

Chapitre I:

GENERALITE SUR LES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUE

I.1 Introduction :

Le soleil nous fournit l'énergie sous deux formes principales de la chaleur et de la lumière. Un type majeur de systèmes d'énergie solaire, un système PV solaires qui convertissent la lumière solaire directement en électricité, lorsque les modules PV sont exposés à la lumière solaire, elles génèrent un courant électrique continu (DC). Ensuite, l'onduleur convertit le courant continu en courant alternatif (AC), de sorte qu'il peut être alimenté dans l'un des panneaux de distribution d'énergie (AC) dans le bâtiment sans affecter la qualité de l'alimentation. Lorsque l'installation de panneaux photovoltaïques sur la surface et intégré dans les façades des bâtiments. Donc, il est optimal pour déterminer les modules solaires qui doivent être pris en compte de positions. Dans ce chapitre, des exemples de modules photovoltaïques et systèmes solaires photovoltaïques sur les bâtiments.

I.2 Système photovoltaïque:

I.2.1 Définition :

Le système photovoltaïque est un système destinée effectuer les tâches suivantes :

- Convertir à l'énergie lumineuse à l'énergie électrique.
- Conditionnée cette énergie en veut adapte de besoin spécifique.

L'énergie photovoltaïque est une tache difficile due aux fait que comme source énergétique possible utilisé en principe sont qu'une limitation. Sont utilisation dans le marcher est conditionner par sa rentabilité face à d'outre source d'énergie conventionnelle.

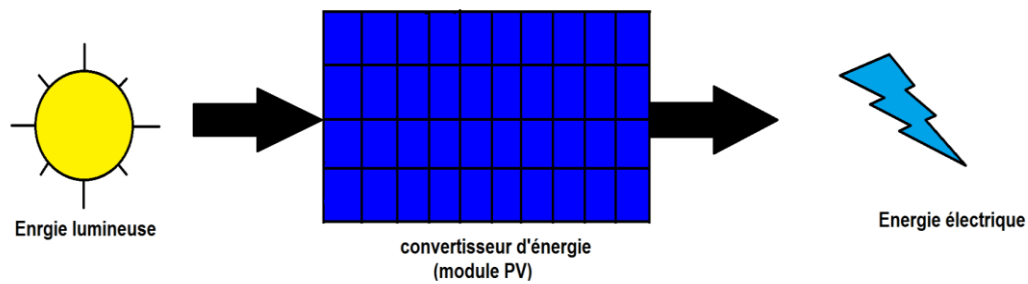


Figure I.1 : Schéma de principe de conversion d'énergie photovoltaïque.

I.3 Module photovoltaïque :

I.3.1 Définition :

Le module photovoltaïque est une ensemble des cellules solaire pour générée une puissance exploitable, En réalise des modules de diverse puissance selon la surface mise en œuvre. Il varie d'un type à l'autre en raison du type de matériau constitué par la :

- Si- Monocristalline.
- Si- Polycrystalline.
- Si- Amorphe.

On peut dire à ce sujet générateur photovoltaïque. Vous pouvez également contrôler la distribution des cellules, et dans le tableau indiquent rendement chaque type de matériau [1]

Technologie	Rendement
Si- Monocristalline	12.5-15%
Si- Polycrystalline	11-14%
Si-Amorphe	5-7%

Tableau I.1 : Défèrent type de technologie du module photovoltaïque.

La plus évidente entre les technologies de cellules photovoltaïques est la différence d'efficacité de conversion, comme le résume dans le tableau.

Par exemple, le silicium amorphe est presque doubler la zone photovoltaïque du silicium cristallin, car l'efficacité typique est réduite à la moitié, pour la même capacité nominale dans des conditions d'essai standard (STC) et donc plus faible efficacité globale.

I.4 Les type des panneaux photovoltaïques :

I.4.1 Panneaux photovoltaïque orientable :

Avec des panneaux orientables, on peut modifier l'inclinaison tous les mois, mais par facilité, on peut également choisir une inclinaison pour l'été une autre pour l'hiver. On utilise généralement ce genre de structure pour des applications au sol ou sur des toits plats. Pour ces systèmes à inclinaison variable, il existe un angle d'inclinaison des panneaux par rapport à l'horizontale, qui permet de maximiser la production d'électricité mensuelle [1].

I.4.2 Panneaux photovoltaïque fixes:

Les panneaux fixes sont installés dans une position fixe tout au long de l'année (azimut et l'inclinaison). Le rendement optimum est obtenu pour une orientation sud avec une inclinaison de 34° . Dans cette position, un système d'une puissance d'1 KWc produit environ 900 KWh par an. Si on s'écarte de cette position, le rendement diminue. Cette diminution du rendement peut être calculée en multipliant le rendement obtenu en position optimale par le facteur de correction pour l'orientation et l'inclinaison choisie (Ce qu'on appelle le facteur transposition qui tient compte de l'orientation et de l'inclinaison FT) [1].

I.4.3 Panneaux photovoltaïque mobile ou suiveur solaire:

L'objectif du système de panneaux mobiles est de pouvoir le soleil tout au long de la journée. Pour cela, la structure possède deux degrés de liberté. Une rotation horizontale pour régler l'azimut et une rotation verticale pour l'inclinaison. Ce système permet aux panneaux photovoltaïques de suivre continuellement la position du soleil pour assurer une production électrique maximum. Ce type de structure permet d'augmenter la production d'électricité par rapport aux panneaux fixes d'environ 25% [1].

I.5 Types de système photovoltaïque :

Peuvent être classés comme des systèmes solaires photovoltaïques sur la base de l'application finale de la technologie, il existe deux principaux types de systèmes solaires photovoltaïques:

- Système non connectée aux réseaux électrique (OFF GRID).
- Système connectée aux réseaux électriques (ON GRID).

Dans le diagramme c'est après en distingue les deux type des systèmes photovoltaïque et leur application :

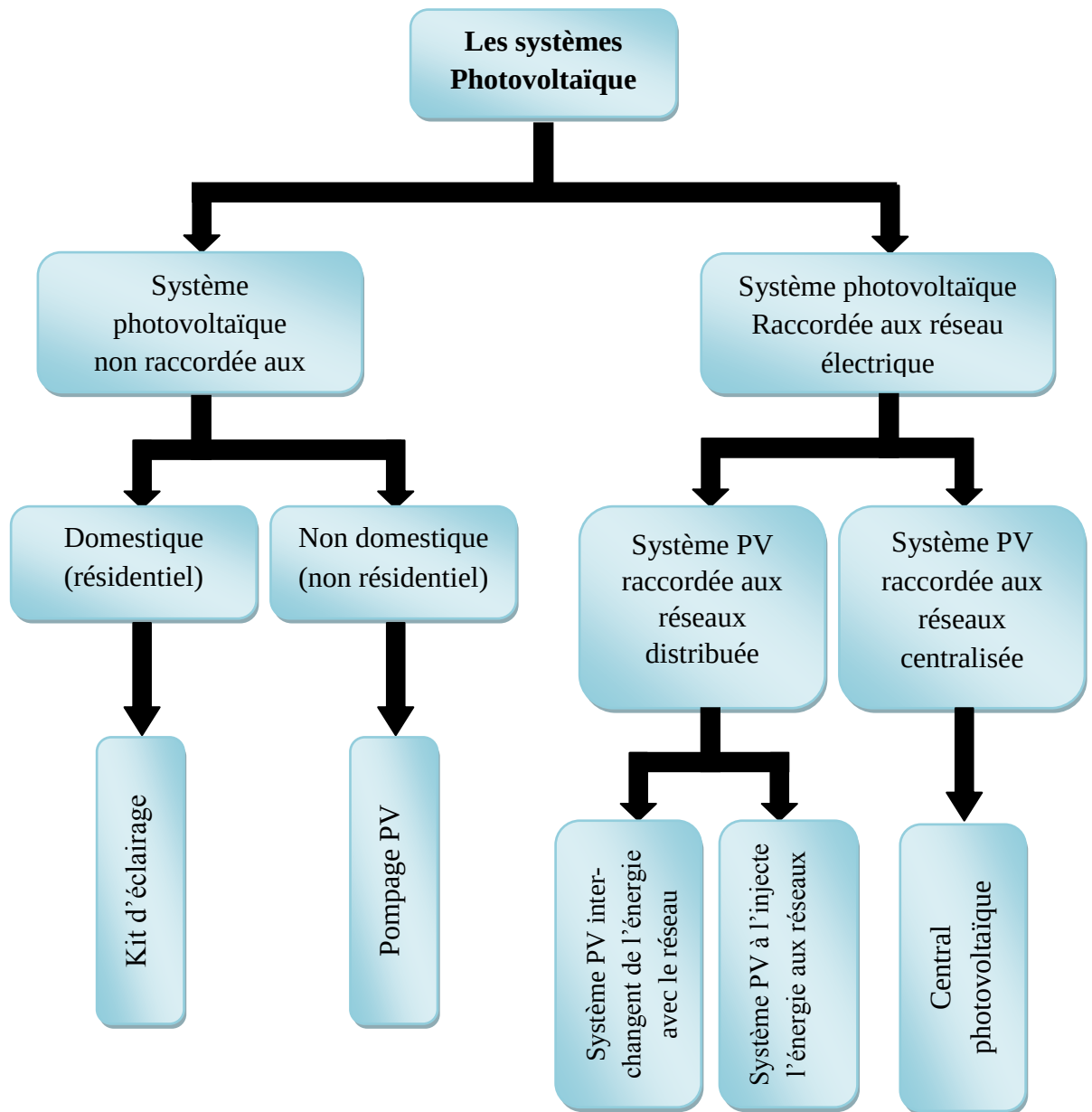


Figure I.2: Diagramme représente les deux types de système PV et leur application.

I.6 Les différents types des systèmes photovoltaïques:

I.6.1 Système photovoltaïque autonome :

Système photovoltaïque autonome applique aux zones où il n'y a pas de réseau d'électricité. Ceux-ci sont généralement installés systèmes solaires photovoltaïques dans des endroits isolés où le réseau électrique être loin, telles que les zones rurales. Et il peut également être installé à l'intérieur de la ville, tels que le bâtiment et les institutions.

Système photovoltaïque autonome avec le réseau doit être cycle profond rechargeable tel que le plomb-acide, batteries au nickel ou au lithium pour stocker l'électricité pour une utilisation dans

des conditions dans lesquelles l'énergie solaire photovoltaïque est la production peu ou pas de la nuit ont des batteries comme le montre la figure(I.3).

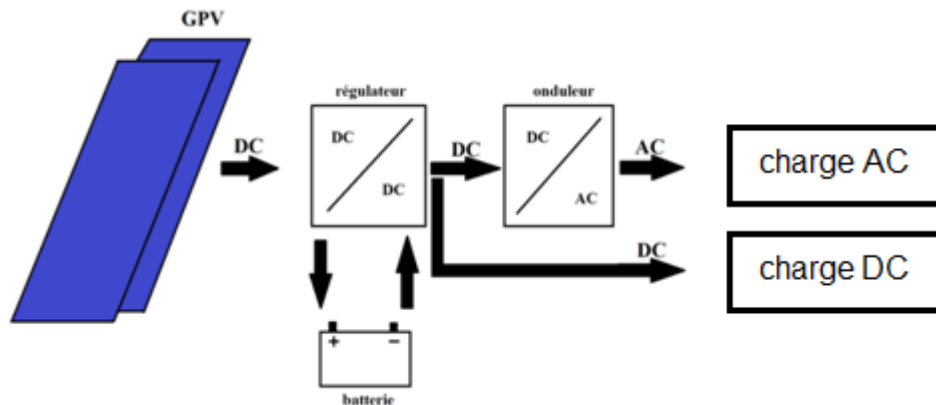


Figure I.3: Topologie de système PV autonome.

I.6.2 Système photovoltaïque connecté au réseau électrique:

I.6.2.1 Système photovoltaïque à injectée dans le réseau :

Les panneaux solaires produisent de l'électricité à courant continu, l'énergie électrique est convertie en courant alternatif. Cette fonction est réalisée par l'onduleur pour convertir le courant continu en courant alternatif devant être injecté directement dans le réseau la figure (I.4).

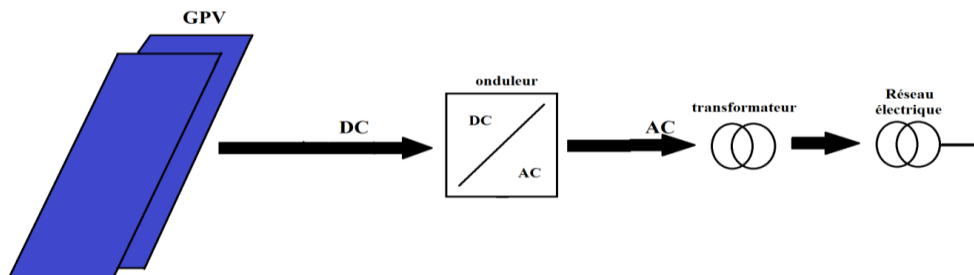


Figure I.4: Topologie de système PV injecté l'énergie au réseau électrique.

I.6.2.2 Système photovoltaïque inter-changé de l'énergie avec le réseau :

La plupart des systèmes photovoltaïques solaires installés sur les bâtiments ou montés sur le sol si le sol n'est pas une contrainte. Pour les bâtiments, ils sont montés soit sur la surface ou incorporés dans le bâtiment. Aussi connu comme le dernier bâtiment photovoltaïque intégré (BIPV). Avec Pep, le module photovoltaïque généralement le déplacement d'un autre composant des bâtiments, par exemple. Verre ou d'un toit ou une fenêtre de revêtement mural, et il y a deux dans l'alimentation électrique de l'immeuble, l'un des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque et l'autre à partir du réseau électrique. Alimentation combinée alimente toutes les charges connectées au compteur principal.

Le rapport différent solaire d'alimentation en énergie photovoltaïque au réseau d'alimentation en électricité, en fonction de la taille du système solaire photovoltaïque. Chaque fois que l'alimentation en énergie solaire photovoltaïque a dépassé la demande pour la construction, nous exporterons l'électricité excédentaire au réseau. Quand il n'y a pas de lumière du soleil pour produire de l'électricité photovoltaïque pendant la nuit, l'alimentation du réseau électrique toute la demande pour le bâtiment, la composition de l'affichage du système solaire photovoltaïque connecté au réseau de la figure (I.5).

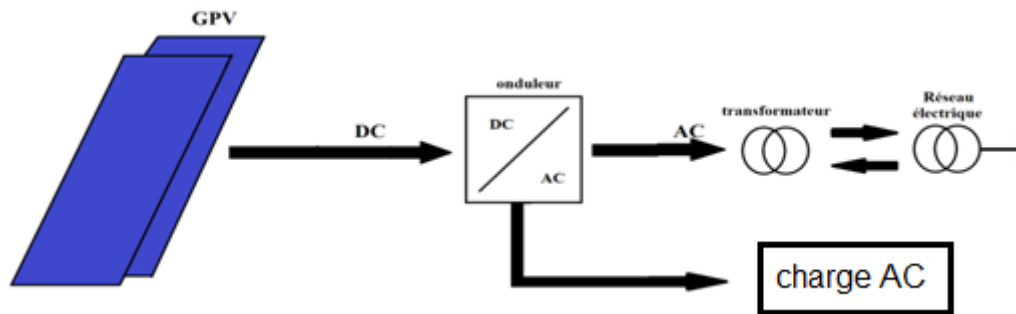


Figure I.5: Topologie de système PV interconnectant l'énergie avec réseau électrique.

I.6.2.3 Système raccordés au réseau centralisé :

Ce type du système est muni d'une structure porteuse des modules photovoltaïques amovible, elle sert à orienter et à viser les modules dans une direction optimale par rapport au soleil, à cause des problèmes d'ombrage, le besoin de la surface de captage.

I.7 Système photovoltaïque rattachée au bâtiment :

Lorsque l'orientation et l'inclinaison sont favorables, il est possible d'utiliser une structure construite comme support pour l'équipement photovoltaïque. On réalise de la sorte une économie appréciable de terrain mais au prix d'un coût de construction des fondations et de la structure elle-même. Si le bilan est favorable, le coefficient d'utilisation du sol peut être inférieur à l'unité.



Figure I.6: Installation de système PV rattachée au bâtiment.

I.8 Système photovoltaïque intégrée en bâtiment :

Sur le bâtiment nouveau ou vieux pour exploiter de façade et toiture il est possible le remplace des éléments qui servent d'enveloppe à bâtiment par les éléments photovoltaïque. On plus des avantages de cas précédent en obtient une meilleure intégration visuelle est l'on économisée le cout des plaque revêtement.



Figure I.7: Installation de système PV intégrée au bâtiment.

I.9 Topologie de système PV connecté au réseau électrique :

a. Système PV à Onduleur Central :

Dans le cas d'onduleur central, les divers panneaux solaires pour une grande installation ($>10\text{kW}$) sont montés en rangées pour former une chaîne (String en anglais), elle même couplée en parallèle avec des diodes anti-retours à plusieurs autres, (Figure I.8). Le générateur PV de forte puissance ainsi structuré est relié du côté DC à un seul onduleur. Cet onduleur central présente une grande efficacité énergétique à des coûts réduits. La fonction principale de cet appareil est de créer une tension alternative à partir d'une tension continue la plus compatible avec le réseau et d'examiner en permanence la présence ou non du réseau pour autoriser l'injection du courant. La structure classique de l'onduleur est souvent un circuit en pont permettant de relier chacun des deux pôles d'entrée à chacun des deux pôles de sortie par le biais d'interrupteurs de puissance [2].

Le couplage direct des installations PV avec des onduleurs sans transformateur gagne en importance. En effet, ils sont peu onéreux et offrent un rendement énergétique imbattable (entre 95% et 97% pour les fortes puissances). Pour pouvoir alimenter le réseau, la tension d'entrée doit toujours dépasser la tension crête de la tension réseau redressée. Soit, pour une valeur de tension efficace réseau de 250V, une source de tension minimale de 354V est nécessaire pour pouvoir injecter un courant sinusoïdal dans le réseau. Par conséquent, un panneau mal adapté ou encore un ombrage partiel porte préjudice à une exploitation optimale de chaque chaîne PV et entraîne une réduction du rendement énergétique. L'onduleur central possède de plus en plus souvent au moins un système de contrôle MPPT lui permettant de fonctionner à son PPM. Cela marche

parfaitement tant que les panneaux sont identiques et qu'ils fonctionnent sous un ensoleillement homogène. Mais lorsque les caractéristiques électriques entre les panneaux diffèrent, dues à des ombrages, des salissures, au vieillissement ou au stress, la commande MPPT devient incertaine et le champ photovoltaïque ne produit pas autant qu'il le pourrait. En outre, la fiabilité de l'installation est limitée parce qu'elle dépend d'un seul onduleur. Ainsi, lorsqu'une panne de l'onduleur central se produit, elle entraîne l'arrêt complet de l'installation et donc de la production [2].

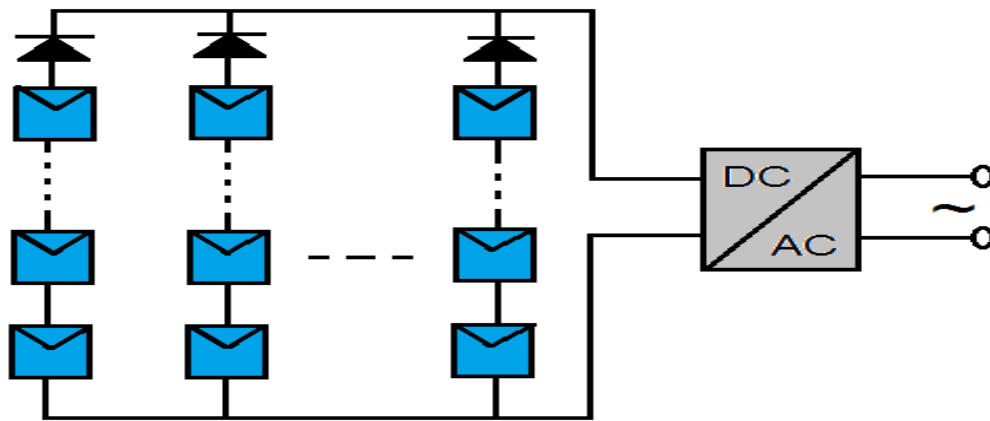


Figure I.8: Schémas de principe de topologies d'installations PV à onduleur central connectés au réseau électrique.

b. Système PV à Onduleur String :

De même que pour l'onduleur central, le champ PV est, ici aussi constitué de strings (chaînes). Chaque string est toutefois relié à un onduleur (Figure I.10). Chaque string peut ainsi fonctionner à son PPM. Cette technologie réduit considérablement le risque de problèmes d'adaptation ainsi que les pertes dues aux effets d'ombrage, tout en éliminant celles occasionnées par les diodes anti-retour et un câblage prolongé vers le générateur DC. Ces propriétés techniques avantageuses accroissent la fiabilité de l'installation ainsi que sa production énergétique. Mais il faut prendre en compte l'augmentation du nombre d'onduleurs de moyenne puissance disposant de rendement compris entre 92% et 96% nécessaires pour calculer le surcoût d'une telle architecture par rapport à la précédente.

Une étude théorique développée [03] explore les avantages et les bénéfices à utiliser une architecture string comparée à une architecture centralisée. Ces travaux sont focalisés sur l'évaluation des performances des deux types de systèmes en prenant en compte les pertes dans les dispositifs d'électronique de puissance, les dissipations dans les câbles et les sensibilités des GPV vis-à-vis de l'irradiance et des effets d'ombrages. Il en résulte que l'architecture string apporte un gain en rendement de 1.5% par rapport à une conception centralisée. Cependant,

l'aspect économique n'est pas pris en compte ici. Une autre étude en [04] montre que, pour une installation inférieure à 5kWc sur 25 ans, l'architecture string n'est financièrement pas intéressante du fait de son surcoût à l'installation et du coût de la maintenance. Les auteurs intègrent une variable MTTF très intéressante (Mean Time To Failure of inverter). Elle permet d'évaluer le taux de pannes d'un onduleur sur une durée déterminée et donc permet d'estimer plus précisément l'aspect économique d'une architecture par rapport à une autre. Dans certains cas, il est même économiquement plus avantageux de ne pas remplacer un onduleur string défectueux dans un ensemble de grande puissance.



Figure I.9: Exemples d'installations photovoltaïques ayant besoin de plusieurs onduleurs.

Cependant, un paramètre reste toujours incertain dans le contrôle MPPT lorsque la caractéristique de puissance du string possède plusieurs pics de puissance. Dans ce cas, l'onduleur peut fonctionner à un faux point de puissance maximum comme pour les architectures DC présentées précédemment et par conséquent, la puissance délivrée ne sera pas la puissance maximale disponible. Cette configuration peut arriver lors de différentes configurations comme le montre la Figure I.9. Une partie des panneaux peut être sale ou cachée par des ombres ou de la neige ou bien l'orientation des panneaux d'un même string n'est pas identique pour tous les panneaux. Une disposition non optimale des panneaux implique donc qu'un string peut recevoir une irradiance inhomogène pouvant perturber la recherche du PPM. La solution en termes de gain énergétique est d'aller vers une gestion plus individuelle des panneaux en intégrant par exemple un étage d'adaptation par GPV [2].

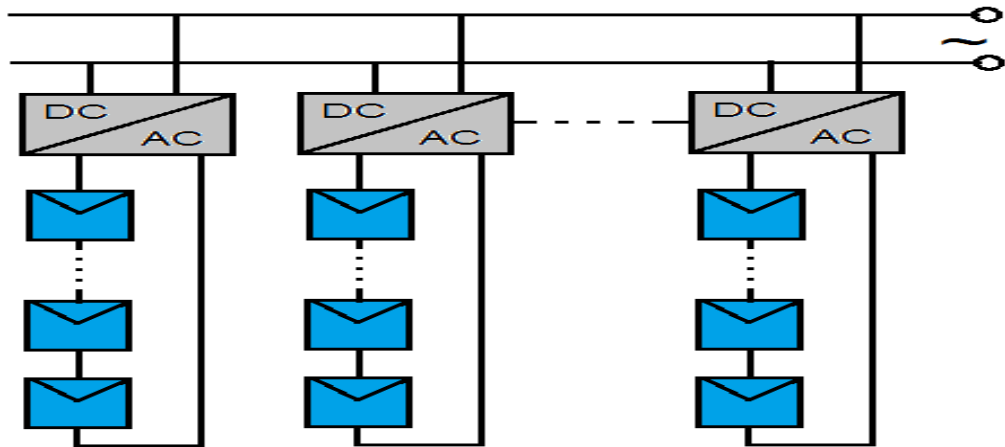


Figure I.10: Schémas de principe de topologies d'installations PV à onduleur string connectés au réseau électrique.

c. Système PV à Modules AC (onduleur intégré au module) :

Chaque panneau dispose ici de son propre onduleur (Figure I.11), ce qui permet théoriquement d'éviter toutes pertes liées à la différence de puissance entre chaque module quelle que soit l'origine du défaut. Le rendement des onduleurs intégrés aux panneaux reste cependant en-deçà de celui de l'onduleur string à cause de la grande différence des tensions entre les GPV et la charge. De plus, les onduleurs intégrés aux panneaux induisent des coûts de câblage supplémentaires du côté AC, étant donné que chaque panneau de l'installation doit être relié au réseau 230 V. Le nombre nettement supérieur d'onduleurs intégrés aux panneaux nécessaires dans cette architecture entraîne un travail de couplage nettement plus conséquent. Ce concept ne s'applique donc généralement qu'aux installations PV d'une puissance modeste allant de 50 W à 400 W [2].

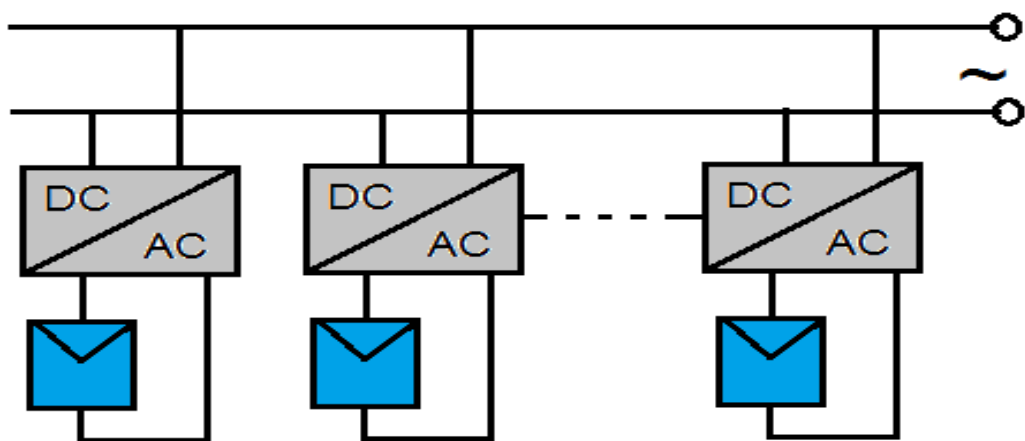


Figure I.11: Schémas de principe de topologies d'installations PV à module AC connectés au réseau électrique.

Récemment, on a vu apparaître un nouveau concept hybride se basant sur les avantages et les inconvénients de chacune des méthodes citées précédemment. Habituellement, les onduleurs strings et intégrés sont reconnus pour leur meilleure réponse aux variations d'ensoleillement et aux inhomogénéités lumineuses mais aussi pour leur facilité d'installation. D'autre part, l'onduleur central est souvent moins cher en termes d'équipement électronique qui est, somme toute, très modeste, il dispose d'un meilleur rendement et est, en plus, plus fiable (Tableau I.2). Les dernières données correspondant aux onduleurs intégrés aux panneaux s'affranchissent en grande partie des problèmes d'ombrage et optimisent la production d'un GPV de façon remarquable. Il reste encore pas mal de développement technologique pour les rendre aussi fiables que les onduleurs centralisés [2].

	Onduleur Central	Onduleur String	Modules AC
Tension PV	340-800V	150-800V	17-90V
pertes DC (Ohmique)	~1-5% en fonction de la tension et de la distance	~1% en fonction de la tension et de la distance	Négligeable
η CONV	95-97%	92-96%	87-93%
Maintenance et réparation	Simple	Difficile (recherche dysfonctionnement)	Difficile (recherche dysfonctionnement)

Tableau I.2: Caractéristiques techniques des différents systèmes de configurations.

d. La conversion multi-string :

En fait, la gestion multi-string est née de la combinaison entre la gestion par onduleur central et la gestion par strings. Comme illustré en Figure I.8-I.12, le principe de la conversion multi-string est basé sur de nombreux convertisseurs DC-DC modulables connectés à un onduleur central via un bus continu [5,6]. Chaque convertisseur DC-DC dispose de sa propre commande MPPT permettant à chaque string de fonctionner à son PPM. Par conséquent, le dysfonctionnement d'un GPV peut être rapidement détecté et localisé. Le fonctionnement de l'ensemble du champ ne sera donc pas affecté par le dysfonctionnement d'un seul GPV. Grâce aux convertisseurs DC-DC, il est possible de travailler sur une plus large gamme de tension PV (tension plus faible en entrée des DC/DC) optimisant ainsi la production photovoltaïque.

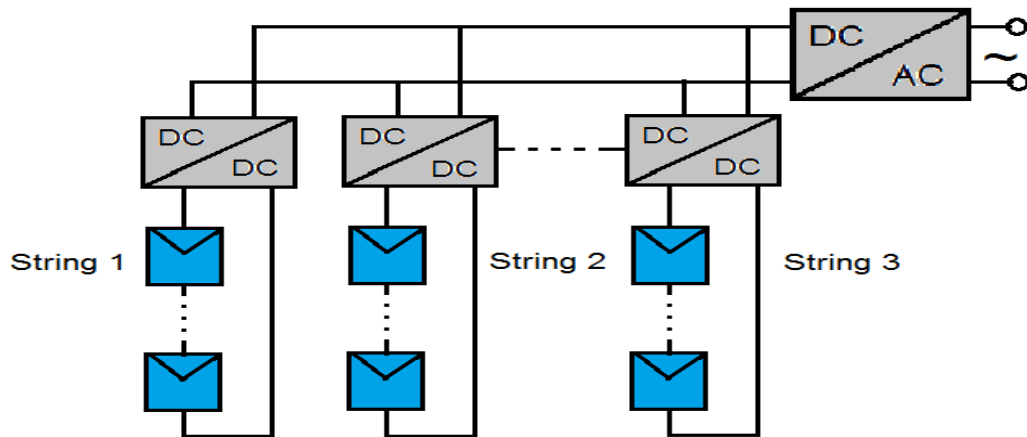


Figure I.12 : Nouvelle structure de conversion multi-string mixte.

Ce concept permet une grande modularité des GPV. On peut imaginer des systèmes dont chaque string possède des GPV de technologies ou de tailles différentes ou orientés différemment par rapport au reste du système. Soit, une première chaîne à l'Est, une seconde à l'Ouest et la troisième au Sud ou encore avec des inclinaisons différentes. Cependant, la présence de plus d'un pic sur la caractéristique $P(V)$ d'un string rend beaucoup plus compliquée la détection du PPM. Un fonctionnement sur un autre point que le PPM, dû à l'erreur de recherche MPPT, conduit à une baisse significative du rendement de cette partie du système global. Pour pallier ces défauts, une nouvelle architecture a été développée sur la base du convertisseur multi-string. Ce nouveau concept intègre un convertisseur DC-DC par panneau avec sa propre commande MPPT, Figure I.13 [7]. Généralement, les panneaux solaires sont associés en série afin d'alimenter l'onduleur avec une tension convenable (180V-500V) et les strings sont ensuite connectés en parallèle afin d'obtenir la puissance désirée.

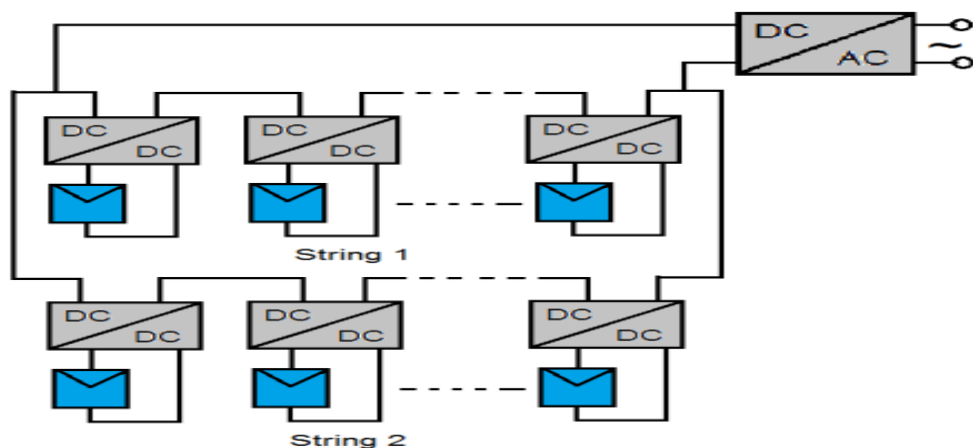


Figure I.13 : Structure de conversion multi-string avec distribution MPPT et mise en série des DC-DC.

I.10 Angle d'installation :

Afin de maximiser la production d'électricité pour une utilisation dans le bâtiment, le meilleur emplacement pour les modules PV à installer est juste au-dessus du bâtiment, face au ciel. Les options d'installation possibles apparaissent à la figure (I.14).

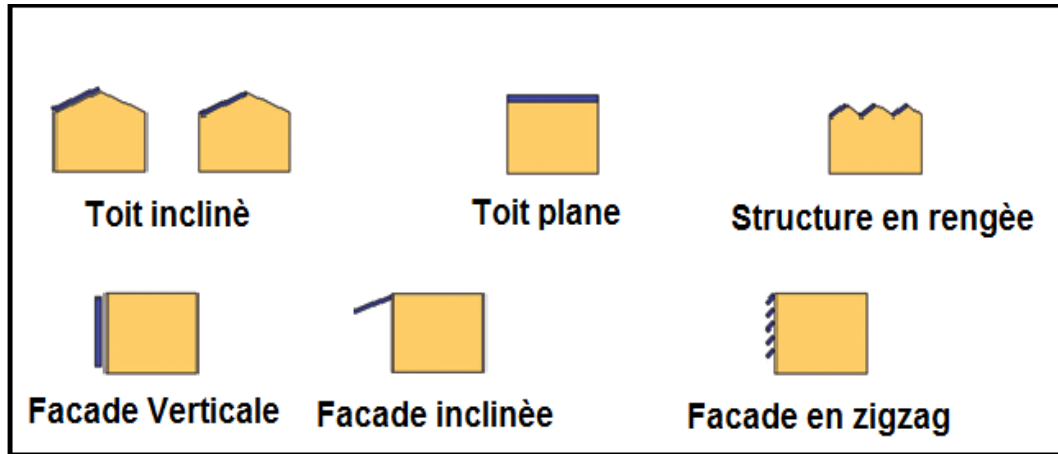


Figure I.14: Différent d'angle d'installation PV.

Façades verticales et les surfaces avec une pente raide ont tendance à souffrir d'une perte importante de la production d'électricité. Avec le PV vers le ciel, il est possible d'améliorer les performances du système de l'installation de modules PV pour suivre le soleil d'est en ouest pendant la journée en direction d'un axe avec un certain angle d'inclinaison.

I.11 Eviter l'ombrage des modules PV

Les modules PV doivent être exempts d'ombre. Ombrage d'une cellule unique du module PV réduira considérablement l'ensemble de la production d'énergie. Les types les plus importants de l'ombre de l'ombre sont livrés par de grands arbres et bâtiments voisins.

I.12 Esthétique dans l'installation de panneaux photovoltaïques

En plus de l'installation de panneaux photovoltaïques sur la surface, il peut être affecté à l'intégration des modules photovoltaïques en face de la construction de manière créative et esthétique. Il peut être installé sur une partie quelconque de la surface ou à l'extérieur bien exposé à la lumière du soleil, par exemple, les murs. Puits de lumière, les fenêtres et les dispositifs d'ombrage extérieurs.

I.13 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons vu les principaux systèmes d'énergie solaire qui peuvent être installés dans le bâtiment, ainsi que les types et les méthodes d'installation de système d'énergie solaire dans le bâtiment.