

# L'évolution des régulateurs de charges solaires photovoltaïques

*NDLR : Avec le développement des différentes sources d'énergie renouvelable, l'énergie solaire gagne en popularité et les électriciens aiment en savoir davantage. Les électriciens hors construction sont de plus en plus appelés à composer avec cette source d'énergie en émergence, c'est pourquoi Électricité hors construction a demandé à M. André Nitcheu, directeur de l'ingénierie chez Énergie Matrix, de nous parler d'éléments touchant les systèmes qui ne sont pas reliés au réseau de distribution régulier d'électricité.*

## Introduction

Chaque système solaire Photovoltaïque (PV) hors réseau doit se doter d'un régulateur de charge afin de gérer la charge des accumulateurs. Les régulateurs offrent plusieurs autres fonctions dans la gestion et l'installation d'un système PV avec accumulateurs. Nous verrons dans le présent article les principales différences entre les contrôleurs traditionnels PWM (Pulse Width Modulation) et les MPPT (Maximum Power Point Tracking) qui ont un rendement de régulation de charge supérieure de 20-30% en comparaison aux PWM.

## La technologie de régulation de charge PWM

Les régulateurs solaires traditionnels intégrant la technologie PWM (pour Pulse-Width modulation) relient les panneaux solaires au banc de batteries. Dans cette utilisation directe, la tension de sortie des panneaux est réduite à la tension nominale des batteries. Cela est dû au fait que les batteries sont une charge importante vis-à-vis du courant limité en sortie des panneaux. La tension  $V_{mp}$  (pour tension à puissance maximale) correspond ici à l'abscisse  $V_{Max}$ . au point d'inflexion de la courbe I/V (courant/tension) du module solaire, le point de puissance maximale  $P_{Max}$ . La puissance des modules (i.e. 100W ou 205W) sont donc spécifiés à la tension de puissance maximale  $V_{mp}$ .

Prenons l'exemple d'un système 12V, la tension de la batterie se situe entre 10-15 Vcc. Cependant, les modules solaires ont généralement une tension  $V_{mp}$  autour de 17V. Lorsqu'une rangée de panneaux ( $V_{mp}$  totale de 17V) est reliée pour charger les batteries, celles-ci dictent et abaissent la tension en sortie des panneaux. Ceux-ci ne fonctionnent donc plus sous une tension optimale de 17V, mais autour de 10 à 15V.

Du fait que les régulateurs PWM fonctionnent rarement à la tension  $V_{mp}$  des panneaux solaires, l'énergie qui aurait pu charger les batteries et alimenter les charges du système est simplement dissipée. Et plus l'écart entre la tension  $V_{mp}$  des panneaux et la tension des batteries est élevée, plus l'énergie est gaspillée.

## La technologie MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Les régulateurs MPPT traquent avec une grande rapidité et une grande précision la tension  $V_{mp}$  des panneaux solaires. Ils balayent une plage de tension en entrée pour déterminer constamment à quel point se trouve la puissance maximale délivrée par les panneaux.

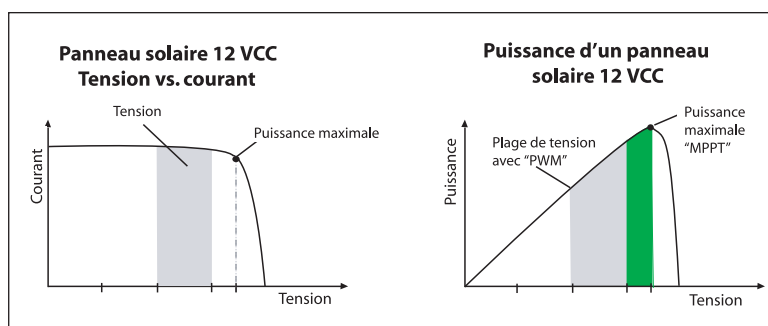
Le régulateur MPPT prélève la puissance à cette tension  $V_{mp}$  et la renvoie vers les batteries sous une tension plus basse, ce qui a

pour effet d'augmenter le courant de charge. Comme les puissances en entrée et en sortie du régulateur sont égales (dans un modèle au rendement à 100%, les pertes dues à la conversion et au câblage sont négligées), un abaissement de la tension entraîne nécessairement une augmentation proportionnelle du courant. La puissance, exprimée en Watts, est égale au produit de la tension et du courant, ainsi, si la tension est réduite, le courant augmente nécessairement pour maintenir le ratio entrée/sortie égal. Pour un rendement de 100% :

Puissance d'Entrée = Puissance de Sortie

Volts Entrée \* Amps Entrée = Volts Sortie \* Amps Sortie

Exemple : Prenons un panneau de 135W ( $V_{mp}$  de 17V) relié à une batterie de 12V via un régulateur MPPT. Sous des conditions idéales, le courant maximum tiré des panneaux est de 7.94A ( $135W/17=7.94A$ ). Cependant, la tension nominale des batteries est de 12V, ce qui implique que le courant actuel vers les batteries est de 11.24A ( $135W/12V=11.24A$ ).



Les graphiques précédents présentent l'avantage d'un régulateur MPPT versus un régulateur traditionnel. La conséquence directe de cette formule : moins les batteries sont chargées (faible tension), plus elles recevront un courant boosté. C'est précisément à ce moment qu'elles vont avoir besoin d'un important courant de charge.



## Effets climatiques

Les conditions climatiques peuvent faire varier la tension  $V_{mp}$  des panneaux solaires. Un ombrage partiel du panneau solaire, la température des modules, la réflexion de la lumière par temps nuageux, tous impactent la tension  $V_{mp}$ . La technologie MPPT

traque toute variation de cette  $V_{mp}$  pour en maximiser la production à tout moment de la journée.

C'est à basse température que l'augmentation de l'efficacité des modules est la plus notable. Lorsque la température des modules solaires chute, la tension  $V_{mp}$  augmente. Pour un régulateur PWM, une baisse de la température s'accompagne d'une baisse du rendement de la charge énergétique (puisque l'écart entre la tension  $V_{mp}$  et la tension de la batterie augmente). À l'inverse, le régulateur MPPT suit cette variation et convertit la tension produite en excès en courant de charge. En général, toute augmentation de la tension  $V_{mp}$  accroît l'efficacité d'un régulateur MPPT comparativement à un régulateur PWM.

Un autre paramètre est à prendre en compte. Au fil des saisons, l'incidence des rayons du soleil venant frapper le module solaire varie également (si celui-ci reste fixe). Plus l'angle incident est élevé, moins le module fournira de l'énergie. C'est dans des cas où l'angle d'incidence est élevé (et la puissance fournie plus faible) que la technologie MPPT joue tout son rôle en maximisant le rendement énergétique.

### Dimensionner un champ PV avec régulateur PWM

*NOTE : La tension  $V_{mp}$  des panneaux solaires devrait être à la fois la plus haute mais aussi la plus proche possible de la tension de charge des batteries. Une tension  $V_{mp}$  beaucoup trop élevée que la tension de charge des batteries impliquerait une baisse de l'efficacité de la charge.*

Enfin, le courant de sortie des panneaux est aussi à considérer. À la différence des régulateurs MPPT, les régulateurs traditionnels PWM n'amplifient pas la production du courant en convertissant la différence de tension. Cela signifie que le courant issu des panneaux solaires est égal au courant délivré aux batteries. Les modules solaires doivent être choisis de telle sorte que le courant de court-circuit ( $I_{sc}$ ) n'excède pas le courant nominal du régulateur. Un courant plus élevé que le courant nominal de charge du régulateur déclencherait le dispositif de protection de court-circuit, voire endommagerait le régulateur.

*IMPORTANT : Pour tout système PV, le courant nominal du régulateur doit être égal ou plus grand que 125% du courant de court-circuit en sortie des panneaux solaires ( $I_{sc}$ ). Par exemple, le courant de sortie maximal autorisé en entrée d'un régulateur 30A serait 24A ( $24A * 1.25 = 30A$ ).*

### Dimensionner un champ PV avec régulateur MPPT

Comme les régulateurs PWM, le paramètre à prendre en compte en premier est la tension de circuit-ouvert ( $V_{oc}$ ). La tension  $V_{oc}$  des panneaux solaires, compensée par les effets de variation de température, doit rester inférieure à cette tension admise par le régulateur MPPT. Une tension  $V_{oc}$  supérieure peut endommager les circuits du régulateur. Pour un courant nominal et une tension du système donnés, il existe une puissance de fonctionnement maximale de panneaux solaires. Les régulateurs MPPT imposent le courant de charge maximal aux batteries, correspondant à leur courant nominal.

*NOTE : le courant de charge des batteries est différent du courant en sortie des panneaux solaires puisque la technologie MPPT amplifie l'ampérage.*

Ainsi, le courant nominal du régulateur multiplié par la tension des batteries indique la puissance maximale des modules solaires.

*Ce texte technique est le premier que Électricité hors construction présente d'un seul coup, malgré sa longueur. La réaction des lecteurs dictera si à l'avenir nous continuerons à présenter des textes aussi longs ou si nous reviendrons à la formule "moins de 800 mots". À vous la parole et merci à M. André Nitcheu pour son excellent travail.*



Exemple : un régulateur MPPT 45A est utilisé dans un système 12V. En multipliant le courant et la tension, on obtient 540W ( $45A * 12V = 540W$ ). La puissance maximale du champ PV dans ce système, couplé au régulateur 45A, est de 540W.

### Avantage pratique pour l'installation

1. Le régulateur solaire MPPT permet aux utilisateurs de faire des branchements des modules PV avec une plus haute tension de sortie que celle des batteries. Par exemple avec les régulateurs conventionnels PWM, si les modules PV doivent être placés loin du régulateur de charge et de la batterie, le calibre du fil doit être assez gros pour réduire la chute de tension. Avec un régulateur solaire MPPT, les utilisateurs peuvent utiliser les fils de petit calibre entre les modules PV et le régulateur. Ceci permet de réduire considérablement les coûts associés au câblage.
2. Dans le passé, les modules solaires standard de 36 et 72 cellules avaient un  $V_{oc}$  respectif d'environ 21-22V $_{oc}$  et 42-44 V $_{oc}$ , ce qui était communément appelé « module PV 12V ou 24V ». De nos jours avec le nombre grandissant de modules solaires de 60 cellules, communément appelés « modules pour branchement au réseau » ont un  $V_{oc}$  d'environ 35-37V $_{oc}$ . Ce voltage n'est pas suffisamment élevé pour l'utilisation d'un régulateur PWM 24V et trop élevé pour un régulateur PWM 12V. Donc, le MPPT, en ayant une entrée de voltage beaucoup plus flexible, permet l'utilisation des modules solaires conçus pour le branchement au réseau dans des applications hors-réseau. Il faut toujours simplement s'assurer de respecter les spécifications du régulateur (la puissance maximale qui est égale au produit courant x tension des batteries ainsi que la tension d'entrée maximale du régulateur).
3. Le fait de faire plus de branchements en série en utilisant les câbles pré-assemblés sur la boîte de jonction des modules PV permet de réduire le temps d'installation.
4. Les MPPT sont souvent dotés de fonctions d'acquisition de données qui génèrent des historiques de production et de consommation. Ces informations facilitent la gestion du système PV à long terme.

### Avantages de production et économique

1. Régulateurs MPPT peuvent fournir jusqu'à 30% plus de courant vers les batteries versus régulateurs PWM à basse température. Ce qui fait en sorte que l'utilisation des régulateurs MPPT est avantageuse dans le climat Québécois ou climats tempérés.
2. Pour des champs PV de 1kW et plus, il est presque toujours plus rentable d'utiliser un régulateur MPPT versus PWM au lieu d'ajouter des modules solaires au système. ■