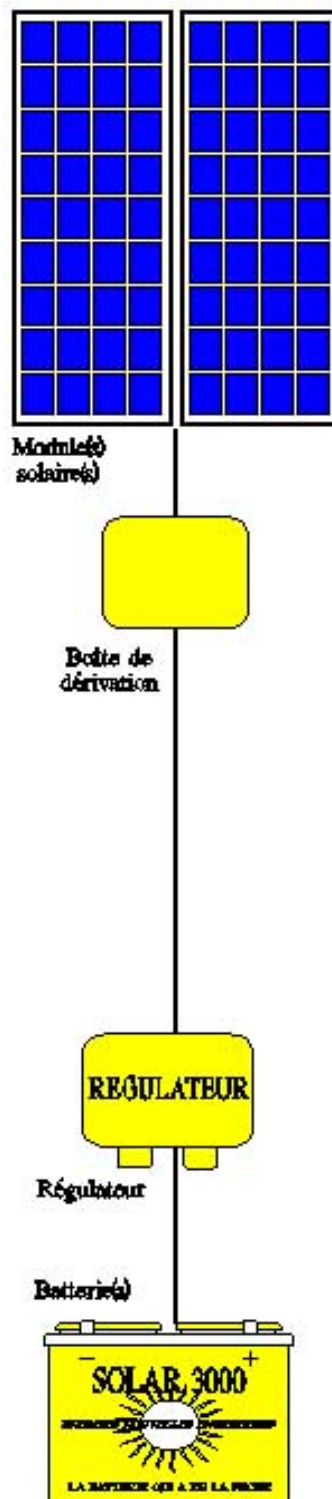


Un système solaire photovoltaïque, est un système générateur d'électricité destiné à effectuer une tâche déterminée, en un lieu précis. Rien à voir avec un groupe électrogène, ou le réseau EDF (ou autres) Les quantités d'énergie produite sont modestes, le prix du KWh fourni, conséquent, et avant toute chose, il importe de considérer que c'est une énergie chère. Quand l'énergie est chère, on l'économise. Donc on utilisera des appareils consommateur d'électricité performant, et dans la mesure des possibilités, toutes les consommations seront revues à la baisse et optimisées. C'est à ce prix qu'un système solaire est viable!



1) UN SYSTEME SOLAIRE

Un système solaire se compose, c'est évident, d'un MODULE ou PANNEAU SOLAIRE, ou plusieurs, ce, ou ces modules solaires sont raccordés ensembles au moyen de CÂBLES ÉLECTRIQUES. Ils sont fixés au sol, en toiture, ou en façade, au moyen de STRUCTURES. Le raccordement de l'ensemble se fait généralement dans une BOITE DE DÉRIVATION. Un câble de descente de section appropriée, un RÉGULATEUR, et enfin une ou des BATTERIE(S). Cet ensemble constitue le GÉNÉRATEUR SOLAIRE.

MODULE SOLAIRE: Le module, ou panneau solaire se présente sous la forme d'une surface vitrée, composée généralement de 36 cellules de couleur plus ou moins bleutée, pouvant aller jusqu'au gris anthracite. Exposé au soleil, il a la faculté de générer un courant électrique continu, dont la tension est proportionnelle au nombre de cellules le composant (et à leur qualité). L'intensité générée, dépend elle, de la surface des cellules, mais aussi de leur qualité, et également de l'intensité du rayonnement solaire (Irradiance) leur parvenant. La puissance affichée d'un module est le produit de la "tension à Pmax" (généralement entre 16.5 et 18 volts, pour un module de 36 cellules) multipliée par l'intensité générée, sous un ensoleillement équivalent à 1 KWh/m². Un module de 60Wc ne fait pas 60/12 = 5 ampères - Cette façon de compter est complètement erronée - mais seulement 60/17 (Si U à Pmax = 17 volts) soit seulement 3.53 A! la différence mérite d'être signalée! et ces 3.53 A, seulement lorsque l'ensoleillement est suffisant... L'intensité débitée par le module varie constamment au cours de la journée, et suit les fluctuations de l'ensoleillement.

Il n'y a aucun risque - Sauf destruction de la batterie par surcharge, s'il n'y a pas de régulateur adapté - à connecter directement un module solaire sur une batterie de 12V, de 6V, ou autre tension. Étant un générateur de courant, la tension s'alignera automatiquement sur celle de la batterie à recharger.

LES CÂBLES ÉLECTRIQUES: Ils seront à l'extérieur, exposés au vent, au gel, au soleil et autres agressions, il est strictement nécessaire d'utiliser des câbles adaptés. Par ailleurs les intensités circulant dans ceux-ci étant généralement très importantes, il y a lieu d'utiliser des sections (Diamètre) suffisantes. Attention aux longueurs plus elle seront importantes, plus la section devra l'être également.

LES STRUCTURES DE MONTAGE. Comme les cadres des modules solaires, elles seront en aluminium anodisé. Ceci afin d'éviter, autant que faire se peut, les couples électriques (corrosion des métaux au niveau des fixations), la visserie sera si possible en inox. Elles seront prévues en fonction des conditions de vent locales, capable de supporter des vents d'au moins 150 Km!

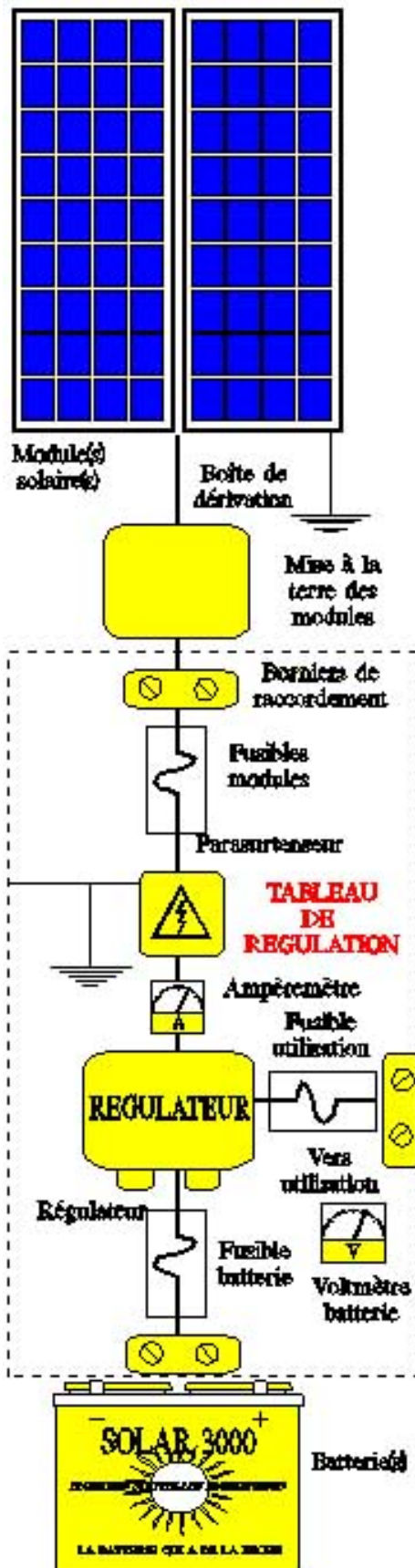
BOITES DE DÉRIVATION: Fixée sur les structures de montage, c'est elles qui recevront tous les câbles des sorties des modules solaires, elles effectueront également les connexions pour obtenir la tension de sortie voulue, Elle pourront comporter diverses protections (diodes antiparallèles, diodes séries, fusibles de protection, parafoudres, témoin de fonctionnement).

LE RÉGULATEUR: Il reçoit le courant généré par les modules, et le transmet aux batteries, tout en surveillant leur état de charge. Il coupera la charge lorsque celles-ci seront suffisamment chargées. Le défaut de régulateur se traduit par une vie réduite des batteries, une consommation d'eau excessive, et la destruction plus ou moins rapide des appareils consommateurs branchés sur ces dernières. Certains régulateurs ne gèrent que la charge des batteries, d'autres contrôlent également la décharge, et évitent ainsi un vieillissement prématuré (voir note sur les batteries). Ils signalent en outre plusieurs états typiques (fin de charge, charge à 50%, pré alarme, arrêt manque de tension, etc...)

LES BATTERIES: Ce sont elles qui font office de "réservoir" d'électricité. Le courant constamment variable fournit par les modules solaires y est stocké, il peut être utilisé en dehors des moments d'ensoleillement (ou pendant), brutalement, sous forme d'une intensité considérable (Pendant peu de temps) ou sous forme régulière (Éclairage, télévision, etc...) Ce sont des batteries spéciales, dites à décharge lente (ou à plaques épaisses, ou encore stationnaires ou semi-stationnaires) Par rapport aux batteries automobiles, elles présentent un rendement (énergie absorbée/énergie restituée) plus intéressant, 80% au lieu de 60% et une meilleure tenue dans le temps. Les batteries cadmium-nickel ne sont pas utilisées en solaire, leur prix en est une raison, mais leur rendement est dissuasif (50%)

Si l'on ne tient compte que de ce qui vient d'être dit, nous avons a un système qui peut fonctionner relativement correctement - Comme une voiture sur laquelle il n'y aurait que le moteur et la boîte de vitesse!... C'est quand même bien de pouvoir s'arrêter! De freiner, de s'éclairer, lorsqu'il fait nuit, d'être confortablement assis, etc... Sur le système précédent, il manque ce que nous qualifierons "de systèmes de contrôles et de sécurités" Si j'en parle, c'est bien parce que sur la plus part des installations solaires photovoltaïques ils sont quasiment inexistant, sous prétexte que c'est du 12 ou du 24 V, ce n'est pas dangereux! QUI A DIT CA? Si on risque effectivement rien, ou pas grand chose, coté électrocution, on risque quand même de mettre le feu à sa maison, de faire exploser une batteries, ou pour le moins pire (Coluche) de détruire irrémédiablement une partie de son précieux matériel.

2) UN SYSTEME SOLAIRE - suite



Un Schéma identique au précédent, à peine modifié!

Voilà maintenant la "voiture" avec, des freins, des phares, des essuies glaces, etc... A l'exception de la mise à la terre - soignée* - des cadres des modules solaires et de la structure de montage, tout est contenu dans un petit rectangle en pointillés (Image ci-contre) dénommé tableau de régulation. Qu'y trouvons nous? Comment cela se présente-t-il? Au niveau de la présentation, c'est un tableau électrique pré-câblé, (Eh oui, ça fait gagner beaucoup de temps sur les chantiers, et ça évite de nombreuses erreurs, parfois graves, surtout lors d'installations à l'étranger). D'abord un bornier d'entrée, sur lequel seront branchés les deux fils arrivant du, ou des modules solaires. Si le tableau est pré-câblé, il a été repéré. Il faut respecter la polarité (+ et -) Ensuite le fusible (Ou les) des modules solaires, tout de suite suivi du parasurtenseur - En cas de coup de foudre, l'absorption d'énergie par la mise en conduction brutale du parasurtenseur, et éventuellement sa destruction, provoquera la fusion du fusible des modules solaires et évitera la propagation du mal vers les autres éléments de l'installation - Après le parasurtenseur, vient le régulateur, bien connu, puis les fusibles batteries. Coté utilisation, le courant venant des batteries traverse la partie arrêt manque de tension du régulateur, puis le fusible de protection utilisation, la sortie utilisation, qui comme celle des batteries, ainsi que la terre sont des borniers parfaitement repérés.

Le fin du fin, c'est de loger dans le circuit venant des modules solaires, un ampèremètre, lequel nous indiquera le courant de charge des batteries, cette indication est précieuse, dans les installations où il y a plusieurs modules, elle permet de se rendre compte très rapidement d'un problème (Module débranché, fusible grillé dans la boîte de dérivation, diode anti-parallèle défectueuse, ça arrive avec la foudre! Perte de puissance des modules, encrassement, etc...) Enfin un voltmètre y trouve également sa place, mesurant en permanence la tension des batteries, il donne une indication fiable et permanente de leur état de charge, donc de l'autonomie instantanée du système.

Les tableaux de charge sont réalisés à la demande, en fonction de chaque système, la valeur de tous les éléments doit être calculée en fonction des besoins, le dessin lui-même dépend de la finalité de l'installation. Le tableau de régulation est systématiquement présenté en option sur nos devis. La fiabilité à un coût à l'achat, rapidement amorti à l'utilisation, et souvent à la première erreur (dès l'installation!). Encore une fois et je le dirais encore, une installation solaire est faite pour durer, tous les composants doivent être optimisés pour vivre ensemble le plus longtemps possible, avec un minimum de frais. **L'installation la moins coûteuse, est vouée à l'échec, simplement par l'ignorance des systèmes de sécurités, ce qui même généralement à la destruction précoce des batteries (Généralement sous dimensionnées, c'est moins cher!), quand ce n'est pas à celle du système dans sa totalité! Quoi qu'il en soit, les remises en état sont bien plus onéreuses qu'un système bien fait dès le départ!** D'où l'intérêt de s'entourer de professionnels compétents.

Tous les éléments modulaires sont disponibles séparément, et sont présents sur notre tarif de vente. (Voir icône catalogue)

* Soignée, parce qu'il n'est pas sûr que tous les éléments constitutifs du cadre soient réellement en communication électrique! Souvent des résistances électriques importantes sont observées entre chaque élément, voir même une isolation entre deux éléments constitutifs de l'encadrement. Ce fait impose une bordure à faible résistance et une mise à la terre. Nos Kits "terre" tiennent compte de cette observation.

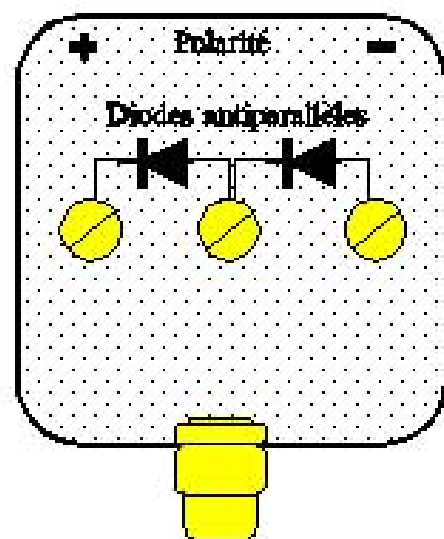
Tout ceci pour dire qu'il y a système solaire et **SYSTÈME SOLAIRE**, et qu'acheter un système solaire n'est pas forcément synonyme de qualité. Par ailleurs puisque nous parlons de qualité, le service après-vente en fait aussi partie, de même que la formation des utilisateurs, et celle (inutile bien sûr! - mais très vivement conseillée - des gestionnaires)

LE MODULE ou PANNEAU SOLAIRE

En tout bien, tout honneur, étant le coeur même du système s'était bien par lui qu'il fallait commencer...

Un module ou panneau solaire est un des composants du système appelé "Générateur solaire" Le générateur solaire à pour but de "fabriquer de l'électricité" à partir de la lumière du soleil. La quantité d'électricité, donc l'ensemble des composants du générateur solaire, dépendent des besoins, et la taille du générateur dépend elle: de l'ensoleillement du lieu d'utilisation, de la saison d'utilisation, et des besoins (bien sûr!). **J'INSISTE LOURDEMENT: IL N'Y A PAS D'ÉCHELLE FIXE ENTRE LA CONSOMMATION ET LA TAILLE DU GÉNÉRATEUR.** Un système qui fonctionne quelque part, peut très bien fonctionner ailleurs, ou ne pas fonctionner du tout!

LE MODULE



Boîte de jonction d'un module solaire

Mais revenons à notre module ou panneau solaire. (Chapitre les modules solaires)

C'est certainement l'élément de base du système, le coeur (Il y en a qui aiment!) Mais le coeur, comme ça posé sur une table, au soleil, c'est rien! Il s'agit là encore une fois d'un composant d'un système et non d'un système à lui tout seul!

Le module solaire encore appelé improprement panneau solaire (Un panneau solaire est un groupement de plusieurs modules solaires.) est un transformateur d'énergie (J'insiste et demande au lecteur de réfléchir quelques secondes: transformateur = qui transforme, qui change de forme, etc...) Il prend un truc et le transforme en autre chose! Le premier truc: c'est la lumière du soleil, la chose de l'électricité (Vous le saviez? Ah bon! Vous m'en voyez ravi!) Quand vous prenez une feuille de papier blanc et que vous la transformez en une dissertation, vous avez bien sûr une dissertation, mais toujours une feuille de papier!, vous n'avez pas plus de papier à l'arrivée qu'au départ, vous en avez changé le contenu ou le sens... Le module solaire ne fait pas mieux, quant il reçoit un peu de lumière, il fait un peu d'électricité, avec un peu plus de lumière, il en fait un peu plus, ET AVEC BEAUCOUP, IL EN FAIT BEAUCOUP! Mais le rapport entre la quantité d'énergie reçue et fournie est restée la même (Moins le rendement, je vous expliquerais ça un autre jour, c'est une autre histoire)

Un module solaire (Ou panneau), destiné à charger des batteries est généralement constitué de 36 cellules élémentaires, connectées en série. Chaque cellule, éclairée, fournit une tension d'environ 0.5 Volts, sous une intensité dépendant de la nature du matériau dont elle est construite, et de sa surface. Placée en série, les puissances de chaque cellule s'additionnent, les tensions font de même, et l'intensité est égale à celle fournie par la cellule la plus mauvaise... Comme une corde, en ajoutant des morceaux les uns aux autres, on augmente la longueur (La tension) mais on ne change pas la solidité (l'intensité) **la solidité reste égale au morceau le plus faible...**

A gauche, un module solaire, on voit très nettement les 36 cellules. A côté, dessin de la boîte de connexion, avec les deux diodes antiparallèles pré-câblées, le bornier de sortie (Seules les connexions extrêmes repérées + et - seront utilisées. La connexion centrale ne servant qu'à la connexion au point milieu du module des deux diodes antiparallèles.

LA STRUCTURE DE MONTAGE - CLOTURE



Les Structures sont des éléments métalliques (généralement en aluminium anodisé) servant au montage des modules (4) solaires, l'association structure + modules prend alors le nom de panneau.

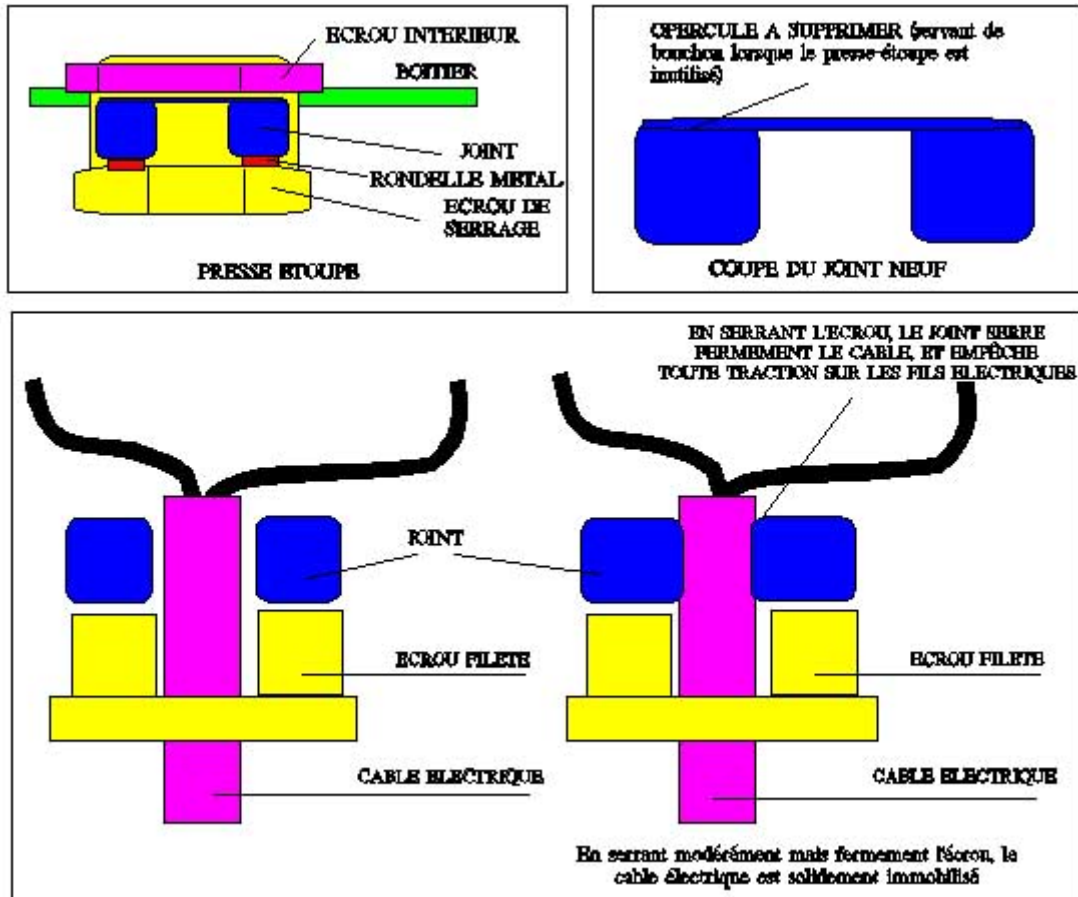
Les structures de fixation des panneaux solaires doivent être solides, solidement fixées au sol, et résister à des vents d'au moins 150 Km/h. De plus elles doivent être fiables dans le temps. Des matériaux de qualité devront donc être utilisés. Outre l'aluminium anodisé, la visserie inox est préconisée. et notamment la visserie inviolable (inox et insérable, ce afin d'éviter les vols, fréquents!)

Les modules seront donc fixés sur les structures, **toutes les vis seront mises en place** (Et non pas une sur deux!), **avec les rondelles de blocage**. Elles seront correctement serrées, et après installation de la totalité du panneau (6), une vérification générale du serrage sera effectuée.

Là, il s'agit bien d'un panneau, et pas d'un module! :-))

A ce sujet, il faut également dire que les installations les plus fiables sont toujours celles qui sont entourées d'une clôture grillagée en interdisant l'accès - réduction de 80 à 90% du vandalisme et des pannes en général... La clôture devra avoir deux mètres de hauteur. Il est important qu'au moment où le soleil est au plus bas, qu'il n'y ait pas d'ombres portées, sur les panneaux de modules, par cette dernière.

LES CONNEXIONS, LE CABLE



En prenant les choses par leur commencement nous allons d'abord nous occuper du branchement du module solaire. Ce branchement est effectué par un câble électrique, ce sera un câble de qualité (RO2V) par exemple, il devra supporter les agressions du vent, de la pluie, du soleil, du gel, corrosion marine et autres. La section sera d'au moins 1.5mm^2 , 2.5mm^2 dès que la longueur excède 25m ou que la puissance du module soit supérieure à 60W. Ce câble sera connecté sur les bornes repérées + et - (Le fil rouge toujours sur le + si l'on a des conducteurs dont l'un au moins est rouge, et le bleu toujours sur le - si l'on a des conducteurs dont l'un au moins est bleu.). Il n'y a pas de connexion de terre prévue dans ce boîtier.

Le câble sera dénudé (sans blesser les conducteurs électriques) sur une longueur d'au moins 10 Cm

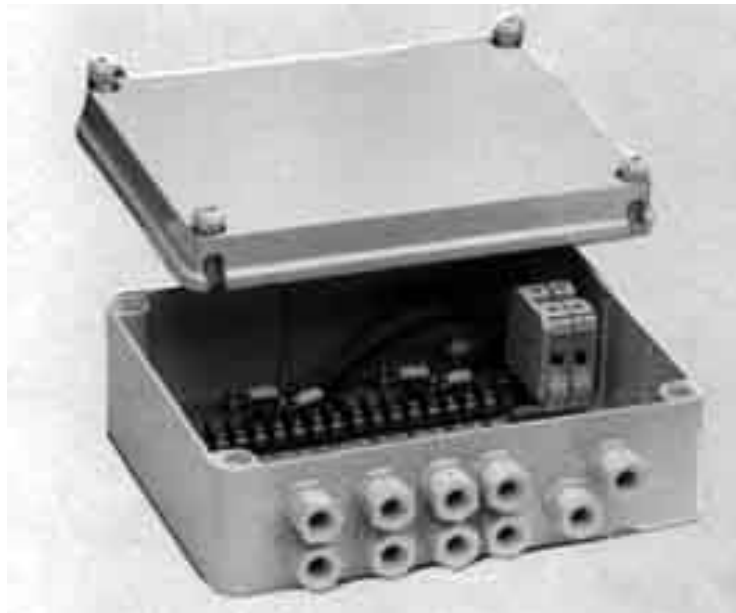
Le presse étoupe, c'est la sortie du boîtier, il doit être expressément correctement installé, comme le précise la figure ci-contre. Dans l'ordre, nous trouvons: l'écrou, une rondelle métallique, un joint qui est fermé par une opercule détachable - Ce n'est pas un bouchon, sauf lorsque le presse-étoupe est inutilisé, débarrassé de son opercule, il devient un joint qui prend sa place autour du câble. L'ensemble est introduit dans le corps du presse-étoupe et l'écrou est correctement serré de façon à ce que le câble soit correctement immobilisé. Une traction raisonnable sur celui-ci, ne doit pas provoquer de déplacement. Vous

avez alors réalisé la connections solide, efficace et étanche, nécessaire à la fiabilité de l'installation.

Vous pouvez maintenant vous occuper du raccordement électrique du module: Chaque conducteur sera dénudé sur environ 1 Cm et solidement fixé à sa place (en respectant les polarité + et -) les conducteurs formeront une large boucle à l'extérieur du boîtier vous permettant un branchement facile. Le branchement effectué vous replierez les câbles dans le boîtier, sans faire d'angles vifs. Le boîtier sera enfin refermé, en plaçant correctement le joint à sa place et toutes les vis seront serrées à fond. Ce boîtier un fois fermé doit être étanche

LES BOITIERS MAL FERMES REPRESENTENT UNE QUANTITE NON NEGLIGEABLE DE PANNES DES SYSTEMES SOLAIRES!

LES BOITES DE DÉRIVATION



Les boîtes de dérivation pré-câblées sont des ensembles étanches, dans lesquels arrivent les câbles électriques des panneaux solaires. Le câblage de ces boîtes permet d'avoir une sortie en 12, 24, ou 48 Volts, selon les modules (22), elles sont équipées de deux à douze entrées, selon les tensions de sortie. Elles sont généralement prévues pour une intensité de 20A, compatible avec les intensités de nos régulateurs standards (plusieurs modules régulateurs différents, pour avoir une intensité de fin de charge décroissante. Chaque boîte est équipée de diodes lumineuses permettant de contrôler individuellement chaque branche de modules. Par exemple une boîte 4 entrées 24 Volts sera constituée de deux branches de deux modules, il y aura donc deux diodes qui permettront de constater le fonctionnement de chaque branche. En fonctionnement normal ces diodes sont court-circuitées par un fusible de protection associé à un parasurtenseur, si destruction de fusible il y a, la diode correspondante restera éclairée et signalera la déficience. Des borniers

d'entrée "module" autorisant une section de 4 mm² (Généralement 1.5 à 2.5mm²) un bornier de sortie 16 mm² sont parfaitement accessibles. Enfin une protection par parasurtenseur évite aux surtensions de se propager vers l'installation. Le tout étant contenu dans un boîtier étanche, toutes les entrées et sorties se faisant par presse-étoupes. Ce qui à été dit au sujet du câblage et des presse-étoupes, dans les lignes précédentes reste valable ici.

(22) Il fallait quand même la faire celle-là!

LE CÂBLE DE LIAISON

Dernier article de la partie extérieure: le câble de liaison entre les modules et le régulateur. Ce câble sera d'une section suffisante, la chute de tension dans le circuit ne devant excéder 3% de la tension nominale. Le calcul se fait en appliquant la formule connue: $U=RI$, ou U sera la chute de tension dans le câble, R la résistance du câble (Voir plus loin, la table des résistances des câbles souples) et I , la somme des intensités de chaque branche des modules solaires.

TABLE DES RÉSISTANCES DES CÂBLES SOUPLES

Section du câble en mm ²	Résistance à 20°C Ohms par Km	Résistance en charge Ohms par Km
0.5	36	45
0.75	24.5	30.65
1.0	18.1	22.65
1.5	12.1	15.15
2.5	7.41	9.265
4.0	4.61	5.765
6.0	3.08	3.85
10.0	1.83	2.29
16.0	1.15	1.45
25.0	0.725	0.91
35.0	0.525	0.7
50.0	0.39	0.485
70.0	0.27	0.335
95.0	0.195	0.24
120.0	0.155	0.19
150.0	0.125	0.155

QUESTION:

Quelle sera la section du câble à utiliser pour effectuer une liaison de 50 mètres, sur une installation solaire composée de 6 modules solaires de 50Wc et fonctionnant en 12Volts? Même question pour une même installation fonctionnant en 24 Volts? Sachant qu'un module de 50Wc débite un courant maxi de 2.94 A, sous 17V. La chute de tension imposée est de: 3%!

Réponses aux problèmes :

- Il nous faut d'abord connaître la chute de tension à ne pas dépasser: 3% de 12 Volts, Soit 0.36 Volts.

- Deuxième point, connaissant l'intensité max débitée par les 6 modules: (17.64 A) nous pouvons calculer la résistance max du câble à utiliser
 $R=U/I = 0.0204 \text{ Ohms}$.

- Il nous faut maintenant connaître la résistance de ce câble au Km soit $0.0204 \times 1000 / 50 = 0.408 \text{ Ohm par Km}$
Et dans la table nous trouvons que la valeur inférieure la plus proche est: 0.335 Ohms en charge soit un câble de 70 mm^2 de section !!!

Même chose en 24 Volts

3% de 24 = 0.72 Volts

A puissance égale, l'intensité est divisée par deux soit 8.82 A

La résistance maximum admissible est de $24/8.82= 0.082\text{Ohms}$

Soit une résistance au Km de $0.082 \times 1000/50 = 1.64 \text{ Ohms}$

La section du câble, à pertes égales sera de: 16 mm^2

REMARQUER LA DIFFÉRENCE! Sachant qu'en 48 Volts, dans les mêmes conditions une section de pratiquement 4 mm^2 aurait suffi!

:-) :-(Rayer la mention inutile Problème soulevé par la résolution du problème précédent: Calculez les chutes de tension, pertes de puissance, etc... Dans telle installation, ou l'installateur méconnaissant ces lignes aurait fait sa liaison avec du câble de 4, ou 6 mm^2 (C'est déjà gros vous dirait-il!!)..