

7

Construire un noeud extérieur

Plusieurs considérations pratiques sont de mise lorsque nous songeons à installer un équipement électronique à l'extérieur. Il doit évidemment être protégé contre la pluie, le vent, le soleil et autres éléments nuisibles. On doit fournir de l'énergie et l'antenne devrait être montée à une hauteur suffisante. Sans mise à terre appropriée, la foudre, la fluctuation dans le réseau électrique principal et même un vent doux dans un climat approprié peuvent détruire vos liens sans fil. Ce chapitre vous donnera une certaine idée des problèmes pratiques que vous pouvez rencontrer en installant un équipement sans fil à l'extérieur.

Boîtiers à l'épreuve de l'eau

Les boîtiers à l'épreuve de l'eau appropriés existent en plusieurs modèles. Le métal ou le plastique peuvent être employés pour créer un récipient imperméable pour l'équipement embarqué extérieur.

Naturellement, l'équipement a besoin d'énergie pour fonctionner et devra probablement se connecter à une antenne et à un câble Ethernet. Chaque fois que vous percez un boîtier à l'épreuve de l'eau, vous créez un autre endroit potentiel pour que l'eau s'infilte à l'intérieur.

L'Association Nationale des Fabricants de Matériel Électrique (*National Electrical Manufacturers Association- NEMA*) fournit des directives pour la protection de l'appareillage électrique contre la pluie, la glace, la poussière et d'autres polluants. Un boîtier évalué comme étant **NEMA 3** ou mieux, convient à l'usage extérieur dans un climat approprié. Un **NEMA 4X** ou **NEMA 6** assure une excellente protection, même contre l'eau et la glace provenant

d'un tuyau. Pour les montages qui percent les boîtiers (tels que les prises de câble et connecteurs a grande tête «*bulkhead*»), NEMA assigne un grade à la protection des entrées (*Ingress Protection* – IP en anglais). Un grade de protection des entrées **IP66** ou **IP67** protégera les trous contre des jets d'eau très forts. Un bon boîtier extérieur devrait également assurer une protection UV pour empêcher que l'exposition au soleil ne brise le joint d'étanchéité, ainsi que pour protéger l'équipement à l'intérieur.

Évidemment, il se peut que ce soit un défi que de trouver des boîtiers évalués par la NEMA dans votre secteur. Souvent, les pièces disponibles localement peuvent être recyclés comme boîtiers. Un boîtier peut être construit à partir de boîtes en plastique solide ou d'extincteurs d'incendie en métal, à partir de conduits électriques utilisés dans la construction de maisons ou même à partir de récipients de nourriture en plastique. En perçant un boîtier, utilisez des garnitures de qualité ou des dispositifs de serrage comme des bagues avec une tête de câble presse-étoupe pour sceller l'ouverture. Dans le cas d'installations provisoires, on peu utiliser un composé de silicone stabilisé contre les rayons UV ou tout autre enduit d'étanchéité mais rappelez-vous que les câbles peuvent se plier avec le vent et que les joints collés peuvent éventuellement s'affaiblir et permettre à l'humidité de s'infiltrer à l'intérieur.

Vous pouvez prolonger considérablement la vie d'un boîtier en plastique en assurant une certaine protection contre le soleil. Si vous installez le boîtier à l'ombre, sous un équipement existant, un panneau solaire, ou une feuille de métal mince spécifiquement placée à cet endroit à cette fin, vous augmentez la durée de vie au boîtier ainsi qu'à l'équipement contenu à l'intérieur.

Avant de mettre n'importe quelle pièce électronique dans un boîtier scellé, soyez sûr que celui-ci rempli les conditions minimales de dissipation thermique. Si votre carte mère exige un ventilateur ou un grand radiateur, rappelez-vous qu'il n'y aura aucun courant d'air, et que le réchauffement de votre équipement électronique pourrait bien le briser. Utilisez seulement des composantes électroniques qui sont conçues pour être employées dans un environnement embarqué.

Fournir de l'énergie

Évidemment, l'alimentation en courant continu peut être fournie simplement en faisant un trou dans votre boîtier et en y insérant un câble. Si votre boîtier est assez grand (par exemple, une boîte électrique extérieure) vous pourriez même installer une prise de courant alternatif à l'intérieur de la boîte. Cependant, les fabricants se servent de plus en plus d'une technique très utile qui élimine le besoin de trou additionnel dans le boîtier: le **Power over Ethernet (POE) (alimentation à travers Ethernet)**.

La norme 802.3af définit une méthode pour alimenter le matériel réseau en utilisant les paires inutilisées d'un câble Ethernet standard. Il est possible d'utiliser sans risque jusqu'à 13 watts de puissance sur un câble CAT5 sans faire interférence sur la transmission de données qui est réalisée sur le même câble. Les nouveaux commutateurs Ethernet compatibles avec la norme 802.3af (appelés **end span injectors**) fournissent directement de l'énergie aux dispositifs connectés. Les commutateurs « *end span injectors* » peuvent fournir de l'énergie sur les mêmes câbles employés pour les données (paires 1-2 et 3-6) ou sur les câbles inutilisés (paires 4-5 et 7-8). Un autre équipement, appelé **mid span injectors**, est inséré entre les commutateurs Ethernet et le dispositif à alimenter. Ces injecteurs assurent de l'énergie sur les paires inutilisées.

Si votre routeur sans fil ou CPE fonctionne sur la norme 802.3af, vous pourriez en théorie simplement le connecter à un injecteur. Malheureusement, certains fabricants (notamment Cisco) sont en désaccord sur la polarité de la puissance, et le fait de connecter des équipements incompatibles peut endommager l'injecteur et l'équipement à alimenter. Lisez attentivement les instructions et assurez-vous que votre injecteur et équipement sans fil coïncident avec les trous et la polarité qui doivent être employés pour les alimenter.

Si votre équipement sans fil ne supporte pas l'énergie à travers Ethernet, vous pouvez toujours employer les paires inutilisées du câble CAT5 pour porter l'énergie. Vous pouvez employer **un injecteur POE passif** ou en construire un vous-même. Ces dispositifs connectent manuellement l'alimentation continue aux câbles inutilisés sur une extrémité du câble, et relie l'autre extrémité directement à un connecteur à cylindre inséré dans la prise de courant de l'équipement. Normalement, on peut acheter une paire de dispositifs POE passifs pour moins de 20 dollars.

Pour le faire vous-même, vous devrez savoir quelle est l'énergie requise pour que le dispositif fonctionne et fournir au moins cette valeur en courant et en tension, ainsi qu'un peu plus pour justifier la perte sur Ethernet. Vous ne devez pas fournir trop d'énergie car la résistance du petit câble peut présenter un risque d'incendie. Voici une calculatrice en ligne qui vous aidera à calculer la chute de tension sur un câble CAT5: <http://www.gweep.net/~sfoskett/tech/poecalc.html>.

Une fois que vous connaissez l'énergie appropriée et la polarité électrique requises pour alimenter votre équipement sans fil, prenez un câble CAT5 en employant uniquement les câbles de données (paires 1-2 et 3-6). Puis, branchez simplement le transformateur aux paires 4-5 (habituellement bleues / bleues-blanches) et 7-8 (marron / marron-blanc) sur une extrémité et un connecteur cylindrique assorti à l'autre. Pour un guide complet expliquant comment construire votre propre injecteur POE à partir de zéro, visitez ce fabuleux guide de NYCwireless à l'adresse suivante: <http://nycwireless.net/poe/>.

Considérations de montage

Dans plusieurs cas, l'équipement peut être placé à l'intérieur d'un bâtiment où il y a des fenêtres en verre ordinaire laissant passer les rayons de soleil. Le verre normal présentera peu d'atténuation tandis que le verre teinté présentera une atténuation inacceptable. Ceci simplifie considérablement les questions de montage, d'énergie et de protection contre les intempéries. Par contre, cela est utile uniquement dans les secteurs peuplés.

En montant des antennes sur des tours, il est très important d'employer des supports et de ne pas monter les antennes directement sur la tour. Ces supports seront utiles entre autres pour la séparation et l'alignement de l'antenne ainsi que pour sa protection.

Le support doit être assez fort pour soutenir le poids de l'antenne et pour la tenir en place les jours venteux. Rappelez-vous que les antennes peuvent agir comme des petites voiles et peuvent appliquer beaucoup de force sur leur support les jours où le vent est fort. Au moment du calcul estimatif de la résistance du vent, on doit prendre en considération toute la surface de la structure de l'antenne ainsi que la distance du centre de l'antenne au point d'attachement au bâtiment. Les grandes antennes telles que les paraboles ou les panneaux sectoriels de gain élevé peuvent affronter une charge considérable de vent. Si nous utilisons une antenne parabolique avec des fentes ou constituée de treillis au lieu d'une surface pleine, nous pourrions réduire la charge du vent sans trop d'effet sur le gain de l'antenne. Soyez sûrs que les supports et la structure sont solides, dans le cas contraire vos antennes vont se désaligner avec le temps (ou pire, tomber complètement de la tour!)

Les supports doivent être suffisamment éloigné de la tour afin de pouvoir aligner l'antenne mais sans qu'il ne devienne trop difficile de l'atteindre si un service de réparation ou de maintenance est requis.

Le tuyau de support d'entretoise où l'antenne sera installée doit être circulaire. De cette façon on peut pivoter l'antenne sur le tuyau pour l'aligner. Deuxièmement, le tuyau doit également être vertical. S'il est monté sur une tour conique, le support d'entretoise devra être conçu pour tenir compte de ceci. Ceci peut être fait en utilisant différentes longueurs d'acier ou en employant des combinaisons de tiges filetées et de plaques d'acier.



Figure 7.1: Une antenne avec un support d'entretoise étant élevée sur une tour

Puisque l'équipement sera dehors pendant toute sa durée de vie, il est important d'être certain que l'acier utilisé est protégé contre les intempéries. L'acier inoxydable est souvent trop cher pour être employé dans l'installation d'une tour. La galvanisation à chaud est préférée, mais peut ne pas être disponible partout. Peindre l'acier avec une bonne peinture anti-rouille fonctionnera également. Si cette dernière option est choisie, il sera important de faire une inspection annuelle et de repeindre si nécessaire.

Tours haubanées

Une tour haubanée sur laquelle il est facile de grimper est un excellent choix pour plusieurs installations. Cependant, pour les structures très grandes, une tour autoportante pourrait être exigée.

Pour faciliter l'installation des tours haubanées, une poulie attachée au dessus du mât sera très utile. Le mât sera fixé à la section inférieure déjà en place, alors que les deux sections de la tour sont attachées avec un joint articulé. Une corde passant par la poulie facilitera l'élévation de la prochaine section. Lorsque la section console est verticale, assujettissez-la à la section inférieure du mât. Celle-ci (appelé sur le marché, mât de charge) peut alors être enlevée, et l'opération peut être répétée, s'il y a lieu. Serrez les câbles à hauban soigneusement, en vous assurant que vous employez la même tension à tous les points d'ancrage appropriés. Choisissez les points de sorte que les angles, vus du centre de la tour, soient aussi également espacés que possible.



Figure 7.2: Un tour haubanée qui peut être grimpée.

Tours autoportantes

Les tours autoportantes sont chères mais parfois nécessaires, en particulier quand une plus grande hauteur est requise. Elles peuvent être aussi simple qu'un poteau lourd enterré dans un bloc en béton ou aussi compliquées qu'une tour professionnelle de radio.



Figure 7.3: Une tour autoportante simple.

Une tour existante peut parfois être employée pour des abonnés, bien que les antennes de transmission de station AM devraient être évitées car la structure entière est opérationnelle. Les antennes de station FM sont acceptables à condition qu'il y ait au moins quelques mètres de distance entre les antennes. Vous devez considérer que même si les antennes de transmission adjacentes peuvent ne pas faire interférence avec votre connexion sans fil, une FM de haute puissance peut faire interférence avec votre câblage Ethernet. Toutes les fois que vous utilisez une tour à plusieurs antennes, soyez très scrupuleux au sujet de lui offrir une mise à la terre appropriée et considérez l'emploi d'un câble blindé.



Figure 7.4: Une tour beaucoup plus compliquée.

Montages sur le toit

Sur les toits plats, il est possible d'utiliser des montages pour antennes qui ne pénètrent pas le sol. Ils consistent en un trépied monté à une base en métal ou en bois. La base est alors soutenue par des briques, des sacs de

sables, des cruches d'eau ou n'importe quel objet qui soit lourd. Le fait d'employer un tel montage « traîneau » élimine la nécessité de percer le toit avec des boulons de fixation évitant ainsi les fuites potentielles.



Figure 7.5: Cette base de métal peut être soutenue avec des sacs de sable, des pierres ou des bouteilles d'eau pour rendre la plateforme stable sans avoir à percer le toit.

Lorsqu'une structure existe déjà, telles que des cheminées ou les côtés des bâtiments, on peut utiliser des montages sur les murs ou des assemblages avec des courroies. Si les antennes doivent être montées à environ 4 mètres au-dessus du toit, la meilleure solution peut être une tour qui peut être grimpée afin de permettre un accès plus facile à l'équipement et pour empêcher le mouvement de l'antenne pendant des vents forts.

Métaux différents

Pour réduire au minimum la corrosion électrolytique quand deux métaux différents sont en contact humide, leur potentiel électrolytique devrait être aussi semblable que possible. Employez de la graisse diélectrique sur la connexion entre deux métaux différents pour empêcher tout effet d'électrolyse.

Le cuivre ne devrait jamais toucher le matériel galvanisé directement sans une protection appropriée à la jonction. Une perte d'eau à partir du cuivre contient des ions qui enlèveront la couverture galvanisée (de zinc) de la tour. L'acier inoxydable peut être employé comme matériel amortisseur, mais n'oubliez pas que ce matériel n'est pas un très bon conducteur. S'il est employé comme isolant entre le cuivre et les métaux galvanisés, la superficie de la zone de contact devrait être large et l'acier inoxydable devrait être mince. Un composé à joint devrait également être employé pour couvrir la connexion afin que l'eau ne puisse pas passer entre les métaux différents.

Protéger les connecteurs micro-ondes

L'humidité dans les connecteurs est probablement le bris le plus fréquent d'un lien radio. Soyez certain de serrer les connecteurs fermement mais, pour ce faire, n'utilisez jamais une clé ou tout autre outil. Rappelez-vous que les métaux se dilatent et se contractent avec les changements de température et un connecteur qui a été trop serré peut se casser à l'extrémité lorsque des changements climatiques extrêmes surviennent.

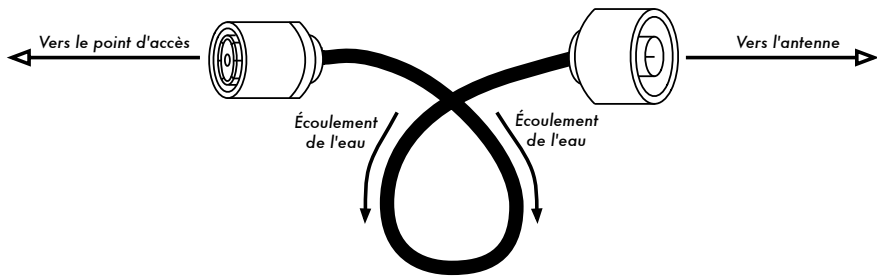


Figure 7.6: Une boucle d'égouttement éloigne l'eau de la pluie des connecteurs.

Une fois serrés, les connecteurs devraient être protégés en appliquant une couche de ruban électrique, puis une couche de ruban d'étanchéité, puis une couche différente de ruban électrique sur le dessus. Le mastic protège le connecteur contre l'infiltration de l'eau, et la couche de ruban électrique protège le mastic contre les rayons ultraviolets (UV). Les câbles devraient avoir une boucle supplémentaire d'égouttement pour empêcher l'eau d'entrer à l'intérieur de l'émetteur-récepteur.

Sécurité

Lorsque vous travaillez en hauteur, utilisez toujours un harnais solidement attaché à la tour. Si vous n'avez jamais travaillé sur une tour, payez un professionnel pour le faire à votre place. Au-dessus d'une certaine hauteur, plusieurs pays exigent une formation spéciale pour que les personnes puissent travailler sur des tours.

Évitez de travailler sur des tours pendant des vents forts ou des orages. Grimpez toujours avec une autre personne et uniquement lorsqu'il y a beaucoup de lumière. Rappelez-vous qu'il est **extrêmement** dangereux de travailler dans l'obscurité. Accordez-vous beaucoup de temps pour accomplir le travail avant le coucher du soleil. Si vous manquez de temps, rappelez-vous que la tour sera là le lendemain et que vous pourrez alors y retravailler après une bonne nuit de sommeil.

Aligner les antennes sur un lien à longue distance

Le secret pour aligner avec succès des antennes sur un lien à longue distance est la communication. Si vous changez trop de variables en même temps (par exemple, une équipe commence à agiter une antenne tandis que l'autre essaie de faire une lecture de la force du signal), alors le processus prendra toute la journée et vous n'obtiendrez probablement pas d'antennes correctement alignées.

Vous aurez deux équipes. Dans le meilleur des cas, chaque équipe devrait avoir au moins deux personnes: une pour prendre des lectures de signal et pour communiquer avec le site distant, l'autre pour manoeuvrer l'antenne. Vous devez prendre en considération les points suivants lorsque vous travaillez sur des liens à longue distance.

1. **Examinez tout l'équipement en avance.** Vous ne voulez pas bricoler l'équipement une fois sur le terrain. Avant de séparer l'équipement, branchez tout et connectez chaque antenne et câbles pour vous assurer que vous pouvez établir une connexion entre les dispositifs. Vous devriez pouvoir retourner à cet état (dont nous savons qu'il fonctionne) en allumant simplement le dispositif, sans devoir ouvrir une session ou changer un paramètre. C'est le bon moment pour convenir sur la polarité de l'antenne (voir le chapitre deux si vous ne comprenez pas ce qu'est la polarité).
2. **Emmenez un équipement de communication de secours.** Même si les téléphones mobiles sont habituellement assez bons pour travailler dans les villes, la réception mobile peut être mauvaise ou inexistante dans les zones rurales. Apportez une radio FRS ou GMRS à haute puissance ou une radio amateur si vos équipes ont les permis requis. Travailler à distance peut être très frustrant si vous demandez constamment à l'autre équipe « pouvez-vous m'entendre maintenant? ». Sélectionnez vos voies de transmission et examinez vos radios (y compris les batteries) avant de vous séparer.

3. **Emmenez un appareil photo.** Prenez le temps de documenter l'endroit de chaque emplacement, y compris les points de repère et les obstacles environnants. Plus tard, ceci peut être très utile pour déterminer la viabilité d'un autre lien à cet endroit sans avoir à y aller en personne. Si c'est votre première visite à l'emplacement, notez également les coordonnées GPS et l'altitude.
4. **Commencez par faire une estimation de l'orientation et de l'altitude appropriées.** Pour commencer, les deux équipes devraient employer la triangulation (en utilisant des coordonnées GPS ou une carte) pour avoir une idée approximative de la direction vers où pointer l'antenne. Utilisez une boussole pour aligner approximativement l'antenne vers l'orientation désirée. Les grands points de repère sont également utiles pour indiquer une direction. C'est encore mieux si vous pouvez utiliser des jumelles pour voir l'autre extrémité. Une fois que vous avez fait votre conjecture, prenez une lecture de la force du signal. Si vous êtes suffisamment proche et avez fait une bonne estimation, vous pourriez déjà capter le signal.
5. **Si tout le reste échoue, construisez votre propre point de repère.** Il peut être difficile de faire une estimation de l'emplacement de l'autre extrémité d'un lien sur certains types de terrains. Si vous établissez un lien dans un secteur avec peu de points de repère, aidez-vous d'un point tel qu'un cerf-volant, un ballon, la lumière d'un projecteur, une flamme ou même un signal de fumée. Vous n'avez pas nécessairement besoin d'un GPS pour avoir une idée de la direction où diriger votre antenne.
6. **Examinez le signal dans les deux directions, mais seulement une à la fois.** Une fois que les deux extrémités ont trouvé leur meilleur emplacement, l'extrémité avec l'antenne qui a le gain le plus bas doit fixer cette dernière. En utilisant un bon outil de surveillance (tel que Kismet, Netstumbler ou un outil inclus dans un bon client sans fil), l'équipe avec l'antenne qui a le plus haut gain devrait la déplacer lentement et horizontalement tout en observant le mesureur de signal. Une fois que la meilleure position est trouvée, essayez de changer la hauteur de l'antenne. Après que la meilleure position possible soit trouvée, fixez l'antenne fermement à cet endroit et demandez à l'autre équipe de commencer à bouger de façon circulaire. Répétez ce processus quelques fois jusqu'à ce que la meilleure position pour les deux antennes soit trouvée.
7. **Ne touchez pas l'antenne lorsque vous faites une lecture.** Votre corps affectera le modèle de rayonnement de l'antenne. Lorsque vous faites une lecture de la force du signal, ne touchez pas à l'antenne et ne vous tenez pas dans le chemin du signal. Il en va de même pour l'équipe de l'autre côté du lien.
8. **N'ayez pas peur si vous ne trouvez pas le meilleur signal.** Comme nous l'avons vu dans le chapitre quatre, les modèles de rayonnement

incorporent beaucoup de petits lobes latéraux de sensibilité en plus d'un lobe principal beaucoup plus grand. Si votre signal reçu est étrangement petit, vous avez peut-être trouvé un lobe latéral. Continuez de bouger lentement au delà de ce lobe pour voir si vous pouvez trouver le lobe principal.

9. **L'angle de l'antenne peut paraître complètement erroné.** Le lobe principal d'une antenne rayonne souvent légèrement à un côté ou à l'autre du point mort visuel de l'antenne. Ne vous inquiétez pas de l'apparence de l'antenne; vous devez vous occuper de trouver la meilleure position pour recevoir le plus grand signal possible.
10. **Vérifiez une deuxième fois la polarisation.** Il peut être frustrant d'essayer d'aligner une parabole pour découvrir que l'autre équipe utilise une polarisation opposée. Encore une fois, ceci devrait être convenu avant de partir de la base d'origine, mais si un lien reste obstinément faible, une deuxième vérification n'est jamais de trop.
11. **Si rien ne fonctionne, vérifiez toutes les composantes une par une.** Les dispositifs sur les deux extrémités du lien sont-ils allumés? Tous les câbles et connecteurs sont-ils correctement branchés, sans aucune pièce endommagée ou suspecte? Comme nous l'avons souligné au chapitre huit, une technique de dépannage appropriée vous fera gagner du temps et vous évitera bien des frustrations. Travaillez lentement et communiquez bien votre statut avec l'autre équipe.

En travaillant méthodiquement et en communiquant bien, vous pouvez accomplir le travail d'alignement des antennes à haut gain en peu de temps. Si le travail est réalisé correctement, ceci devrait être amusant!

Protection contre la foudre

L'énergie est le plus grand défi pour la plupart des installations dans les pays en voie de développement. Là où il y a des réseaux électriques, ceux-ci sont souvent mal contrôlés, la tension électrique fluctue dramatiquement et les installations sont sensibles à la foudre. Une bonne protection contre les fluctuations de la tension est essentielle non seulement pour protéger votre équipement sans fil mais également tout équipement connecté à lui.

Fusibles et disjoncteurs

Les fusibles sont primordiaux, mais très souvent négligés. Dans les zones rurales et même dans plusieurs zones urbaines des pays en voie de développement, il est très difficile de trouver des fusibles. En dépit du coût supplémentaire, il est toujours prudent d'employer des disjoncteurs. Il est possible qu'il soit nécessaire de les importer, mais on ne devrait pas passer

outre cette option. Trop souvent, des fusibles remplaçables sont enlevés pour les remplacer par n'importe quel élément moins coûteux. Dans un cas récent, tout l'équipement électronique d'une station de radio rurale a été détruit lorsqu'un éclair est passé par le circuit n'ayant aucun disjoncteur ou même un fusible pour le protéger.

Comment faire une mise à terre

Faire une mise à terre appropriée ne devrait pas être un travail compliqué. Afin de réussir une mise à terre, vous devez accomplir deux choses: fournir un court-circuit dans le cas où une foudre tomberait et fournir un circuit pour que l'excès d'énergie puisse être dispersé.

La première étape consiste à protéger l'équipement contre un coup de foudre direct ou proche, alors que la seconde fournit un chemin pour absorber l'énergie excessive qui causerait autrement une accumulation de charge électrostatique. La charge électrostatique peut significativement détériorer la qualité du signal en particulier sur des récepteurs sensibles (par exemple, les VSATs). Il est simple de créer un court-circuit. L'installateur doit simplement faire le chemin le plus court à partir de la surface conductrice la plus élevée (un paratonnerre) jusqu'au sol. Lorsqu'une foudre frappe le paratonnerre, l'énergie suit le chemin le plus court et s'écartera ainsi de l'équipement. Ce câble de terre devrait être en mesure de supporter une haute tension (c.-à-d. que vous avez besoin d'un câble épais, comme un câble de cuivre tressé calibre 8).

Pour faire la mise à terre de l'équipement, montez un paratonnerre au-dessus de l'équipement sur une tour ou toute autre structure. Employez alors un câble conducteur épais pour connecter le paratonnerre à quelque chose qui a une bonne mise à terre. Les tuyaux de cuivre souterrains peuvent faire de bonnes mises à terre (dépendamment de leur profondeur, de l'humidité, la salinité, la quantité de métal et la teneur organique du sol). Dans plusieurs endroits en Afrique occidentale, les tuyaux ne sont pas encore enterrés, et l'équipement de mise à terre précédent est souvent inadéquat étant donné la mauvaise conductivité du sol (typique des climats arides et des sols tropicaux). Il y a trois manières faciles de mesurer l'efficacité du sol:

1. La moins précise est de brancher simplement un UPS de bonne qualité ou une barre de puissance ayant un indicateur détecteur de sol (Une diode électroluminescente, en anglais: *light-emitting diode* ou LED). Cette LED émet une lumière lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique. Une mise à terre efficace dispersera de très faibles quantités d'énergie au sol. Certains emploient même ceci pour pirater de la lumière car cette énergie ne fait pas tourner le compteur électrique!

2. Prenez une douille et une ampoule de basse puissance en watts (30 watts), connectez un câble à la terre et le deuxième au courant positif. Si la mise à terre fonctionne, l'ampoule devrait briller légèrement.
3. La manière la plus sophistiquée est de simplement mesurer l'impédance entre le circuit positif et la terre.

Si votre mise à terre n'est pas efficace, vous devrez soit enterrer un poteau à une plus grande profondeur (où le sol est plus moite et a plus de matière organique et de métaux) ou rendre la terre plus conductrice. Une approche courante où il y a peu de sol est de creuser un trou d'un mètre de diamètre et deux mètres de profondeur et d'y laisser glisser un morceau de métal fortement conducteur qui a une certaine masse. On utilise généralement du plomb mais ça peut être n'importe quel morceau lourd de métal pesant 500 kilogrammes ou plus, tel qu'une enclume en acier ou une roue en fer. Remplissez alors le trou de charbon de bois en y mélangeant du sel, puis recouvrez-le avec de la terre. Imbibez le secteur et le charbon de bois et le sel se répandront autour du trou et feront un secteur conducteur entourant le plomb, améliorant ainsi l'efficacité de la terre.

Si vous employez un câble de radio, celui-ci aussi peut être employé pour faire la mise à terre de la tour. Cependant, une installation de qualité doit séparer la prise de terre de la tour du câble de radio. Pour la mise à terre du câble, épluchez un peu le câble au point le plus proche de la terre avant qu'il n'entre dans le bâtiment, attachez alors un câble de terre à partir de ce point, soit en soudant ou à l'aide d'un connecteur très conducteur. Ce joint doit être ensuite imperméabilisé.

Stabilisateurs et régulateurs de puissance

Il y a beaucoup de marques de stabilisateurs de puissance, mais la plupart sont numériques ou électromécaniques. Ces derniers sont meilleur marché et beaucoup plus courants. Les stabilisateurs électromécaniques prennent la puissance à 220V, 240V ou 110V et utilisent cette énergie pour faire tourner un moteur qui produit toujours la tension désirée (normalement 220V). Ceci est normalement efficace, mais ces unités offrent peu de protection contre la foudre ou d'autres fluctuations subites de tension. Ils grillent souvent après le premier éclair. Une fois brûlés, ils peuvent être fusionnés à une certaine (habituellement fausse) tension de sortie.

Les régulateurs numériques régulent l'énergie en utilisant des résistances et d'autres composantes à état solide. Ils sont plus chers, mais sont beaucoup moins susceptibles de brûler.

Autant que possible, employez un régulateur numérique. Ils sont plus chers mais offrent une meilleure protection au reste de votre équipement. Soyez

certaines de vérifier toutes les composantes de votre système d'alimentation (y compris les stabilisateurs) après que la foudre soit tombée.

Énergie solaire et éolienne

Les applications décrites dans ce chapitre emploient la tension DC. Le courant DC – pour Direct Current en anglais (courant continu en français) a une polarité. Le fait de confondre la polarité va très probablement endommager immédiatement et irréversiblement votre équipement! Nous supposons que vous savez manipuler un multimètre numérique (DMM) pour vérifier la polarité. Les tensions DC qui sont employées dans les applications décrites ne sont pas dangereuses lorsque vous touchez les conducteurs. Cependant, de grandes batteries d'acide de plomb peuvent fournir des courants très élevés. Un câble qui crée un court-circuit entre les bornes commencera immédiatement à rougir et à brûler son isolation. Pour empêcher le feu, il doit y avoir un fusible près de la borne positive de la batterie à tout moment. De cette façon, le fusible grillera avant les câbles.

Les batteries acide-plomb contiennent de l'acide sulfurique pouvant causer des brûlures graves. Elles libèrent de l'hydrogène lorsqu'elles sont chargées ou ont un court-circuit entre les bornes et ceci survient même si ce sont des batteries acide-plomb scellées. Une aération appropriée est nécessaire pour empêcher les explosions, particulièrement si les batteries utilisées sont du type ouvertes (*flooded cell type*, en anglais). Il est important de protéger ses yeux avec des lunettes de sûreté en manipulant ces batteries. J'ai déjà rencontré un « expert » en batterie qui en a fait exploser trois pendant sa carrière. Le plomb est toxique; assurez-vous de vous débarrasser de vos batteries usagées correctement. Ceci peut être difficile dans les pays où il n'existe aucune infrastructure de recyclage.

Systèmes d'énergie autonomes

Il peut y avoir plusieurs situations où vous voulez installer un noeud sans fil dans une zone où le réseau électrique responsable de fournir l'énergie principale est instable ou simplement non existant. Ceci peut être le cas d'un relai sans fil isolé ou d'un pays en voie de développement où le réseau électrique fait souvent défaut.

Un système d'alimentation autonome consiste fondamentalement en une batterie qui stocke l'énergie électrique qui est produite par un générateur éolien, solaire et/ou à carburant. On y retrouve aussi les circuits électroniques qui contrôlent le processus de chargement/déchargement.

Lorsque nous concevons un système à énergie solaire ou éolienne, il est important de choisir un dispositif qui dépense un minimum d'énergie. Chaque

watt qui est gaspillé du côté du consommateur cause des coûts élevés du côté de la source d'énergie. Une plus grande consommation d'énergie signifie que de plus grands panneaux solaires et des batteries plus encombrantes seront nécessaires pour fournir l'énergie suffisante. En choisissant un équipement convenable qui puisse nous faire économiser de l'énergie, on économise du même coup beaucoup d'argent et on évite bien des ennuis. Par exemple, un lien de longue distance n'a pas nécessairement besoin d'un amplificateur fort qui dépense beaucoup d'énergie. Une carte Wi-Fi avec une bonne sensibilité de réception et une zone Fresnel qui a un espace libre d'au moins 60%, fonctionnera mieux qu'un amplificateur et économisera également de l'énergie. Une affirmation bien connue des radioamateurs s'applique ici aussi: le meilleur amplificateur est une bonne antenne. D'autres mesures pour réduire la consommation d'énergie incluent: réduire la vitesse de l'unité centrale de traitement, réduire la puissance de transmission à une valeur minimale nécessaire pour fournir un lien stable, augmenter la longueur des intervalles de la balise WiFi (*beacon*) et éteindre le système pendant les périodes où il n'est pas utilisé.

La plupart des systèmes solaires autonomes fonctionnent à 12 ou 24 volts. On devrait utiliser de préférence un dispositif sans fil qui fonctionne sur la tension DC à 12 volts que la plupart des batteries acide-plomb fournissent. Transformer la tension fournie par la batterie à AC ou employer une tension à l'entrée du point d'accès différente de la tension de la batterie causera une perte inutile d'énergie. Un routeur ou point d'accès qui accepte une tension DC de 8-20 volts est parfait.

La plupart des points d'accès bon marché ont un régulateur de tension à mode commuté à l'intérieur et fonctionnent sur une gamme de tension sans souffrir de modifications et sans se réchauffer (même si le dispositif a été fabriqué avec une alimentation d'énergie de 5 ou 12 volts).

AVERTISSEMENT: Le fait de faire fonctionner votre point d'accès avec une alimentation d'énergie autre que celle fournie par votre fabricant annulera certainement toute garantie et pourra endommager votre équipement. Même si la technique suivante fonctionnera normalement comme décrit, rappelez-vous que si vous l'essayez, vous le faites à vos risques et périls.

Ouvrez votre point d'accès et cherchez, près de l'entrée DC, deux condensateurs relativement grands et un inducteur (un tore avec un câble de cuivre enroulé autour de lui). S'ils sont présents, le dispositif a une entrée à mode commuté et la tension d'entrée maximale devrait être légèrement en dessous de la tension imprimée sur les condensateurs. Habituellement l'estimation de ces condensateurs est de 16 ou 25 volts. Prenez en compte qu'une alimentation d'énergie non régulée a une ondulation et peut introduire une tension beaucoup plus élevée dans votre point d'accès que peut suggérer la tension typique qui y est imprimée. Ce n'est donc pas une bonne idée de connecter

une alimentation d'énergie non régulée à 24 volts à un dispositif avec un condensateur à 25 Volt. Évidemment, le fait d'ouvrir votre dispositif annulera toute garantie existante. N'essayez pas d'actionner un point d'accès à une tension plus élevée s'il n'a pas de régulateur à mode commuté. Il se réchauffera, fonctionnera incorrectement ou brûlera.

Le populaire Linksys WRT54G fonctionne à n'importe quelle tension entre 5 et 20 volts DC et consomme environ 6 watts, mais a un commutateur Ethernet intégré. Avoir un commutateur est naturellement plaisant et utile, mais il consomme de l'énergie supplémentaire. Linksys offre également un point d'accès Wi-Fi nommé WAP54G qui consomme uniquement 3 watts et peut exécuter des progiciels d'OpenWRT et de Freifunk. Les systèmes 4G Accesscube consomment environ 6 watts une fois équipés d'une interface WiFi simple. Si le 802.11b est suffisant, les cartes mini-PCI avec le chipset d'Orinoco fonctionnent très bien tout en consommant une quantité minimale d'énergie.

Une autre stratégie importante pour économiser de l'énergie est d'employer des câbles d'alimentation DC courts, épais et de bonne qualité. Ceci limitera au minimum la perte de tension.

Calculer et mesurer la consommation d'énergie

La conception d'un système autonome commence toujours par le calcul de la consommation d'énergie. La manière la plus facile de mesurer votre dispositif est une alimentation de laboratoire qui comporte un mesureur de tension et un ampèremètre. La tension nominale fournie par une batterie acide-plomb varie normalement entre 11 volts (vide) et environ 14,5 volts (durant la charge et à la charge complète). Vous pouvez régler la tension à l'alimentation de laboratoire et voir la quantité de courant que le dispositif consomme à différentes tensions. Si une alimentation de laboratoire n'est pas disponible, la mesure peut être effectuée en employant la fourniture incorporée au dispositif. Coupez un câble qui va à l'entrée DC de votre dispositif et insérez un **ampèremètre**. Notez que l'ampèremètre pourra se brûler ou brûler votre alimentation d'énergie s'il est appliqué entre la borne positive et négative car il se comporte comme un simple câble entre les sondes; créant de ce fait un court-circuit. Beaucoup d'ampèremètres ont une entrée sans fusibles, manipulez-les donc avec grand soin car ils peuvent facilement s'endommager.

La quantité d'énergie consommée peut se calculer à l'aide de la formule suivante:

$$P = U * I$$

P étant l'énergie en Watts, U étant la tension en Volts et I étant le courant en Ampère. Par exemple:

$$6 \text{ Watts} = 12 \text{ Volts} * 0,5 \text{ Ampère}$$

Le résultat est l'estimation de consommation du dispositif. Si le dispositif de l'exemple fonctionne pendant une heure, il consommera seulement 6 watts/heure (Wh), respectivement 0,5 ampère/heure (Ah). Ainsi le dispositif consommera 144 Wh ou 12 Ah par jour.

Pour simplifier les choses, j'emploierai l'estimation de tension nominale des batteries pour des calculs et ne tiendrai pas compte du fait que la tension fournie par la batterie change selon sa quantité de charge. Les batteries sont évaluées à leur capacité Ah; il est donc plus facile de calculer en utilisant l'Ah au lieu de Wh. Une batterie d'un grand camion a en général 170 Ah - une batterie de camion chargée à 100% fera donc fonctionner donc le dispositif pour environ 340 heures pendant un cycle de décharge à 100%.

Caractéristiques de décharge - Principes de base

Une batterie acide-plomb de 12 volts qui fournit de l'énergie à un consommateur fournit une tension selon sa charge. Quand la batterie est 100% chargée, elle a une tension de sortie de 12,8 volts qui chute rapidement à 12,6 volts sous tension. Etant donné que la batterie doit fournir un courant constant, la tension de sortie est maintenant linéaire, passant de 12,6 volts à 11,6 volts sur une longue période. À moins de 11,6 volts, la tension de sortie chute rapidement au cours du temps. Puisque la batterie fournit approximativement 95% de son énergie dans cette chute de tension linéaire, l'état de la charge pourrait être estimé en mesurant la tension pendant son utilisation. Le postulat est que la batterie est 100% complète à 12,6 volts et a une charge de 0% à 11,6 volts. Ainsi, en mesurant une batterie qui est actuellement déchargée, son état peut être estimé avec un multimètre numérique. Par exemple une lecture de 12,5 volts correspond à une charge de 90%, 12,3 volts correspond à une charge de 70%, etc...

Les batteries acide-plomb se dégradent rapidement lorsque les cycles de charge descendent à 0%. La batterie d'un camion perdra 50% de sa capacité de conception en moins de 50 - 150 cycles si elle est entièrement chargée et déchargée pendant chaque cycle. À une charge de 0% la batterie a toujours 11 volts sur les bornes sous tension. Ne déchargez jamais une batterie acide-plomb de 12 volts en dessous de cette valeur car ceci lui fera perdre une quantité énorme de capacité de stockage. Le fait de la décharger à 0 volts la détruira complètement. Pour éviter ceci, un circuit de débranchement de basse tension (en anglais, *low voltage disconnect circuit -LVD*) devrait être utilisé pour construire un système d'alimentation à batterie. Durant l'usage du cycle, il n'est pas recommandé de décharger une batterie de

camion sous 70%. Vous augmenterez significativement sa longévité en évitant de la décharger sous 80%. En conséquence, une batterie de camion de 170 Ah n'a qu'une capacité utilisable de 34 à 51 Ah!

Une batterie de voiture ou de camion devrait rester sous tension au delà de 12,3 volts. Dans de rares cas, il peut être permis d'aller en dessous de cette valeur; par exemple, pour une longue période inattendue de mauvais climat. Ceci est tolérable si la batterie est entièrement chargée après un tel incident. Charger à 100% prend assez de temps car le processus de charge ralentit en approchant la fin du chargement même s'il y a abondamment d'énergie à la source. Une source d'énergie faible qui peut rarement effectuer un charge complète et ainsi, user les batteries rapidement. C'est pour cette raison que l'on recommande de charger agressivement afin de maintenir les coûts d'utilisation bas. Un régulateur de charge solaire ou éolien ou un chargeur de batterie automatique (avec des caractéristiques de charge avancées) vous aidera à économiser de l'argent. Le meilleur choix est la caractéristique IU1a et le second, la caractéristique IU.

Les batteries de démarrage sont les batteries les moins coûteuses disponibles, mais elles peuvent ne pas être la meilleure option. Il y a des batteries solaires spéciales sur le marché qui sont conçues pour l'usage dans les systèmes solaires. Elles permettent des cycles de recharge plus profonds (en dessous de 50% de charge, selon le type) et ont un faible courant d'auto décharge. Les batteries acide-plomb scellées sont plus chères mais leur manipulation est plus sécuritaire.

Les batteries de camion ou de voiture qui portent la mention **exemptes d'entretien** devraient avoir un courant d'auto décharge négligeable. Cependant, les batteries exemptes d'entretien ont toujours besoin d'entretien. Le niveau du fluide d'électrolyte doit être vérifié fréquemment, particulièrement dans les climats chauds. S'il y a perte d'électrolyte, de l'eau distillée doit être employée pour remplir le fluide. Le fait de négliger cela, ruinera la batterie.

Trop charger vos batteries les détruiront aussi! Le courant de charge dans un système de batterie protégé doit être régulé. Un chargement excessif et illimité détruira la batterie. Si la tension dans la batterie est trop haute, la composante d'eau de l'acide sulfurique va succomber à la pression de l'électrolyse, créant une atmosphère qui contient une quantité concentrée d'oxygène. L'oxygène est très corrosif et détruira les connecteurs internes.

Conception d'un système protégé par batterie

Les choses sont moins compliquées s'il y a un réseau électrique principal instable disponible qui accomplit son travail de temps en temps. Dans ce

cas, tout ce dont nous avons besoin est d'un chargeur automatique correct qui soit capable de charger entièrement une batterie d'une taille suffisante. Il serait souhaitable d'avoir un chargeur en mode commuté avec un large intervalle de tension d'entrée et des caractéristiques de chargement sophistiquées. Ceci pourra offrir une protection contre les changements de tension du réseau électrique. Les chargeurs bon marché qui ont un simple transformateur pourraient ne jamais charger complètement votre batterie si la tension du réseau électrique est trop faible. Un chargeur simple conçu pour 230 volts AC fournira de peu à aucun courant de charge lorsqu'il est mis en opération à 200 volts ou moins. Il ne réalisera jamais une charge complète, même s'il fonctionne pendant une longue période de temps. D'autre part, il brûlera si la tension est un peu plus forte que prévu; ou il ruinera tout simplement les batteries après un certain temps. Dans plusieurs situations, se munir d'un stabilisateur de tension AC empêchera votre chargeur de brûler à cause d'une haute tension excessive.

Un système protégé par batterie ressemble à ceci:

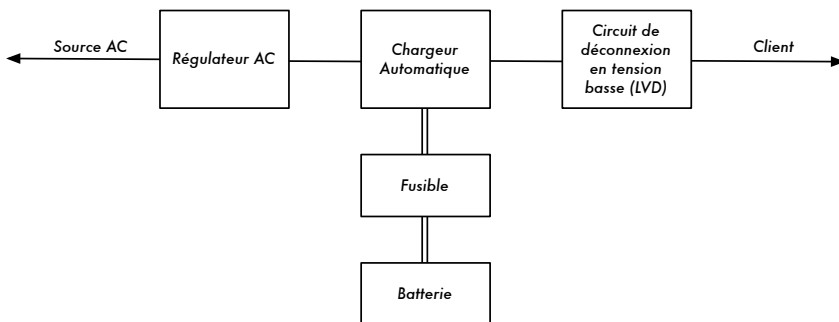


Figure 7.7: Un système complet de protection batterie.

Supposons que notre dispositif consomme 7 Watts à 12 Volts. Nous avons besoin du service 24 heures par jour; le dispositif consommera donc:

$$168 \text{ Wh} = 24\text{h} * 7 \text{ W}$$

À 12 Volt, le courant en ampères serait:

$$14 \text{ Ah} = 168 \text{ Wh} / 12 \text{ Volt}$$

À présent, supposons qu'occasionnellement nous vivons une situation où le réseau électrique fait défaut pendant une semaine.

$$98 \text{ Ah} = 14 \text{ Ah/jour} * 7 \text{ jours}$$

$$1176 \text{ Wh} = 98 \text{ Ah} * 12 \text{ Volt}$$

Si nous permettons que notre batterie se décharge du 100% au 30%, consommant donc 70% de sa capacité, nous avons besoin d'une capacité de stockage de:

$$140 \text{ Ah} = 98 \text{ ah} / 0,7$$

Une batterie de camion a cette taille.

Normalement, l'énergie est de retour pendant 5 heures par jour, le système fonctionnera donc 19 heures sur batterie.

$$133 \text{ Wh} = 19\text{h} * 7 \text{ Watt}$$

Charger et décharger une batterie n'est jamais efficace à 100%. Comme il y aura de la perte d'énergie dans la batterie, nous devons la charger avec plus d'énergie que celle que nous obtiendrons. L'efficacité du chargement/déchargement est habituellement de l'ordre de 75%.

$$177,4 \text{ Wh} = 133 \text{ Wh} / 0,75$$

Nous désirons charger la batterie complètement et atteindre une charge complète en 5 jours.

Considérons l'efficacité de charge:

$$166 \text{ Wh} = 148 \text{ Wh} / 0,75$$

Nous la convertissons en Ah:

$$14,8 \text{ Ah} = 177,4 \text{ Wh} / 12 \text{ Volt}$$

Considérons le temps de charge:

$$2,96 \text{ A} = 14,8 \text{ Ah} / 5\text{h}$$

Tandis que nous chargeons, le point d'accès/routeur consomme toujours de l'énergie. 7 Watts est égal à 0,6 Ampère à 12 Volts:

$$3,56 \text{ A} = 2,96 \text{ A} + 0,6 \text{ A}$$

Nous devrions considérer que le processus de charge ralentit lorsqu'il s'approche à la fin de la période de charge. Il vaudrait mieux avoir un courant de charge initial plus élevé que ce que nous avons calculé pour réaliser une charge de 100%. Un temps de charge de 5 heures est très peu, un chargeur IULA à 8 ampères ou plus serait donc un bon investissement.

Comme l'électrolyte est vérifié fréquemment, même une batterie bon marché de camion peut avoir une durée de vie de 5 ans. N'oubliez pas d'utiliser un circuit de débranchement de basse tension. Ce n'est pas une erreur de surdimensionner un système à un certain degré. Peu importe si le système est bien conçu, la batterie sera éventuellement usée et devra être remplacée. En général, il est plus rentable de surdimensionner la source d'énergie plutôt que les batteries.

Conception d'un système à énergie solaire ou éolienne

La quantité d'énergie que vous pouvez consommer avec un système à alimentation solaire ou éolienne dépend du secteur où vous vous trouvez ainsi que la période de l'année. Habituellement, des autorités compétentes en conditions climatiques pourront vous renseigner sur l'énergie de rayonnement du soleil ou de la vitesse du vent. Ces entités rassemblent ce genre d'information au cours des années et peuvent vous dire ce que vous devez prévoir pour chaque période de l'année. Des programmes de simulation et de calcul pour les systèmes solaires sont disponibles, PVSOL étant un programme commercial (et coûteux). Une version démo est disponible dans plusieurs langues.

Calculer exactement combien d'énergie un système à alimentation solaire produira à un certain endroit requiert beaucoup de travail. Le calcul doit considérer des facteurs tels que la température, le nombre d'heures de soleil, l'intensité du rayonnement, les réflexions dans l'environnement, l'alignement des panneaux solaires et ainsi de suite. Un programme de simulation avec les données climatiques est un bon point de départ mais n'oubliez pas que dans la vraie vie, quelque chose d'aussi banal comme la saleté sur les panneaux solaires peut complètement fausser les résultats de votre calcul théorique.

Il est difficile de faire une estimation de la quantité d'énergie produite par un générateur éolien s'il y a des obstacles autour de lui. L'approche empirique serait de mesurer la vitesse du vent réelle à l'emplacement sur une année; ce qui est plutôt impraticable.

Ceci devrait être un guide pratique. Si ni les programmes informatiques luxueux ni les données climatiques détaillées ne sont disponibles dans votre pays, je vous suggère d'établir un système pilote. Si la batterie ne se charge pas suffisamment, il est temps d'augmenter le nombre ou la taille des panneaux solaires. Tel que mentionné auparavant, il est très important de maintenir la consommation d'énergie au minimum afin d'éviter des coûts élevés inattendus.

Si votre système doit avoir un temps de fonctionnement de 100%, vous devrez commencer par considérer la pire période de l'année. Vous devez décider si le système aura besoin d'une capacité de stockage surdimension-

née ou d'une source d'énergie surdimensionnée afin de fournir de l'énergie pendant des périodes plus calmes. Il peut être beaucoup moins coûteux de charger manuellement le système à l'aide d'un générateur fonctionnant avec du carburant durant de longues périodes de calme.

La combinaison du vent et de l'énergie solaire semble raisonnable dans des secteurs où les différentes saisons fournissent de l'énergie éolienne lorsque l'énergie solaire est faible. Par exemple, en Allemagne le soleil fournit seulement 10% de l'énergie en hiver en comparaison avec l'été. Au printemps et à l'automne, il n'y a pas beaucoup d'énergie solaire non plus, mais le climat est très venteux. Des batteries de grande taille sont nécessaires puisqu'il est possible que ni les panneaux solaires ni les générateurs de vent puissent fournir suffisamment d'énergie pendant l'hiver.

Dans de telles conditions, un système conçu pour fonctionner 100% du temps a besoin d'une marge de sûreté correcte et beaucoup de capacité de stockage. La charge devrait se faire complètement aussi souvent que possible pendant les périodes de bonnes conditions climatiques. En fin de compte, les panneaux solaires peuvent devoir être remplacés tous les 25 ans; tandis qu'une batterie dans un système qui n'a pas suffisamment d'énergie de chargement peut avoir besoin d'un remplacement chaque année!

Circuit

Un système autonome solaire consiste en:

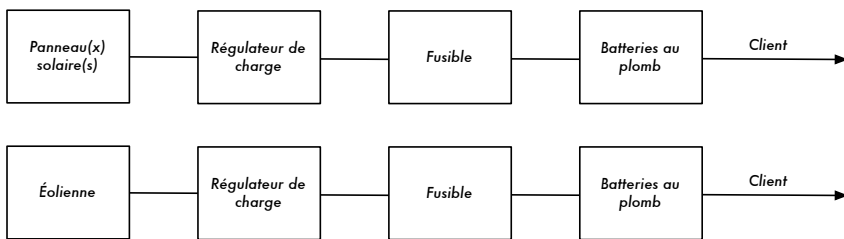


Figure 7.8: Un système à énergie solaire ou éolienne.

Si on combine l'énergie solaire et éolienne, les deux systèmes sont connectés à la même batterie.

Énergie éolienne

Un générateur éolien est une option évidente lorsqu'un système autonome est conçu pour un transmetteur sans fil à installer sur une colline ou une montagne. Un point à prendre en considération avec l'énergie éolienne est que la vitesse du vent, dans un endroit entourés d'objets, sera suffisamment forte qu'en hauteur, au-dessus de ces objets. La vitesse moyenne du vent au

cours de l'année devrait être d'au moins 3 à 4 mètres par seconde et le générateur de vent devrait être 6 mètres plus haut que les autres objets sur une distance de 100 mètres. Un endroit trop loin de la côte manque habituellement d'énergie éolienne suffisante pour soutenir un système d'alimentation par le vent.

Énergie solaire

Dans la plupart des cas, un système employant uniquement des panneaux solaires est la meilleure solution. Il est habituellement très facile de trouver un endroit approprié pour les panneaux solaires. De plus, ils ne contiennent aucune pièce mécanique mobile qui ait besoin d'entretien.

Il est important pour un système solaire que les panneaux soient montés avec le meilleur alignement et angle vers le soleil. Le meilleur angle peut changer au cours de l'année et dépend de l'endroit de l'emplacement. C'est une bonne idée de tenir compte du fait que la poussière, les feuilles ou les oiseaux peuvent se poser sur un panneau solaire. L'angle optimum de montage peut être très horizontal, ce qui cause plus de saleté sur le panneau solaire et requiert un nettoyage fréquent.

Il ne doit pas y avoir d'ombre sur le panneau solaire durant le jour, car les panneaux solaires se composent d'un certain nombre de piles solaires qui sont connectés en guirlande (*daisy chain*). Une chaîne est aussi forte que son maillon le plus faible. Si quelque chose couvre complètement la cellule d'un panneau solaire, une feuille par exemple, le panneau solaire entier ne produira aucune énergie. Même l'ombre d'un câble réduira de manière significative la quantité d'énergie produite par le système solaire!

Régulateurs de charge

Les régulateurs de charge pour les générateurs éoliens sont différents des régulateurs pour les panneaux solaires. Si le système offre l'énergie éolienne et solaire alors deux régulateurs sont nécessaires. Chaque régulateur doit être directement connecté aux bornes de la batterie (par l'intermédiaire d'un fusible, naturellement!).

Influence du suivi du point de puissance maximale

Les fabricants de panneaux solaires sont optimistes au moment de calculer la puissance maximale d'énergie de leurs panneaux. La puissance qui est efficacement produite par un panneau est donc sensiblement inférieure à celle indiquée sur la fiche technique. La puissance maximum d'énergie est uniquement réalisée à une certaine tension, à une température de panneau de 20 degrés Celsius et à un rayonnement de soleil de 1000 watts par mètre

carré. Ceci n'est pas réaliste puisqu'un panneau solaire devient vraiment chaud sous un rayonnement de 1000 watts par mètre carré. Une haute température réduit la génération efficace d'énergie d'un panneau. Il n'y a pas grand chose qui puisse être faite à ce sujet, à part le fait de maintenir à l'esprit qu'un panneau n'atteint jamais la puissance d'énergie indiquée par les fabricants.

Dans un système autonome, ce qui doit principalement être considéré est l'influence de la tension de sortie du panneau. Si un régulateur de charge simple est employé, la tension dans le panneau chute et atteint le niveau de la tension de la batterie. Un panneau solaire semble avoir une meilleure efficacité à 18 volts - il peut produire 1 ampère à 300 Watt/m à 30 degrés Celsius. Ce point d'efficacité meilleure s'appelle **Point de Puissance Maximale- PPM** (en anglais, *Maximum Power Point- MPP*).

En conséquence, un panneau va produire:

$$18 \text{ Watt} = 18 \text{ Volt} * 1 \text{ Ampere}$$

If this panel is connected to a battery at 12,3 Volt the current will be slightly higher than in the MPP, maybe 1,1 Ampere, but the panel voltage will drop down to the level of the battery:

$$18 \text{ Watt} = 18 \text{ Volt} * 1 \text{ Ampère}$$

Si ce panneau est connecté à une batterie à 12,3 volts, le courant sera légèrement plus haut que dans le PPM, peut-être 1,1 Ampère, mais la tension de panneau chutera jusqu'à atteindre le niveau de la batterie:

$$13,5 \text{ Watt} = 12,3 \text{ Volt} * 1,1 \text{ Ampère}$$

L'efficacité dans notre exemple serait uniquement de 75% avec un régulateur de charge simple. Ce problème pourrait être résolu en employant un régulateur solaire avec un suivi du Point de Puissance Maximale. Un régulateur PPM bien conçu atteint une efficacité de 90%. Un système avec un régulateur simple peut ne jamais réaliser plus de 70% de l'estimation de puissance indiquée par le fabricant.

Accroître la capacité de la batterie et du panneau solaire

Si vous voulez combiner deux batteries (ou plus) pour augmenter la capacité, interconnectez-les de façon parallèle, c.-à-d. connectez ensemble les deux bornes positives avec un câble épais. Il doit y avoir un fusible dans le câble près de chaque borne positive. Connectez ensemble les bornes négatives.

tives sans fusibles. De la même façon, pour interconnecter les panneaux solaires, les fusibles ne sont pas nécessaires.

Circuits de déconnexion à faible voltage

Vos consommateurs (votre point d'accès, routeur sans fil ou tout autre dispositif) seront connectés au régulateur de charge. La plupart des régulateurs de charge viennent avec un circuit de déconnexion à faible voltage. Le circuit de déconnexion à faible voltage ne devrait jamais s'éteindre, autrement il y a un sérieux problème de conception ou le circuit est endommagé. S'il y a deux régulateurs ou plus dans le système qui ont un circuit de déconnexion à faible voltage, connectez alors les consommateurs à un seul régulateur. Dans le cas contraire, les régulateurs pourraient être endommagés.

Calcul

Le calcul d'un panneau solaire n'est pas très différent de celui du système protégé par batteries (tel qu'expliqué ci-haut). Évidemment, le temps où il n'y a aucune énergie disponible pour charger les batteries peut être très long et il n'y a aucune source de courant fixe qui pourrait être utilisée dans le calcul.

Un système bien conçu devrait pouvoir recharger entièrement une batterie vide en quelques jours dans de bonnes conditions climatiques tout en fournissant de l'énergie aux consommateurs.