur forme rectangulaire, elles ont tendance à gonfler, ce qui oblige à les maintenir sous pression mécanique pour les empêcher de se déformer. Ceci est fait avec des entretoises métalliques qui regroupent les cellules en pack de 6 à 20 cellules, qu'on appelle les modules (ou packs).

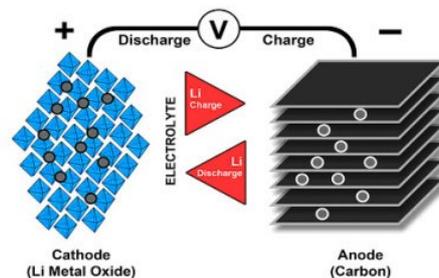


La cellule de base li-ion

Chaque cellule a une tension nominale de 3,6 volts avec un maximum de 4,2 volts et un minimum de 2,5 volts. Sa capacité va en général de 1200 à 3800 mAh pour les 18650 à 150 ou 200 Ah pour les grandes cellules prismatiques. Le courant de décharge peut facilement atteindre 10 fois la capacité en AH, soit 2000 ampères pour une cellule de 200 Ah. Il peut donc y avoir du danger à la manipuler à cause de l'énergie élevée qu'elle contient.

Fonctionnement

Un accumulateur Lithium-ion utilise une cathode (électrode positive), une anode (électrode négative) et un électrolyte conducteur. La cathode est un oxyde métallique et l'anode est constituée de graphite. Pendant la décharge, les ions circulent à partir de l'anode vers la cathode à travers l'électrolyte et le séparateur ; la charge inverse la direction et l'écoulement des ions de la cathode vers l'anode.



La capacité : C'est là que réside la grande qualité des batteries au Li-ion. La densité énergétique de cette technologie en 2024 est de 80 à 150 Wh/kg.

La résistance interne : Les cellules Li-ion ont une résistance interne faible. Elle est de l'ordre de 20 mΩ à 100 mΩ et permet donc des appels de courant pouvant atteindre 30 ampères pour les cellules de 3Ah (10x la capacité en Ah). Plus la résistance interne est faible, plus la cellule résistera aux forts courants sans chauffer.

Consignes

- Ne jamais décharger une cellule en dessous de 3 V. En-dessous de 2,5 V, elle se dégradera de façon irréversible.
- Ne jamais charger à plus de 4,2 V.
- Maintenir le plus possible des températures entre 0°C et 30°C.
- Un stockage en inactivité de longue durée se fait à une capacité d'environ 80% de leur capacité maximale.
- Ne pas court-circuiter. Les très forts courants peuvent détruire une cellule.
- Sans refroidissement actif des cellules, ne pas recharger à des valeurs de courant supérieures à (donc pas plus rapides que) 1C. Typiquement, recharger à une valeur comprise entre C/2 et 1C.

1C = le courant en A a la même valeur que la capacité en Ah. Charger à 1C une cellule de 3000 mAh veut dire la charger à 3A, donc 3000 mA. La charger à C/2 veut dire la charger à 1,5 A donc 1500 mA.

- Ne pas décharger une cellule à des valeurs supérieures à sa valeur spécifiée. Une cellule de 2000 mAh donnée pour 20A peut être déchargée à 10 A, donc 10C, ce qui

implique qu'à ce rythme, elle se décharge complètement en 1/10 d'heure, soit six minutes.

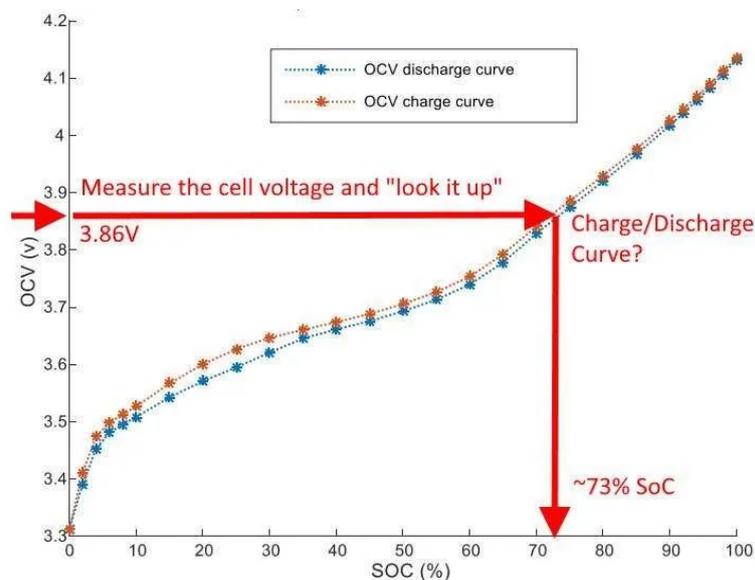
Vocabulaire

SoC signifie « State Of Charge », soit l'état de charge de votre batterie (si SoC = 0% alors votre batterie est vide, et si SoC = 100%, alors votre batterie est « pleine »)

DoD signifie « Depth Of Discharge », soit la profondeur de décharge de votre batterie (100% de décharge indique que votre batterie est vide, et 0% de décharge signifie que votre batterie est pleine). Par abus de langage, on parle de batterie pleinement chargée quand son SoC est à 100%, et complètement vide, si son SoC est à 0%.

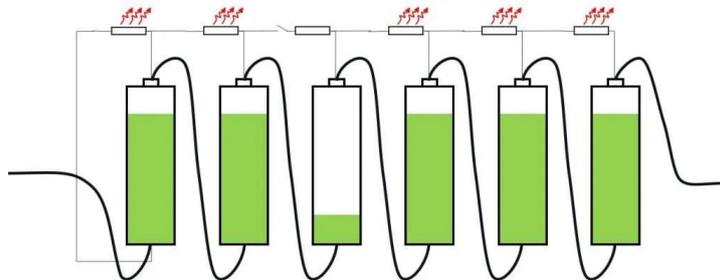


Le pourcentage de charge : Le pourcentage de charge n'évolue pas linéairement avec la tension de la batterie. A 3,6 volts par cellule, la batterie est à 50%, mais en-dessous de 3,3 volts, il n'y a déjà presque plus de charge.



La fin de vie d'une cellule

Si après un certain nombre de cycles de charge-décharge, une cellule est incapable de contenir autant d'énergie que ses voisines, le BMS (Battery Management System) se coupe sur une erreur. Dans ce cas, soit on remplace la cellule défectueuse, soit on les remplace toutes par des cellules ayant le même âge pour éviter que le problème ne resurviene.



Pour en savoir plus sur la conception des batteries, il existe de nombreuses ressources comme <https://www.batterydesign.net/>.

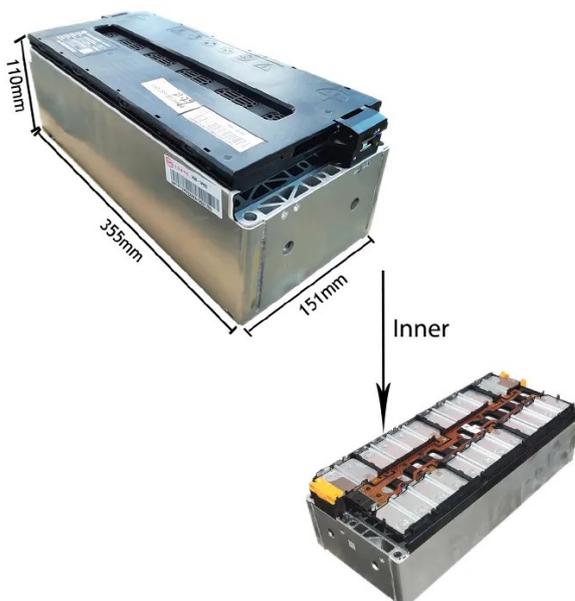
Montage en série et/ou en parallèle

Pour obtenir des tensions et ou des capacités plus élevées que 4 volts ou quelques ampèreheures, on combine plusieurs cellules en série et en parallèle. Les batteries d'ordinateur portable ont généralement quatre cellules 3.6V Li-ion en série pour atteindre 14,4V et deux jeux en parallèle pour augmenter la capacité de 2,4Ah à 4,8 Ah. Une telle configuration est appelée 4S2P, ce qui signifie quatre groupes de cellules en série (4S) et deux cellules en parallèle dans chaque groupe (2P).



BYD 6S2P 22.2V 100Ah NMC Module

Module Weight: 11.3kg, inner 12pcs CATL 3.7V 50Ah NMC cell



La plupart des types de batteries se prêtent à la configuration en série/parallèle.

Il est important d'utiliser le même type de cellule avec la même tension et la même capacité (Ah) et de ne jamais mélanger différentes marques et tailles.

Le module 6S 2P

Ci-contre, le module que nous allons utiliser : un 6S2P similaire à celui des Nissan Leaf. Il contient 12 cellules montées en 6 groupes de 2. Dans chaque groupe, deux cellules sont connectées en parallèle et les six groupes sont montés en série.

Le prototype de batterie portable

Le prototype que nous allons construire est une batterie portable de 2,7 kWh qui se recharge sur le secteur 220 Volts et est capable de restituer environ 1000 à 1500 Watts sur sa prise de sortie 220 Volts. Poids : 14 kg environ.

Les usages de ce type de batterie sont nombreux comme l'usage pour alimenter des petits consommateurs sur des sites hors réseau (camping, plage, ...) ou encore la fourniture d'électricité en cas de coupure du réseau public, comme par exemple pour alimenter un éclairage ou un poêle à pellets.

Conception

Quand on construit une batterie, il faut considérer à la fois quatre aspects : la sécurité, le schéma électrique, la solidité mécanique et enfin la gestion thermique.

Les choix techniques se basent sur le compromis à trouver entre poids, quantité d'énergie stockée et puissance de sortie. Ici, notre premier critère était un poids acceptable pour un transport par une seule personne (une quinzaine de kilos) et une puissance de sortie suffisante pour la plupart des appareils ménagers courants (typiquement 1500watts en 220 volts).

La sécurité

Les risques existent toujours quand on manipule de l'électricité. Toutefois, les risques de choc électrique disparaissent si on reste en dessous de 50 à 60 volts environ. L'objectif de coût minimum se couple bien avec ce critère et nous fait donc choisir de nous limiter à 24 ou 48 volts, soit 6 ou 12 cellules li-ion de 4 volts). Un seul pack 24 volts est donc le bon choix dans notre cas.

On minimisera les risques électriques en isolant TOUS les fils et en les repérant correctement (- en noir, + en rouge).

Il reste néanmoins des risques liés à la quantité d'énergie disponible. Un court-circuit aux bornes d'une batterie 24 volts peut générer des centaines d'ampères et donc des échauffements violents. La présence d'un fusible de protection est donc indispensable.

Il reste une partie de l'appareil qui véhicule du courant alternatif à 220 volts. Il faut obligatoirement pouvoir couper ce circuit et fournir une alerte visuelle ou sonore quand il est en marche.

Dans une voiture électrique (ci-dessous une batterie de Porsche Taycan), les divers modules sont montés en série pour atteindre des tensions de 400 ou 800 volts, ce qui implique beaucoup de précautions. Les modules ont en général des tensions entre 24 et 60 volts.



Une batterie de Porsche Taycan



Le schéma de branchement du BMS JiKing

Le schéma électrique

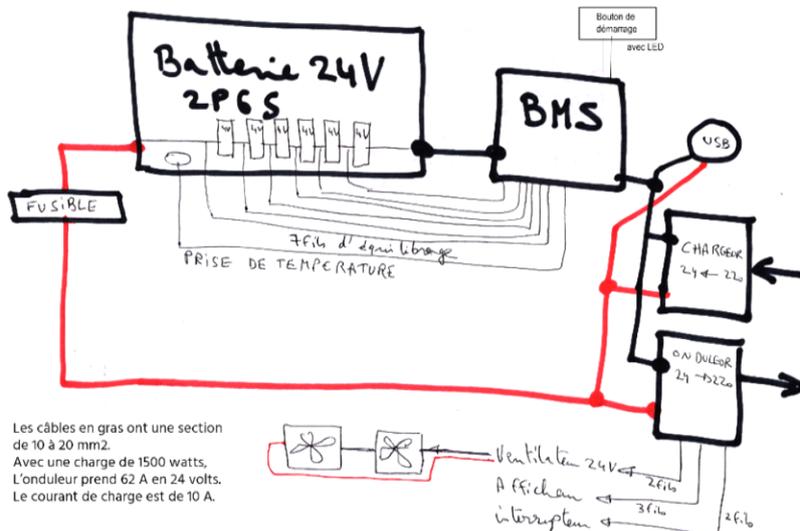
Le schéma général est simple car la plupart des fonctions sont réalisées par le BMS.

Le BMS assure deux rôles : équilibrer activement les tensions des diverses cellules (en chargeant les plus faibles avec le courant des mieux chargées) et connecter ou déconnecter le pôle négatif de la batterie en fonction des paramètres programmés, comme couper en cas de surcharge, de surtension lors de la charge, de sous-tension lors de la décharge, etc...

Le bouton de mise en marche contrôle le démarrage et l'arrêt. A noter que l'arrêt est impossible si un chargeur est branché. Tant que la batterie se charge, le BMS reste actif pour équilibrer les cellules et déconnecter la batterie en fin de charge.

On notera que, pour raison de sécurité, le BMS possède deux capteurs de température et peut couper le courant de la batterie en cas de surchauffe.

Schéma général de la batterie portable 24 volts 2,7 kWh



Les câbles en gras ont une section de 10 à 20 mm².
Avec une charge de 1500 watts.
L'onduleur prend 62 A en 24 volts.
Le courant de charge est de 10 A.

Comment configurer et programmer le BMS

Le BMS JK se configure et se contrôle en Bluetooth avec un smartphone à proximité. Dans la plupart des cas, il suffit de choisir le type de batterie (ici Li-ion) et le nombre de cellules en série dans le circuit (ici 6). Le logiciel se trouve en scannant le QR code sur le BMS.

Référence du modèle utilisé : **JK-BMS 8s 200a** (mais un 6s aurait été suffisant)

Il existe des tas de vidéos sur YouTube expliquant la procédure.

Par exemple : <https://www.youtube.com/watch?v=9Ba2yis6U3k>

La solidité mécanique

Empiler les composants en vrac dans un boîtier n'est pas suffisant. Il faut les solidariser les uns aux autres et s'assurer que le tout reste en place, notamment pour éviter des tractions ou des frottements sur les câbles. Il est aussi important de prévoir un démontage relativement aisé en cas de besoin de maintenance sur un des composants.

Dans notre cas, le boîtier en plastique n'est pas très robuste. On prévoira donc de renforcer le fond par une plaque de contreplaqué ou, mieux, de polycarbonate (de récupération) et de solidariser le fond et la poignée de transport de la face supérieure, par exemple avec des morceaux de tige filetée de 4 ou 6 mm.

La gestion thermique

L'onduleur et le chargeur sont munis de ventilateurs. Le BMS est une ailette en aluminium qui a besoin d'un flux d'air pour se refroidir. Il faut donc prévoir au minimum une entrée et une sortie d'air et orienter les composants de façon à ce que l'air suive le trajet voulu.

Dans notre cas, on soupçonne que ça ne sera pas suffisant et on va ajouter des ventilateurs (récupérés sur un vieux PC) et les fixer à l'entrée et à la sortie du boîtier. En montant en série deux ventilateurs 12V, on peut les alimenter en parallèle avec les ventilateurs de l'onduleur qui sont en 24 volts.

Pour s'assurer que l'air circule bien à travers les composants à refroidir, il faudra bloquer les passages d'air qui les contournent, avec des morceaux de mousse par exemple.

Les composants utilisés dans le prototype

- Un module de batterie de seconde vie (d'origine Peugeot e-106 ou Open Corsa-e) 24Volts 2700 Wh similaire aux modules de Nissan Leaf 2P6S (12kg et 166€ chez Watt4Ever)
- Un onduleur bon marché Tataliken 24V 4000W (puissance de crête) (91€)
- Un chargeur 220V-24V 10 A (31€),

- Un BMS JiKing modèle JKBMS B1A8S10P gérant 200A et l'équilibrage actif (64€),
- Un fusible 200A et son porte fusible (12€)
- Une prise de charge USB 2A alimentable en 12 à 24 v (8€)
- Une boîte à outil capable de contenir tous les éléments (NEO, 34€ chez gmotoshop.be)
- Câblage et quincaillerie (fils, gaine thermo, cosses, boulons, 60€ estimé)

Soit un budget de moins de 466€ TVAC, main d'œuvre non comprise.

Outillage nécessaire

- Pinces à sertir et cosses pour câbles data (petit modèle) et courant continu (grand modèle 2 à 25 mm²),
- Multimètre avec pince ampèremétrique,
- Fer à souder 50 et 200W, décapeur thermique, scie sauteuse, Dremel,
- Thermomètre infrarouge sans contact,
- Petit outillage classique.

Photos



Boîte à outil NEO



Composants mis en place 40x17x19 cm



Vue latérale de l'ensemble



Prise IEC pour brancher le fil du chargeur