

1.6 Générateur photovoltaïque

Pour atteindre les niveaux de tension et de courant souhaités, les cellules solaires sont connectées en série et en parallèle pour former un panneau PV comme représenté sur la Figure. 1.6.

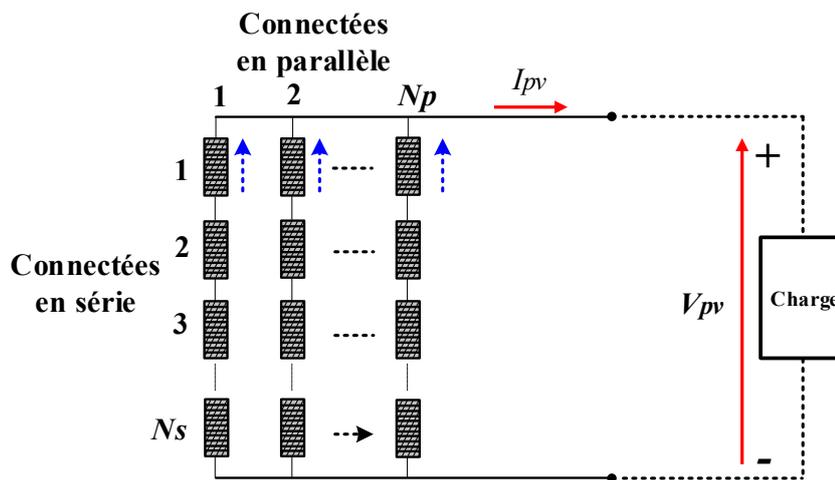


FIGURE 1.6 – Modèle de circuit de panneau PV.

Le générateur PV est constitué de plusieurs nombre de module PV associé en série et en parallèle. Le type de l'association dépend de la valeur de la tension et du courant aux quels ils répondent aux exigences d'entrée du système [15]. L'association en série permet d'augmenter la tension du générateur PV, tandis que la mise en parallèle permet d'augmenter le courant. La connexion série/parallèle des modules PV est donc utilisée pour obtenir un générateur PV aux paramètres souhaités [16].

En regroupant N_s cellules en série et N_p colonnes de cellules en parallèle (Figure.1.7A), on obtient un panneau PV (Figure.1.7B). La tension Equation 1.2 et le courant Equation 1.3 délivré par le panneau PV sont en fonctions des caractéristiques d'une cellule PV :

$$V_{pv} = N_s \times V_{cel} \quad (1.2)$$

$$I_{pv} = N_p \times I_{cel} \quad (1.3)$$

La puissance délivré par le panneau PV est donnée par l'Equation 1.4 :

$$P_{pv} = (N_s \times N_p) \times V_{cel} \times I_{cel} \quad (1.4)$$

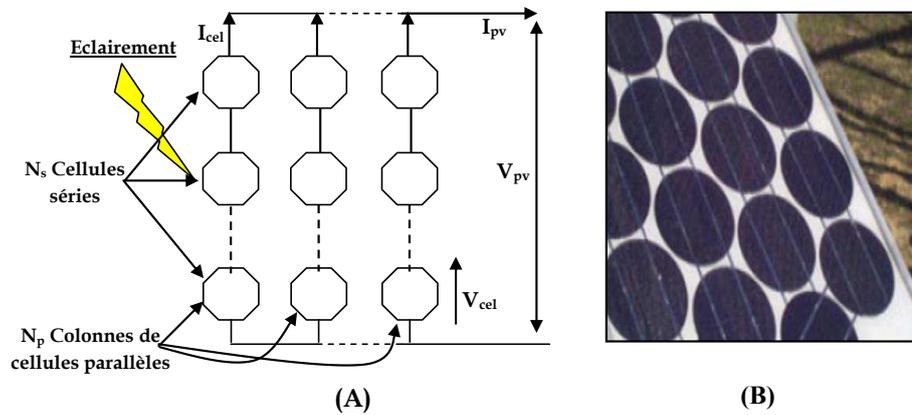


FIGURE 1.7 – Module PV constitué par N_s cellules séries et N_p colonnes parallèles

(A) Structure d'un panneau PV, (B) panneau PV.

1.6.1 Association des panneaux photovoltaïques en série

Le groupement de plusieurs panneaux en série permet d'augmenter la tension, la tension résultante c'est la somme des tensions délivrées par chaque panneau mais le courant traversé par les panneaux est le même. Les Figure.1.8 Figure.1.9 présentent les caractéristiques résultantes obtenues par la connexion en série des panneaux identiques.

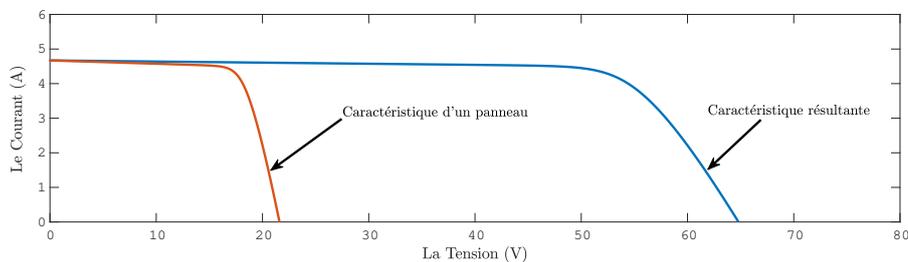


FIGURE 1.8 – Caractéristique $I - V$ résultante de la mise en série des panneaux PV identiques.

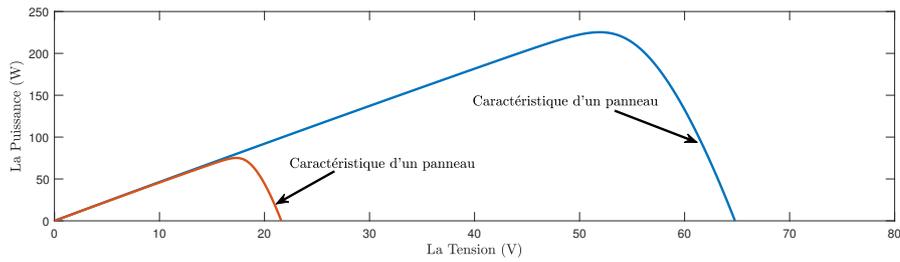


FIGURE 1.9 – Caractéristique $P - V$ résultante de la mise en série des panneaux PV identiques.

1.6.2 Association des panneaux photovoltaïques en parallèle

Le groupement de plusieurs panneaux en parallèle permet d’augmenter le courant, le courant résultant c’est la somme des courants délivrés par chaque panneau mais les panneaux sont soumis à la même tension . Les Figure.1.10 et Figure.1.11 présentent les caractéristiques résultantes obtenue par la connexion en parallèle des panneaux identiques.

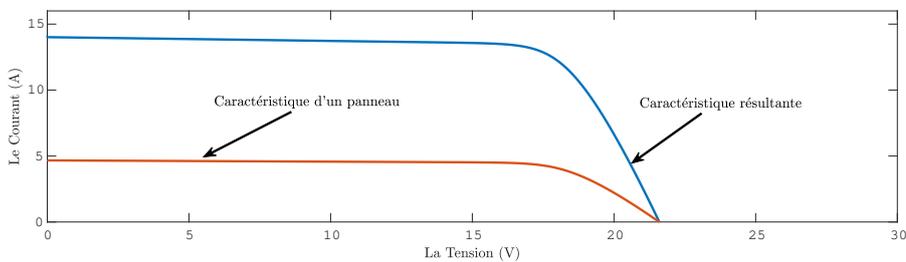


FIGURE 1.10 – Caractéristique $I - V$ résultante de la mise en parallèle des panneaux PV identiques.

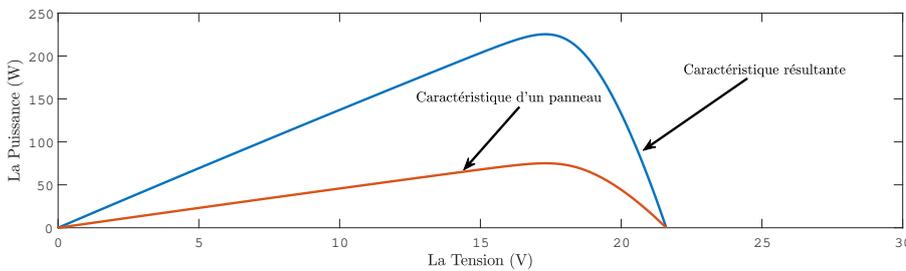


FIGURE 1.11 – Caractéristique $P - V$ résultante de la mise en parallèle des panneaux PV identiques.

1.7 Protections classiques d'un générateur photovoltaïque

Pour augmenter la durée de vie d'une installation PV, elle nécessite une protection électrique contre les pannes destructrices liées au regroupement des modules. Deux types de protections sont utilisés [17] comme illustré dans la Figure.1.12.

- protection contre les courants négatifs lors de regroupement en série des panneaux PV (diode anti-retour)
- protection contre les points chauds lors de regroupement en parallèle des panneaux PV (diode by-pass).

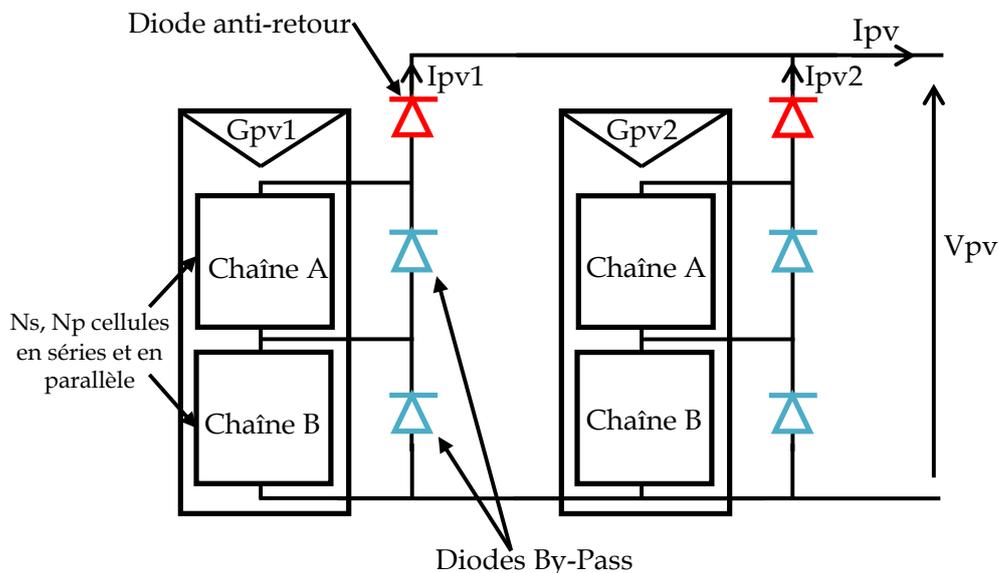


FIGURE 1.12 – Association de deux générateurs PV en parallèles avec les diodes de protections.

1.7.1 Protection lors d'un regroupement série des générateurs PV

Les deux diodes colorées en rouge sont des "diodes anti-retour" connecté en série avec chaque Générateur PV (GPV). Les diodes anti-retour sont différentes des diodes By-Pass, mais dans la plupart des cas, les deux diodes sont physiquement identiques. Cependant, ils sont installés différemment et ont un but différent.

Ces diodes anti-retour assurent que le courant ne circule que dans un seul sens. Le rôle de ces diodes est d'éviter que le courant généré par les autres GPV connectés en parallèle ne s'écoule pas à travers un autre GPV plus faible (ombré) [18].

1.7.2 Protection lors d'un regroupement parallèle des générateurs PV

Les diodes colorées en bleu ci-dessus sont des "diodes By-Pass" connectées en antiparallèle avec chaque module solaire pour fournir un chemin moins résistant. Les diodes By-Pass sont ajoutées à n'importe quel GPV. La fonction de ces diodes est d'éliminer les phénomènes de points chauds qui peuvent endommager les modules PV et même provoquer un incendie si le rayonnement solaire n'est pas uniforme [19]. Cette configuration élimine la création de points chauds et permet aux modules PV de fonctionner avec une grande fiabilité tout au long de leur vie. Ces diodes affectent la caractéristique $P - V$ du module PV comme illustré sur la Figure.1.13. Les diodes By-Pass doivent être en mesure pour supporter le courant de court-circuit en toute sécurité. Deux types des diodes By-Pass sont disponibles : la diode de silicium à jonction $P - N$ et la diode à barrière de Schottky. La diode à barrière de Schottky a une chute de tension directe plus inférieure d'environ 0,4 volts par rapport à la diode de silicium à jonction $P - N$ d'environ 0,7 volts. Sa chute de tension permet une économie dans chaque branche de générateur PV, donc le GPV serait plus efficace en raison de la faible dissipation d'énergie dans la diode [20][21].

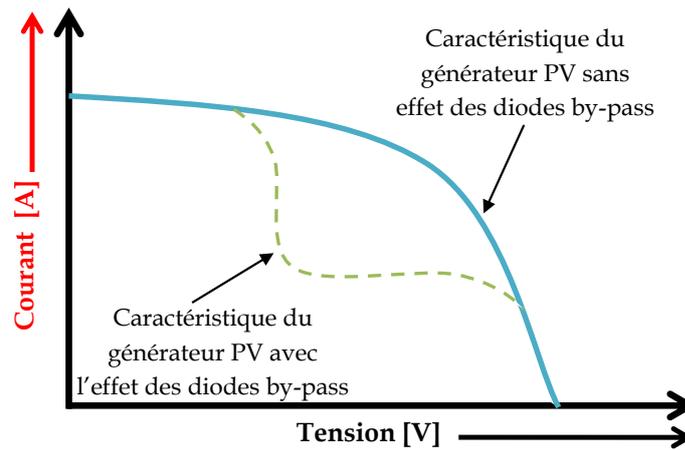


FIGURE 1.13 – L'effet des diodes by-pass sur la caractéristique du générateur PV.

1.8 Couplage direct

Lorsqu'un panneau PV est directement couplé à une charge comme présenté dans la Figure.1.14,

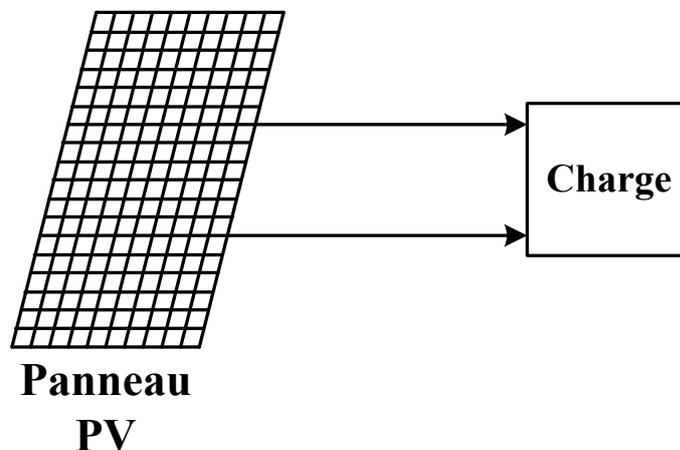


FIGURE 1.14 – Couplage direct entre un panneau PV et une charge.

Le point de fonctionnement de panneau PV sera l'intersection de la caractéristique $P - V$ du module PV et la caractéristique de charge comme illustré dans la Figure.1.15. L'impédance de la charge impose le point de fonctionnement sur le module PV. Pour éviter ce problème, une étage d'adaptation entre le module

PV et la charge avec sa commande MPPT est obligatoire pour maintenir le système à fonctionner dans le MPP [22][23].

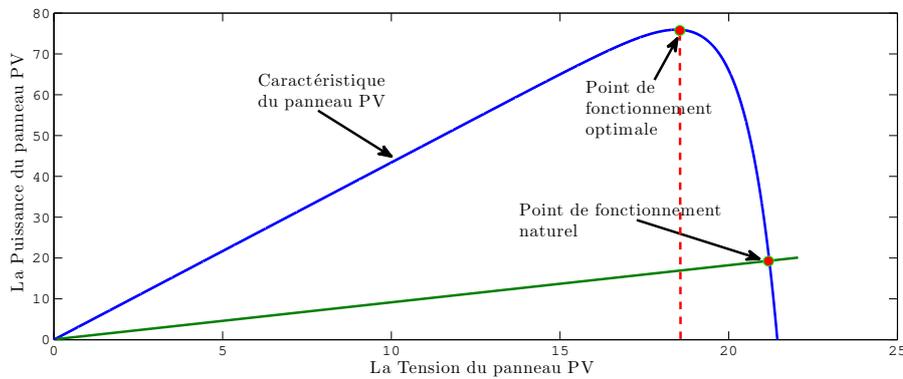


FIGURE 1.15 – L'intersection de la caractéristique $P - V$ du panneau PV et la caractéristique de la charge.

1.9 Poursuite du point de puissance maximale (MPPT)

Comme mentionné précédemment, la puissance de sortie du système PV dépend de la température et de l'éclairement. Donc, il est nécessaire de suivre en permanence le point de puissance maximum (MPP) du système en utilisant un contrôleur MPPT appliqué au convertisseur DC-DC. Cela se fait en modifiant en permanence le rapport cycle de ce convertisseur [24]. Plusieurs méthodes ont été proposées pour extraire la puissance maximale du module PV. Toutes ces méthodes de suivi ont leurs propres avantages et inconvénients mais les principaux caractères techniques de ces méthodes peuvent être résumés en trois points : la vitesse de suivi, la précision de suivi et la stabilité. Le système de commande de base de contrôleurs MPPT est présenté dans la Figure.1.16. Les techniques MPPT proposées dans la littérature sont utilisées dans la plupart des produits commerciaux qui mesurent généralement le courant et la tension du module PV. La détection directe de la température et de l'éclairement est normalement évitée, car leur mesure nécessite des dispositifs coûteux qui doivent être placés dans tout le GPV. Le contrôleur MPPT peut être réalisé en fonction de différentes méthodes et algorithmes. Les méthodes les plus utilisées sont connues sous le

nom perturber et observer (P&O) et Incrément de la Conductance (IncCond). La méthode P&O est largement utilisée dans les produits commerciaux et constitue la base des algorithmes les plus sophistiqués proposés dans la littérature. La méthode IncCond peut être considérée comme une version améliorée de la méthode P&O. Ces techniques peuvent extraire plus de 97% de la puissance du panneau PV lorsqu'elles sont correctement optimisées [25][26].

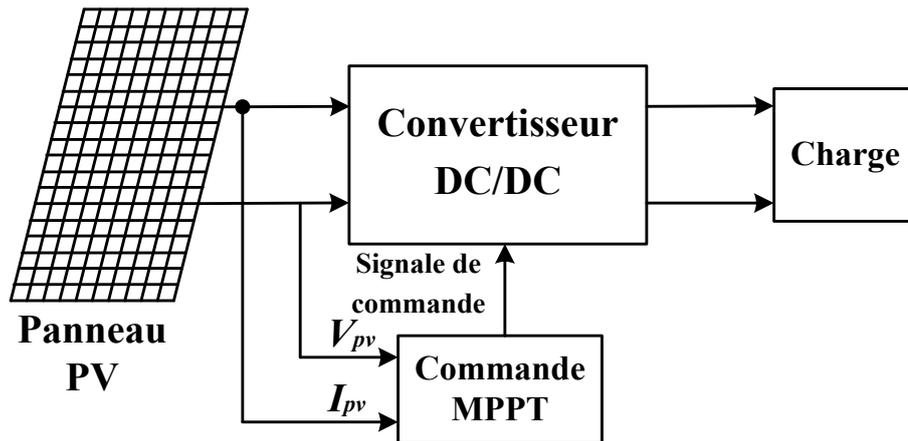


FIGURE 1.16 – Système typique avec contrôleur MPPT.

1.10 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la modélisation du panneau PV utilisant le circuit équivalent. La courbe caractéristique $I - V$ du panneau PV est non linéaire et la quantité de puissance extraite varie considérablement en fonction de la température et du rayonnement. La puissance produite par le panneau photovoltaïque est directement proportionnelle à l'irradiation et inversement proportionnelle à la température.

Pour chaque valeur de rayonnement et de température, nous avons un point de fonctionnement maximum. Ce MPP est suivi sur une base permanente pour un rayonnement et une température donnés. cet MPP fera l'objet du prochain chapitre.