

Note : Si vous n'êtes pas familier du vocabulaire utilisé, lire d'abord l'annexe 'vocabulaire et notions énergétiques' !

A123 : kesako ?

A123 désigne des éléments de technologie lithium de la marque A123system
Il existe pour l'instant 2 types d'éléments cylindrique, des 1,1Ah et des 2,3Ah

Mais qu'est que la technologie lithium ?

Si vous lisez ce document, vous savez probablement que les batteries utilisent plusieurs technologies... On trouve : Du plomb (Pb), du Cadmium-Nickel (Ni-Cd), du Nickel-Métal (Ni-Mh) et... du Lithium (Li)!

Et c'est la technologie du moment ! (téléphone portable, ordinateur portable...)

L'intérêt principal du lithium est sa **densité énergétique** (en Wh/kg) qui dépasse toute les autres technologie...
Le lithium offre entre 100 et 200 Wh/kg.

On distingue plusieurs familles qui dépendent de l'élément chimique associé au lithium.

Le lithium doit s'utiliser en prenant des précautions ! Cette technologie peut présenter des dangers (incendie ou explosion...) si un élément est maltraité (surcharge).

Lithium-ion: (Li-ion) : Tension nominale d'un élément: 3,6V ou 3,7V
Tension de charge: 4,2V
Enveloppe rigide de l'accu (cylindrique).
Risque d'**explosion** et d'**incendie** en cas de surcharge ou de court circuit.

Lithium-Polymère (LiPo): Tension nominale d'un élément: 3,6V
Tension de charge: 4,2V
Enveloppe souple de l'accu (élément plat). Grande densité énergétique (200Wh/kg). L'enveloppe gonfle en cas de surcharge.
Risque d'**incendie** en cas de surcharge ou de court circuit.

Lithium-Fer-Phosphate (LiFePo4): Tension nominale d'un élément: 3,2V,
Tension de charge: 3,6V (3,8V maxi)
Enveloppe rigide cylindrique ou souple prismatique. Densité énergétique de 100Wh/kg.
Durée de vie à priori importante mais capacité de décharge limitée (C/2...) Sauf pour certains éléments cylindriques, sinon la durée de vie promise (1000 cycles) s'effondre...

Lithium NanoPhosphate (A123): Technologie propriétaire de A123system, Tension nominale d'un élément: 3,2V,
Tension de charge: 3,6V
Densité énergétique de 110Wh/kg. Éléments cylindriques. Chimie de l'élément très stable avec **peu de risques d'incendie** même en cas de surcharge.
Durée de vie très importante (3000 cycles). Capacité de décharge très importantes (20C en continu) sans pertes de capacité ! (<5%) si décharge < 5C
Je connais bien ces éléments, ils sont très bons !

Décharge d'un élément lithium: Il ne faut jamais faire descendre la tension d'un élément en dessous d'une certaine valeur, sinon l'élément perd une grande partie de ses caractéristiques... (sa capacité notamment). Cette tension minimum dépend du type d'accu lithium, elle est de 2V pour le Lithium NanoPhosphate.

Charge d'un élément lithium: elle est effectuée à tension fixe limitée en intensité. Cette tension fixe doit être précisément déterminé pour chaque type d'accu. Une précision de quelques pourcent est indispensable. En cas de dépassement de la tension, l'accu est surchargé et **peut prendre feu ou exploser** ! La valeur de cette tension dépend du type d'accu (4,2V, 4,1V ou 3,6V pour le NanoPhosphate). La charge est terminée quand l'intensité de charge diminue rapidement (la tension de l'accu à alors atteint la tension de charge).

La charge en série de plusieurs éléments n'est possible que si la tension de chaque élément est contrôlé en permanence pour qu'il soit impossible que la tension de l'un des éléments dépasse sa tension nominale de charge.

Par conséquent, le contrôle d'un ensemble d'éléments Lithium assemblé en pack nécessite la présence d'un circuit de surveillance. Celui-ci est appelé communément un B.M.S. (Battery Management System). Le rôle de celui-ci est au minimum d'empêcher la destruction d'un élément et au mieux d'assurer une longue durée de vie au pack.

Ce document présente par la suite des schémas de BMS adapté aux batteries A123 (et en usage quotidien depuis plus de 2 ans)

La genèse d'un BMS : Mais pourquoi donc créer un BMS... Ne parlons pas de la nécessité de celui-ci pour gérer un pack d'éléments lithium, mais de l'utilité de créer un BMS alors qu'il en existe 'des tout prêt'...

En effet, il suffit de parcourir un peu la toile (et ebay) pour se rendre compte que des cartes existes et sont proposées à très bas prix !

Les BMS du commerce :

Avantage : Déjà prêt ! (ça compte non ?)

Inconvénients : Gère très mal la charge et l'équilibrage (surtout si charge rapide)
Seuils de tensions aux bornes de chaque élément souvent imprécises.
Préconfiguré pour un nombre d'éléments en série
Durée de vie du pack associé (très) réduite...

Le BMS 'home made' :

Avantage : Caractéristiques liés au souhaits du concepteur...

Seuils de tensions maxi et mini aux bornes de l'accu précis

Équilibrage automatique à 0,5A (nécessaire pour limiter la dissipation)

Arrêt automatique après équilibrage (quand toutes les cellules sont équilibrées)

LED état (charge, équilibrage, arrêt)

Seulement 2 fils pour la connexion entre la source d'énergie et le BMS

Faible dissipation de puissance dans le BMS (max. 1,8 W par cellule en équilibrage)

Inconvénients : Complexe à concevoir et à réaliser (mais pas pour un électronicien ;-)

Le BMS 'robotique' :

Le BMS qui va être décrit à été conçu pour remplacer un pack d'éléments Ni-Cd dans un robot participant à la Coupe de France de Robotique. Des turbines étaient utilisées et la puissance demandée au pack était de 110W... Les batteries utilisées (10 éléments 1,8Ah en série) 'tenaient' 4 minutes... (décharge à 9A soit 5C). On peut noter que le pack d'accu ne restituait alors que 7Wh sur les 22Wh théoriquement disponible (30%)... On verra plus loin ce que donnera le pack A123 dans les mêmes conditions...

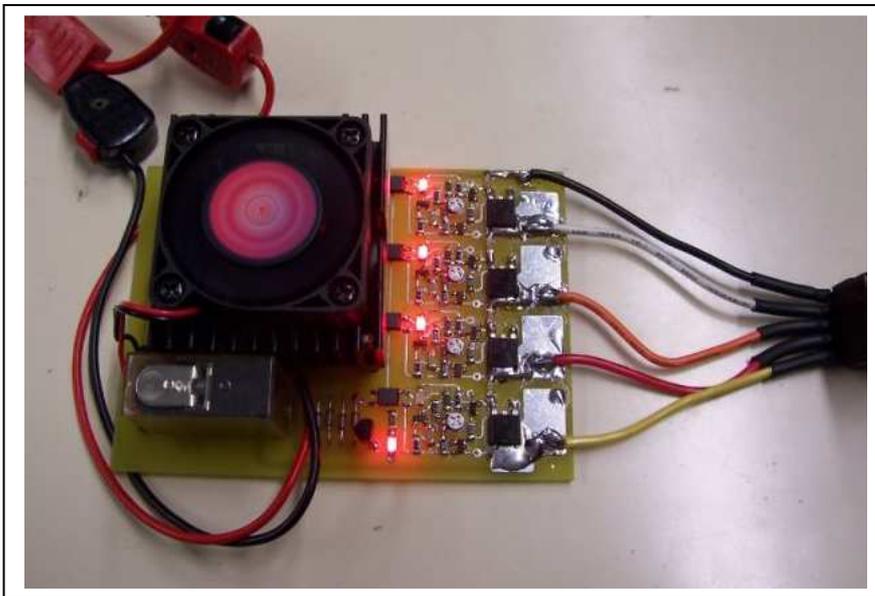
Le BMS de ce pack 'robotique' est réalisé en 2 parties : L'une intégrée au pack (surveillance de la décharge du pack) et l'autre intégrée au chargeur (gestion de la charge et équilibrage).

Cela permet de n'embarquer dans le pack que le strict minimum : La surveillance de la décharge avec coupure du pack si la tension de l'un des éléments est vide. Nous avons 2 packs qui utilisent alors le même chargeur.

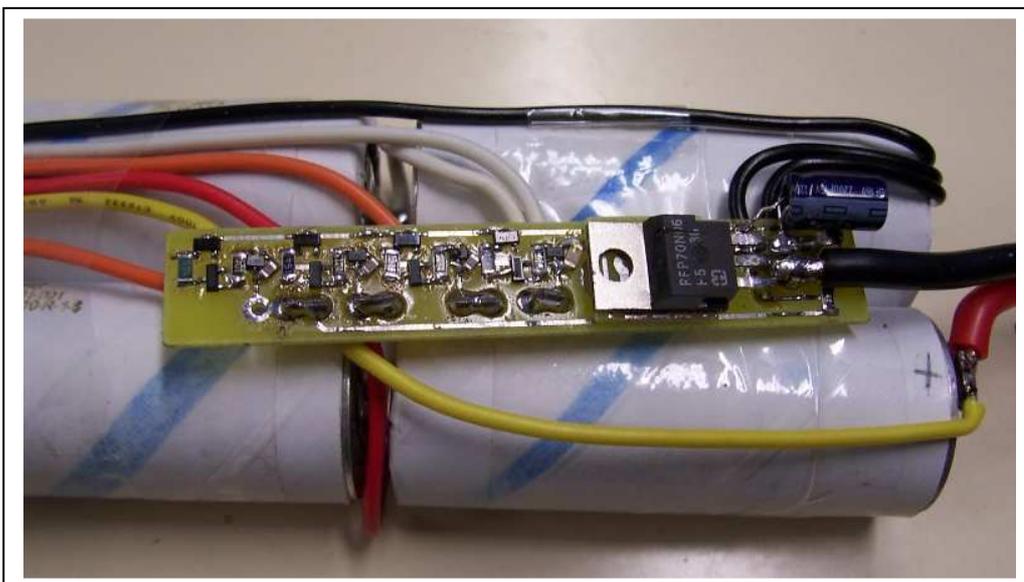
A noter que ce BMS à servi de prototype pour concevoir ensuite le BMS 'VAE' décrit ensuite.

Le pack réalisé est constitué de 4 éléments A123/2,3Ah en série. Il peut délivrer une intensité de 20A.

Le chargeur de la batterie 'robotique' :



Le BMS intégré à la batterie 'robotique' On remarque le Mosfet 'de coupure':



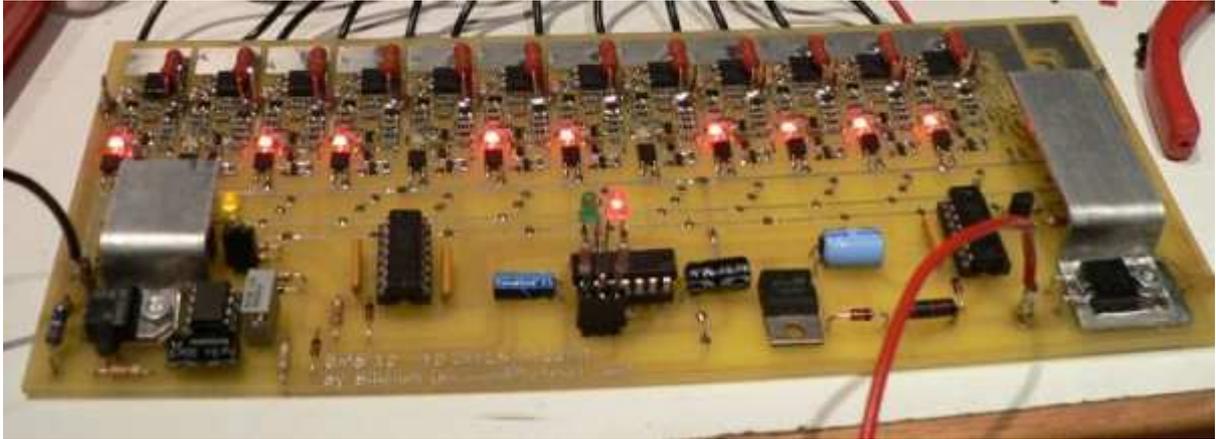
Le BMS VAE :

Ce BMS à ensuite été intégré dans deux Vélos à Assistance Electrique (VAE). La gestion de la recharge et de la décharge est intégré au BMS. Ce BMS permet de charger la batterie à une intensité 'élevé' (10A et plus) et gère la décharge jusqu'à plus de 50A si nécessaire. Il est issu de l'expérience acquise avec le chargeur et le circuit de protection de la batterie 'robotique'

Ce BMS équipe 2 VAE :

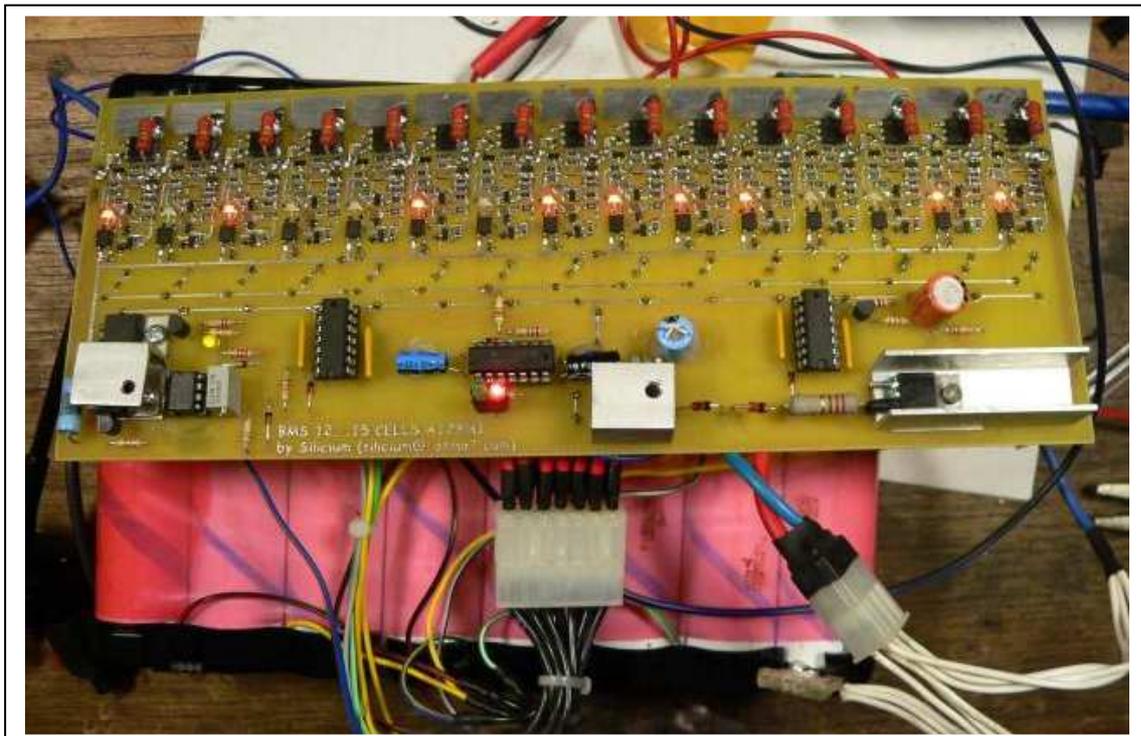
L'un équipé de 48 éléments A123 / 2,3Ah montés en assemblage 4P/12S (4 éléments en parallèle montés 12 fois en série) ce qui donne un pack 39,6V/9,2Ah. Ce pack à restitué à ce jour 450 Ah en 63 cycles soit 7 Ah en moyenne par cycle avant recharge (la recharge intervenant généralement avant que la batterie ne soit complètement vide...). Cela en 2 ans et 1000 km parcourus.

Le BMS associé au pack 4P/12S. On peut compter 12 circuits d'équilibrage et remarquer les leds qui indiquent si les éléments sont chargés et en cours d'équilibrage.



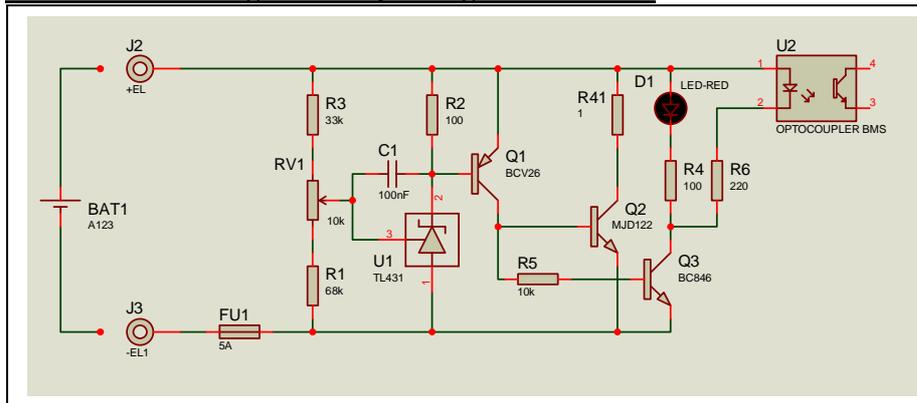
L'autre équipé de 30 éléments A123 / 2,3Ah montés en assemblage 2P/15S (2 éléments en parallèle montés 15 fois en série) ce qui donne une batterie 49,5V/4,6Ah. Celle-ci en 2 ans, à restitué à ce jour 1046 Ah en 250 cycles et 6000 km parcourus. Cette batterie est suivie régulièrement pour évaluer sa durée de vie. Pour l'instant, la capacité totale à baissé de 5%.

Le BMS associé au pack 2P/15S. On peut compter 15 circuits d'équilibrage.



Les schémas du chargeur et du circuit de protection de la batterie 'robotique':

Le circuit de base de gestion d'équilibrage d'une cellule :

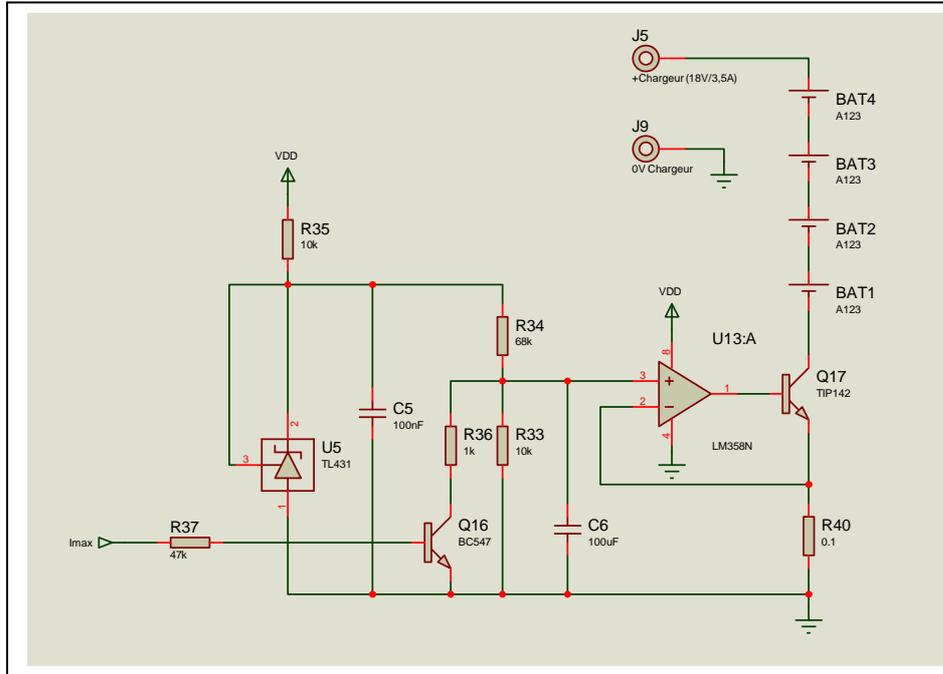


Ce circuit empêche la tension aux bornes de l'élément BAT1 de dépasser un seuil réglable par RV1. Pour une cellule A123, la tension maxi est réglée à 3,60V.

Pendant la charge, la tension augmente progressivement, lorsqu'elle atteint le seuil, le transistor Q1 devient passant et entraîne la conduction de Q2 et Q3. Q2 (en série avec R41) est placé en parallèle avec l'élément et va shunter l'intensité de charge en empêchant la tension de dépasser le seuil prévu. Avec R41, l'intensité maximale 'détournable' est d'environ 3A (A condition d'utiliser pour R41 une résistance de puissance suffisante...).

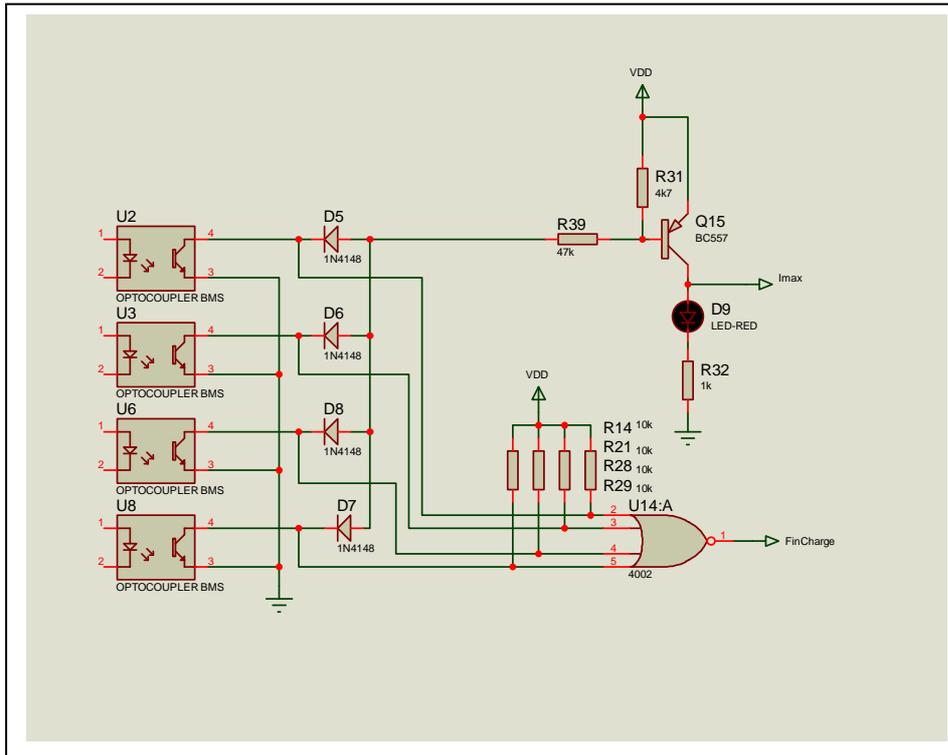
Q3 allume une led qui signale que l'élément est chargé et rend également passant l'optocoupleur U2 qui va informer le circuit de supervision, qu'un élément est chargé (le courant de charge est alors diminué à 500mA permettant de limiter à une valeur raisonnable la dissipation de R1 et Q2).

Le circuit de limitation de l'intensité de charge :



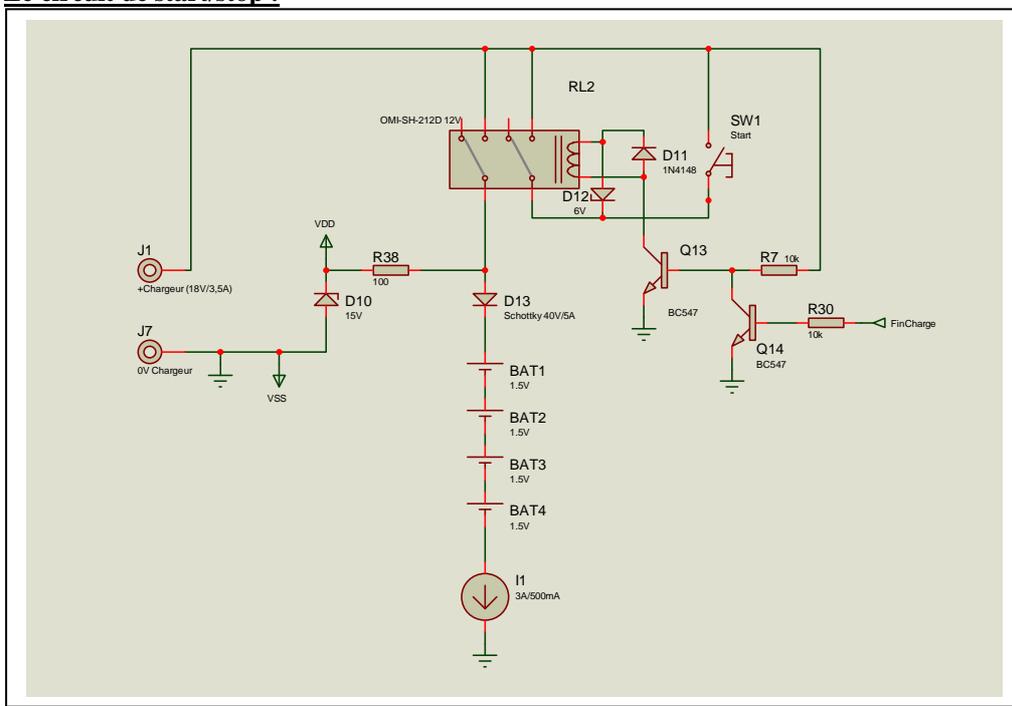
Il s'agit d'un générateur de courant construit autour de U13, Q17 et R40. La consigne d'intensité est modifiable par le signal logique Imax. Si Imax='1' l'intensité est maximale et correspond à la charge du pack (Intensité à déterminer en fonction du générateur utilisé pour la charge... Ici environ 3,5A). Dès qu'un des éléments du pack est chargé et donc qu'un circuit d'équilibrage entre en fonction, Imax passe à '0' et l'intensité de charge est réduite à 500mA. Cette intensité est maintenue tant que toutes les cellules ne sont pas en équilibre. (voir circuit de supervision)

Le circuit de supervision :



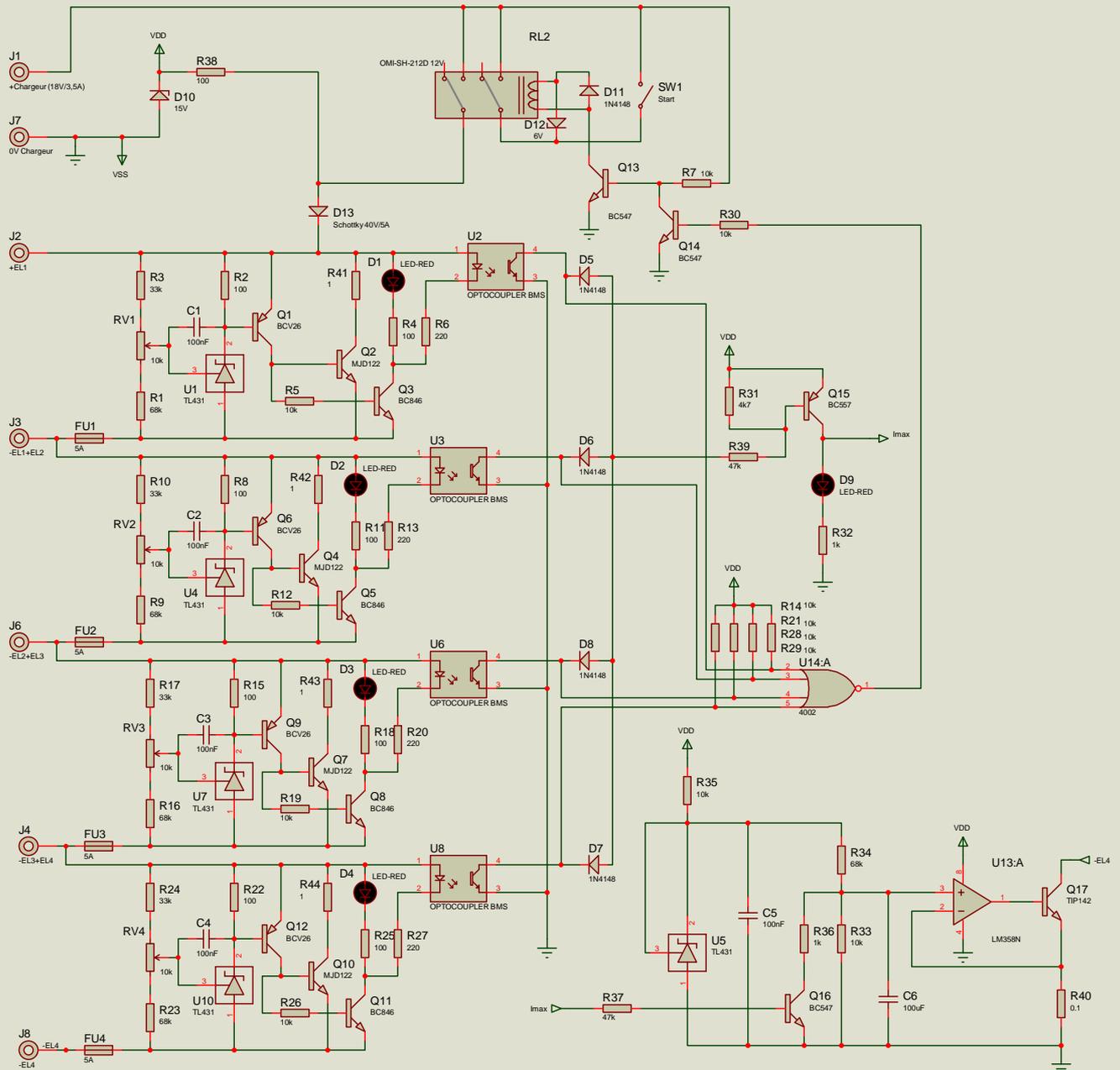
Il intègre la fonction logique ‘OU’ pour générer le signal Imax et ‘ET’ pour le signal FinCharge. Les optocoupleurs fournissant un niveau logique bas quand une cellule est chargée (logique négative) le circuit est ‘un peu’ inhabituel.

Le circuit de start/stop :



C’est assez ‘basique’... Une action sur SW1 force l’alimentation du relais (modèle 12V alimenté sous 18V d’où D12). Fincharge passe à ‘1’ en fin de cycle et coupe le relais. D13 empêche l’autoalimentation du circuit (si on enlève le chargeur avant la fin du cycle...)

Le schéma complet du chargeur-équilibreur pour la batterie 'robotique' :



Chargeur équilibreur pour 4 éléments A123 (c): P. TOUZET

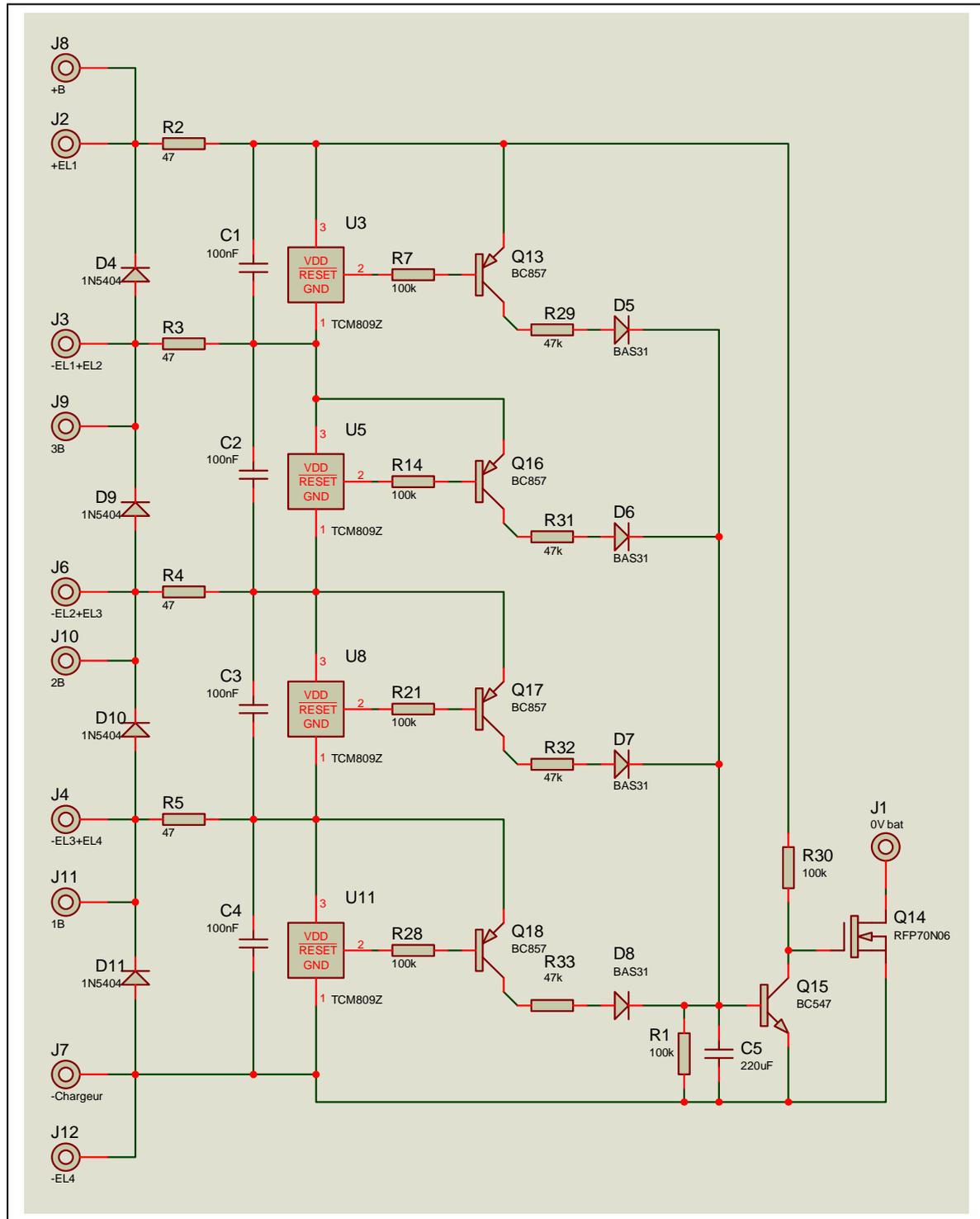
V3.0

Ce chargeur est utilisé depuis 2 ans au club, il donne satisfaction malgré un défaut :

- La fin de la charge est assez 'oscillatoire'. La raison en est que quand l'intensité est réduite, la tension aux bornes du premier élément qui provoque la coupure, baisse et fait reprendre la charge... Il faut prévoir en fait un hystérésis... Ce qui fut fait dans le BMS pour VAE ;-)

Cette batterie de 13,2V/2,3Ah, alimente nos turbines (110W) pendant plus de 15' avant la coupure. Soit une énergie restituée de plus de 27Wh sur 30Wh disponible...

Le circuit de protection à la décharge de la batterie 'robotique' :



Le circuit est très simple. On utilise des circuits dédiés normalement au reset des uC. Le circuit TCM809 active au niveau logique bas sa sortie si sa tension d'alimentation passe en dessous d'un seuil défini à la fabrication. Le circuit est disponible avec de nombreux seuils. On choisi le seuil de 2,5V qui correspond à la tension basse 'raisonnable' d'un élément A123 (2V mini) sachant qu'entre 2,5V et 2V, l'énergie disponible est infime (voir l'allure de la décharge des éléments A123).

Dès que l'une des sorties d'un des TCM809 passe à '0', le mosfet Q14 est bloqué (après un délai lié au réseau R-C5). Le retard à été ajouté pour filtrer la coupure qui pouvait se déclencher inopinément pour des usages avec des moteurs du pack (parasites et autres joyeuseté...)

C'est également la raisons des réseaux R-C en entrée des TCM809. Les diodes en entrées sont indispensables lors de la connection des éléments au circuit. En l'absence des diodes, des intensités inverses pouvant apparaître si l'ordre de connection des batteries n'est pas 'idéal'. Un TCM809 (au moins...) passe alors de vie à trépas...

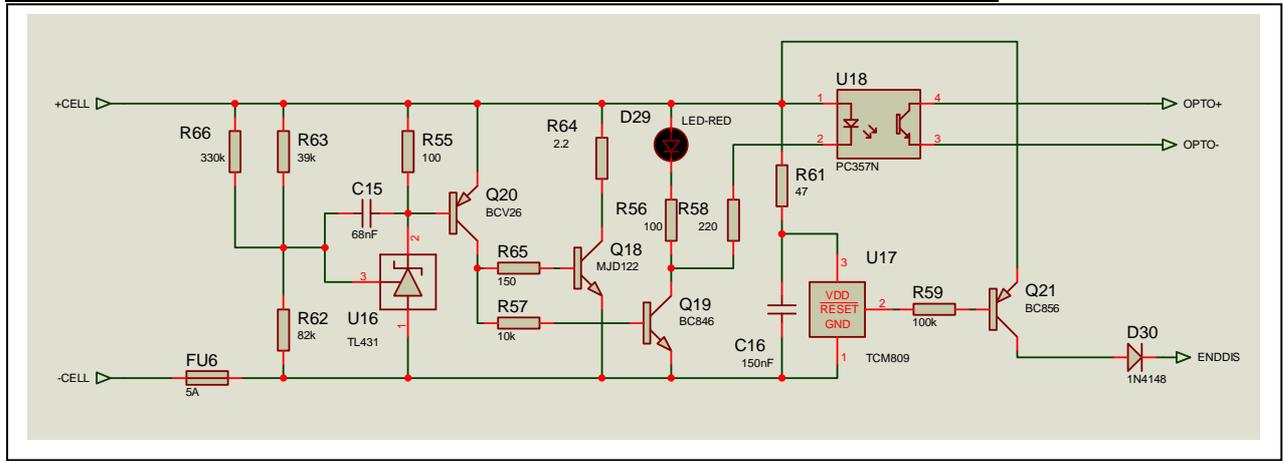
Les schémas du chargeur et du circuit de protection de la batterie 'VAE':

Ce BMS reprend les principes (en les améliorants) du chargeur et du circuit de protection à la décharge du pack 'robotique'. Les explications seront donc moins détaillées...

Dans ce BMS, tout est intégré (gestion de la charge avec équilibrage ET protection des éléments à la décharge. Le circuit de supervision gère jusqu'à 15 éléments en série.

La seule contrainte est de fournir une source de tension **limitée en intensité** pour la charge, l'intensité n'étant pas limitée par le BMS lors de la charge. Ce choix à été fait pour limiter la dissipation du circuit de charge du BMS.

Le circuit 'cellule' (c'est le même schéma qui est aux bornes de chaque élément A123) :



Il y a peu de nouveauté par rapport au circuit du pack 'robotique' : Le circuit de réglage à été simplifié (la valeur de R66 est adapté) et le circuit de détection de tension basse est ajouté.

Le schéma complet : (page suivante)

Bon, ok, il y a du monde... Mais notez bien que ça gère 15 cellules en série ;-)
Avec un peu de persévérance (et de motivation...) c'est compréhensible !

Note : Le circuit de coupure à mosfet n'est pas présent sur le circuit imprimé, il a été réalisé sur une petite carte annexe.

P. TOUZET, allias silicium81 sur le forum ci-dessous.

Pour en savoir plus : La genèse du BMS :

<http://cyclurba.fr/forum/18925/reassemblage-packs-dewalt-bms-sur-mesure.html?discussionID=1870msg18925>

