

**5.1. Régulateurs**

Le régulateur présente le moins coût dans un système PV autonome. Mais son importance se réside dans sa fonction qui est très importante pour la protection du système plus particulièrement la batterie. Le régulateur se considère comme l'élément central dans un système PV autonome (fig. 5.1). Il contrôle les flux d'énergie. Il doit protéger la batterie contre les surcharges (solaires) et décharges profondes (utilisateurs).

**Autres tâches**

- Le régulateur peut assurer la surveillance et la sécurité de l'installation (surcharge, alarmes, fusibles, inversions de polarité).
- Il peut aussi utiliser pour commander la recharge par d'autres sources d'énergie (génératrices d'appoint, éolienne, etc.).
- Il peut assurer la fonction du hacheur MPPT.

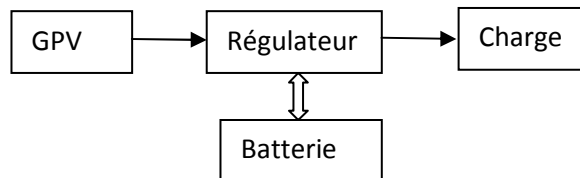


Fig. 5.1 Position d'un régulateur dans un système PV

**5.2 Contrôle de la charge**

Le régulateur est utilisé pour contrôler la charge d'une batterie. Une charge trop élevée entraînera une électrolyse de l'eau en hydrogène et oxygène, ce qui pourra éventuellement amener les plaques en contact avec l'air et provoquera un vieillissement prématuré de la batterie. La formation de l'hydrogène représente également un risque certain d'explosion dans un local peu ventilé.

La tension est le paramètre le plus utilisé pour faire cette tâche. Car la tension d'une batterie, chargée à courant constant, augmente de façon linéaire jusqu'à ce qu'elle atteigne pratiquement la fin de charge où soudainement elle augmente beaucoup plus rapidement lorsque sa matière active est presque complètement transformée et où l'électrolyte commence de libérer des gaz.

**5.3 Contrôle de la décharge**

Le régulateur a la fonction de déconnecter l'alimentation par batterie (déconnecter les consommateurs) lorsque l'état de charge de la batterie descend au dessous d'un certain seuil critique. Ce seuil dépend de plusieurs facteurs à savoir la durée de vie espérée, la température ambiante et le niveau de courant. Plus que le seuil est élevé plus que la durée de vie de la batterie augmente mais la capacité non utilisée réduira sa capacité totale pour une même autonomie. Il est à noter que le seuil de délitage dépend également de l'âge de la batterie (en vieillissant, celle ci perd un peu de tension). Donc il faut que la tension du seuil doive être contrôlée en fonction des années de service.

Comme la charge excessive est néfaste, la décharge l'est aussi; la décharge profonde répétée provoque une sulfatation irréversible des plaques et par conséquent une diminution de la capacité de la batterie. Elle peut également provoquer des courts circuits entre les plaques et rendre l'accumulateur inopérant.

**5.4 Technologie des régulateurs**

On trouve sur les installations plusieurs technologies de contrôleur de charge :

- Régulation tout ou rien (TOR) par coupure électromécanique.
- Régulation MLI (à modulation de largeurs d'impulsions) ou en anglais PWM.
- Régulation avec couplage par adaptateur d'impédance appelé MPPT (Multi Power Point Tracking).

**5.4.1 Régulation tout ou rien (TOR)**

C'est un élément utilisant un interrupteur qui s'ouvre ou se ferme selon l'état de la batterie. Deux types de régulateurs sont utilisés; l'un est dit shunt dont le principe est montré dans la figure 5.2 et l'autre dit en série figure 5.3. Dans le premier cas le courant du générateur PV est renvoyé vers la terre à travers une charge résistive et pour le deuxième cas le régulateur ouvre le circuit pour couper le courant en provenant du champ PV. Ce type de régulateurs n'est plus commercialisé et est amené à disparaître.

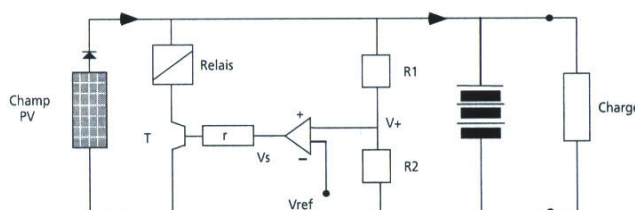


Figure 5.2: Principe d'un régulateur shunt

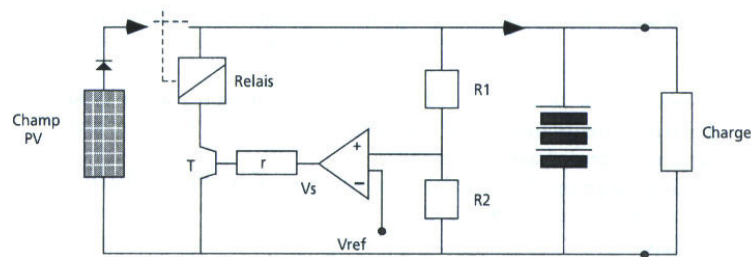


Figure 5.3: Principe d'un régulateur série

**5.4.2 Régulation MLI (PWM : Pulse Width Modulation)**

Le régulateur est inséré entre le champ photovoltaïque et la batterie. Il est composé d'un interrupteur électronique fonctionnant en MLI et d'un dispositif anti-retour (diode). Le panneau solaire est « directement » relié à la batterie à charger. La batterie définit la tension de service du module. Par conséquent, la puissance de charge peut être inférieure à la puissance maximale du panneau, ce qui résulte en perte de puissance. L'ouverture et la fermeture de l'interrupteur électronique s'effectuent à une certaine fréquence, ce qui permet de réguler le courant de charge en fonction de l'état de charge avec précision (fig.5.4). On a trois principales phases de charge:

- Bulk
- Absorbition
- Float

**A) Bulk**

Lorsque la tension batterie est inférieure à la tension de limitation du régulateur, l'interrupteur est fermé. La batterie se charge alors avec le courant correspondant à l'ensoleillement (un fort courant de charge).

**B) Absorption**

Lorsque la tension batterie atteint un seuil de régulation prédéterminé, l'interrupteur s'ouvre et se ferme à une fréquence fixe pour maintenir un courant moyen injecté dans la batterie. Ce courant décroît jusqu'à la valeur zéro à la fin de la phase).

**C) Floating**

La batterie est chargée et il n'ya aucun courant qui traverse la batterie (le courant est nul).



Fig. 5.4 Phases de charge de la batterie au plomb (12V)

**5.4.3 Régulateur de charge solaire MPPT**

Un régulateur MPPT est muni d'une fonction qui permet de suivre, comme son nom l'indique, le point de puissance maximale d'un générateur PV. C'est une méthode de charge par microprocesseur qui prend le maximum de la puissance du panneau en sortie pour la diffuser dans les batteries avec le minimum de perte. La plupart des régulateurs MPPT ont une efficacité de conversion de 92-97 %, ce qui donne un gain de puissance en plus. Le régulateur de charge est composé d'un convertisseur DC/DC à découpage de haut rendement qui assure trois fonctions :

- Détection de la puissance maximale du champ photovoltaïque tant que la batterie n'est pas chargée.
- Conversion DC/DC.
- Régulation de la tension de sortie en fonction de la phase de charge (Bulk, Absorption et Floating).

### 5.5 Exemple de régulateurs dans le marché

#### 5.5.1 Régulateur simple : type Steca solsum

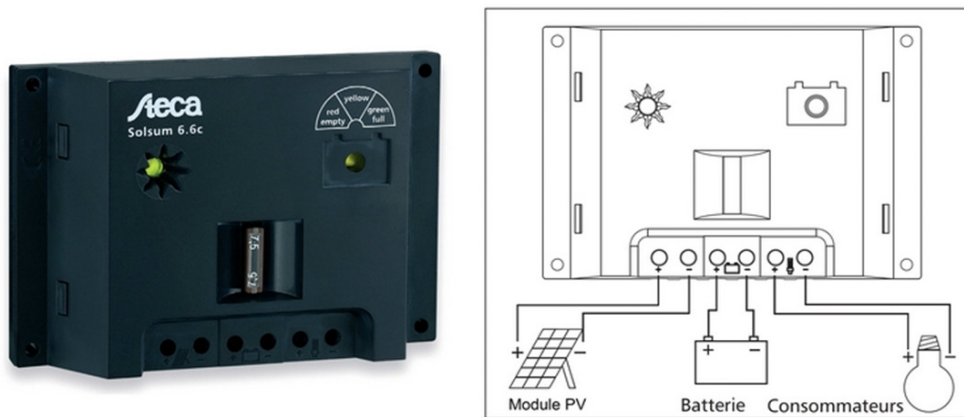


Fig. 5.5 Exemple d'un régulateur simple

#### 5.5.2 Régulateurs intégrés dans les onduleurs

Pour les moyennes et fortes puissances, on peut avoir des onduleurs compact de multi tâches .

Ils font les fonctions suivantes:

- chargeur de batterie;
- onduleurs;
- possibilité de connexion avec une source d'appoint (groupe électrogène).

Exemple:

Marque Xtender (fig. 5.6)

C'est un appareil combiné onduleur, chargeur de batterie et système de transfert.



Fig. 5.6 Onduleur compact

#### Références

- [1] Michael Boxwel, Solar electricity handbook, A simple, practical guide to solar energy: how to design and install photovoltaic solar electric systems, 2012 edition, Greenstream Publishing.
- [2] Les phases de charge d'une batterie au plomb, <https://www.swiss-batteries.ch/fr/content/80-phase-de-charge-des-batteries#>, consulté le 17/07/2020.
- [3] Régulateurs solaires MPPT, <https://www.myshop-solaire.com/regulateur-solaire-mppt- r 688 va 1.html>, consulté le 17/07/2020.
- [4] Anne Labouret et Michel Viloz, Energie Solaire Photovoltaïque, Edition DUNOD, 2005.