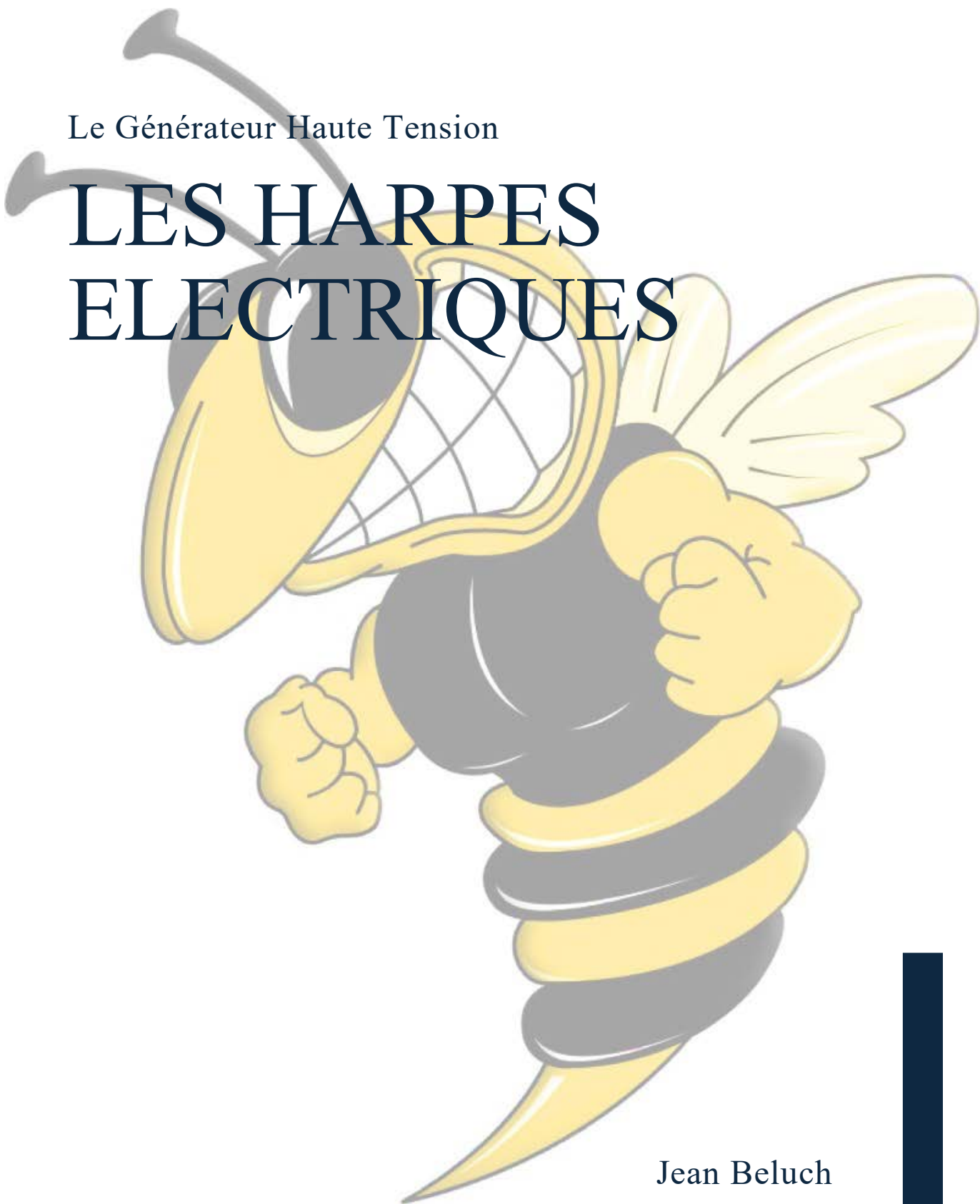


Le Générateur Haute Tension

LES HARPES ELECTRIQUES



Jean Beluch

<https://lerucherdu2bis.fr>
Le 08 janvier 2025

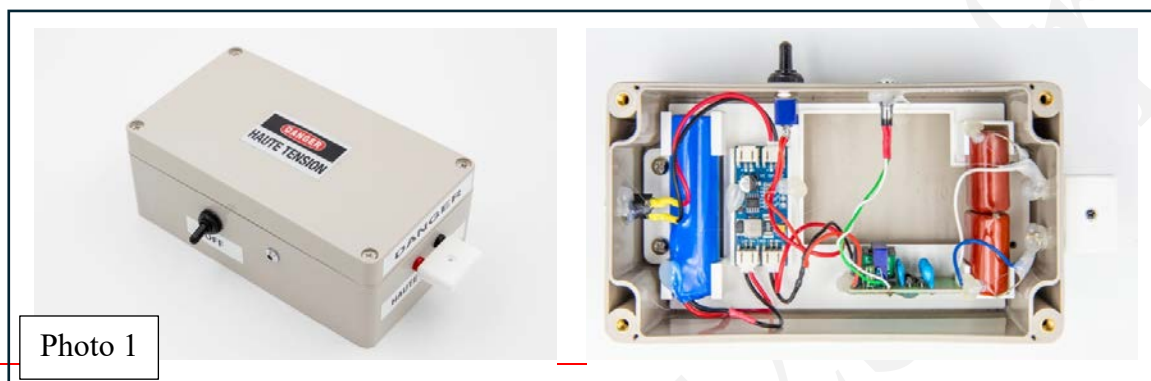
FABRICATION DU GENERATEUR HAUTE TENSION

Il vous en coûtera environ 32€ pour réaliser ce générateur (Panneau solaire inclus). Il est à noter que certains des composants ne sont pas vendus à l'unité et que pour le calcul du coût, j'ai utilisé le prix unitaire.

ATTENTION A LA HAUTE TENSION !!!

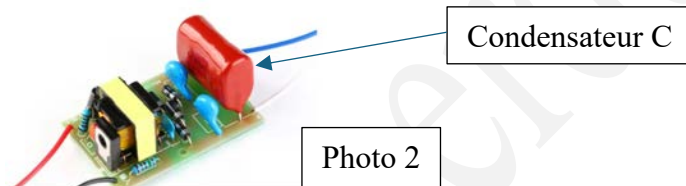
Le fait de brancher le module HT à l'accumulateur de 3.7V, ne serait-ce que quelques secondes, sera suffisant pour charger les condensateurs de sortie et vous risqueriez alors de vous électrocuter si vous touchiez les connexions de ces derniers. **Attention ça secoue !!!**

Vous ne connecterez la batterie que lorsque vous aurez fini toutes les connexions, juste avant de fermer le boîtier.



Le "Générateur Haute Tension" terminé

- Après 2 à 3 années d'expérimentation, j'ai opté pour le module « élévateur de tension continue » (Photo 2).



Celui-ci rentre dans la fabrication des « raquettes électriques anti-moustiques » et est utilisé dans la plupart des réalisations de harpes électriques décrites sur le Web **mais il est souvent employé au mépris des lois de la physique et des risques encourus par une mauvaise utilisation.**

Dans les raquettes électriques, ce module est alimenté par deux piles de 1,5V. De plus, il fonctionne en mode impulsif, la tension d'alimentation n'étant présente que lors d'un appui sur le bouton poussoir. Les conditions d'utilisation dans les harpes électriques sont très différentes. **L'alimentation est permanente et la tension d'entrée est comprise entre 3,7V et 5V.**

- Ci-dessous la caractérisation de la tension de sortie pour différentes tensions d'alimentation :

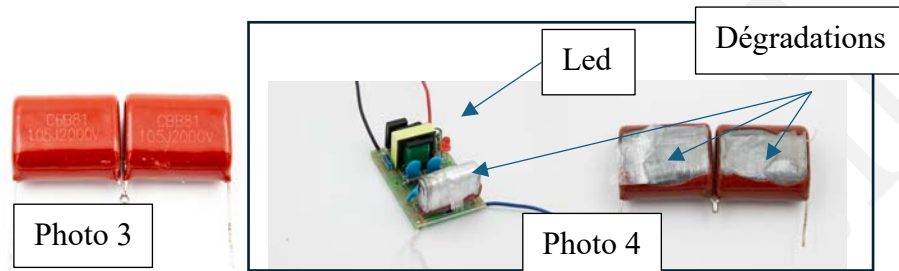
TENSION D'ALIMENTATION	TENSION DE SORTIE MOYENNE
3V	2830V + ou - 300V
3,7V	3530V + ou - 300V
4,1V	3820V + ou - 500V
5V	4780V + ou - 600V

- J'ai choisi une alimentation de 3,7V (Batterie Li-ion 18650 de 3200mAh). A cette valeur de tension d'alimentation, nous constatons une dispersion de la tension de sortie, de module à module, de 3100V à 4100V. Les tensions les plus faibles sont largement suffisantes pour ne pas affecter l'efficacité de votre harpe.
- Les composants utilisés dans ce module sont dimensionnés pour des tensions de sortie de 2000V maximum. Le composant le plus critique est le composant rouge (condensateur C) sur la droite du circuit (Photo 2). Il devra être supprimé, sa tension maximale admissible n'étant que de 2000V. Nous le remplacerons par deux condensateurs de 1 microfarad, connectés en série (Photo 3) et placés en dehors du circuit imprimé comme nous le verrons plus loin. Ces

derniers ayant une tension de service de 2000V, le montage en série supportera une tension de service de 4000V et la valeur de la capacité sera de 0,5 microfarad. Cette valeur de 4000V est souvent atteinte pour une tension d'alimentation de 4V.

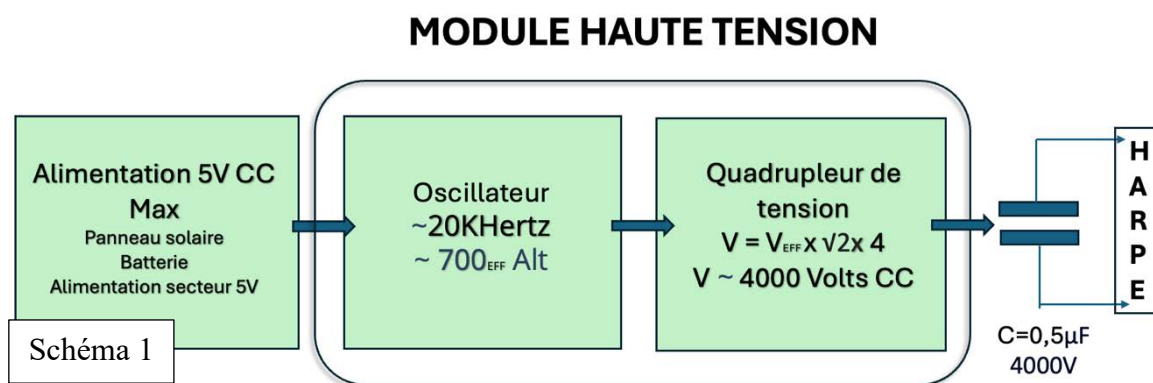
- Si on veut alimenter ce module avec une tension supérieure à 4V (comme on le voit sur le Web) il est indispensable de placer 3 condensateurs en série, montage qui supportera alors une tension de sortie de **6000V** et la valeur de la capacité sera de 0,33 microfarad.
- Pour des tensions supérieures à 3000V, des "arcages" se produisent sur le circuit imprimé du module. Il est nécessaire d'apporter des ajustements décrits plus loin.
- Si vous ne faites pas ces modifications, dans la majorité des cas, votre module continuera de fonctionner, mais il perdra en efficacité.

Si vous ne respectez pas les tensions de service des condensateurs, voilà le ce que vous constaterez : dégradations de ces derniers. (Photo 4)

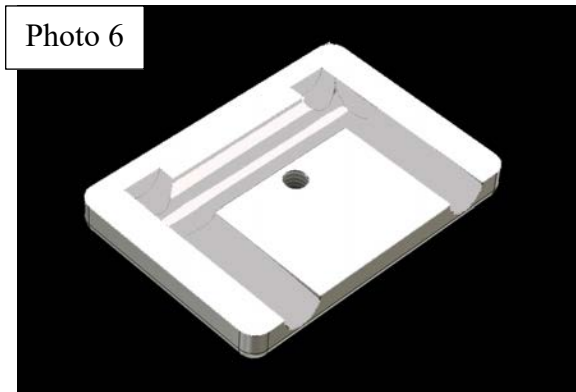
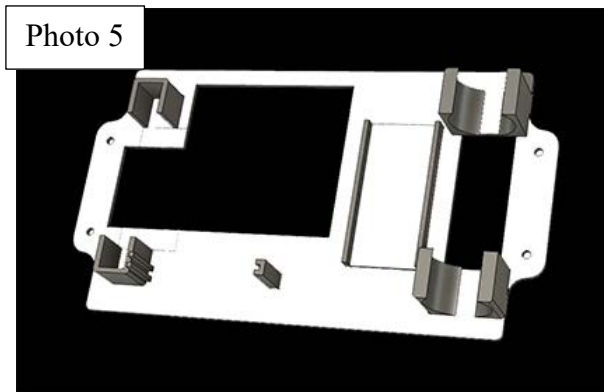


- La valeur importante pour une harpe n'est pas la tension appliquée aux fils, mais l'énergie électrique que pourra délivrer le générateur haute tension. Cette énergie s'exprime en Joule.
L'énergie est égale à $\frac{1}{2} CV^2$
Soit pour une tension de 4000V :
 $\frac{1}{2} \times (0,5 / 1000000) \times 4000^2 = 4 \text{ Joules}$
Cette valeur est théorique et pourra être inférieure si votre système n'est pas réalisé dans "les règles".
- *Il n'existe pas de norme s'appliquant aux harpes électriques mais si l'on se réfère à la norme des clôtures électriques, il ne faudrait pas dépasser les 5 Joules. Le générateur proposé est donc conforme à cette norme.*

Pour ceux qui sont intéressés par le fonctionnement du module, ci-dessous le bloc diagramme du "Booster Haute Tension" (Schéma 1).



- Il vous faudra imprimer le support en 3D nécessaire au maintien des différents éléments du générateur Haute Tension (Photo 5) à partir du fichier « Support HT CBB81.stl » (Fil PLA). Imprimez également les deux parties du bouchon HT à partir du fichier « Bouchon HT.stl » (Photo 6). C'est fichier sont disponibles en téléchargement sur mon site internet lerucherdu2bis.fr.

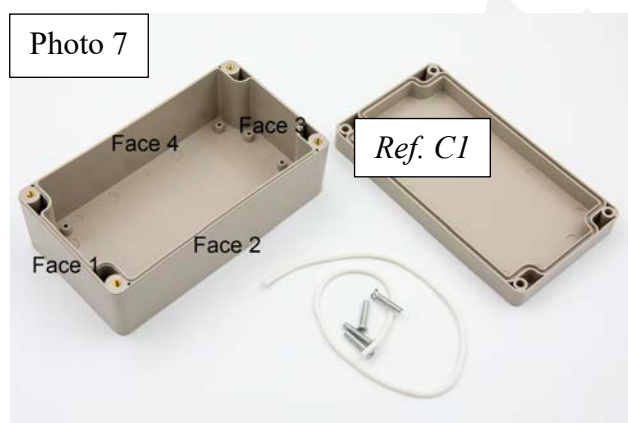


- *L'assemblage des différents composants nécessite de réaliser des soudures. Si vous n'êtes pas à l'aise avec cela, faites-vous aider. Certaines de ces soudures sont particulièrement délicates. (Ce sont des opérations difficiles à improviser.)*

Vous pourrez également apporter votre matériel à un atelier de fabrication de harpes s'il y en a un près de chez vous.

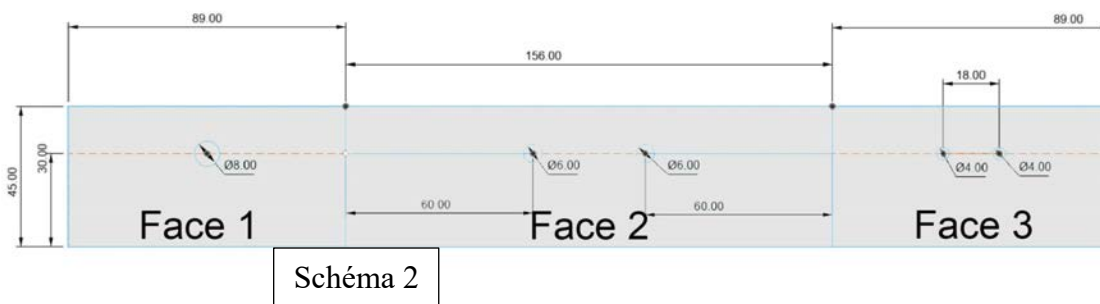
Assemblage du « Générateur Haute Tension »

- 1) Le boîtier, son couvercle et son joint (Photo 7) :
Les faces ont été numérotées pour faciliter les explications.



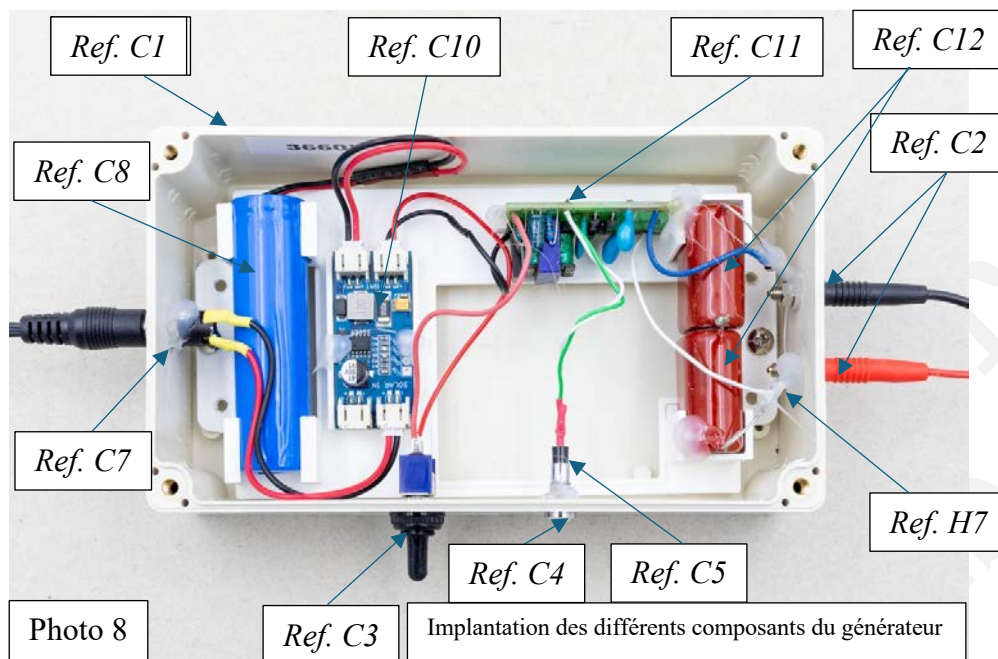
Les références (Ref. x) sont relatives à celles de la nomenclature.

- Le perçage du boîtier : Seules les faces 1, 2 et 3 doivent être percées suivant le Schéma 2.



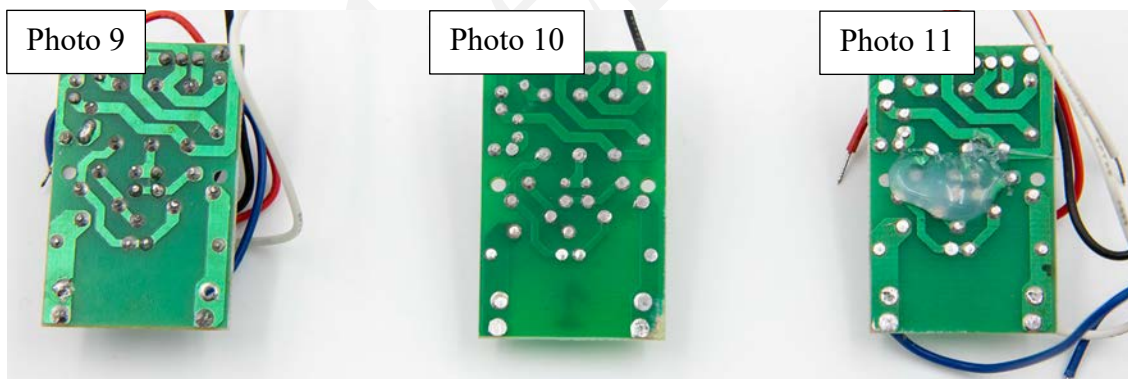
- Fixez le support en impression 3D dans le boîtier en utilisant 2 à 4 vis Parker M3 de 5mm de longueur (En fonction de votre boîtier comme sur la photo1).

- La *photo 8* présente l'implantation des composants et donne leur référence dans la « Nomenclature ».



2) Le module « Booster » (*Module Haute Tension : Ref. C11*) :

- Supprimez le condensateur marqué C sur la *photo 2*. Il suffira de couper ses pattes à raz, à l'aide d'une petite pince coupante ou de le dessouder.
- Arasez des pattes des composants qui dépassent coté soudure à l'aide d'une pince coupante (*Photo 9*) puis poncez légèrement le circuit imprimé avec une cale à poncer pour arrondir les soudures (*Photo 10*).
- **Déposez de la colle chaude sur la zone critique (*Photo 11*). Ce point est important pour obtenir l'efficacité maximale de votre alimentation.**



- Déplacement de la Led (Diode électroluminescente) :
Cette étape délicate n'est pas obligatoire mais elle vous permet d'indiquer la mise en service de votre alimentation HT.
 - Dessoudez la Led du circuit puis retirez-la. (*Marquée Led sur la photo 4.*)
 - Préparez 2 fils fins d'une longueur d'environ 8cm (*par exemple du fil de réseau ou téléphone*), dénudez les extrémités et étamez-les. (*Photo 12*)
 - Placez une Led neuve (*Ref. C5*) dans le petit tube noir du support (*Ref. C4*). **Attention, il y a un sens. Le tube noir est plus évasé à une extrémité. Si vous vous trompez, vous ne pourrez pas glisser le tube noir dans son support métallique.** (*Photos 13*)
 - Soudez les 2 fils aux extrémités de la Led. Repérez bien le fil soudé sur la patte la plus courte.
 - Placez 2 morceaux de gaine thermo-rétractable sur les soudures. (*Photo 13*)
 - Soudez les 2 fils en lieu et place de la Led précédemment retirée. Le fil correspondant à la patte la plus courte doit être soudé vers l'intérieur du circuit (*Flèches sur la figure 14*).

Photo 12



Photo 13

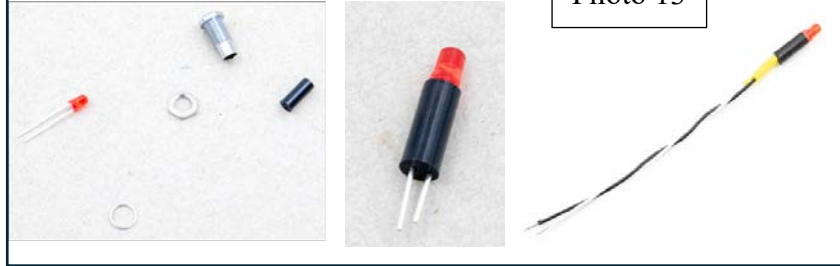
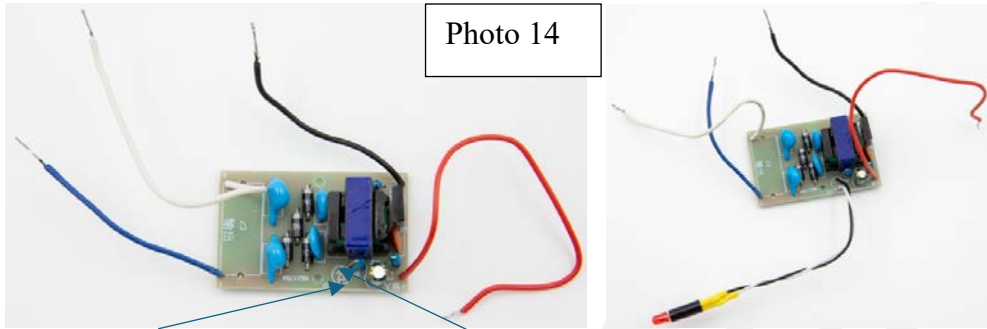


Photo 14



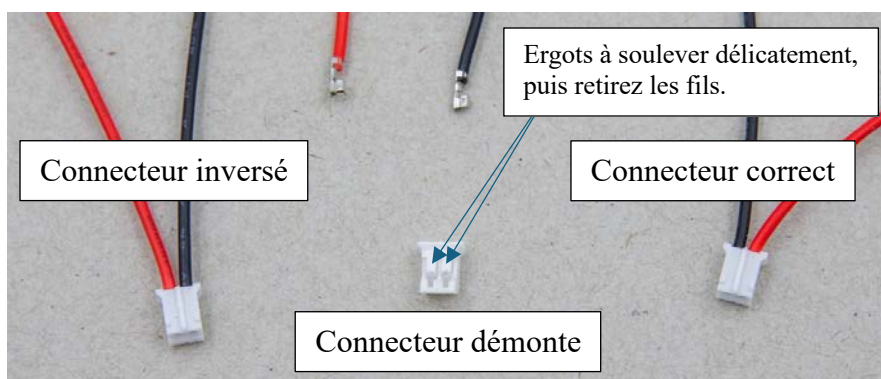
Patte longue de la Led

Patte courte de la Led

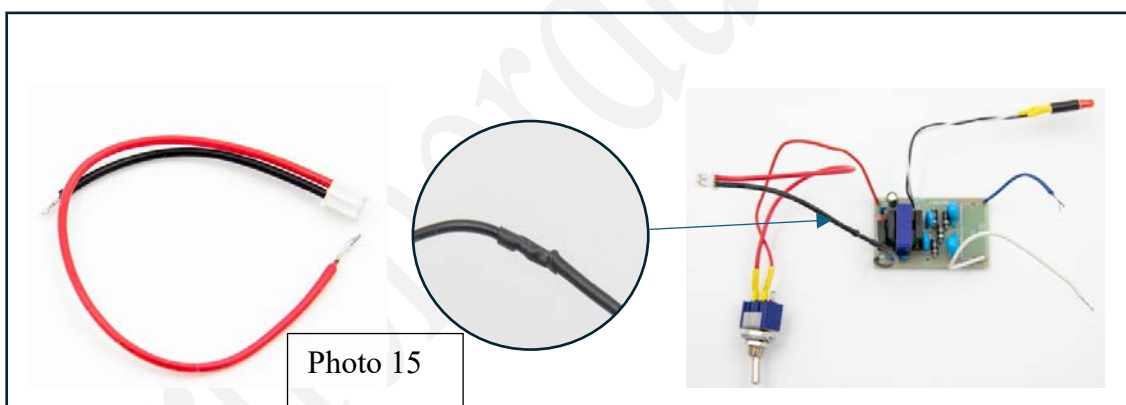
- Version alternative pour le déplacement de la Led :
 - Couper les connecteurs au raz de la Led.
 - Utiliser un connecteur femelle PH2.0 (Ref. G4)
 - Placez une Led neuve (Ref. C5) dans le petit tube noir du support (Ref. C4). **Attention, il y a un sens. Le tube noir est plus évasé à une extrémité. Si vous vous trompez, vous ne pourrez pas glisser le tube noir dans son support métallique.** (Photos 13)
 - Enfiler 2 morceaux de gaine thermo-rétractable sur les fils du connecteur.
 - Soudez les fils aux extrémités de la Led. Repérez bien le fil soudé sur la patte la plus *courte* (De préférence le rouge.)
 - Placez les 2 morceaux de gaine thermo-rétractable sur les soudures puis les chauffer.
 - Enfichez le connecteur sur les pattes de la Led découpées précédemment en plaçant le fil rouge vers l'intérieur.
 - Bloquez le connecteur à l'aide d'un point de colle chaude.



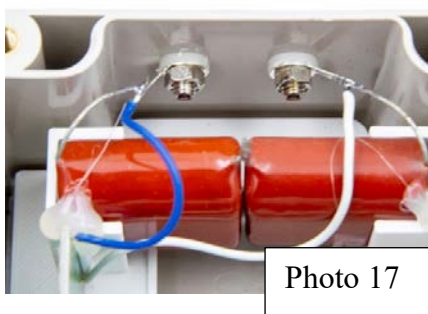
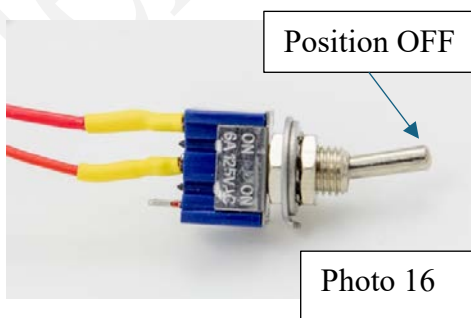
- Câblage du module :
 - Coupez le fil noir à moitié.
 - Coupez le fil bleu à moitié.
 - Enlevez environ 2cm au fil blanc.
 - Dénudez les 3 fils coupés sur environ 1/2cm et étamez-les. (Photo 14)
 - Prenez un connecteur fourni avec le chargeur de batterie et coupez les fils comme suit : retirez 1/3 de la longueur du fil rouge et 2/3 du fil noir. (Photo 15)
 - **Attention certains connecteurs sont mal montés. Vérifiez que les fils rouge et noir soient bien à leur place par rapport à l'ergot. Le fil rouge doit être sur le + lorsqu'on le connecte au circuit de charge (Ref. C10).**



- Insérez un morceau de gaine thermo sur le fil noir.
- Soudez bout à bout le fil noir du connecteur avec le fil noir du module haute tension puis mettre en place la gaine thermo. (Photo 15)
- Prenez un interrupteur (Ref. C3) et soudez le fil rouge du connecteur sur la cosse centrale de l'interrupteur.
- Soudez le fil rouge du module sur l'une des 2 cosses libres de l'interrupteur. (Photo 15)
- Vous pouvez également insérer un morceau de gaine thermo, cela évitera que les fils ne cassent au raz de la soudure lors des manipulations.

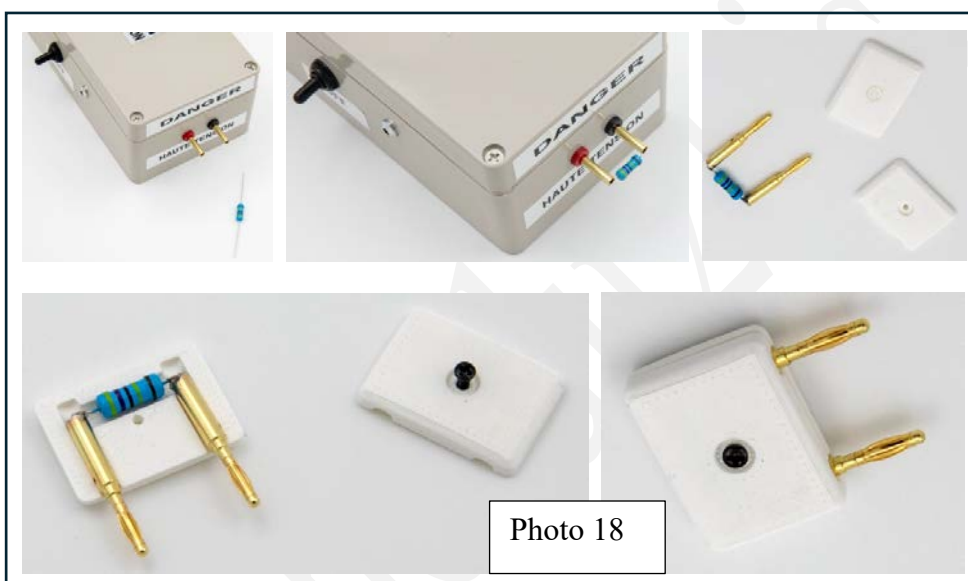


- Positionnez l'interrupteur sur la position OFF comme sur la photo 16. (Du même côté que le fil provenant du module.)

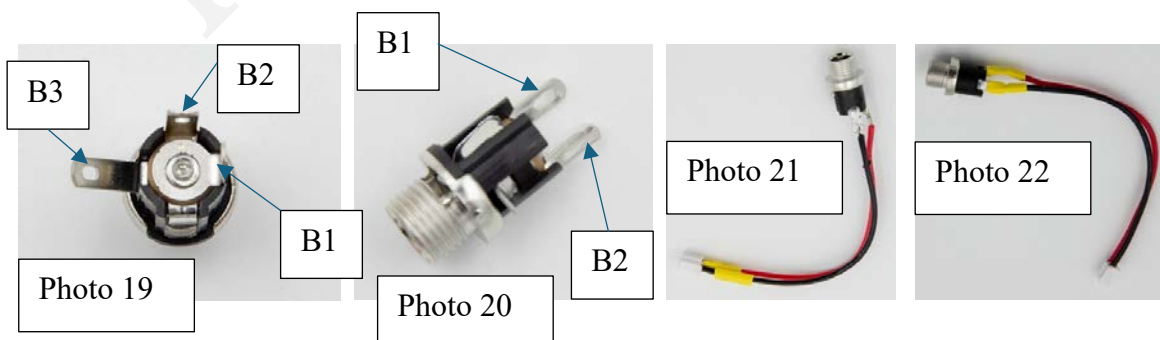


- 3) Montage des condensateurs :
 - Placez les 2 fiches bananes femelles châssis (1 rouge et 1 noire Réf. C2) sur la face 3 en y insérant une cosse (Ref. H7) sur chaque fiche. (Photo 17). La fiche noire doit être à droite si l'on regarde le boîtier de l'extérieur.
 - Soudez les deux condensateurs C12 en série (Photo 3) et placez-les dans leur logement.

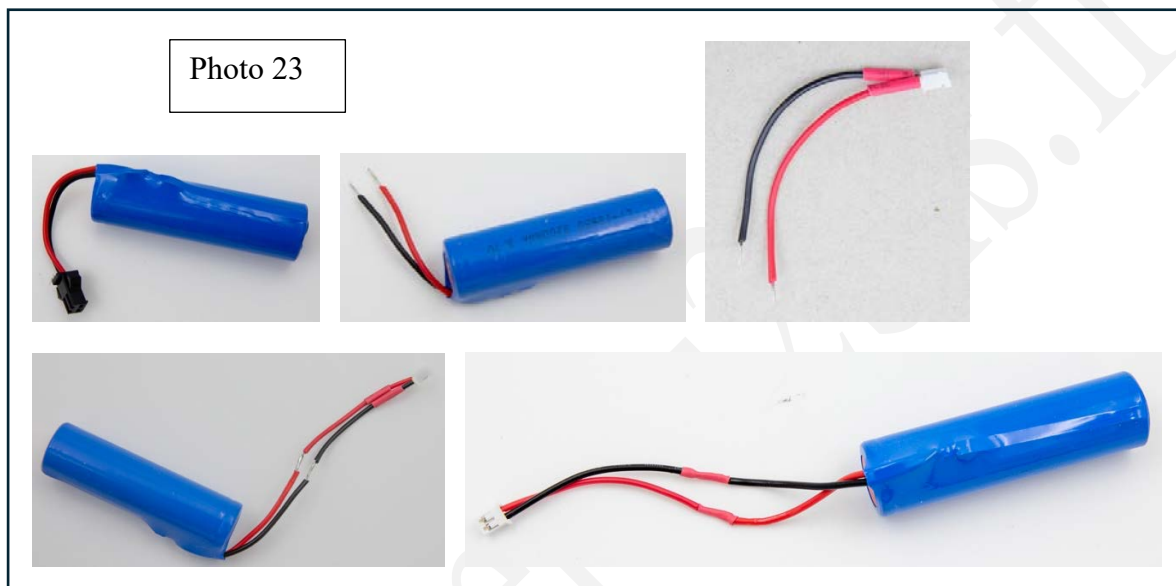
- Placez le circuit booster (Ref. C11) dans son logement. (Photo 8)
 - Soudez les fils bleu et blanc (Photo 17).
 - Mettez en place l'interrupteur et le support de Led sur la face 2. (Photo 8)
 - Insérez la Led dans son support. (Photo 8)
- 4) Préparation du bouchon de protection de la Haute Tension :
- Ce bouchon permet de décharger les condensateurs et d'éliminer ainsi tout risque d'électrocution lors des manipulations du boîtier. Il est impératif de le laisser en place dès sa réalisation et de **ne le retirer que lors de la connexion des harpes au boîtier**.
- Engagez 2 fiches bananes mâles dans les douilles femelles. (Photo 18)
 - Pliez les pattes de la résistance de 5Mohms (Ref. C13) de manière à ce qu'elles rentrent dans les trous après les avoir raccourcies à la pince coupante. (Photo 18)
 - Soudez la résistance sur les fiches bananes. (Il est préférable d'effectuer cette opération après les avoir retirées de la partie femelle pour éviter de fondre le plastique des douilles.)
 - Placez le montage obtenu sur une des 2 coques du bouchon puis positionnez la 2^{ème} coque par-dessus et fermez le tout avec une vis Parker M2.5 de 5 à 6 mm de longueur. (Photo 18)
 - Remplacez le bouchon ainsi obtenu dans les fiches bananes femelles du boîtier. Vous ne le retirez qu'au moment de la connexion avec la harpe. (Photo 1)



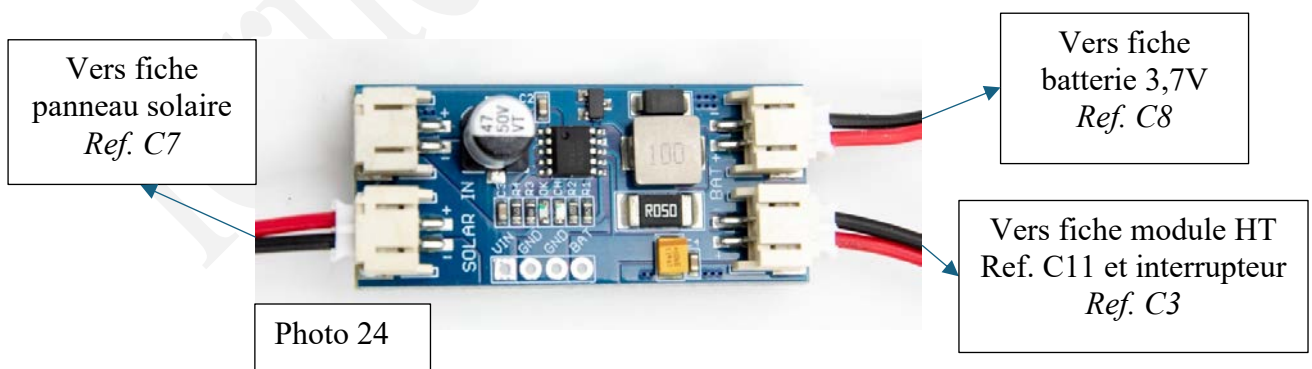
- 5) Câblage de la fiche de connexion du panneau solaire :
- Prenez le deuxième connecteur fourni avec le module de charge et partagez-le en deux parties égales.
 - Prenez un des deux morceaux et dénudez les extrémités.
(Vous pouvez également insérer un morceau de gaine thermo, cela évitera que les fils ne cassent au raz de la soudure lors des manipulations.)
 - Prenez une fiche châssis femelle (Ref. C7) et coupez la cosse B3 à l'aide d'une pince coupante.
 - Soudez le fil rouge sur la cosse B1 et le fil noir sur la cosse B2 de la fiche châssis de connexion au panneau solaire. (Photos 19, 20, 21 et 22)
 - Mettez la prise en place sur la face 1. (Photo 8)



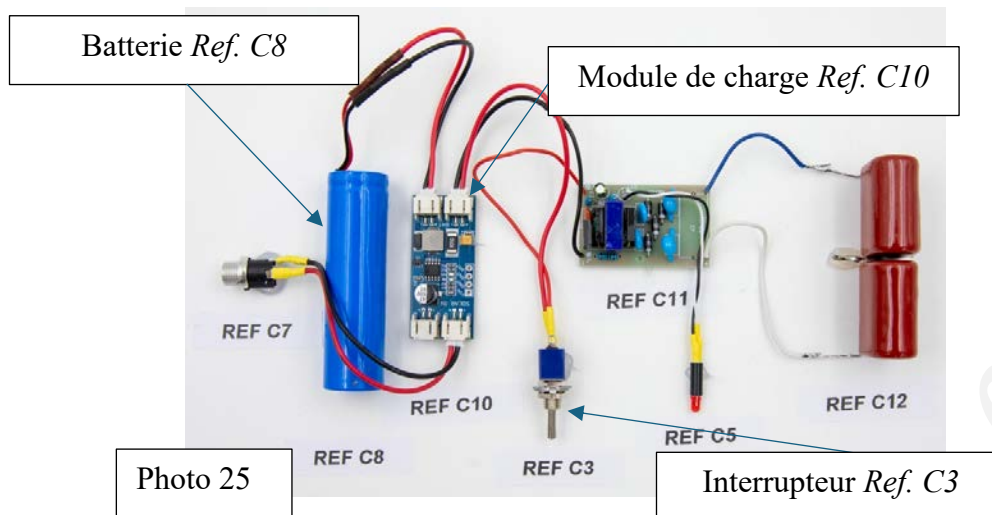
- Préparation de la connexion de la batterie (*Photo 23*) :
 - Si le connecteur est du même type que ceux fournis avec le chargeur de batterie, vous n'avez rien à faire.
 - Si le connecteur est différent :
 - Coupez le connecteur au raz de la fiche.
 - Dénudez et étamez les deux fils de la batterie.
 - Récupérer le demi-câble précédemment coupé.
 - Dénudez et étamez les deux fils.
 - Insérez un morceau de gaine thermo sur chaque fil, cela évitera les courts-circuits entre le + et le -
 - Souder bout à bout les fils noirs et les fils rouges du connecteur et de la batterie.
 - Placez les 2 morceaux de gaine thermo rétractable sur les soudures et les faire se rétracter en les chauffant légèrement avec un décapeur thermique ou un briquet. (*Photo 23*)
 - Placer la batterie dans son berceau (*Photo 8*).
 - Avant de connecter la batterie, vérifiez que l'interrupteur est bien sur la position off (*Photo 16*).



- 6) Connexion du module de charge (*Photo 24*) :
Vérifier que les fils rouges soient positionnés sur les + des connecteurs du module.



- 7) Mise en place le module de charge :
- Placer le module de charge dans son berceau.
 - Ajoutez des points de colle chaude pour fixer les différents composants.
 - Recouvrir également de colle les cosses sur les fiches bananes (Ref.H7). (*Photo 8*)



8) Fermeture du boîtier :

- Mettez l'interrupteur sur la position ON. La Led rouge doit s'allumer. *(Si ce n'est pas le cas, vérifiez que vous avez réalisé correctement l'ensemble des étapes).* Remplacez l'interrupteur sur OFF.
- Placez le joint sur le couvercle. *(Photo 26)*
- Fixez le couvercle à l'aide des 4 boulons fournis avec le boîtier. *(Photo 1)*



Bravo, Vous avez terminé votre générateur.

Liste de l'outillage nécessaire à la réalisation du générateur haute tension :

- Une perceuse
- Des mèches de 4, 6 et 8
- Une pince coupante
- Une pince à dénuder ou un couteau
- Un fer à souder (max 40Watts)
- Fil d'étain avec âme décapante de 1 à 1,5mm de diamètre
- Une pince plate
- Des clés plates de 6, 8 et 10
- Un pistoler à colle
- Un décapeur thermique (pour la gaine thermo-rétractable)