**Chapitre 3. Stockage électrique de l'énergie solaire**

**3.1 Les systèmes photovoltaïques avec batterie**

Un système photovoltaïque avec batterie peut être comparé à une charge alimentée par une batterie qui est chargée par un générateur photovoltaïque. Il comprend généralement les composantes de base suivantes :

* Le champ de modules PV charge la batterie en période d’ensoleillement ;
* La batterie alimente la charge et assure un stockage de l’énergie électrique ;
* La diode anti-retour évite la décharge de la batterie à travers les modules PV en période d’obscurité ;
* Le régulateur de charge protège la batterie contre la surcharge de l’énergie produite par le champ de modules PV et inclut habituellement une protection contre les décharges profondes de la batterie ;
* Un conditionneur de charge permet l’utilisation d’appareil à courant continu (cc) à tension variée (convertisseur) ou à courant alternatif (onduleur).



**Fig 3.1** Composantes de base d’un système PV autonome avec batterie.

 Chaque composante du système doit être dimensionnée en fonction des contraintes techniques du système. Les caractéristiques de ces composantes doivent être bien comprises pour déterminer la plage de fonctionnement du système.

**3.2 Les batteries**

 Un accumulateur est un dispositif électrochimique qui permet la conversion réversible d’énergie électrique en énergie chimique. En charge, l’énergie électrique est convertie et stockée sous forme d’énergie chimique, via des réactions d’oxydoréduction. Au contraire, lorsque l’élément fonctionne en mode générateur, l’énergie chimique est convertie en énergie électrique, et les réactions inverses se produisent aux électrodes.

La batterie sert à stocker l’énergie produite par le champ de modules PV. Il y a nécessité de stockage chaque fois que la demande énergétique est décalée dans le temps vis-à-vis de l’apport énergétique solaire. En effet :

* La demande énergétique est fonction de la charge à alimenter, les appareils utilisés fonctionnent soit en continu, soit à la demande ;
* L’apport énergétique solaire est périodique (alternance jour/nuit, été/hiver) et aléatoire (conditions météorologiques).

 Ce décalage entre la demande et l’apport énergétique nécessite un stockage d’électricité. Le système tampon utilisé le plus couramment pour les systèmes photovoltaïques est la batterie d’accumulateurs électrochimiques.

Dans un système photovoltaïque, la batterie remplit trois fonctions importantes :

**Autonomie :** Une batterie permet de répondre aux besoins de la charge en tout temps, même la nuit ou par temps nuageux.

**Courant de surcharge :** Une batterie permet de fournir un courant de surcharge pendant quelques instants, c’est-à-dire un courant plus élevé que celui que peut fournir le champ PV.

**Stabilisation de la tension :** Une batterie permet de fournir une tension constante, en éliminant les écarts de tension du champ PV et en permettant aux appareils un fonctionnement à une tension optimisée.

Les deux types de batteries utilisés le plus couramment dans les systèmes photovoltaïques sont les batteries avec accumulateurs au plomb-acide (Pb-acide) et les batteries avec accumulateurs au nickel-cadmium (Ni-Cd). Chacune a ses propres particularités et, selon les méthodes de construction, elles auront des caractéristiques de fonctionnement très différentes.

 La batterie au plomb-acide est la plus connue, étant utilisée depuis plus de 150 ans pour fournir le courant de démarrage des voitures, l’électricité des systèmes d’urgence et la force de traction des véhicules électriques.

 La batterie au nickel-cadmium a été conçue pour répondre à un besoin prolongé de stockage d’énergie dans des conditions de fonctionnement extrême et de maintenance minimale. Il existe également quelques types de batteries au nickel-cadmium. Néanmoins, une des différences les plus importantes entre les batteries au plomb-acide et celles au nickel-cadmium se trouve au niveau de leur tension de fonctionnement. Alors qu’une cellule au plomb-acide fournit une tension nominale de 2,0 volts, la cellule au nickel-cadmium fournit une tension nominale de 1,2 volt.

**3.3 Accumulateur au plomb-acide**

L’accumulateur au plomb-acide contient une plaque positive, ou cathode, faite d’oxyde de plomb (PbO2), et une plaque négative, ou anode, faite de plomb. Ces plaques sont immergées dans un électrolyte, l’acide sulfurique dilué. Quand une charge est connectée entre les deux plaques, l’oxyde de plomb de la plaque cathodique et le plomb de la plaque anodique sont convertis en sulfate de plomb en réaction avec l’acide sulfurique de l’électrolyte. Cette réaction amène un flux d’électrons entre les deux plaques au travers du circuit externe. La réaction chimique réversible est la suivante :



 À mesure que la batterie se décharge, la concentration en eau dans l’électrolyte augmente et la concentration d’acide diminue.

**3.4 Accumulateurs au nickel-cadmium**

 Les accumulateurs au nickel-cadmium (Ni-Cd) sont conçus pour les cas où l’on a besoin d’un dispositif de stockage d’énergie robuste et de longue durée, exigeant peu d’entretien. Le matériau actif de l’électrode positive (cathode) est une plaque d’oxi-hydroxyde de nickel (NiOOH) qui, pendant la décharge, accepte les électrons provenant du circuit externe et passe ainsi à une valence moindre. L’électrode négative (anode) est constituée d’une plaque de cadmium, et l’électrolyte est une solution aqueuse d’hydroxyde de potassium (KOH) à concentration variant entre 20 % et 35 %. La tension de l’accumulateur est nominalement de 1,2 volt.

La réaction réversible est :



 Quand la batterie se décharge, la plaque cathodique d’oxy-hydroxyde de nickel (NiOOH) est réduite en hydroxyde de nickel (Ni(OH)2) et le cadmium de la plaque anodique est oxydé en hydroxyde de cadmium (Cd(OH)2). Cette réaction permet aux électrons de passer à travers un circuit externe d’une plaque à l’autre. Entre les plaques, le courant est amené par l’électrolyte sous forme d’ions d’hydroxyle (OH-).