



HARPE ELECTRIQUE DE LUTTE CONTRE VESPA VELUTINA



**La harpe présentée dans ce document a été développée par le
GDSA35 et a fait l'objet d'un dépôt de BREVET**

GDSA 35 www.gdsa35.fr contact@gdsa35.fr **06 45 07 76 59**



Tout utilisateur de ce document engage sa propre responsabilité. Le GDSA35 décline toute responsabilité

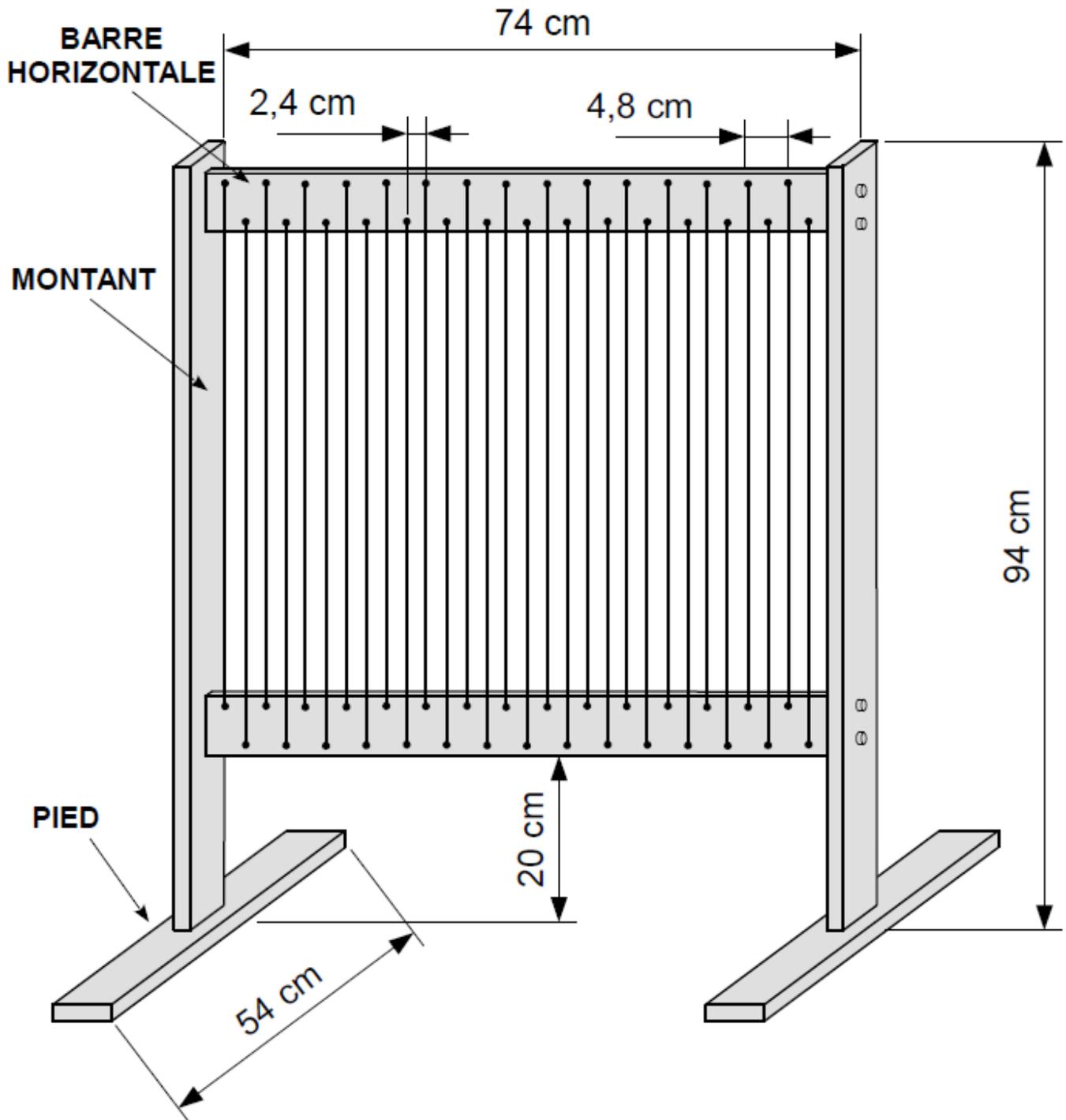








DESCRIPTION DE LA PARTIE MECANIQUE



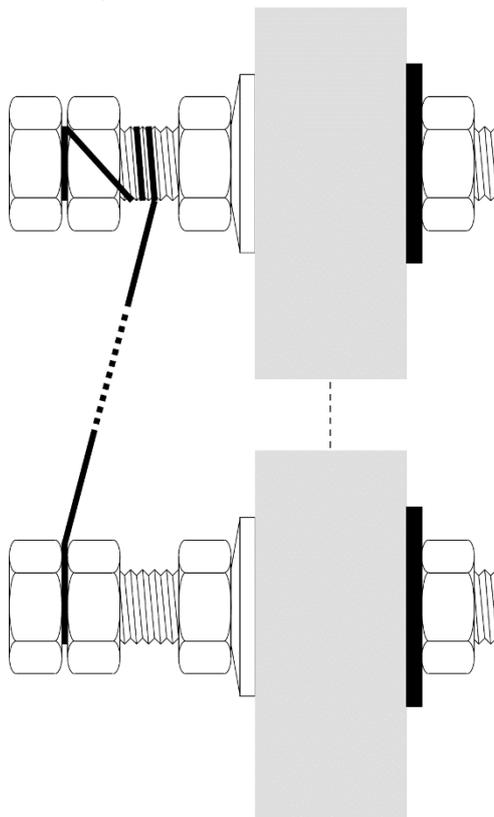
Le matériau dans lequel sont usinés les pieds, les montants et les barres horizontales de la harpe est un assemblage sandwich entre 2 feuilles blanches de PVC plein d'un PVC expansé noir issu de recyclage à 80%. Les pieds sont percés à leurs extrémités pour permettre une fixation ou piquetage au sol de la harpe.

L'assemblage des barres horizontales dans les montants, ainsi que des montants dans les pieds se fait par emboîtement dans un mortaisage partiel et fixation par le côté opposé par 2 vis à bois.

Les barres horizontales sont percées de 2 rangées de trous de diamètre 4,5 mm en quinconce au pas de 4,8 cm. Des vis en inox de diamètre 5 mm préalablement équipées d'un premier et d'un deuxième écrou puis d'une rondelle contact dont le côté conique est orienté vers la tête de la vis, y sont vissées en autotaraudage dans la matière plastique. Les vis d'un même niveau sont électriquement reliées entre elles par une bande perforée en inox au pas de 1,6 cm située à l'arrière de la barre serrée par un troisième écrou de blocage. Ainsi 3 pas de bande font 4,8 cm correspondant à la distance recherchée entre les fils du même potentiel de la haute tension. Il suffit que les 2 bandes perforées d'une même barre soient décalées d'un 1/2 pas pour obtenir une position des fils au pas de 2,4 cm.

Les vis sont dans un premier temps vissées de manière à ce qu'elles dépassent juste de la bande inox de l'épaisseur du troisième écrou. Le deuxième écrou est dévissé pour que la rondelle contact vienne en appui sur la feuille blanche de PVC, avec un couple raisonnable afin de ne pas arracher les filets autotaraudés dans le perçage du PVC. Puis le blocage final est obtenu par vissage du troisième écrou du côté de la bande inox. Les vis sont ainsi bloquées en rotation.

Le montage des fils de la harpe correspond au schéma suivant :



Le montage des fils de la harpe sur la barre supérieure :

Le fil après avoir entouré la vis au plus proche de sa tête avec un nœud de cabestan ou un tortillon y est fermement coincé par le premier écrou. Il ne peut ainsi plus tourner librement autour de la vis. Puis en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre il est amené avec un angle approximatif de 45° vers la tige filetée de la vis pour y faire 2 à 3 rotations en se logeant dans le creux du filetage. Par ce procédé, le deuxième écrou étant légèrement vissé et le troisième légèrement dévissé, on peut tourner la vis dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour tendre le fil. La vis étant alors maintenue dans la position de tension voulue du fil, on dévisse dans un premier temps le deuxième écrou pour que la rondelle soit en appui sur la feuille blanche de PVC avec un couple raisonnable afin de ne pas arracher les filets autotaraudés dans le perçage du PVC, puis le blocage final est obtenu par le vissage du troisième écrou du côté de la bande inox.

Le montage des fils de la harpe sur la barre inférieure :

De la situation précédente, tendre manuellement le fil vers la vis inférieure qui lui correspond. La fixation du fil sur la vis inférieure va être de type non ajustable contrairement à ce qui vient d'être

décrit pour les vis de la barre supérieure. Après un premier tour au plus proche de la tête de la vis, puis un tour autour du fil et rotation en sens inverse autour de la vis et ainsi de suite, on coince fermement le fil sur la vis par le premier écrou. Le deuxième écrou et sa rondelle, le troisième écrou sont respectivement dévissés et vissés à l'identique de ceux de la barre supérieure pour un blocage définitif.

Ce n'est qu'une fois que tous les fils sont montés que leurs tensions seront réglées comme décrit par rotation des vis supérieures puis blocage par les deuxièmes et troisièmes écrous. Ce réglage doit être fait avec une tension minimale juste nécessaire de chaque fil. Une trop forte tension entraîne une minime flexion des barres horizontales induisant inévitablement un relâchement des autres fils pré-tendus.

ATTENTION !

Chaque apiculteur aura tout loisir de monter la harpe et les fils de toute autre manière convenable que celle que nous venons de décrire. Il nous faut cependant attirer votre attention sur un problème que nous avons rencontré lors d'une première réalisation.

Le montage des fils sur les vis de la barre horizontale inférieure, qui ne nécessite pas la possibilité de réglage de tension des fils, doit être fait de manière à ce que les fils ne soient pas en contact avec le PVC de la barre. En cas de forte précipitation des accumulations de gouttes d'eau sur la face noire supérieure de la barre peuvent créer des arcs électriques.

DESCRIPTION DE LA PARTIE ELECTRIQUE

Dans cette partie du document nous décrivons les différents éléments électriques et électroniques qui permettent d'alimenter une harpe à partir des sources d'énergie disponibles sur un rucher : solaire, batterie.

Nous donnons quelques indications sur la manière de les utiliser et de les assembler.

1. LES MODULES ELECTRONIQUES ESSENTIELS

Le GDSA35 fait également fabriquer un boîtier, montable sur la harpe qui contient les deux modules décrits ci-dessous et qui permet d'alimenter une harpe à partir d'une source de tension continue d'environ 12 volts d'une batterie, d'un panneau solaire ou d'une alimentation stabilisée (ancien chargeur 220v ~12v=). Ce boîtier fait l'objet d'une documentation spécifique de description avec procédés d'utilisation, de test et de dépannage.

1.1. Le module générateur de la haute tension

Module Booster 1800 V avec condensateurs Haute Tension

Ci-dessous la documentation brute de forme trouvée sur internet de ce module

DC 3,7 V Boost 2000 V, module d'amplification des impulsions ; peut fonctionner en continu, la distance de décharge minimale est d'environ 1,5 mm

Dimensions : 2,6 x 4,1 cm / 1,02 x 1,61 pouces

Lorsque la tension d'entrée est de 3 V , la sortie est d'environ 1500 V, quand l'entrée est à 3,7 V la sortie est d'environ 1800 V et quand l'entrée est à 4,2 V la sortie est à environ 2000 V

Précautions d'emploi :

Il s'agit d'un module haute tension avec une faible consommation d'énergie.

Le circuit de sortie est un redresseur à doubleur de tension, avec condensateur de décharge haute tension 2000 V 22 nf.

La carte dispose d'un condensateur haute tension qui peut laisser une capacité excessive après utilisation.

Risque de décharge électrique, l'utilisateur doit être prudent pour sa sécurité. Le condensateur de sortie garde sa charge après coupure de l'alimentation. Il faut décharger le condensateur avant toute manipulation.



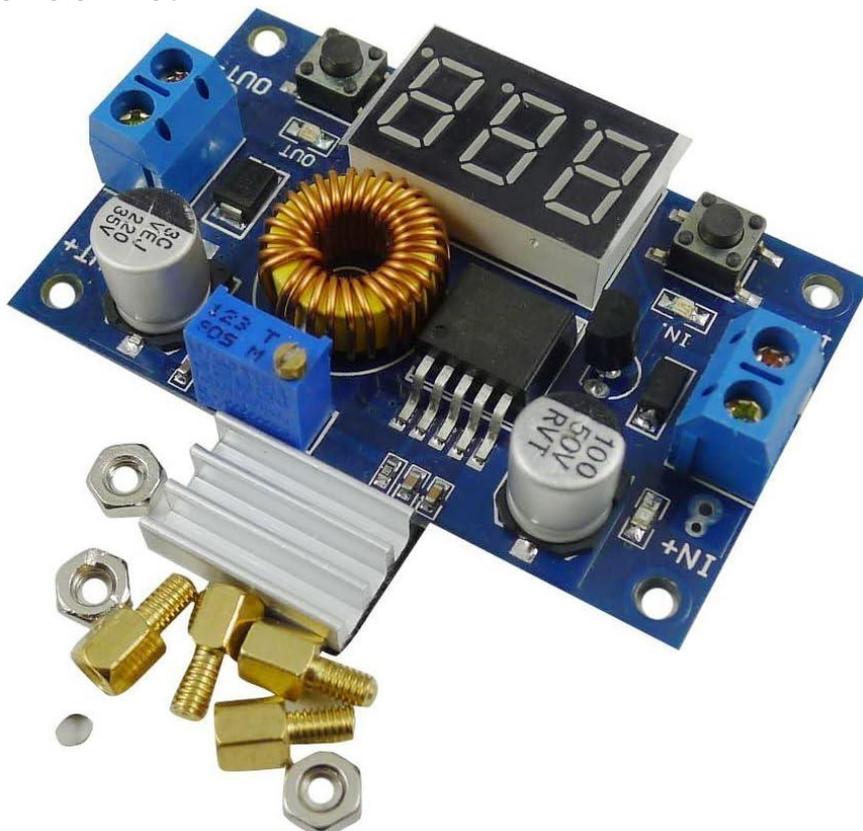
1.2. Le module abaisseur de tension

Ce module branché en amont du générateur haute tension présenté ci-dessus permet de convertir la tension d'une source 12v continu en une tension adaptée à sa tension d'alimentation de 4,2v.

Ci-dessous la documentation brute de forme trouvée sur internet de ce module

Module Régulateur DC-DC avec Voltmètre

- Avec indicateur LED verte d'alimentation et le mini voltmètre qui peut être calibré en ajustant le potentiomètre
- Haute puissance de 5A et une faible ondulation ; a dissipateur thermique
- Surchauffe protection / court-circuit permet une utilisation en toute sécurité
- Appuyez sur le bouton de l'interrupteur pour choisir le test de tension d'entrée / sortie ; "IN" lumière LED lors du test de tension d'entrée ; "OUT" LED lors du test de tension de sortie
- Appuyez sur le bouton de gauche pour activer / désactiver voltmètre
- Les bornes rendent l'utilisation pratique même sans fer à souder
- Ajuster le potentiomètre dans le sens horaire pour l'augmentation de la tension de sortie et en diminuant la tension de sortie dans le sens antihoraire
- Caractéristiques :
Tension d'entrée : DC 4.0 ~ 38V
La tension de sortie : 1.25 V courant continu 36V ~ réglable en continu (la tension d'entrée doit être supérieure à 1.5 V la tension de sortie)
Courant de sortie : max 5A, recommandé pour une utilisation dans le 4.5A.
Puissance de sortie : jusqu'à 75W,
- Plus de 50W, S'il vous plaît améliorer la dissipation de chaleur
erreur de voltmètre : +/- 0.05V
Gamme de mesure : 0 ~ 40V (s'il vous plaît assurez-vous que la tension d'entrée est 4.5V ou plus)
l'efficacité de conversion : jusqu'à 96%
Régulation de charge : S (I) ≤ 0.8%
Régulation de tension : S (u) ≤ 0.8%
Avec protection contre la surchauffe et la protection de court-circuit
Dimensions : 6.6 * 3.9 * 1.8cm



2. LES MODULES ELECTRONIQUES OPTIONNELS

2.1. Kit d'alimentation solaire

Une configuration optimale pour alimenter la harpe et ses modules essentiels : module abaisseur et générateur de haute tension que nous venons d'aborder au §1 ci-dessus, bien adaptée à une mise en oeuvre autonome au sein de tout rucher en pleine nature, consiste en une batterie maintenue en charge par énergie solaire. Cette solution est présentée dans les schémas du §3 ci-dessous.

Pour ce faire nous préconisons l'utilisation du kit suivant disponible sur internet et dont voici la documentation.

ECO-WORTHY Kit Panneau Solaire 25W 12V MONO : 25W Panneau Solaire + Support de Montage + Câble de connexion SAE + Contrôleur de charge 10A pour voiture RV Marine Boat

Marque	ECO-WORTHY
Matériau	Aluminium
Dimensions du produit	42,1L x 32l x 1,7H centimètres
Poids de l'article	1,37 Kilogrammes
Efficacité	Haute efficacité
Type de connecteur	fiche SAE
Taille pliée	42,9*34,0*1,7 cm
Composants inclus	panneau, support, control
Adaptateur de courant CA	1,22 A
Température nominale supérieure	85 Degrés Celsius

【Fonctionnement】 Le panneau solaire et le régulateur de charge constituent un kit solaire hors réseau de base pour la charge et l'entretien des batteries 12 V, telles que les batteries plomb-acide scellées, au lithium, LiFePO4, au gel, à électrolyte liquide. En plein soleil, le kit de panneaux solaires de 25 W peut produire 100 Wh d'électricité. Il fonctionne également les jours nuageux.

【Panneau durable】 Avec une surface en verre trempé à faible teneur en fer et un cadre en aluminium résistant à la corrosion, le panneau solaire est protégé contre les intempéries et l'usure. Il résiste à une pression du vent allant jusqu'à 2400 Pa et à une charge de neige allant jusqu'à 5400 Pa. Le panneau est étanche et donc idéal pour une utilisation en plein air ou en hiver. Composé de cellules monocristallines pour un rendement de conversion élevé.

【Protéger la batterie】 . Le régulateur de charge PWM de 10 A de ce kit permet une extension en câblant plusieurs panneaux de 12 V-25 W en parallèle. Il peut également empêcher la batterie d'être surchargée, surdéchargée, surtensionnée, court-circuitée et infectée par un courant inverse. 2 indicateurs pour observer facilement l'état de la charge et de la décharge. Avec sortie USB 5V/2A.

【360° support réglable】 . Équipé de supports solaires, l'angle de montage peut être réglé pour une meilleure réception de la lumière du soleil. Des trous pré-perçés à l'arrière du panneau facilitent un montage et une sécurisation rapides. Le câble de connexion est une fiche SAE, facile à connecter et à installer. Le chargeur de batterie solaire 25 W et le kit de maintenance sont parfaits pour les bateaux, les tracteurs, les remorques, les camions, les camping-car, les générateurs, les hangars,.

【Garantie】 1 an de garantie et support technique à vie. N'hésitez pas à nous contacter en cas de problème ou de question. Qu'est-ce qui est inclus dans la livraison ? Vous recevrez 1 panneau solaire mono de 25 W, 1 régulateur de charge PWM de 10 A, 1 câble de 1,54 pied avec pinces crocodile et 1 câble de 1,38 pied avec connecteur à joint torique.



DIY facile avec supports et câblage

Tous les câbles et supports nécessaires inclus pour l'installation

Puissance nominale:	25W
Cellule solaire:	Monocristalline
Max.Voltage(Vmp):	18V
Tension de Circuit ouvert (Voc):	22.41V
Courant de court-circuit:	1.54A
Max. Actuel:	1.4A
Longueur	300cm (9.84ft)
Taille du câble	0.8mm2(18AWG)
Poids:	1.5kg(3.3 lbs)
Taille:	420x320x17mm(16.5x12.6x0.7in)

25W Mono Solar Panel



Tension de sortie:	12V
Max. Courant de Charge/ décharge:	10A
Plage de tension d'entrée	8V~16V
Max PV Circuit ouvert tension:	30V
Sortie USB:	5V 1.2A
Plage de température de travail:	-35C~+50C
Taille:	120x67x21mm(4.7x2.6x0.8in)
Poids:	0.10kg(0.2 lbs)

10A Charge Controller Nominal



Câblage Facile et Sûr



Conseils: vous pouvez ajouter plus de panneaux avec SAE spliter

Changer le réglage du contrôleur pour Différentes batteries

Réglage du type de batterie:

1. Connectez la batterie au contrôleur
2. Appuyez sur le petit bouton noir pour 5s jusqu'à ce que les voyants de la batterie clignotent
3. Petit clic pour sélectionner le type de batterie
4. Appuyez sur le bouton pour 5s ou laissez-le pour 5s pour confirmer et enregistrer le changement.



Click 1			
Click 2			
Click 3			

▲ Remarque: lors de l'utilisation de batteries au lithium, le premier mode est le meilleur mode d'adaptation de la batterie.

2.2. Contrôleur de charge solaire

En dehors de l'utilisation du kit ECO-WORTHY ci-dessus, et dans l'hypothèse d'une source d'énergie procurée par un panneau solaire de plus forte puissance, une batterie de plus forte capacité, il faudra vous équiper d'un contrôleur de charge. Nous préconisons alors le modèle suivant de grande diffusion, disponible sur internet et dont voici la documentation.

Contrôleur de Charge Régulateur Panneau Solaire de Batterie Intelligent PWM avec 5V Double Port USB LCD Affichage pour Les Batteries Plomb-acide (30A)

Courant de charge 30A; Sortie USB: 5V/ 2A Max; Tension de la batterie: identification automatique 12 V / 24 V; Taille: 133 * 70 * 35 mm; Poids: 132g.

Le contrôleur de charge solaire ne convient que pour les batteries au plomb-acide : OPEN, AGM, GEL.

Protection de sécurité Protection intégrée contre les courts circuits, protection contre les circuits ouverts, protection inverse, protection contre les surcharges. Avec gestion complète de la charge PWM à 3 niveaux.

Fonctionnalité Les paramètres de charge et de décharge sont réglables. Le mode de fonctionnement de la charge peut être défini.

Dissipation thermique Double protection contre le courant inverse MOS, faible production de chaleur, faible taux d'échec. Prolongez la durée de vie de la batterie et maintenez la charge en fonctionnement.

Facile à utiliser Avec un écran LCD qui affiche clairement l'état et les données, il est facile à configurer et à utiliser. Convient pour la maison, le commerce, l'industrie, etc.

Etapes de connexion :

- 1 Connectez la batterie au régulateur de charge.
 - 2 Connectez les panneaux solaires au régulateur de charge.
 - 3 Connectez la consommation au régulateur de charge.
- L'ordre inverse s'applique lors de la désinstallation

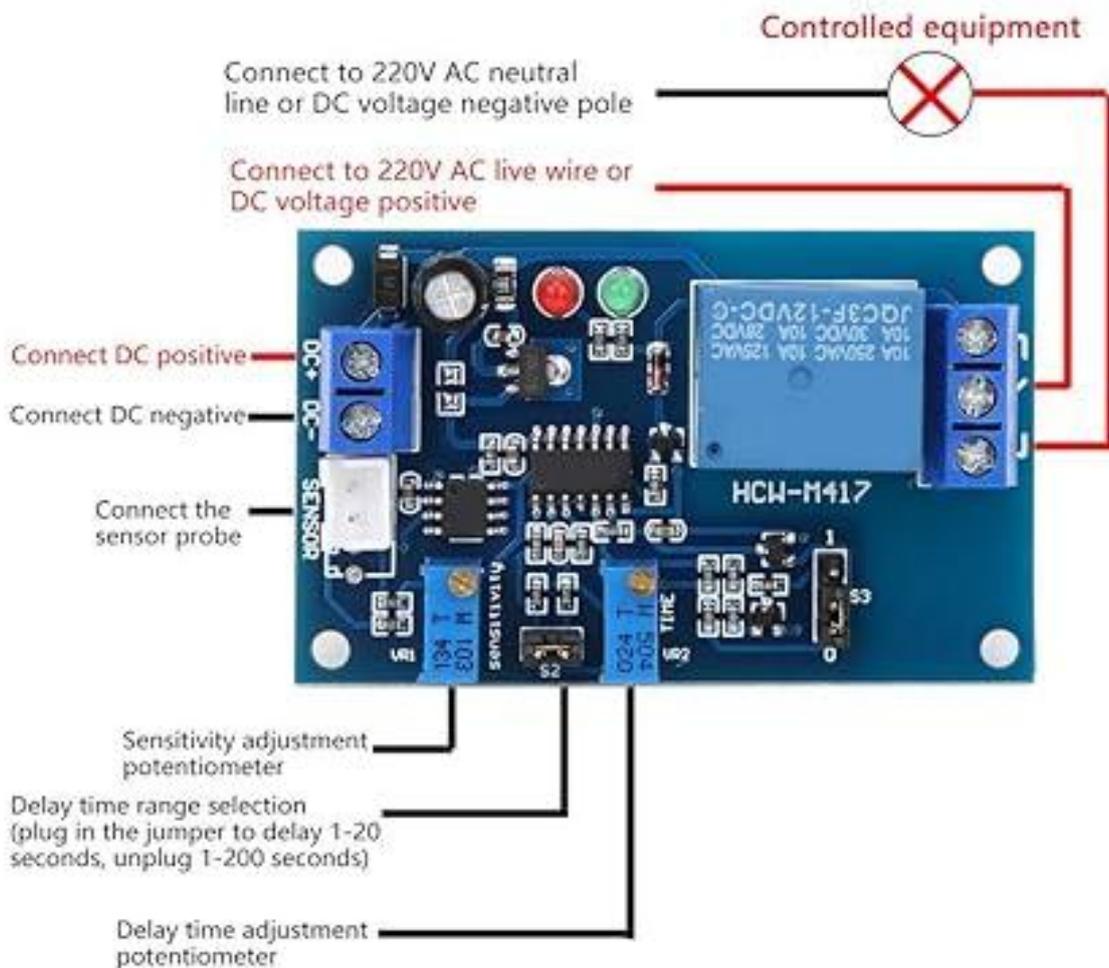


2.3. Interrupteur crépusculaire

L'intérêt d'installer un interrupteur crépusculaire dans le dispositif est présenté au §5 du document ci-dessous "BASES DE CONCEPTION ET DE REALISATION"

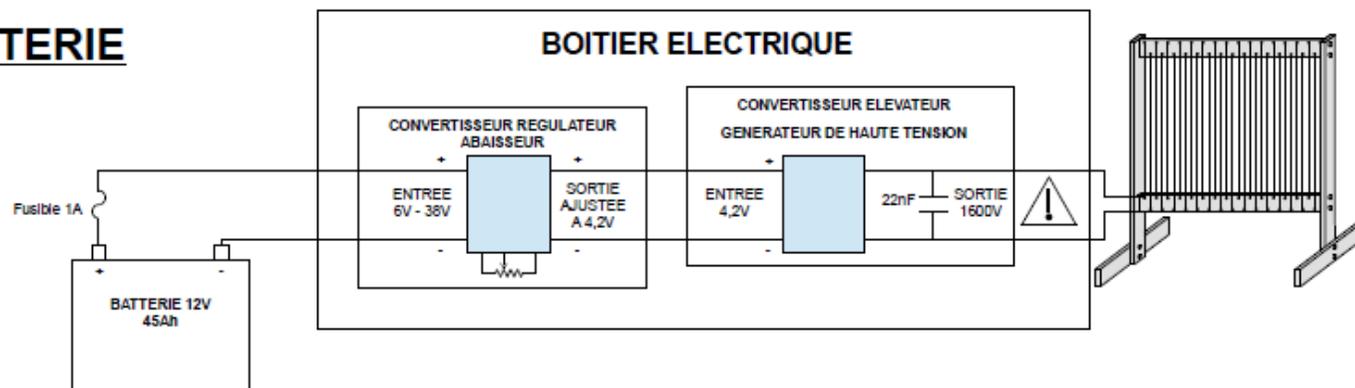
Pour ce faire nous préconisons le module suivant, disponible sur internet et dont voici la documentation.

- Le module de relais a de nombreuses fonctions de retard et de sensibilité à la lumière réglables, et le capteur de lumière n'a pas de scintillement. Avec la fonction de relais et de retard, lorsque la lumière est plus sombre que la luminosité ajustée par le potentiomètre, le commutateur de relais est automatiquement activé
- La partie d'alimentation a une protection de diode, un condensateur de filtre et un condensateur anti-interférence et une puce de régulateur de tension 7805, qui peut fournir une tension stable et empêcher le module de brûler lorsque l'alimentation est inversée
- Le capteur de détection de lumière est équipé d'un potentiomètre réglable de précision pour mieux ajuster la sensibilité et le temps de retard ; il y a des instructions d'alimentation et des instructions de rappel de relais
- Le module de capteur de relais de photorésistance est équipé d'un relais haute puissance, qui peut contrôler une charge de courant de 10 A; Il est également livré avec un capteur de photorésistance de 50 cm de long
- Description du produit

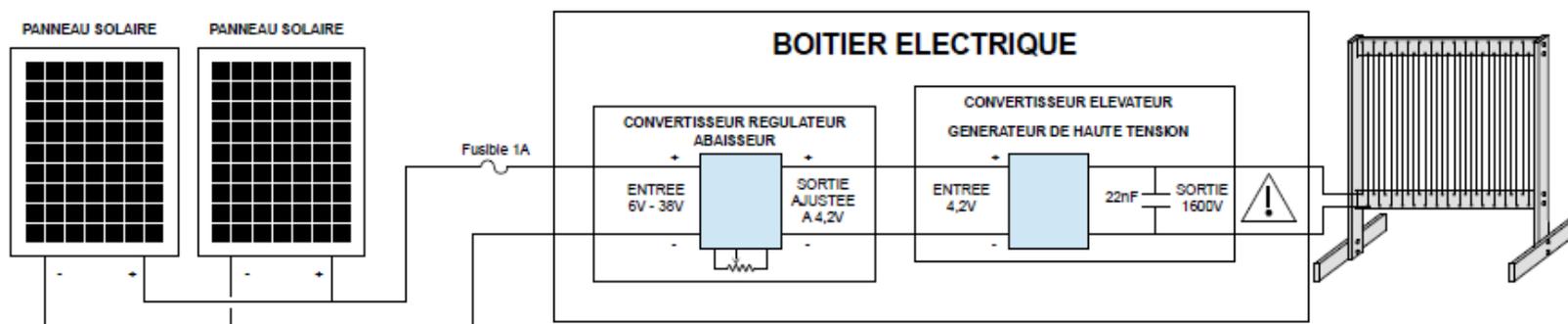


3. SCHEMAS DES DIFFERENTS MODES D'ALIMENTATION :

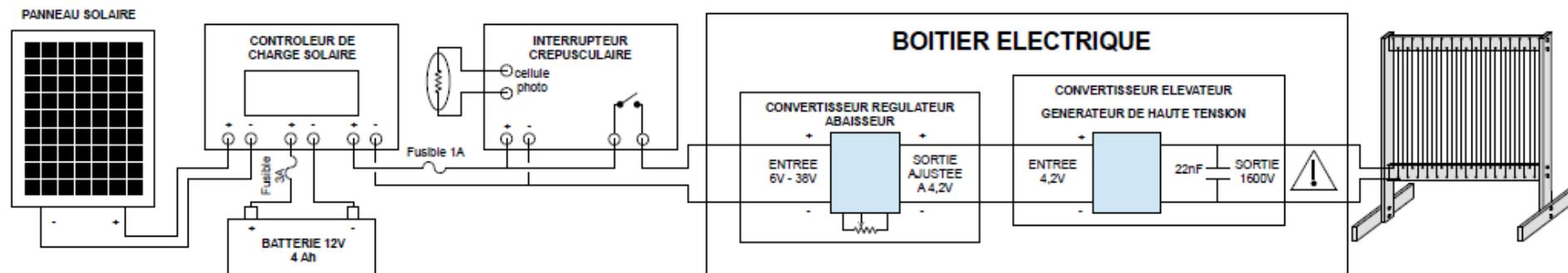
ALIMENTATION PAR BATTERIE SEULE



ALIMENTATION PAR PANNEAUX SOLAIRES SEULS



ALIMENTATION PAR BATTERIE MAINTENUE PAR PANNEAU SOLAIRE



LES BASES DE CONCEPTION ET DE REALISATION

CONSIGNES D'EMPLOI ET DE SECURITE

1. RAPPEL DU PRINCIPE :

Le principe consiste en l'électrocution du frelon à son passage entre deux fils conducteurs électriques non isolés parallèles et verticaux, portés à une haute différence de potentiel électrique ou tension électrique V (volts), distants d'un intervalle d (mm). Le frelon en vol passant entre les deux fils subit un choc électrique par un courant le traversant via les extrémités de ses ailes déployées. On appellera e (mm) son envergure ou distance entre ces deux extrémités.

Conditions d'efficacité : si $e < d$, d doit être suffisamment petit et V suffisamment élevée pour provoquer un arc électrique dans l'air dans l'espace $d-e$. Plus l'humidité ambiante est élevée plus ce critère sera facilement rempli.

$d \leq e$ n'est que mieux, le contact est alors direct entre les ailes du frelon et les fils.

De même et ce sera discuté plus loin la quantité d'énergie dissipée dans le frelon (intégrale dans le temps du produit courant x tension de l'arc du choc électrique) sera un troisième paramètre fondamental dans l'efficacité, mais il n'intervient qu'en second plan car il faut en premier lieu que l'arc électrique lié à d et V se produise.

Conditions de sélectivité : la harpe ne doit pas électrocuter des insectes volants d'envergure plus petite : d ne doit pas être trop petit et V pas trop élevée.

Là aussi la quantité d'énergie interviendra sur le critère de sélectivité, non pas pour les insectes volants d'envergure plus petite que celle du frelon, mais pour des animaux comme des oiseaux que la harpe malgré un choc électrique ne doit pas tuer.

Donc c'est du bon compromis sur les valeurs de d et V que découlent directement les 2 critères efficacité et sélectivité.

Sur ce point le GDSA35 n'invente rien et se base sur les résultats expérimentaux déjà bien validés par nos confrères d'autres régions qui travaillent de longue date sur le sujet (Sud-Ouest, Val d'Oise : AAVO).

$d=24\text{mm}$ et $V=1600\text{v}$

Avec le même module électronique générateur de la haute tension V que celui utilisé par nos confrères.

2. SCHEMA ELECTRIQUE ET SOURCE DU CHOC D'ELECTROCUTION :

Le circuit électrique qui participe à l'électrocution du frelon se compose de :

- Un condensateur électrique (accumulateur de charges électrostatiques) haute tension chargé à la tension V
- Des fils de liaison en cuivre isolés de très faible résistance pour connecter le condensateur au rideau de fils de la harpe.
- Des fils conducteurs non isolés parallèles disposés verticalement distants de d , alternativement reliés au potentiel bas et au potentiel haut du condensateur constituant le rideau piège électrocuter de la harpe.

Le condensateur délivre à l'instant précis du contact un courant électrique $I = V / R$. R résistance du circuit total de circulation des charges électriques. Au fur et à mesure de l'écoulement des charges, le condensateur se décharge et sa tension V baisse et donc le courant I aussi, diminuant la vitesse d'écoulement des charges, diminuant la vitesse de chute de V ... et ainsi de suite jusqu'à annulation de V et I et épuisement de l'énergie initialement stockée dans le condensateur. Une grandeur électrique essentielle qui va nous intéresser est la quantité de cette énergie qui vaut $E = C \times V^2 / 2$ en Joules. Avec le module haute tension utilisé, $C = 22\text{nF}$, $V = 1600\text{v}$ et donc $E = 28,16\text{mJ}$.

Les fils constituant le rideau : on utilise le même fil inox que pour filer les cadres de ruches. Ses gros avantages sont :

- Inoxydable : contact toujours parfait avec le frelon.
- Mécaniquement résistant à la traction et solide.
- De faible diamètre : l'obstacle constitué par le rideau doit rester le moins visible et perceptible possible par le frelon. Ne pas utiliser de roulette zigzag pour en assurer la tension car le soleil provoque des reflets lumineux sur les ondulations du fil.

Son gros inconvénient : il est électriquement très résistif : $4,6\Omega/\text{m}$

Exemple :

Un frelon touche le rideau à un endroit très proche de sa connexion avec les fils basse résistance de liaison au condensateur. Supposons une résistance globale du circuit y compris l'impédance du frelon de l'ordre de 4Ω . Le courant instantané traversant le frelon pourrait avoisiner $1600/4 = 400\text{A}$ et la quasi-totalité de l'énergie du condensateur de 23mJ est dissipée dans le frelon.

Si au contraire le frelon touche le rideau à un endroit très éloigné de cette connexion à par exemple 10 enroulements de fil de 60cm de haut, la longueur de fil inox de chaque potentiel est de $2 \times 10 \times 0,6 = 12\text{m}$ soit 24m en tout de fil inox dans le circuit et une résistance de $24 \times 4,6 = 110\Omega$. Le courant instantané traversant le frelon ne peut pas excéder $1600 / 110 = 14,5\text{A}$ et une énorme partie de l'énergie du condensateur est dissipée dans le fil du rideau et très peu dans le frelon.

La conception de la harpe GDSA35 repose alors sur un critère fondamental : chaque extrémité de fil inox du rideau est connectée en très basse résistance au potentiel du condensateur auquel il est connecté. Ceci est réalisé par le biais des bandes en inox perforées qui transmettent directement le contact aux vis sur lesquelles les fils du rideau sont fixés. Ainsi où que touche le frelon, la résistance du circuit de décharge est la plus faible possible avec une bonne efficacité attendue du courant et de l'énergie d'électrocution.

Il est suffisant pour chacun des deux potentiels qu'une seule bande perforée, celle du haut ou celle du bas, soit reliée au condensateur par le fil de liaison condensateur / rideau. En effet l'autre bande perforée se trouve connectée par tous les fils du rideau en parallèle dont la résistance globale est suffisamment divisée et faible pour ne pas nécessiter qu'un fil supplémentaire de liaison la relie elle aussi au condensateur.

3. QUELQUES REMARQUES :

Malgré les critères électriques abordés ci-dessus, l'expérience montre que l'énergie du choc électrique de $28,16\text{mJ}$, si on suppose qu'elle est essentiellement dissipée dans le frelon, n'est pas suffisante pour le tuer net à coup sûr. C'est pourquoi une auge à remplir avec de l'eau et un produit tensioactif comme du liquide vaisselle complète la harpe pour achever par noyade les frelons tombés. Les dimensions de la harpe et notamment sa largeur ont été adaptées à la largeur de l'auge.

De futures expérimentations à mener avec des modules électroniques générateurs de la haute tension appropriés délivrant une énergie de choc plus importante seraient intéressantes à mener dans le but et l'hypothèse de tuer les frelons à coup sûr et de ne plus avoir besoin de l'auge qui nécessite en plus un entretien régulier. C'est ce que nous abordons au §7. Mais il faudra en contrepartie veiller à ne pas trop nuire au critère de sélectivité déjà abordé, ni trop augmenter les risques que nous abordons aux §6 et §8.

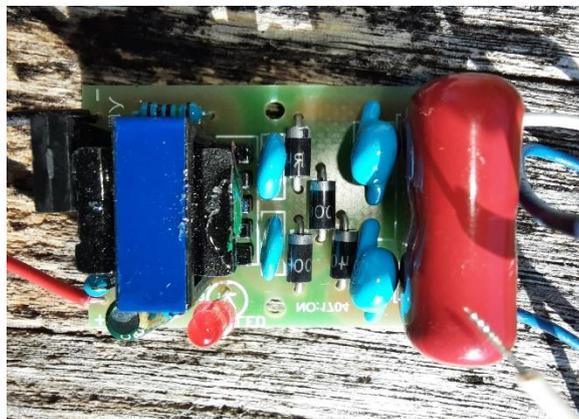
Il est possible que le frelon passe sous le rideau et en partie dans l'espace de l'auge. Si cela est fréquemment observé, on pourra installer un obstacle sous la barre inférieure, par exemple un grillage en plastique.

4. L'ELECTRONIQUE DE BASE :

Les fonctions électroniques décrites ci-après font partie de la fourniture associée à la harpe de base.

Dans l'absolu nous avons besoin d'un générateur haute tension chargeant le condensateur précédemment décrit et qui en dehors d'une électrocution de frelon et donc en situation dite de repos ne consomme pas ou que très peu d'énergie. Ainsi le système pourrait être alimenté sur de très longues périodes (4 mois) par des réservoirs d'énergie minimums comme des batteries de faible capacité à coût réduit, éventuellement couplées à des panneaux solaires de petite taille. Une électronique spécifique visant ce critère de très faible consommation au repos reste à développer et constitue un possible projet du GDSA35.

Dans l'immédiat il nous faut exploiter ce qui est disponible dans le commerce, à commencer par un module HT de conversion d'une tension de 4,2v en une tension de 1600V alimentant et chargeant le condensateur de sortie de 22nF. De toute évidence la disponibilité en quantité de ce module et son prix laissent à penser qu'il est utilisé dans des produits comme les raquettes anti-insectes largement distribuées.



Comme notre source et réservoir d'énergie sera de tension typique 13,5v provenant d'une batterie au plomb chargée, un module abaisseur de tension est monté en amont du module HT. Il dispose d'un potentiomètre de réglage de la tension de sortie qui est pré-réglée à 4,2v à ne surtout pas toucher au risque de détruire le module haute tension. Un voltmètre intégré permet de vérifier ce réglage et le bon fonctionnement du module. Sa plage élevée de tension d'entrée (38v) permet l'option d'une alimentation directe par panneau solaire, le système ne fonctionne alors qu'en présence d'un éclairage ambiant suffisant. Ce module abaisseur est protégé en entrée contre les inversions de polarité et donc contre une inversion du branchement des fils sur une batterie ou panneau solaire. Un porte fusible et fusible à insérer juste en aval des connexions à la batterie sont implémentés (cf. avec justification plus loin).

5. AUTRES FONCTIONS ELECTRONIQUES :

Les fonctions électroniques décrites ci-après ne font pas partie de la fourniture de base associée à la harpe. Cependant des conseils et des sources d'approvisionnement peuvent être donnés.

Dans le cadre de la protection d'un rucher complet avec plusieurs harpes, il sera souhaitable de regrouper l'alimentation 13,5v de toutes les harpes sur une seule installation de source d'énergie par une batterie au plomb rechargée par un panneau solaire via un régulateur de charge approprié. Cette fonction de régulateur de charge solaire est largement diffusée dans le commerce. Le rôle du régulateur est de tirer le maximum d'énergie du panneau solaire en adaptant son point de fonctionnement courant / tension à la valeur délivrant la puissance maximum, mais aussi de contrôler la charge de la batterie en évitant sa surcharge. Ce régulateur est indispensable dans une configuration de recharge solaire d'une batterie.

Un interrupteur crépusculaire qui coupe l'alimentation des harpes de nuit peut-être intéressant à 2 motifs :

- Un gain global en énergie consommée à condition que la consommation moyenne du circuit branché en permanence soit plus faible que l'énergie gagnée non consommée par les harpes non alimentées la nuit. D'après nos mesures effectuées sur le modèle qui peut être proposé, cette condition se révèle favorable dès la première harpe connectée, et donc d'autant plus pour plusieurs harpes connectées.
- Mais l'intérêt majeur d'ordre environnemental est que les harpes désactivées la nuit ne risquent pas de tuer des insectes de taille conséquente genre papillon de nuit.

6. LE RISQUE D'ELECTROCUTION POUR UN HUMAIN :

Rappel sur le fonctionnement d'une clôture électrique pour parcage d'animaux comme bovins, ovins, etc...

Un générateur d'impulsions haute tension (et non d'une tension continue comme dans le cas de la harpe) est relié pour un de ses potentiels de sortie à la terre par un piquet enfoncé dans la terre. L'autre potentiel est relié à un fil formant la clôture à hauteur de l'animal. Il suffit que l'animal touche la clôture en un seul point pour qu'il établisse un circuit de passage du courant électrique par la terre conductrice avec laquelle il est en contact par ses pattes. Il reçoit alors un choc électrique dont la douleur le fait s'éloigner de la clôture.

Dans le cas de la harpe, tous les circuits sont isolés et sans contact avec la terre (sauf anomalie d'installation). Un humain qui touche un des circuits électriques de la harpe en un seul point (bande perforée, un fil du rideau) ne peut pas recevoir de choc électrique comme le frelon. Tout au plus et à cause de quelques considérations de condensateurs parasites naturellement constitués par l'environnement de la harpe, un très faible courant et un tout petit picotement resteraient possiblement perceptibles. Il en est de même si plusieurs parties électriques sont touchées simultanément mais reliées à un seul et même potentiel du générateur HT par exemple les deux extrémités d'une même bande perforée.

Par contre si les deux potentiels du générateur HT sont touchés chacun en un point à deux endroits différents du corps humain, là un circuit de décharge électrique sera établi et l'humain prendra comme on dit une "châtaigne". De plus le cas typique où les contacts se font par les deux mains induit un courant dans le corps humain passant au niveau du cœur.

Est-ce dangereux ? Nous allons voir que très certainement non, mais une bonne recommandation est la suivante :

Avant de toucher sa harpe, bien sûr couper son alimentation électrique. Mais cela est insuffisant car le condensateur HT reste chargé. Il faut établir un court-circuit et une décharge (arc électrique et claquement) avec un objet métallique entre les deux potentiels, par exemple entre deux fils du rideau. L'objet en question peut être le lève cadre : un premier fil touché ne crée comme décrit ci-dessus pas de problème pour l'humain et le deuxième contact avec le deuxième fil crée le circuit de décharge au niveau de l'extrémité du lève cadre sans passer par le corps de l'opérateur. Cela étant dit, un tournevis à manche isolé sans être impératif reste là aussi une double précaution.

LE CHOC ELECTRIQUE EST-IL DANGEREUX ?

En matière de risque électrique par électrisation (brûlures internes) ou électrocution (fibrillation ventriculaire, arrêt cardiaque) les choses sont très bien décrites quantifiées et normées dans le cas de tensions continues, tensions alternatives en fonction des amplitudes, fréquence, impédance du corps humain (zones de contact) etc... Mais pour le cas qui est le nôtre d'une décharge de condensateur seules des références relatives aux électrificateurs de clôtures ont été trouvées :

- Rapport APAVE sur la modélisation des systèmes de clôture du 23 Mars 2009 de M. L. Tosolini
- Le standard international IEC 60335-2-76 de Août 2002
- Le guide des bonnes pratiques du ministère de l'agriculture : agriculture-gouv-fr_guideElectrifWEBopt-2.pdf

Certes le générateur électrique d'une clôture n'est pas basé sur un condensateur chargé mais sur une inductance chargée en courant (principe d'une bobine d'allumage d'un moteur thermique) mais tant les valeurs en tension des impulsions que la quantité d'énergie développée par le choc électrique exprimée en Joules indiquées dans ces documents nous permettent d'établir les relations suivantes :

Le cas d'un défibrillateur : cet appareil développe des énergies de l'ordre de 100 joules, qui sont générées à un instant précis du cycle cardiaque défaillant pour le rétablir. A tout autre instant l'effet est contraire et provoque la fibrillation ventriculaire. Ceci veut dire que 100 Joules est une énergie mortelle.

Les normalisations citées ci-dessus pour les clôtures électriques font référence à des énergies de 5 Joules pour une impédance du corps humain de 500Ω , en dessous des seuils définis de risque de fibrillation ventriculaire.

Les documentations d'électrificateurs du commerce font état d'énergies allant par exemple de 6 Joules en forte puissance à 0,23 joules pour les petits animaux avec de plus des tensions crête bien plus élevées que les 1600v de notre harpe.

On peut donc dire que l'énergie de 0,023 Joules du générateur HT de notre harpe (cf 2ème alinéa du paragraphe 2) est très en dessous d'un risque d'électrocution. Ceci sans présager de possibles cas particuliers de pathologies cardiaques, pace maker etc... et donc avec la recommandation du principe de précaution d'éviter dans tous les cas un choc électrique avec la harpe.

De plus la notice du moule HT se trouve habituellement sur ses sites internet d'achat, avec ses aléas de traduction en Français. Nous l'avons reproduite dans les pages précédentes de ce book et nous remarquons qu'il n'est guère préconisé plus de recommandations par rapport au risque que présente un choc électrique avec ce module.

Nous recommandons également d'appliquer à une installation de harpe les mêmes réglementations de signalétique par affichage que pour une clôture électrique plus particulièrement en terrain non clôturé (voir documents cités ci-dessus sur les clôtures électriques)

7. MODULATION DE LA PUISSANCE DE LA HARPE :

Comme dit précédemment et dans l'idée d'obtenir une efficacité maximum mortelle pour le frelon et par exemple supprimer l'auge, on pourrait trouver nécessaire et envisager d'augmenter la puissance de la harpe, en augmentant l'énergie du condensateur HT : $E = C \times V^2 / 2$. En effet nous avons une bonne marge entre les 0,028 Joules actuels et par exemple 0,2 Joules d'un petit électrificateur de clôture sans beaucoup augmenter le risque d'électrocution. Pour cela 2 solutions

- Augmenter V avec un effet au carré : dans ce cas il faut un autre module de conversion en HT et ceci va à l'encontre de la propriété de sélectivité évoquée au début de ce document. Donc il n'y a à priori que peu de marge sur ce paramètre.
- Augmenter C : il suffit de rajouter autant de condensateurs identiques film plastique 4Kv branchés en parallèle du condensateur actuel.

Ne pas perdre de vue le compromis de sélectivité et ne pas atteindre des niveaux d'énergie mortels pour des animaux non cibles comme des oiseaux par exemple.

8. AUTRES RISQUES ELECTRIQUES :

Toutes les parties électriques d'une installation sur un rucher, en dehors des harpes elles-mêmes sont sous basse tension (14v max) et donc sans risque d'électrocution autre que ce discuté au paragraphe précédent.

Un risque fondamental de court-circuit est à mentionner dans le cas de l'utilisation d'une batterie au plomb. Ce risque dépend du type et de l'énergie de la batterie, mais prenons l'exemple d'une batterie de véhicule thermique. Conçue pour fournir un très fort courant au démarreur du moteur, on peut y lire comme indications sa tension (standard 12v) sa capacité de charge (par exemple 80 Ah) et une valeur de courant de l'ordre de plusieurs centaines d'ampères (par exemple 600A). Cette dernière valeur est le courant de court-circuit lorsqu'on relie les deux bornes de la batterie par un court et gros conducteur électrique, qui n'est limité que par la résistance interne de la batterie.

Les risques encourus avec un court-circuit sur une telle batterie sont identiques à ceux d'un tableau électrique :

- Brûlures.
- Projections de métal en fusion, à savoir qu'en soudure électrique à l'arc des baguettes de métal sont portées à la température de fusion avec des courants de quelques dizaines d'ampères seulement.
- Incendie : les batteries lithium ion des véhicules électriques prennent feu en court-circuit.
- Explosion de la batterie.

Nos recommandations sont donc les suivantes :

- Respecter l'installation du porte fusible et fusible à proximité d'une des connexions à la batterie. Tout court-circuit en aval sera protégé par la fusion du fusible à faible ampérage.
- Protéger les bornes de la batterie de tout risque de contact entre elles par un objet ou une pièce métallique, idéalement installer la batterie dans un caisson ou au minimum la couvrir d'un couvercle.

9. RISQUE D'INCENDIE :

N'oublions pas que les harpes sont destinées à être installées en pleine nature, au sol, et que des conditions déjà vécues de sécheresse peuvent faire que des herbes hautement inflammables soient à proximité. On connaît les conséquences dramatiques qui peuvent suivre un départ d'incendie. Nous devons donc nous préoccuper fortement des causes possibles d'un tel risque.

Outre la cause possible déjà citée ci-dessus d'un incendie au niveau de la batterie on peut en imaginer une autre. Elle dépendra du niveau d'efficacité de la harpe déjà discuté précédemment avec une recherche de mortalité du frelon et possible adaptation de l'énergie de la harpe. Mais il se peut et cela a déjà été vu qu'un frelon proprement foudroyé tombe en flammes. Certes l'auge dans ce cas aurait l'utilité d'éviter un départ d'incendie mais il restera recommandé d'installer sous la harpe et sur une bonne surface un tapis de protection.