

réparation des batteries au lithium

Économisez de l'argent et augmentez la puissance !

Thomas Scherer (Allemagne)

C'est une histoire banale. Après quelques années d'utilisation, le tournevis sans fil doit être rechargé plus souvent et l'aspirateur sans fil n'a plus assez d'énergie pour ramasser vos miettes.

Dans mon cas, c'est le robot tondeuse à gazon qui a rendu l'âme au milieu de la tonte, refusant obstinément de retourner à sa station de charge.

La solution la plus simple et la plus coûteuse consiste à acheter une batterie de rechange. Mais avez-vous pensé à tout simplement remplacer les cellules de la batterie ? Cette solution est plus économique et réduit les déchets. En outre, vous pouvez choisir des cellules de remplacement d'une capacité supérieure à celle des cellules d'origine. Il ne s'agit plus d'une simple réparation, mais d'une mise à niveau !



Les appareils alimentés par des batteries Li-ion conservent leur puissance certainement beaucoup plus longtemps que ceux du passé alimentés par des cellules NiMH. Cependant, après de nombreux cycles de charge/décharge, il arrive un moment où la meilleure batterie au lithium a tellement perdu de sa capacité de stockage d'énergie qu'elle doit être remplacée. J'en ai fait l'expérience avec mes propres appareils et mes amis et collègues me demandent souvent conseil à ce propos. La solution la plus simple consiste à consulter le site web du fabricant de l'appareil pour voir si une batterie de rechange est disponible. Parfois, il n'y en a pas et, quand il y en a, son prix peut être dissuasif. Dans mon cas, l'appareil fonctionnait parfaitement et semblait bien parti pour quelques années encore – avec juste une batterie neuve. Dans ce cas, il peut être intéressant de démonter la batterie et de remplacer les cellules individuelles le moment venu, ce qui est souvent moins cher. On peut même envisager d'améliorer les performances en remplaçant les cellules d'origine par des cellules de puissance supérieure. Si vous avez retenu cette solution, préparez-vous à vous armer de tournevis et du fer à souder.

Tout est devenu silencieux...

Dans mon cas, j'avais remarqué que ma tondeuse à gazon Robbi [1] s'arrêtait de tondre au bout d'une demi-heure pour rallier sa station de charge pour une recharge d'une heure et demie. Auparavant, ça prenait une heure de recharge pour une heure de tonte. Ce changement de routine était-il un signe ? J'avais la tondeuse Robbi depuis quatre ans et je savais qu'elle était alimentée par des cellules au lithium, le moment était sans doute venu de les remplacer.

Plus tard dans l'après-midi, j'ai remarqué que le silence régnait dehors depuis un moment. Là, au milieu de la pelouse, Robbi s'était éteinte. Impossible de la réveiller en appuyant sur ses boutons. Je l'ai traînée jusqu'à la station de recharge et l'ai mise en charge. Robbi a fini par s'animer et son menu utilisateur m'a indiqué que son temps de fonctionnement cumulé était de 2 938 heures. Comme cela correspond à près de 1 500 cycles de charge, il était clair que la batterie n'en avait plus pour longtemps.

Et ce fut pire que je le craignais. Après une charge complète, Robbi a terminé son travail, mais elle ne s'est pas réveillée le lendemain

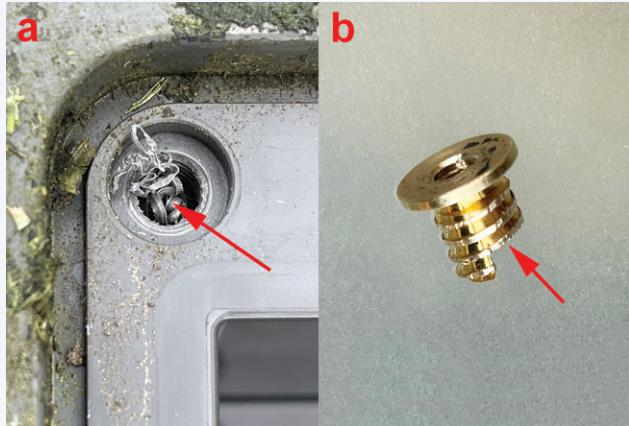


Figure 1. L'une des vis avait été vissée de travers à l'assemblage. Elle a fini par sortir, mais en emportant l'écrou à visser avec elle. L'écrou a été remis en place et collé.

matin. La remettre en charge n'a rien changé. J'avais récemment traité la pelouse avec de l'engrais et il avait plu abondamment. Il me fallait donc agir rapidement. Je pouvais presque entendre l'herbe pousser...

Désosser un pack ?

Chez le fabricant, le prix de la batterie de rechange était d'environ 100 €, alors que chez un autre fournisseur elle en coûtait la moitié. Pas mal ! D'après la spécification, il me fallait un pack de rechange de 18 V avec une capacité de 2,1 Ah. Cela signifiait cinq cellules, probablement dans le format standard 18650. Pour en avoir le cœur net, j'entrepris de dévisser le couvercle du logement de la batterie. Evidemment, ce fut plus facile à dire qu'à faire. Trois des vis sont venues facilement, mais la quatrième était complètement bloquée. Finalement, elle est sortie, mais en entraînant son écrou à visser, arraché dans le processus et bloqué sur son filetage. Il semble que lors de l'assemblage en usine cette vis ait été vissée de travers et forcée. La **figure 1a** montre l'état de l'emplacement de l'écrou après son retrait, avec quelques copeaux restants. J'ai fini par séparer l'écrou de la vis et, bien qu'un

bout de l'écrou en laiton ait été cassé (**fig. 1b**), il semblait récupérable. Le logement des piles étant conçu pour être étanche, l'écrou devait être remonté pour que les quatre vis puissent être suffisamment serrées pour assurer une bonne étanchéité. J'ai utilisé une colle époxy pour fixer l'écrou, qui a l'air de n'avoir jamais bougé (en haut à gauche sur **figure 2b**). La partie mécanique réparée, l'attention s'est portée sur la batterie que la **figure 2b** montre dans son logement. Le contour des cinq cellules est clairement visible, et une règle graduée a confirmé qu'il s'agissait de cellules 18650. Il y a également beaucoup d'espace libre (**figure 2c**), ce qui m'a fait réfléchir : pouvais-je mettre cet espace à profit en utilisant des cellules de rechange plus nombreuses ou plus grandes ? Ma décision était maintenant prise ; un simple échange standard de batterie n'était plus une option.

Échange de cellules

La **figure 2a** montre que deux évidements dans le couvercle de la batterie empiètent sur l'espace disponible, ce qui exclut l'installation de deux rangées de cinq éléments pour doubler la capacité. Il existe cependant des cellules plus chères au format 18650 avec une capacité supérieure. Certaines marques parmi les plus réputées proposent des cellules de capacité jusqu'à 3500 mAh, mais au prix de 10 € pièce. AliExpress, eBay et d'autres sites similaires en proposent avec des caractéristiques encore supérieures, des offres à considérer avec prudence !

J'étais sur le point de passer une commande de cinq cellules quand je suis tombé sur d'autres cellules au format 21700, un peu plus inhabituel. Bien que légèrement plus grandes, elles offraient une capacité nettement supérieure pour le même prix. J'étais sûr de pouvoir les installer d'une manière ou d'une autre (je pensais à une rangée de trois et une rangée de deux pour former un profil en W). Avec une remise sur la quantité et les frais de port, les cinq cellules de 4 000 mAh me coûtaient 26 € au total. Elles atterrissent dans ma boîte aux lettres deux jours plus tard, ce qui n'était pas trop tôt : la pelouse avait sérieusement besoin d'être tondue.

Considérations

L'assemblage d'un pack de batteries à partir de cellules individuelles requiert de l'habileté manuelle, des connaissances en électricité et



Figure 2. Couvercle du logement de la batterie (2a), avec la vieille batterie en place (2b) et le logement vide (2c).

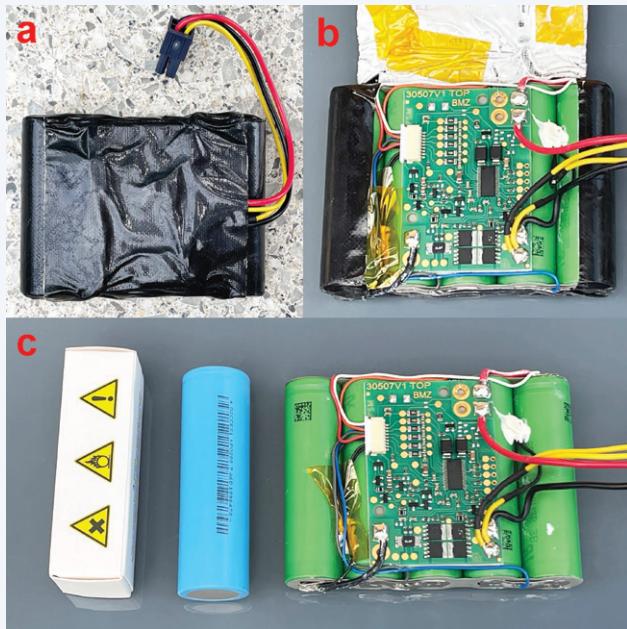


Figure 3. L'ancienne batterie enveloppée dans du ruban adhésif noir (3a). Les cellules et la carte BMS sont visibles après enlèvement de la partie supérieure du ruban adhésif (3b). Une cellule 21700 dans son carton et déballée, comparée à l'ancien pack de cinq cellules 18650 (3c).

une soudeuse par points. Sur l'ancien pack (déballé sur la **figure 3**), les pôles positifs et négatifs des cinq cellules sont reliés en série par de fines bandes de nickel soudées par points. Cette méthode de connexion permanente n'endommage pas la cellule. Bien que la chaleur produite lors du soudage par points soit intense, elle est fugace et localisée, de sorte que les cellules s'échauffent à peine. Sans doute n'a-t-on jamais trop d'outils, mais là, je ne vois pas à quoi me servirait une soudeuse par points, je ne peux donc pas justifier une telle dépense. Alors, j'ai choisi de souder les fils directement sur les pôles de la cellule. Cette méthode n'est pas recommandée, sauf si vous suivez certaines règles et êtes conscient des dangers.

Le pack utilisé (**fig. 3**) est typique de ce qu'on trouve dans de nombreux autres appareils fonctionnant sur batteries. Il se compose de plusieurs cellules connectées en série et d'un module de gestion des batteries (BMS, *Battery Management System*), illustré sur les **figures 3b** et **3c**. Cette dernière montre également une comparaison de taille entre les nouvelles cellules et celles de l'ancien pack. Le BMS remplit trois fonctions :

Fonction bascule du BMS

Lorsque j'ai retiré la batterie représentée sur la figure 3c, j'ai été surpris de mesurer 19,2 V directement à ses bornes. Avais-je été trop hâtif en commandant les cellules de rechange ? En revanche, je n'ai pu mesurer qu'environ 18,5 V sur le connecteur du pack, au niveau de la connexion au moteur de la tondeuse (à droite de la carte BMS), qui présentait une impédance de source très élevée. Avec mes doigts, j'ai pu décharger cette source à la terre, ce qui a fait chuter la tension à quelques volts seulement. Le BMS était-il défectueux ?

J'ai branché une résistance de charge de $24\ \Omega$ directement aux bornes du pack et j'ai mesuré un courant de 0,75 A et une tension de batterie de 18,2 V. J'ai ensuite débranché la charge et mis le pack en charge. Après seulement quelques secondes de charge à 0,5 A, la sortie de tension du BMS est passée en mode basse impédance pour tirer un certain courant de la batterie via le BMS. Il semble que le BMS ait détecté que la tension de la batterie était passée sous le seuil bas de tension lors de la dernière utilisation de la tondeuse et qu'il ait bloqué le FET pour déconnecter la batterie. Cet état « bloqué » avait été verrouillé dans le BMS. Pour le tester, j'ai connecté une charge de $12\ \Omega$ à la batterie. Au bout de cinq minutes, le BMS a bloqué juste au-dessus de 13 V pour retourner à l'état normal à la charge suivante.

Ouf... Avec le BMS prêt à fonctionner, j'ai procédé à l'échange de cellules.

1. Il équilibre les cellules, c'est-à-dire qu'il les maintient toutes à la même tension ou au même état de charge.

2. Il empêche que les cellules soient surchargées.

3. Il déconnecte la charge en cas de sous-tension pour éviter les décharges profondes.

La puce de la carte BMS qui a le plus de pattes gère toutes ces tâches. Il s'agit d'un microcontrôleur spécialisé qui surveille les tensions des cellules (via le connecteur de gauche). En cas de surtension ou de sous-tension, il déconnecte les cellules à l'aide de deux paires de MOSFET (en bas). Pour en savoir plus sur l'équilibrage des batteries au lithium, consultez [2] et [3].

Un pack neuf comprend un BMS, rendant inutile l'ancien BMS qui fonctionne toujours. Mais si vous ne changez que les cellules, vous pouvez le réutiliser. Une caractéristique importante du BMS que vous devez connaître est décrite dans l'encadré **Fonction bascule du BMS**.

LIENS

[1] « énergie solaire pour les robots de tonte », T. Scherer, Elektor, 07-08/2021 : www.elektormagazine.fr/200553-04

[2] « LiPo Auto Balancer », T. Scherer, Elektor, 06/2010 : <https://bit.ly/3AhZa7e>

[3] « Battery Management System Tutorial », Elektor Business Magazine, 02/2017 : <https://bit.ly/3ly9cND>

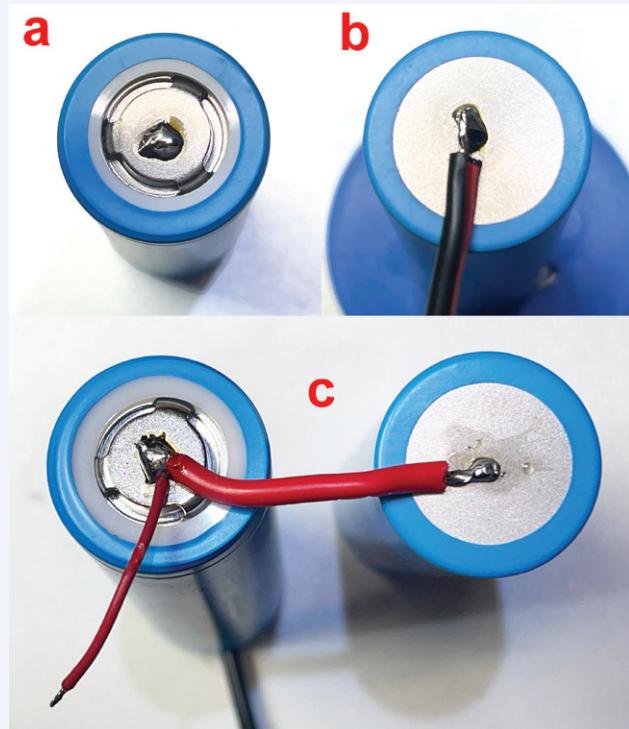


Figure 4. Le pôle positif est plus tolérant à la procédure de soudure (4a). Des fils courts sont soudés au pôle négatif (4b). Les cellules sont finalement connectées en série, et des fils plus fins de mesure de tension sont connectés au BMS (4c).

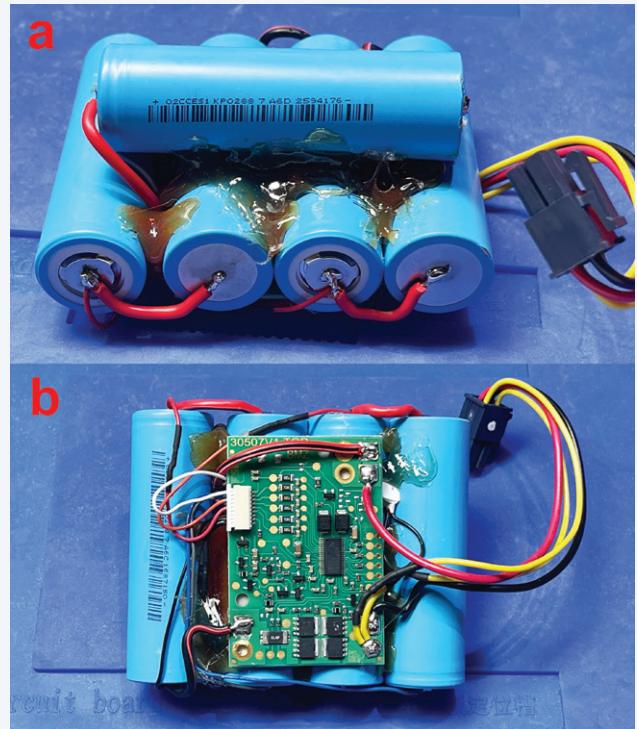


Figure 5. Vue de dessous du pack terminé (5a) et vue de dessus avec la carte BMS (5b).

Comment souder ?

N'ayant pas de poste à souder sous la main, j'ai décidé de souder le fil directement sur les pôles des cellules. En procédant avec prudence, vous pouvez le faire sans endommager les cellules. Le dommage thermique subi par les matériaux constitutifs des cellules est approximativement proportionnel à l'intégrale du temps et de la température. En d'autres termes, vous devez agir rapidement ! Trois choses sont importantes ici. La première : le fer à souder doit être suffisamment puissant pour que la pointe garde sa température pendant la soudure. Ainsi, le pôle de la cellule atteint rapidement la température de soudure. J'ai utilisé un fer à souder de 90 W possédant un régulateur qui permet de régler la température de la panne à plus de 400 °C. Ensuite, il est conseillé d'utiliser une soudure qui fond à une température plus basse. Enfin, il est préférable d'éviter la soudure sans plomb, de température de fusion plus élevée et qui ne mouille pas la surface aussi bien que la bonne vieille SnPb 60/40 que je préfère. D'après mon expérience, les surfaces de contact métalliques des cellules au lithium prennent facilement la soudure. Avec la température de la panne réglée sur 385 °C et l'utilisation de fil de soudure de 1 mm avec flux, j'ai réalisé chaque soudure en une seconde environ – suffisamment vite pour ne pas endommager la cellule.

Si vous gardez la panne sur les pôles de la cellule nettement plus longtemps (parce que le fer à souder n'est pas assez puissant, que la température est trop basse ou que vous utilisez une soudure sans plomb), vous risquez de surchauffer et d'endommager la cellule, ce qui aura un impact sur sa capacité électrique et réduira sans doute son nombre de cycles de charge/décharge. Tandis que si le contact ne dure qu'une seconde environ, il ne devrait pas causer de dommages. Sinon, vous pouvez également

acheter des cellules un peu plus chères, munies d'une courte bande de nickel déjà soudée par points sur les pôles de la cellule. Ces bandes peuvent ensuite être soudées ensemble pour constituer le pack sans risque de surchauffe du contenu des cellules. En principe, c'est plus sûr, mais vous devrez isoler les bandes nues pour éviter tout court-circuit qui, en fonctionnement normal, causerait bien plus de dégâts que le bref coup de chaleur nécessaire pour souder les fils directement.

Un gros plan de ma méthode de soudure est visible sur la **figure 4**. Le pôle positif est constitué d'un capuchon métallique fixé à l'électrode de la pile en trois points. Cette disposition augmente la résistance thermique entre la surface de contact extérieure et la structure interne de la cellule, ce qui la rend moins sensible à l'opération de soudure. Commencez par appliquer de petites gouttes de soudure pour étamer rapidement tous les pôles positifs (**fig. 4a**). Ensuite, coupez des bouts de 3 cm d'un fil à brins de 1,5 mm², longueur qui laissera suffisamment de fil pour le positionnement des cellules dans le pack. Ces bouts sont soudés directement sur les pôles négatifs (**fig. 4b**) en deux étapes. Tout d'abord, étamez le centre de tous les pôles négatifs avec des petites gouttes de soudure. Ensuite, dénudez et étamez les extrémités des fils de connexion. Une fois les cellules refroidies, soudez rapidement un fil à chacun des pôles négatifs. Dans la **figure 4c**, vous pouvez voir la liaison terminée au pôle positif de la cellule suivante pour réaliser la connexion en série. Le fil rouge plus fin est la connexion de mesure de tension de la cellule à la carte BMS.

Assemblage et test

Le compartiment à piles ne pouvant pas accueillir les cinq cellules disposées sur deux rangées de trois et deux pour former une

configuration en W, j'ai donc dû en trouver une autre. La solution (**fig. 5**) : quatre des cellules sont placées les unes à côté des autres et solidarisées avec de la colle chaude. La cinquième cellule est collée en travers des quatre autres. La colle chaude rend l'assemblage fini très robuste. Le mastic silicone ferait aussi l'affaire.

Comme il adhérait correctement sur le nouveau pack, le ruban adhésif double face à l'arrière de la carte BMS n'a pas eu besoin d'être remplacé. Il ne restait plus qu'à connecter les six fils du connecteur blanc (**fig. 5b**) aux pôles des cellules correspondantes, ainsi que les bornes plus et moins de l'ensemble, à la carte BMS. Cette opération doit être effectuée avant de pouvoir tester la nouvelle batterie. Revérifiez tout le câblage pour vous assurer que vous n'avez pas fait d'erreur. Avoir pris une photo de l'ancienne batterie vous sera utile à ce stade pour tout vérifier. La batterie a fonctionné comme prévu et a pu être chargée et déchargée sans problème.

Avant d'être installé dans le logement de la batterie de la tondeuse, le pack terminé a été enveloppé dans du ruban adhésif pour rendre l'ensemble plus robuste et assurer une isolation et une protection contre l'humidité (**fig. 6**). Après avoir refermé le couvercle et allumé la tondeuse, celle-ci s'est mise à se calibrer avec les signaux du câble de guidage et à commencer à tondre. J'ai annulé cette dernière opération et mis la tondeuse dans sa station de charge. Il lui a fallu trois heures entières pour se charger, ce qui indique que la batterie a maintenant une capacité presque double de celle d'origine.

Le robot tond aussi bien qu'il l'a toujours fait – une heure de tonte suivie d'une heure de charge. La batterie n'est que partiellement déchargée au cours de ces cycles, je suppose donc que ces cellules de plus grande capacité supporteront beaucoup plus de cycles de charge avant de devoir être remplacées. Avec un peu de chance, je pense que le nouveau pack devrait durer deux fois plus longtemps que l'original. Si c'est le cas, ça valait la peine d'y passer trois heures de bricolage. Le salaire horaire pour le temps passé n'est sans doute pas terrible, mais j'ai maintenant une batterie pas facile à trouver dans le commerce ! Cette méthode de remplacement des cellules de la batterie n'est bien entendu pas limitée aux tondeuses à gazon. Vous pouvez l'appliquer pour prolonger la durée de vie des aspirateurs sans fil et d'autres appareils, même si l'espace disponible pour la batterie n'est pas aussi généreux. Le dernier aspirateur où je l'ai utilisée (avec des batteries 18650 à haute capacité) fonctionne depuis trois ans sans rechigner. 

210368-04

Des questions, des commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

Contributeurs

Idée, conception et texte : **Thomas Scherer**
Rédaction : **Jens Nickel, Stuart Cording**
Traduction : **Helmut Müller**
Maquette : **Giel Dols**

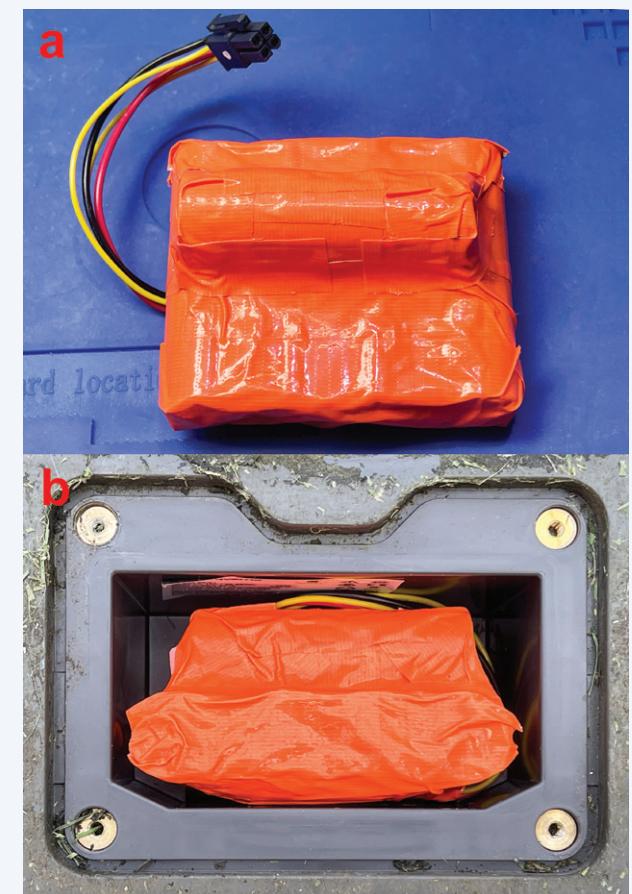


Figure 6. Le nouveau pack enveloppé de ruban adhésif orange (6a) s'insère parfaitement dans son logement (6b).



PRODUITS

➤ **OW16B - multimètre numérique avec Bluetooth d'OWON**
www.elektor.fr/18780

➤ **Pince ampèremétrique 4350 de PeakTech**
www.elektor.fr/18161

➤ **RD6006 - alimentation DC (360 W) de JOY-iT**
www.elektor.fr/19564