

## PLATINE 18650

### Introduction

Le format 18650 (cylindre de diamètre 18 mm et de longueur 65 mm) est souvent utilisé pour les batteries lithium (outils autonomes, ordinateurs portables, cigarettes électroniques, modèles réduits...).

La platine 18650 permet d'accueillir jusqu'à 6 batteries au format 18650 en série afin, selon le chargeur, de les charger, les décharger, les équilibrer ou les tester.

La platine est conçue pour accueillir des batteries jointives déjà réunies en série par languettes sans avoir à les séparer.

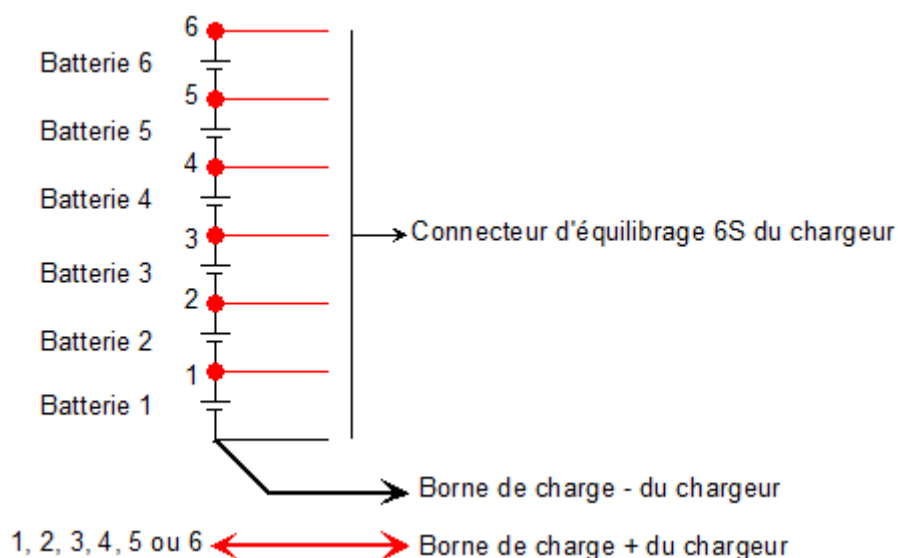
Le chargeur utilisé est un SKYRC IMAX B6AC authentique. Les calculs effectués sont à adapter aux caractéristiques de votre chargeur.

### Caractéristiques des batteries lithium

Type	Li-Po	Li-Ion	Li-Fe	Li-HV
Tension nominale (V)	3,7	3,6	3,3	3,7
Tension max (V)	4,2	4,1	3,6	4,35
Tension min (V)	3,0	2,9	2,6	3,1
Tension de stockage (V)	3,8	3,7	3,3	3,85
Courant de charge max (C=Capacité)	1*C	1*C	4*C	1*C

### Schéma électrique

La platine est reliée aux bornes de charge (+ et -) et au connecteur d'équilibrage du chargeur.



La borne + de charge est connectée au point 1 à 6 selon le nombre de batteries.

Par exemple pour 4 batteries (batteries 1 à 4), la borne de charge sera connectée au point 4.

Un cas de mauvaise connexion du câble de charge +, le chargeur indique une erreur soit l'absence de branchement d'un câble de charge (par exemple si pour 4 batteries, le câble de charge + est branché sur 5 ou 6) soit le mauvais nombre de batteries (si par exemple pour 4 batteries, le câble de charge + est branché sur 1, 2 ou 3).

Pour une seule batterie (batterie 1), ne pas connecter le connecteur d'équilibrage. Dans le cas contraire, le chargeur indique une erreur.

## Contacts

N'ayant pas trouvé de supports de batteries tout fait pour tenir les performances du chargeur (courant maximal, précision de l'équilibrage) et disposer jointivement les batteries, la platine a été réalisée avec des contacts unitaires à souder Vogt Verbindungstechnik 1456f.98 (disponibles chez Conrad à 0,59 € l'unité).



Ces contacts sont en acier à ressort et sont dimensionnés pour le format AA mais la hauteur du contact (8,9 mm) convient au format 18650 dont la hauteur de contact central est  $18/2=9$  mm.

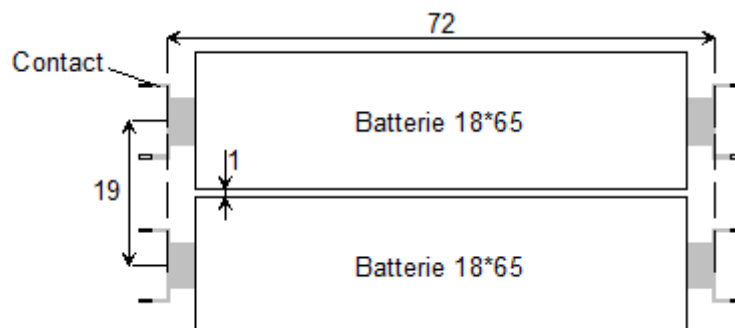
L'espacement entre les broches des contacts de 2 batteries jointives est de 19 mm (18mm+1 mm de jeu pour tenir compte des dispersions des diamètres des batteries).

L'espacement entre les broches avant des contacts d'une même batterie est de 72 mm.

L'espacement entre les contacts sans batterie est alors  $72-2*(4,1+0,2)=63,4$  mm.

La compression d'un contact avec batterie est ainsi de  $(65-63,4)/2=0,8$  mm.

Si les batteries sont connectées par des languettes d'épaisseur, la compression devient 0,9 mm.

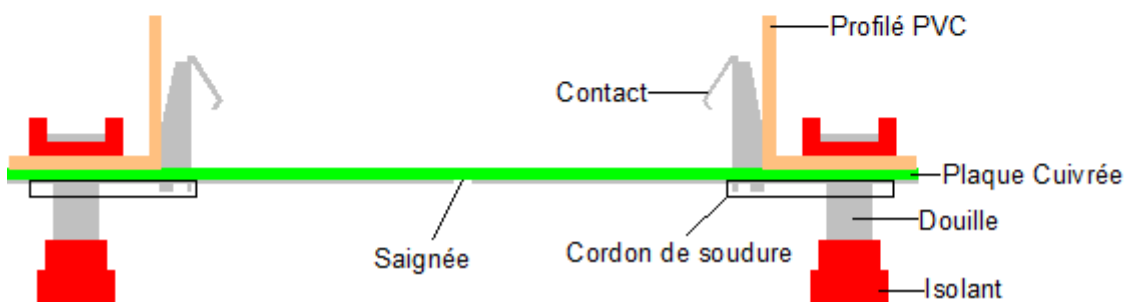
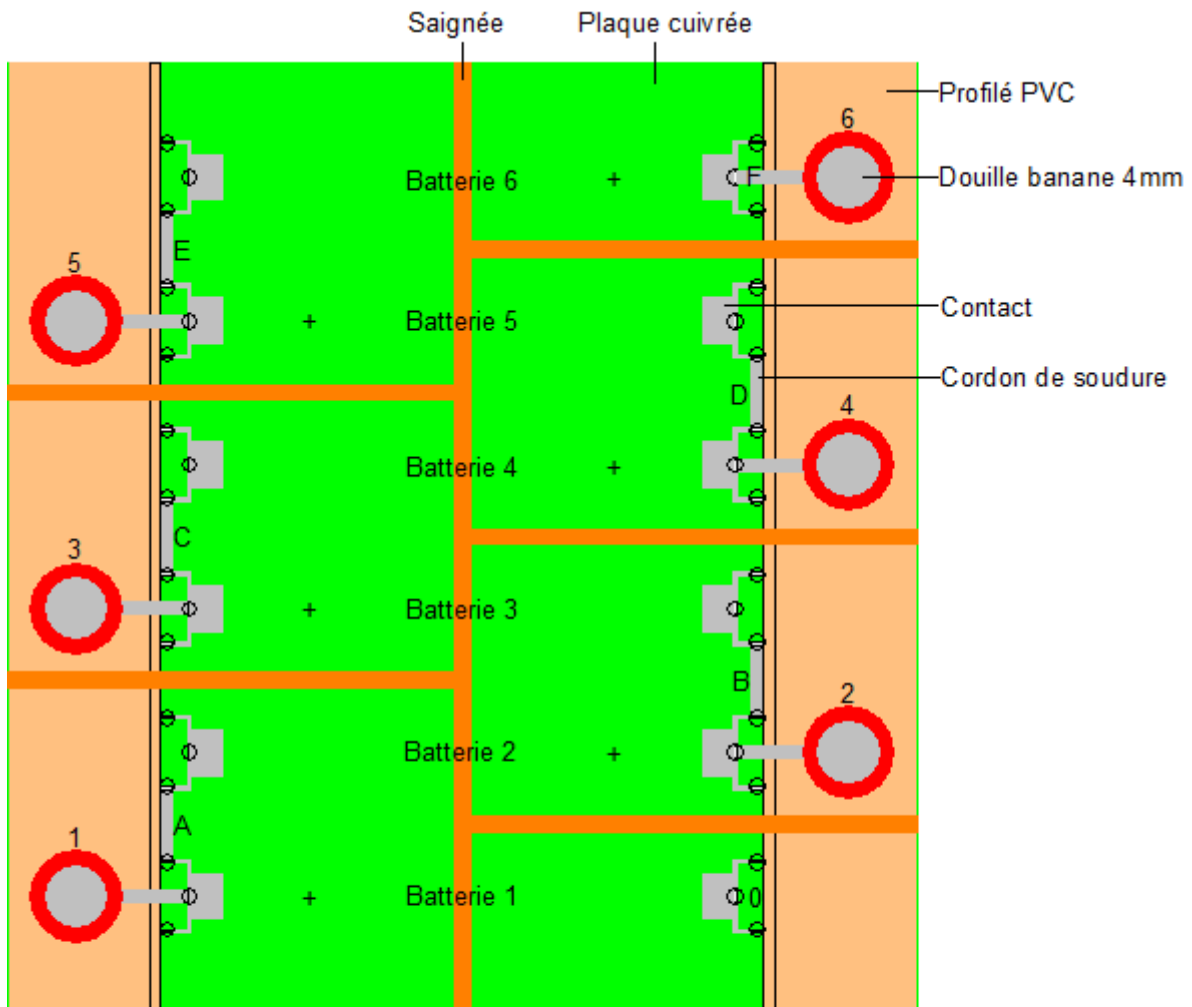


## Platine

La platine est supportée par une plaque époxy cuivrée simple face d'épaisseur 1,6 mm dont la gravure est réalisée mécaniquement par des saignées.

La conduction des liaisons entre contacts et douilles est améliorée par des cordons de soudure. Un profilé en L PVC protège les contacts d'une chute ou d'un court-circuit.

Les queues des douilles servent de pieds. Leur extrémité est revêtue d'un isolant électrique (entretoise de la douille vissée et/ou collée selon le modèle).

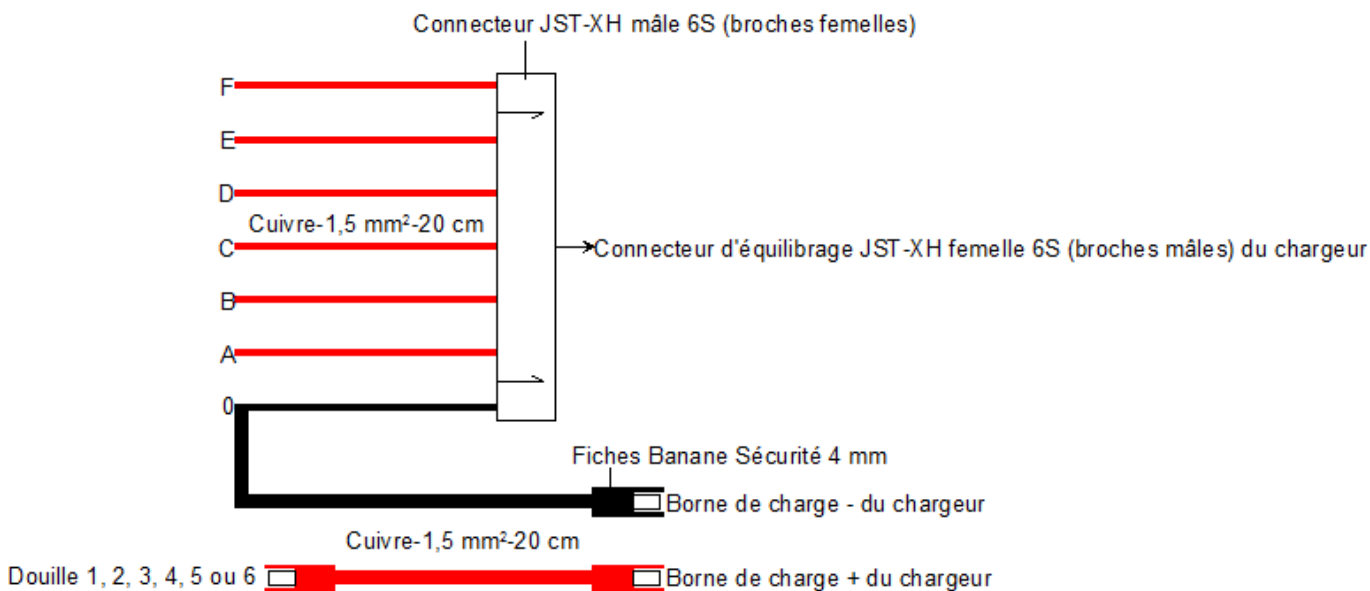


## Câblage

Les sections des câbles sont définies plus loin.

Les câbles de charge (+ et -) sont des cordons avec bananes de sécurité en cuivre de section  $1,5 \text{ mm}^2$  et de longueur 25 cm raccourcie à 20 cm.

Les câbles d'équilibrage sont réalisés en coupant les câbles d'une rallonge en aluminium JST-XH 6S AWG 22 de longueur 30 cm raccourcie à 20 cm avec des câbles en cuivre de section  $1,5 \text{ mm}^2$ .



En réalité mes câbles mesurent 15 cm, ce qui est un peu juste pour les connexions/déconnexions au chargeur. 20 cm est donc préférable.

## Réalisation

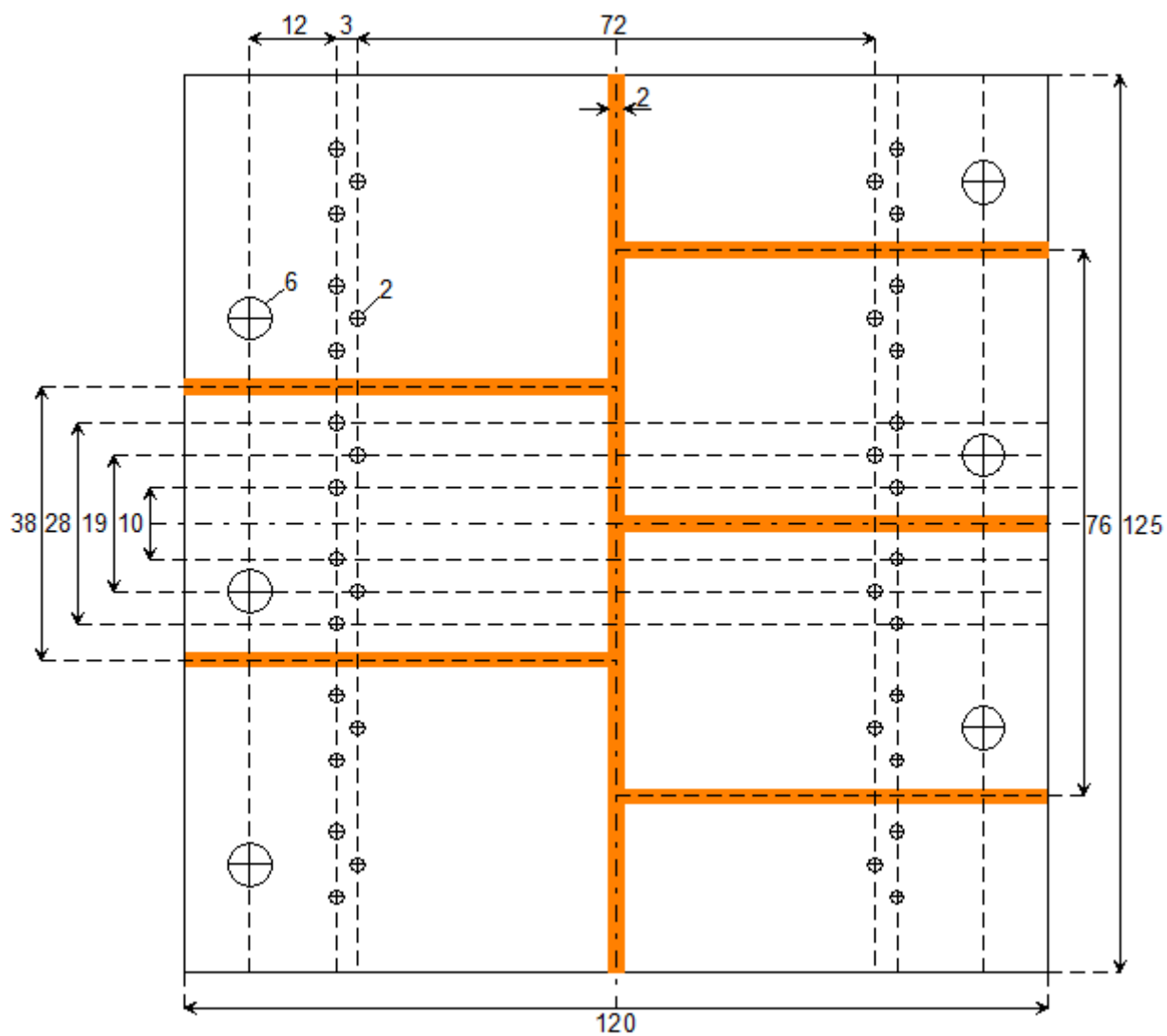
1. Découper la plaque cuivrée aux dimensions  $120 \times 125 \text{ mm}$ .
2. Découper 2 longueurs de 125 mm du profilé en PVC  $20 \times 20 \times 1,5 \text{ mm}$ .
3. Graver à la fraise des saignées d'environ 2 mm de large.
4. Percer les trous des broches des contacts et des douilles au diamètre 2 mm.
5. Positionner le profilé en regard des trous des douilles et percer le au diamètre 2 mm.
6. Agrandir les trous des douilles et du profilé au diamètre 4 mm puis 6 mm.
7. Enficher et souder les contacts un par un en ajustant éventuellement les trous par ovalisation en inclinant la perceuse et les souder en vérifiant qu'ils sont bien droits.
8. Etamer le cuivre à la main pour le protéger de l'oxydation et améliorer la conduction.
9. Placer le profilé puis les douilles au travers du profilé et de la carte et souder les douilles en évitant de trop chauffer pour éviter de déformer le plastique des douilles et le profilé. Pour maintenir les douilles et dissiper la chaleur lors du soudage, mettre des fiches mâles dans les douilles et la faire reposer sur ces fiches en renversant la carte.
10. Réaliser les cordons de soudure entre les contacts et les douilles.
11. Fixer l'isolant sur les extrémités des queues de douilles.
12. Fabriquer les câbles de charge et d'équilibrage.
13. Souder l'extrémité du câble de charge - et les extrémités des câbles d'équilibrage au plus près des broches des contacts en laissant des longueurs identiques pour les câbles d'équilibrage.

Pour un travail plus soignée la gravure et l'étamage peuvent être effectués chimiquement (en réduisant éventuellement les parties cuivrées).

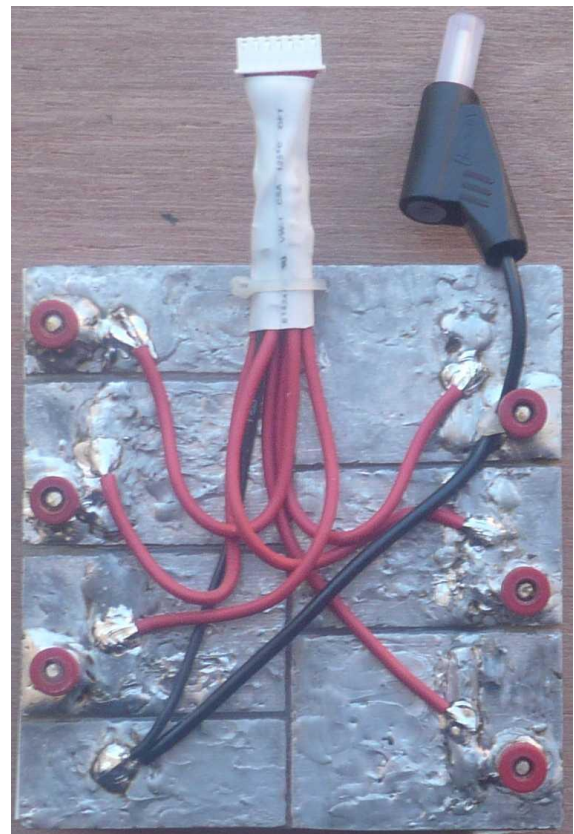
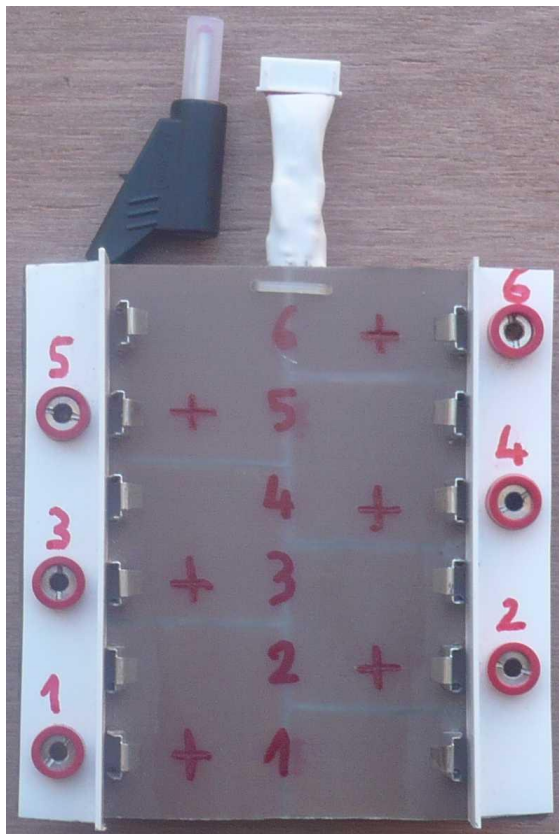
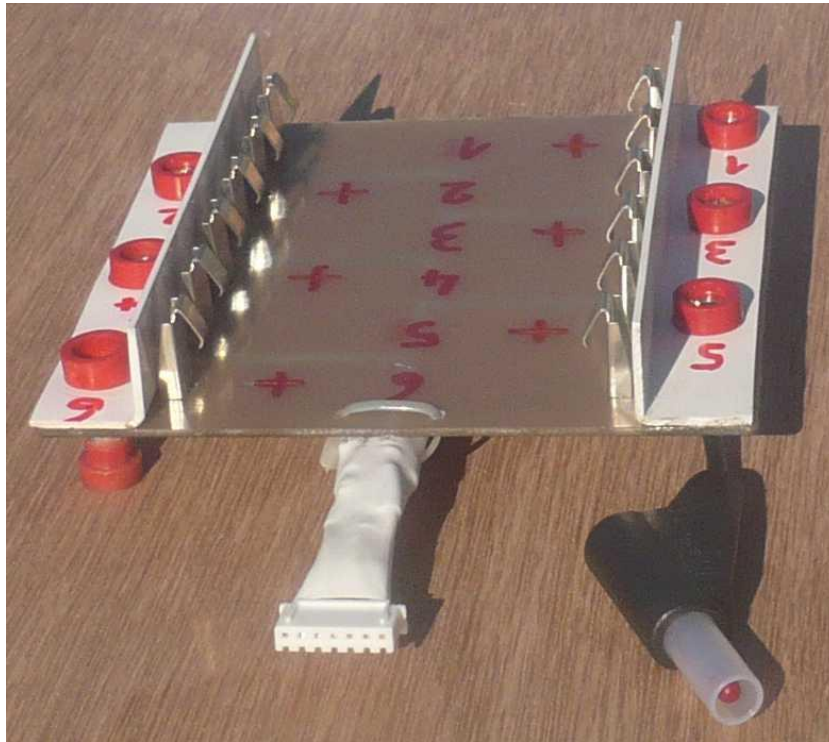
La conductivité peut être améliorée en soudant des bouts de câble de gros diamètre à la place des cordons de soudure.

## Perçage

Tracer les 2 médianes de la carte puis les axes parallèles à ces médianes aux côtes indiquées pour repérer les trous et les saignées.



Photos



## Sections des câbles

On note :

- $\rho$  : Résistivité du conducteur en  $m\Omega \cdot mm^2/mm$
- AWG : Jauge du conducteur (sans unité)
- D : Diamètre du conducteur en mm
- S : Section du conducteur en  $mm^2$
- L : Longueur du câble en mm ( $2 \cdot L$  pour la longueur du conducteur aller-retour)
- $RL$  = Résistance linéique du conducteur en  $m\Omega/mm$
- R : Résistance du conducteur en  $m\Omega$
- I : Courant parcourant le conducteur en A
- $dU$  : Perte de tension induite par le conducteur en V

On a :

- $\rho = 17$  pour un conducteur en cuivre et  $\rho = 28$  pour un conducteur en aluminium
- $D = 0,127 \cdot 92^{(36-AWG)/39}$
- $S = \pi \cdot D^2 / 4$
- $RL = \rho / S$
- $R = \rho \cdot 2 \cdot L / S = RL \cdot 2 \cdot L$
- $dU = R \cdot I = RL \cdot 2 \cdot L \cdot I$

Les intensités maximales I délivrées par le chargeur sont :

- 6 A pour la charge
- 0,2 A pour l'équilibrage

Afin de ne pas trop altérer les performances du chargeur (tension max et précision d'équilibrage), la perte de tension maximale  $dU$  dans les câbles est choisie comme suit.

- 50 mV pour les câbles de charge
- 5 mV pour les câbles d'équilibrage

Selon la nature du conducteur et son AWG, on peut alors calculer D, S et RL et connaissant L et I, on peut alors calculer R et  $dU$ .

Le tableau suivant indique ces valeurs pour  $L = 20$  cm.

AWG	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
D (mm)	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
S (mm <sup>2</sup> )	3,3	2,6	2,1	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
Cuivre														
RL (Ω/mm)	5,1	6,5	8,2	10,3	13,0	16,4	20,7	26,0	32,8	41,4	52,2	65,9	83,0	104,7
R (mΩ)	2,1	2,6	3,3	4,1	5,2	6,6	8,3	10,4	13,1	16,6	20,9	26,3	33,2	41,9
dU Charge (mV)	12,3	15,5	19,6	24,7	31,2	39,3	49,6	62,5	78,8	99,4	125,3	158,0	199,3	251,3
dU Equilibrage (mV)	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,3	4,2	5,3	6,6	8,4
Aluminium														
RL (Ω/mm)	8,5	10,7	13,5	17,0	21,4	27,0	34,0	42,9	54,1	68,2	86,0	108,5	136,8	172,5
R (mΩ)	3,4	4,3	5,4	6,8	8,6	10,8	13,6	17,2	21,6	27,3	34,4	43,4	54,7	69,0
dU Charge (mV)	20,3	25,6	32,3	40,7	51,3	64,7	81,6	103,0	129,8	163,7	206,4	260,3	328,2	413,9
dU Equilibrage (mV)	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,2	2,7	3,4	4,3	5,5	6,9	8,7	10,9	13,8

Pour respecter les dU fixées, il faut donc :

- Pour la charge, un câble en cuivre AWG≤18 ou un câble en aluminium AWG≤15.
- Pour l'équilibrage, un câble en cuivre AWG≤22 ou un câble en aluminium AWG≤20.

Comme je disposais de cordons banane et de câbles en cuivre 1,5 mm<sup>2</sup> soit AWG=15 à 16, je les ai utilisés pour la charge et l'équilibrage. Ainsi, la perte de tension due aux conducteurs est de 30 mV pour la charge et 0,9 mV pour l'équilibrage.



## Performances

On note :

- $U$ =Tension de charge max en V
- $C$ =Capacité en Ah
- $I$ =Courant de charge max en A
- $T$ =Temps de charge en  $h=C/I$
- $m$ =Taux de charge en  $h^{-1}=I/C=1/T$

Le tableau suivant indique les caractéristiques des batteries.

Type	Li-Po	Li-Ion	Li-HV	Li-Fe
$U$	4,2	4,1	4,35	3,6
$I$ (Charge lente, $T=2$ h, $m=1/2$ )	$C/2$	$C/2$	$C/2$	$C/2$
$I$ (Charge rapide, $T=1$ h, $m=1$ )	$C$	$C$	$C$	$C$
$I$ (Charge très rapide, $T=1/2$ h, $m=2$ )				$2 \cdot C$
$I$ (Charge ultra rapide, $T=1/4$ h, $m=4$ )				$4 \cdot C$

Rappels :

- La charge lente améliore la durée de vie des batteries.
- La tension de  $n$  batteries en série de tension  $U$  est  $n \cdot U$ .
- La capacité de  $n$  batteries en série de capacité  $C$  est égale à  $C$ .
- La puissance nécessaire pour charger  $n$  batteries est  $P=n \cdot U \cdot I=n \cdot U \cdot m \cdot C$
- En fait  $T > 1/m$  compte tenu des phases de test et d'équilibrage effectuées par le chargeur.

Les performances sont limitées par les caractéristiques maximales du chargeur.

- Tension : 25,8 V
- Intensité de charge : 6 A
- Puissance : 50 W
- Capacité maximale = 50 Ah

Il faut donc respecter les 4 conditions suivantes

- $n \leq 6$  du fait de la platine
- $n \cdot U \leq 25,8$  V
- $I = m \cdot C \leq 6$  A
- $n \cdot U \cdot m \cdot C \leq 50$  W
- $C \leq 50$  Ah

Des 2 premières conditions, on déduit :

$$n_{\max} = \text{Plus petite des valeurs entre 6 et la partie entière de } 25,8/U.$$

Des 3 dernières conditions, on déduit :

$$C_{\max} = \text{Plus petite des valeurs entre } 6/m, 50/(n \cdot m \cdot U) \text{ et } 50 \text{ Ah.}$$

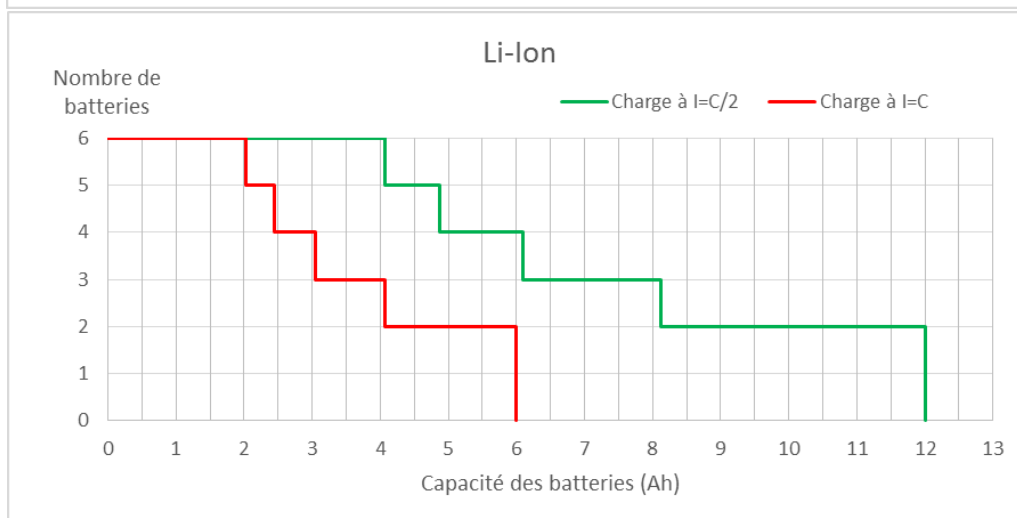
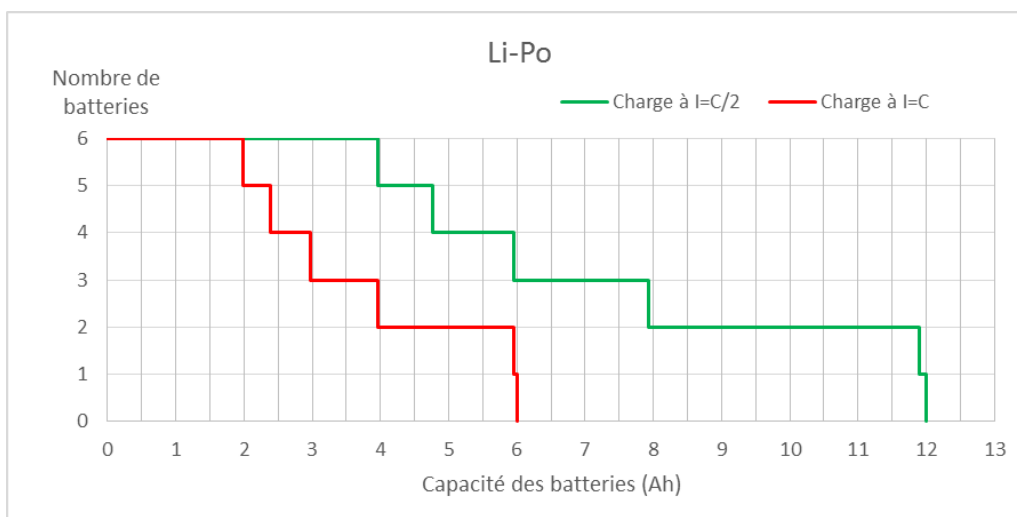
Les valeurs  $n_{\max}$  et  $C_{\max}$  ainsi calculées font l'objet des 2 tableaux suivants :

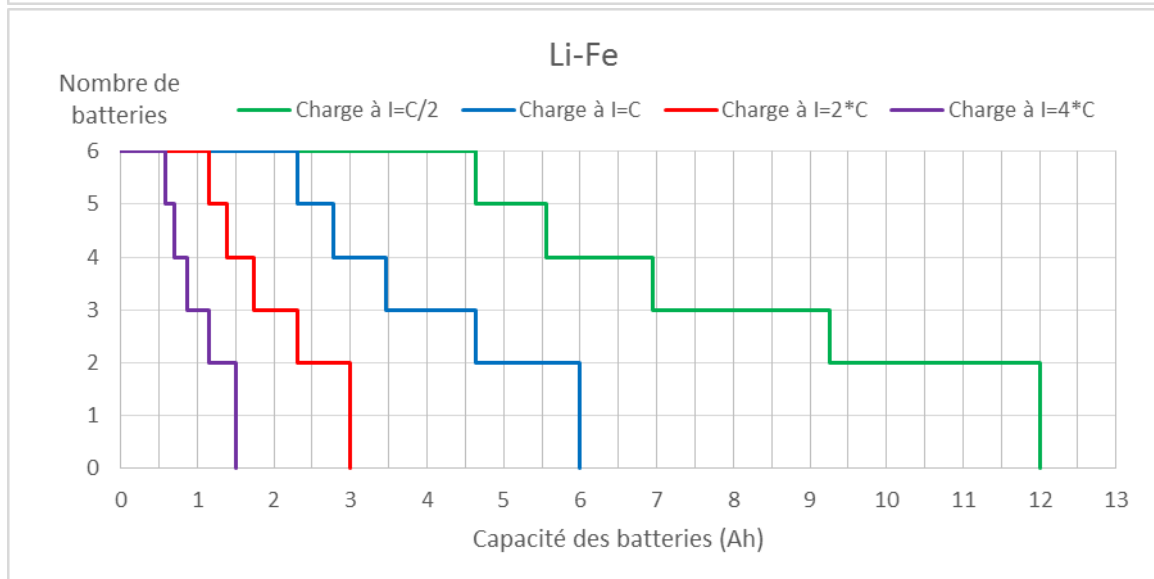
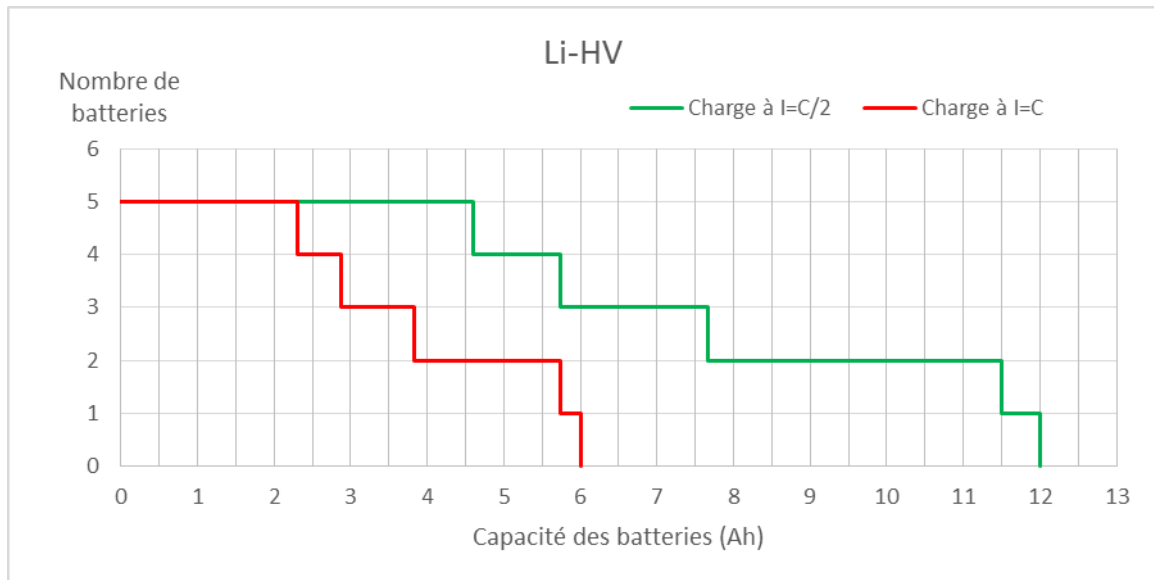
Type	Li-Po	Li-Ion	Li-HV	Li-Fe
$n_{\max}$	6	6	5	6

## Cmax

n	1	2	3	4	5	6
<b>Li-Po</b>						
Charge à I=C/2 (T=2 h, m=1/2)	12,0	11,9	7,9	6,0	4,8	4,0
Charge à I=C (T=1 h, m=1)	6,0	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0
<b>Li-Ion</b>						
Charge à I=C/2 (T=2 h, m=1/2)	12,0	12,0	8,1	6,1	4,9	4,1
Charge à I=C (T=1 h, m=1)	6,0	6,0	4,1	3,0	2,4	2,0
<b>Li-HV</b>						
Charge à I=C/2 (T=2 h, m=1/2)	12,0	11,5	7,7	5,7	4,6	
Charge à I=C (T=1 h, m=1)	6,0	5,7	3,8	2,9	2,3	
<b>Li-Fe</b>						
Charge à I=C/2 (T=2 h, m=1/2)	12,0	12,0	9,3	6,9	5,6	4,6
Charge à I=C (T=1 h, m=1)	6,0	6,0	4,6	3,5	2,8	2,3
Charge à I=2*C (T=1/2 h, m=2)	3,0	3,0	2,3	1,7	1,4	1,2
Charge à I=4*C (T=1/4 h, m=4)	1,5	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6

Les graphiques suivants illustrent les résultats.





## Exemples

J'ai besoin de charger des Li-Po de capacité 2,5 Ah.

Je peux en charger jusqu'à 6 à 1,25 A en 2 h ou jusqu'à 4 à 2,5 A en 1h.

J'ai besoin de charger des Li-Ion de capacité 4 Ah.

Je peux en charger jusqu'à 6 à 2 A en 2 h ou jusqu'à 3 à 4 A en 1h.

J'ai besoin de charger des Li-HV de capacité 5 Ah.

Je peux en charger jusqu'à 4 à 2,5 A en 2 h ou jusqu'à 2 à 5 A en 1 h.

J'ai besoin de charger des Li-Fe de capacité 1,5 Ah.

Je peux en charger 6 jusqu'à 0,75 A en 2 h ou jusqu'à 6 à 1,5 A en 1 h  
ou jusqu'à 4 à 3 A en 1/2 h ou jusqu'à 2 à 6 A en 1/4 h.

## Récupération de batteries faibles

Le chargeur n'accepte pas de charger des batteries dont la tension est trop faible (<3 V environ). Une astuce consiste à préalablement les charger unitairement en mode NiMh à faible courant (<0,5\*C) jusqu'à ce que leur tension dépasse légèrement 3 V. Comme il ne faut pas dépasser leur tension maximale, la charge doit être effectuée sous surveillance constante de leur tension. Attention, selon leur état, la durée de cette charge peut être courte (quelques minutes). Elles peuvent ensuite être chargées en mode lithium.