

Systèmes Photovoltaïques Connectés au Réseau

II.1 Introduction

Les systèmes connectés au réseau sont aujourd'hui prisent sérieusement pour compléter la génération conventionnelle d'énergie dans plusieurs pays industrialisés [8, 10]. Il y a certainement plusieurs projets de démonstrations connectés aux réseaux qui étudient cette possibilité. Bien qu' il sont devenus viables dans le développement économique, la participation des Photovoltaïques dans la génération d'énergie de grande échelle est augmentée à cause des effets environnementaux défavorables des sources conventionnelles d'énergie.

Les installations photovoltaïques peuvent être raccordées au réseau, ce qui représente une économie importante en investissement et en fonctionnement. Elles utilisent le réseau comme un stock, et transforment la totalité de l'électricité produite en courant alternatif de 220 V ou 380V, ainsi que le photovoltaïque est la seule filière qui peut être installée n'importe où.

On distinct deux types d'installations connectées au réseau [2, 3, 28, 57] :

- Installation centralisée : génération de la puissance Photovoltaïque à grand - échelle centralisée dans les stations de puissance Photovoltaïque :
- Installation décentralisée : forme alternative de génération de puissance distribuée dans les unités situées directement dans le lieu du consommateur.

De jour, les installations photovoltaïques couplées au réseau injectent de l'énergie dans le réseau à travers le convertisseur. Au contraire, pendant la nuit le propriétaire de l'installation peut "récupérer" cette énergie, dans le cas des installations décentralisées, et travaillent en cas de charges de pic avec le réseau, dans le cas des installations centralisées. Comme la consommation électrique est importante de jour, cette manière de procéder est très raisonnable [47].

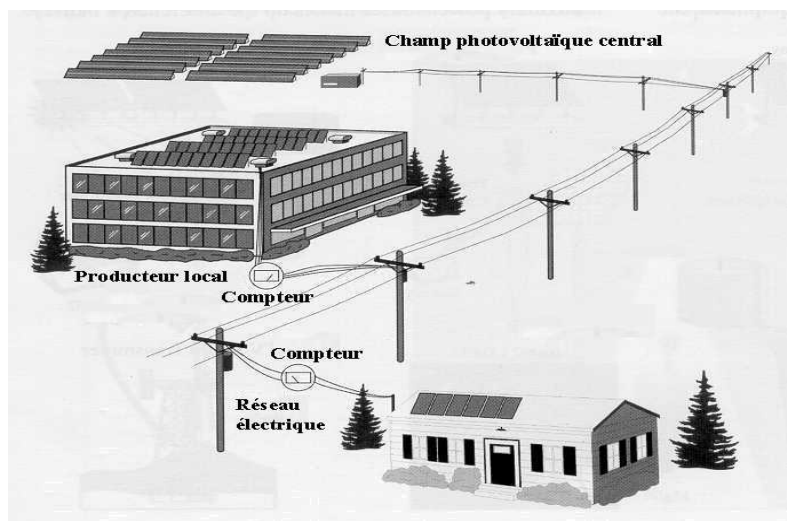


Figure II.1 : Types des systèmes connectés au réseau

Éléments constitutifs d'une installation connecté au réseau

Elle est constituée de trois éléments essentiels [50] :

- Les panneaux photovoltaïques
- Un onduleur synchrone qui transforme le courant pour qu'il soit compatible avec les caractéristiques du réseau. C'est "l'interface" entre l'installation et la compagnie d'électricité.
- Un compteur d'énergie (en fait, en général, deux compteurs dans le cas des installations décentralisées).
- Accessoires

II.2 Types des installations photovoltaïques connectées au réseau

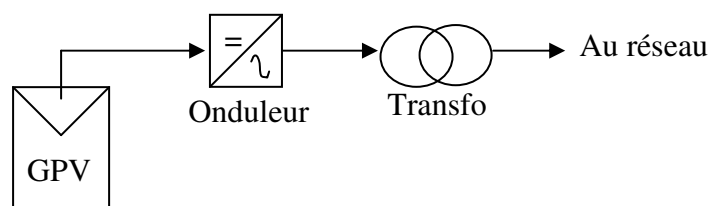
II.2.1 Centrale de production d'énergie photovoltaïque

Avec les applications photovoltaïques connectées au réseau d'électricité national, il y a un fort potentiel de diffusion dans les pays industrialisés. Des centrales de production photovoltaïque sont expérimentées depuis quelques années en Europe, aux Etats-Unis et au Japon, mais elles sont encore au stade pilote. Seules les centrales photovoltaïques de moyenne et faible puissances (0,1 à 0,5 MW) semblent avoir une rentabilité économique. Elles seront vraisemblablement destinées à compléter le réseau en différents points critiques [53].

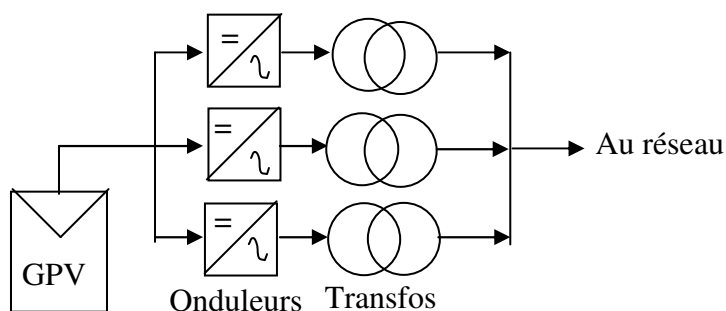
Un système de puissance PV qui génère la puissance instantanément alimente le réseau à travers un ou plusieurs onduleurs et transformateurs. La plupart des systèmes utilisent des redresseurs qui fonctionnent en régime onduleur équipés par un poursuiveur de point de puissance maximale comme il est montré sur la (Fig. II.2.a, II.2.b) [24].

A cause de tous ça il peut être économique de placer un système PV pour assister avec un réseau local durant les périodes de demande de pic pour fonctionner en parallèle, plus au moins que construire une nouvelle station de puissance [12, 24].

Aux extrémités d'un réseau, la qualité de la puissance se détériore lorsque la demande en électricité augmente. Une centrale photovoltaïque placée en bout de ligne permet de redresser la tension et d'améliorer la puissance.



a)



b)

Figure II.2 : Configuration d'un système PV avec :
a) un onduleur b) plusieurs onduleurs

II.2.1.a Exemples des centrales photovoltaïques

En Suisse avec Mont Soleil : Dans le Jura à 1250 m d'altitude 400 m² de cellules photovoltaïques mono cristallines au silicium collées sur des panneaux fixes. Produit 0,5 MW en pointe. Coût : 5 millions d'€, prix estimé du KWh 0.5 €. **Au Maroc :** Programme Pilote d'Electrification Rurale solaire (PPER):

Ce plan, engagé en 1987, concerne 240 villages isolés [30].

II.2.2 Générateurs photovoltaïques Dans Les Constructions (installations décentralisées)

L'alimentation en électricité d'un site éloigné du réseau électrique par un câble est une opération coûteuse, lorsque les besoins en énergie sont relativement faibles. A cause de ce problème il apparaît un nouveau modèle qui est probablement basé sur une décentralisation poussée du système électrique, où la production et la consommation seront à proximité l'une de l'autre. Plusieurs arguments plaident en faveur de cette hypothèse : la réduction des pertes en ligne, la limitation des lignes à très haute tension, inesthétique et à la pollution électrique mal maîtrisée, la libération du marché d'électricité qui offrira de nouvelles possibilités de ventes et d'achats libre d'électricité, comme la plupart des autres biens et aussi Il n'y a pas de coût de vendre de la région et de la préparation du site [33].

Dans ce contexte, il est fort probable que la production d'électricité photovoltaïque par petites unités dispersées et raccordés au réseau de distribution aura un rôle important à jouer. En effet la meilleure façon de produire sur site les modestes quantités nécessaires au consommateur est de convertir l'énergie solaire en électricité grâce à de simples capteurs fixés sur son toit, son mur sa façade. L'installation étant reliée au réseau, celui-ci absorbe le surplus d'énergie fournie, ou apporte le complément. Il est possible aussi d'augmenter sa production, en raccordant de nouveaux panneaux [34, 35].

a. Toit solaire

Un toit solaire photovoltaïque raccordé au réseau est un générateur photovoltaïque installé chez l'utilisateur, et qui est raccordé au réseau de distribution de la compagnie électrique par l'intermédiaire de l'installation électrique intérieure. Il est composé d'un ou plusieurs champs des panneaux produisant du courant continu. Ce courant est ensuite transformé par un ou plusieurs onduleurs en courant alternatif compatible avec les exigences de qualité, de fiabilité et de sécurité du réseau [50, 56].

b. Fonctionnement

Le courant produit est utilisé par le ou les appareils électriques en service les plus proches, évitant ainsi d'acheter de l'électricité au réseau. Si la production est plus élevée que la consommation de l'instant, l'électricité excédentaire est injectée dans le réseau. Inversement lorsque la consommation dépasse la production (nuit, ciel couvert, brouillard), le courant est comme d'habitude acheté au réseau. Le passage d'une situation à l'autre se fait d'une manière entièrement automatique. Donc le principe de fonctionnement de ces installations est très simple [50, 56, 58] :

- Les panneaux produiront idéalement plus ou moins la quantité d'électricité requise par les habitants de la maison.
- Lorsque l'énergie générée par les panneaux est inférieure à la consommation, l'énergie supplémentaire est fournie par le réseau et est enregistré par le compteur. Le réseau remplace la batterie en quelque sorte.
- Lorsque les panneaux produisent un excédent, lors d'une absence des occupants, par exemple, l'énergie "en trop" est mise à la disposition des autres utilisateurs, et le compteur marchera "à l'envers". Mais dans la plupart des cas, ce sera un deuxième compteur qui enregistrera l'opération dans l'autre sens. Le propriétaire des panneaux se fait rembourser sa contribution au réseau.

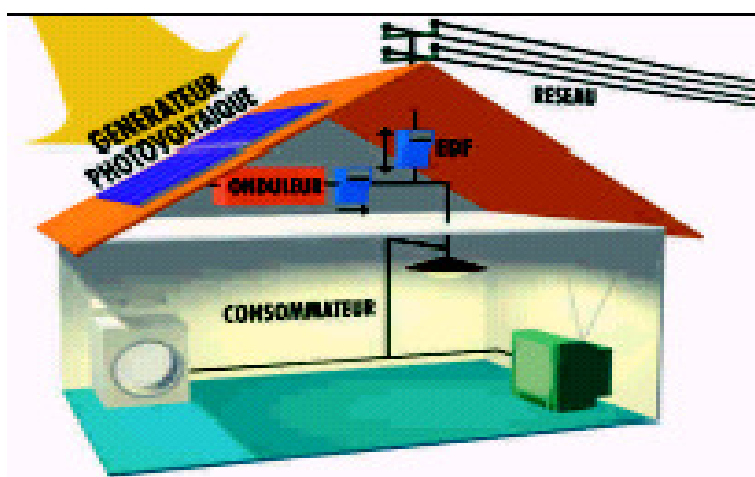


Figure II.3 : Toit solaire raccordé au réseau

c. Rôle du toit solaire

A couvrir tout ou la partie de la consommation électrique du bâtiment sur lequel il est installé. En pratique, la production solaire réduira la facture d'électricité et remplacera une partie de l'énergie « sale » issue de combustibles fossiles ou nucléaires par une énergie propre et respectueuse de l'environnement, améliorant ainsi, même modestement, la qualité écologique du courant au niveau du consommateur mais aussi au niveau de la compagnie d'électricité.

Un toit solaire peut apporter une aide précieuse pour améliorer la qualité du courant fourni par la compagnie locale dans les zones reculées où la grande longueur des câbles électriques occasionne fréquemment des baisses de tensions et de coupures [59].

d. Lieu d'installation du toit solaire

Sur le toit ou la façade de n'importe quel bâtiment raccordée au réseau et disposée d'une surface suffisante (avec un minimum raisonnable de 10m²), orientée le plus possible vers le sud (au moins entre sud-est et sud-ouest) [59].

e. Quantité d'électricité produite

La production annuelle d'électricité d'un toit solaire peut être calculée avec une marge d'erreur inférieure à 10%. Elle dépend :

- De l'ensoleillement annuel du site, qui peut être évalué aussi précisément pour presque tous les sites en Europe et même dans le monde entier.
- D'un facteur de correction calculé à partir de l'écart d'orientation par rapport au sud, de l'inclinaison des panneaux par rapport à l'horizontale et le cas échéant, des ombrages relevés sur le site.

La puissance crête d'un toit solaire donnée en Wc ou KWc, mesure la puissance théorique maximale que ce toit peut produire dans des conditions standards d'ensoleillement.

f. Longévité des systèmes photovoltaïques

Les panneaux : les fabricants de panneaux cristallins, actuellement les plus répandus, garantissent une perte de rendement inférieure à 5 ou 10% pour une durée de 25 à 30 ans. Le rendement des panneaux au silicium amorphe, moins performant mais aussi moins chers, ne tient pas aussi longtemps. Dans un futur proche, les filières couche minces rassembleront les avantages de ces deux technologies : le bas prix du silicium amorphe, l'efficacité et la fiabilité

des produits cristallins [37].

Les onduleurs : la nouvelle génération de ces appareils de haute technologie est très fiable. D'après les fabricants, ils tenir 10 ans en moyenne avant la première panne. Le prix de l'onduleur représente en principe 10 à 20% de l'investissement global ; son coût de remplacement en cas de panne après la période de garantie peut donc être pris en compte dans le calcul de retour sur investissement.

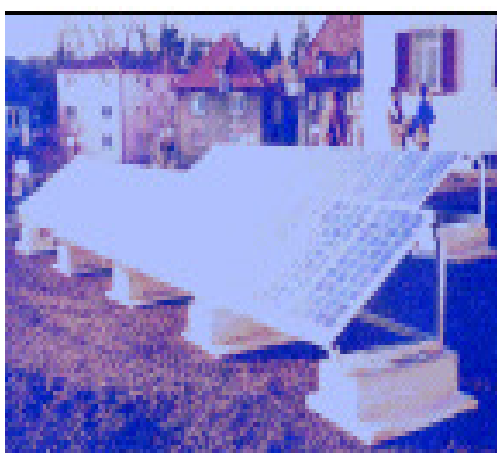
Un toit solaire étant modulaire, il doit en principe être facile d'en remplacer une partie en cas de défaillance, à condition que cela ait été prévu lors de la conception du projet et que les fabricants proposent des produits de dimensions et de caractéristiques identiques.

De même, un toit solaire peut être agrandi et complété par un autre toit solaire à tout moment, éventuellement avec des équipements de modèles différents. La compatibilité des onduleurs aux normes sévères du réseau garantit aussi la compatibilité des onduleurs entre eux [37].

g. Coût d'un toit solaire

Le coût du matériel (panneau et onduleurs) a diminué de 5 à 10% par an depuis une dizaine d'années et cette performance devrait être renouvelée sur la prochaine décennie. Le coût minimum pour un système complet d'1KWc (10m²) se situe aux environs de 7500 euro. La grande majorité de ce coût vient de l'investissement en matériel, et à l'intérieur de ce dernier, les panneaux représente de loin la plus grande partie (70 à 80%). Les coûts de maintenance sont en principe très peu élevés [35].

h. Types des positions possibles pour le toit solaire



a) : la pose en toiture terrasse



b) : la pose par dessus-la couverture classique



c) : la pose en couverture intégrée



d) : la pose en façade intégrée

Figure II.4 : Types de positions possibles pour un toit solaire

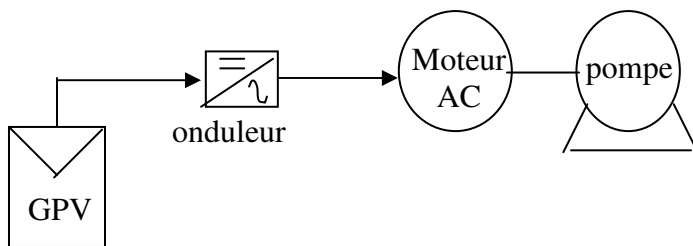
II.3 Convertisseurs DC/AC couplés au réseau

L'alimentation du convertisseur est la puissance DC du générateur photovoltaïque ou la batterie. A la sortie on récupère la puissance AC qui sera utilisée pour les charges alternatives ou injectée dans le réseau [21, 3, 7]. L'efficacité des onduleurs dépend du courant de charge pour que la puissance de sortie devienne maximale. elle peut être élevée à 95% mais peut être plus basse que (75-80%) si l'onduleur fonctionne sous la partie de charge. La majorité des onduleurs, pour les applications photovoltaïques, peuvent être classifiés en trois catégories :

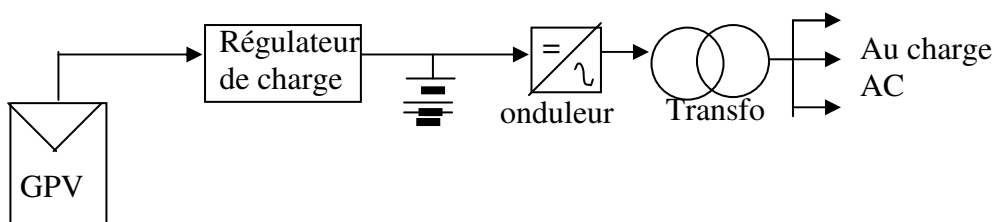
- Onduleurs à fréquence variable : qui sont utilisés pour les systèmes autonomes surtout dans les systèmes photovoltaïques de pompage. Les deux suivants types sont convenables pour les systèmes connectés aux réseaux :
- Onduleurs auto- commutatif à fréquence fixe.
- onduleurs à fréquence fixe (redresseurs qui fonctionne en régime onduleurs). La (Fig. II. 5) représente les différentes configurations possibles pour l'utilisation des onduleurs [21, 3, 7, 9].

L'onduleur assume une fonction de liaison directe avec le réseau électrique et il est susceptible de causer de grave dommages : il doit donc répondre à des impératifs concernant la qualité du courant (tension, fréquence, déphasage), la sécurité (risque de production sur le réseau

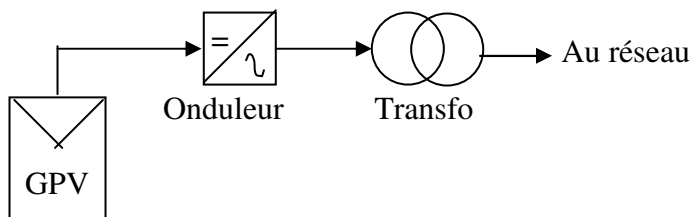
lorsque ce dernier est coupé) et de fiabilité (les performances ne doivent pas diminuer dans le temps).



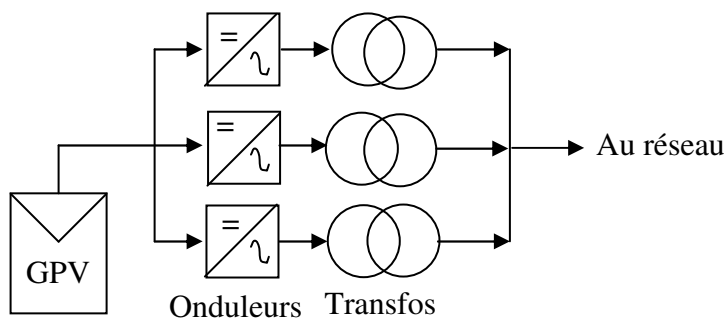
a) Système à onduleur à fréquence variable sans batterie



b) Système à onduleur auto-commuté à fréquence fixe avec batterie



c) Système PV (redresseur qui fonctionne en régime onduleur).



d) Système multi-onduleurs

Figure II.5 : Configuration des différentes variétés en onduleurs

II.4 Avantages et inconvénients des systèmes connectés au réseau

a- Avantages

- n'ont pas besoin de stockage d'énergie et éliminent donc le maillon le plus problématique (et plus cher) d'une installation autonome. C'est en fait le réseau dans son ensemble qui sert de réservoir d'énergie [1].
- Pas de gaspillage - tout excédent est livré au réseau - particulièrement intéressant pendant les périodes d'absence de son domicile, pendant le week-end, pendant les vacances quand les modules continuent à travailler. On évite les pertes d'énergie associées au stockage en batterie lorsque la batterie est complètement chargée par exemple [5].
- On n'est pas obligé de calculer méticuleusement ses besoins en électricité, et de prévoir des niveaux de demande exceptionnellement très élevés, même si très rares [10].
- On peut commencer petit et agrandir par la suite sans problèmes de dimensionnement compliqués [1].
- On peut satisfaire à une partie ou à la totalité de ses besoins [10].

b. Inconvénients

C'est vraiment la voie royale qui permettra au photovoltaïque de faire sa percée dans nos vies. Cependant...

- La consommation risque de redevenir relativement "invisible," et on pourrait retomber dans le piège de la consommation irréfléchie [10].
- Les contraintes électriques imposées par les sociétés d'électricité peuvent être rigoureuses, et les onduleurs synchrones doivent répondre aux exigences techniques des compagnies de production et de transport d'énergie. Par exemple, il faut un mécanisme de coupure automatique du courant au réseau dans l'éventualité d'une panne pour éliminer tout risque à ceux qui font les travaux de réparation [11].

Mais le plus important, c'est la question du prix payé pour les kWh livrés au réseau...

Il est difficile de dire combien de temps il faudra pour atteindre un niveau de prix où le kWh photovoltaïque sera compétitif avec le kWh conventionnel, issu de combustibles fossiles (pétrole, gaz ou charbon) ou fissile (nucléaire). Il est évident que ce choix n'est aujourd'hui économiquement viable qu'avec un soutien de fonds publics significatifs, et c'est ce que ce passe dans la plupart des pays européens. Mais ce concept est tellement séduisant que de plus en plus

de personnes sont intéressés et souhaitant participer à la démonstration qu'il est possible de produire soi-même d'électricité.

Au delà des arguments rationnels, l'envie de devenir son propre producteur d'électricité et une motivation forte. Avec notre toit solaire, nous pourrions subvenir à une partie de nos besoins en ayant recourt au soleil, une source d'énergie abondante et renouvelable [39, 58].