

L'ÉNERGIE PHOTOVOLTAÏQUE

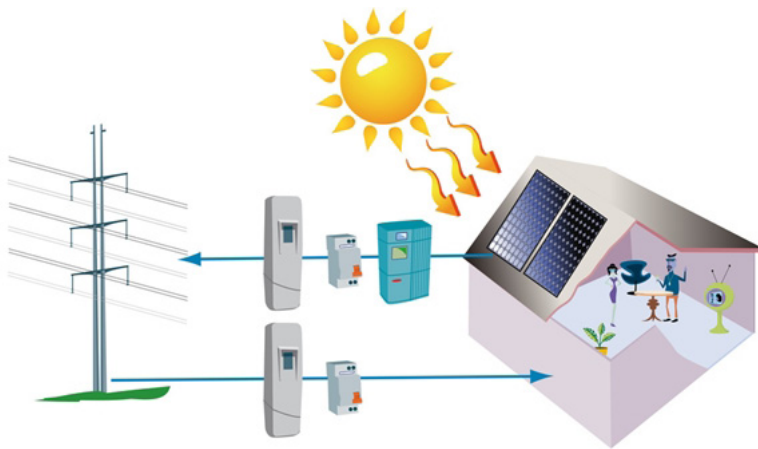


FONCTIONNEMENT

Une centrale photovoltaïque est constituée d'un ensemble de capteurs ou panneaux Photovoltaïques et d'un ou plusieurs onduleurs. Suivant la réglementation nationale et les exigences de la compagnie électrique, le courant solaire peut être injecté :

- directement dans le réseau de distribution (cas de l'image précédente) pour être vendu à un tarif de base (revalorisé chaque année pendant la durée le contrat de 20 ans), indépendamment de l'achat habituel de courant pour les besoins du bâtiment
- dans le réseau intérieur du bâtiment pour alimenter les appareils en fonctionnement, seuls les excédents étant envoyés sur le réseau. On parle alors de vente de surplus de consommation à un tarif de base (revalorisé chaque année pendant la durée le contrat de 20 ans).
- dans le réseau intérieur du bâtiment pour alimenter les appareils en fonctionnement. Le dimensionnement étant fait pour que tout soit consommé sur place. On parle alors d'autoconsommation.

Dans les trois cas, lorsque les besoins sont supérieurs à la production (nuages, nuit,...), le réseau fournit le courant nécessaire comme d'habitude. Toutes ces opérations sont complètement transparentes pour l'utilisateur.



Les capteurs

Les capteurs photovoltaïques sont constitués d'un ensemble de cellules Photovoltaïques qui génèrent un courant continu lorsqu'elles sont exposées à la lumière. C'est «l'effet photovoltaïque» découvert par le physicien français Edmond Becquerel en 1839 (voir historique plus haut) : ce phénomène physique est caractéristique de certains matériaux appelés «semi-conducteurs», dont le plus connu est le silicium également utilisé pour les composants électroniques.

Lorsque les «grains de lumière», appelés photons, heurtent une mince surface de ces matériaux, ils transfèrent leur énergie aux électrons de la matière ; ceux-ci se mettent immédiatement en mouvement dans une direction particulière, créant ainsi un courant électrique sans aucun mouvement apparent. Ce courant continu est recueilli au niveau des cellules photovoltaïques par des fils métalliques très fins et peut être ajouté au courant venant d'autres cellules et par extension d'autres panneaux photovoltaïques.

Ce courant peut alors être utilisé pour toutes sortes d'applications, y compris la recharge d'une batterie. Pour la connexion au réseau, le courant conti-

UN PEU D'HISTOIRE...

1839 : Découverte par Henri Becquerel de l'effet photovoltaïque, qui permet la transformation de l'énergie lumineuse en électricité. Ce principe repose sur la technologie des semi-conducteurs. Il consiste à utiliser les photons pour libérer des électrons et créer une différence de potentiel entre les bornes de la cellule, qui génère un courant électrique continu.

1930 : Apparition des premières «vraies» cellules avec les cellules à oxyde cuivreux puis au sélénium. Le phénomène de l'effet photovoltaïque est encore considéré comme anecdotique jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale.

1954 : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince mettent au point une cellule photovoltaïque. On entrevoit alors la possibilité de fournir de l'électricité grâce à ces cellules. Au même moment, l'industrie spatiale naissante cherche de nouvelles solutions pour alimenter ses satellites.

1958 : Une cellule avec un rendement de 9% est mise au point et en même temps, les premiers satellites avec panneaux solaires sont envoyés dans l'espace.

1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.

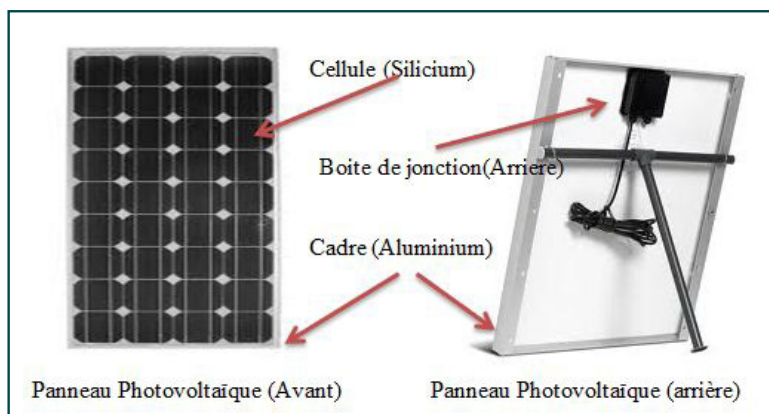
1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4 000 km en Australie.

Au cours de ces années 80, la technologie photovoltaïque terrestre a progressé très régulièrement par la mise en place de plusieurs centrales de quelques mégawatts. Elle en est même, devenue de plus en plus familière aux consommateurs que nous sommes, à travers de nombreux produits de faible puissance y faisant appel : montres, calculatrices, chargeurs, balises radio et météorologiques, pompes au fil du soleil.

nu doit être transformé en courant alternatif normalisé (230-240 Volts - 50 Hertz) par un appareil électronique spécial, l'“onduleur” (cf. détails plus loin). Les capteurs les plus utilisés actuellement sont des panneaux rectangulaires de quelques centimètres d'épaisseur, pesant quelques kilos et d'une surface comprise entre 0.5 et 3 m² ; leurs performances sont variables selon la composition du semi-conducteur et la technologie utilisée (rendement de 8 à 14% voir le paragraphe 3).

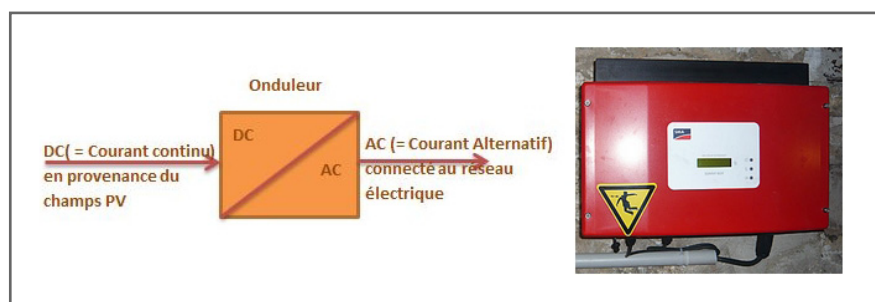
Pour obtenir la production annuelle maximale en Europe, les panneaux doivent être orientés plein Sud avec un angle par rapport à l'horizontale compris entre 25° (en Espagne) et 35° (aux Pays-Bas).

Malgré les pertes engendrées, une variation jusqu'à 45° par rapport au Sud et une inclinaison entre 20 et 45° sont acceptables dans la plupart des pays européens. Grâce au retour d'expérience, il est possible, en connaissant la localisation précise, la puissance-crête, l'orientation et l'inclinaison d'une installation donnée, de calculer la production électrique annuelle moyenne avec une faible marge d'erreur.



L'onduleur

Il a pour rôle de convertir le courant continu des panneaux photovoltaïques en courant alternatif identique à celui d'EDF. C'est un appareil électronique de haute technologie conçu pour répondre à toutes les exigences du réseau, comme la qualité, la sécurité et la fiabilité, et pour permettre un contrôle parfait du fonctionnement



Il se présente sous la forme d'un boîtier métallique de petite dimension, muni d'un radiateur et doit être placé sur un support vertical (mur par exemple). Il n'émet aucun parasite électromagnétique et ne génère quasiment aucun bruit. Afin de limiter les pertes, il doit être placé le plus près possible des panneaux photovoltaïques.

L'onduleur s'arrête automatiquement de fonctionner lorsque le réseau est mis hors tension. Une sécurité est en effet prévue afin de supprimer les risques d'électrocution lorsque des techniciens font une opération de maintenance sur le réseau. Selon la conception technique, un ou plusieurs onduleurs peuvent équiper un seul système photovoltaïque, même de petite taille.

Remarque importante : les onduleurs ont besoin, pour leur fonctionnement interne, qu'une tension de référence soit présente sur le réseau. Les centrales photovoltaïques raccordées au réseau ne peuvent donc pas être considérées comme des alimentations de secours qui seraient utilisées lorsque le réseau tombe en panne (tempête de décembre 1999 par exemple). De telles centrales, avec batteries, sont conçues de manière différente et font appel à d'autres technologies (on parle de centrales photovoltaïques de type sites isolés).

Les autres composants

Une structure porteuse est généralement nécessaire pour fixer le champ de panneaux sur le bâtiment. Diverses solutions sont possibles : aluminium, acier, plastique ou même bois. Des câbles électriques spécialement conçus pour l'extérieur sont en général utilisés pour connecter les panneaux à l'onduleur, mais la connexion entre l'onduleur et le réseau peut être réalisée à l'aide de câble ordinaire, avec des fusibles et des coupe-circuits correctement calibrés. Parfois, surtout pour les grandes installations, une boîte de jonction peut être utilisée. Enfin, un compteur supplémentaire peut être installé à la sortie de l'onduleur.

ENTRETIEN

Sécurité

S'il a été installé dans les règles de l'art, un système photovoltaïque connecté au réseau est un appareil pratiquement sans aucun risque. Quelques principes de base doivent toutefois être respectés :

Les panneaux photovoltaïques produisent du courant dès qu'ils reçoivent de la lumière, mais le système ne peut pas fonctionner s'il n'est pas correctement connecté au réseau.

Les panneaux produisent du courant continu, mais le réseau est alimenté en courant alternatif, ce qui signifie que les deux circuits doivent être physiquement bien séparés à l'intérieur de la maison.

Même à la tension usuelle de fonctionnement d'un système photovoltaïque domestique (300 volts, voir 700 volt dans certain cas ou plus), le courant continu peut être dangereux pour une personne non-qualifiée qui voudrait intervenir sur ce circuit.

Fiabilité et entretien :

Le rendement des panneaux est généralement garanti pour être supérieur à 80 % de la valeur initiale au bout de 25 ans ou plus. La garantie pour les autres composants est en général d'au moins un an, mais des dispositions spécifiques peuvent être proposées par les revendeurs ou les installateurs. Les travaux d'installation sont couverts par l'assurance de l'installateur conformément aux règles du secteur du bâtiment (garantie décennale). Du moment que l'installation a été réalisée, contrôlée et mise en service conformément aux règles de l'art, la maintenance quotidienne se résume à presque rien.

Afin de produire le maximum d'énergie, les panneaux doivent être nettoyés de temps en temps de la poussière ou des déjections d'oiseaux. Ceci doit être vérifié régulièrement, surtout en cas d'intégration en façade. Si la pluie ne suffit pas à faire le travail, un nettoyage manuel de temps en temps peut s'avérer nécessaire.

Un contrôle visuel périodique, surtout après une tempête, suffira pour détecter tout problème sur les parties extérieures (bris, arrachage, ...).

En fonctionnement, un onduleur émet toujours un petit bruit de fond, et un signal lumineux (LED) ou un petit écran fournit en général les informations de base, de sorte qu'il est facile de contrôler qu'il fonctionne bien.

Toutefois, il est préférable de placer l'onduleur aussi près que possible des panneaux, si bien qu'il peut être difficilement accessible (par ex. dans le cas de combles inhabitables). Dans ce cas, on peut placer un compteur sur la ligne allant vers le réseau dans un lieu passager, de façon à permettre un contrôle rapide. Un contrôle automatique par ordinateur sur site ou par télé-suivi via une ligne téléphonique est bien sûr une très bonne, mais aussi une très onéreuse solution, qui se justifie surtout pour les plus grandes installations.

Une inspection complète peut être utile après quelques années de fonctionnement. Tous ces points doivent être prévus dans le contrat de maintenance, qui doit avoir un coût compatible avec le bilan économique global de votre toit solaire, y compris la valorisation de votre production solaire (tarifs d'achat).

INTÉGRATION

Différentes solutions conviennent pour l'intégration du champ de panneaux, suivant la configuration du bâtiment (place disponible au Sud, type de couverture, bâtiment neuf ou ancien, etc.), comme les panneaux solaires sont censés faire partie du bâtiment pour des dizaines d'années, il convient de soigner particulièrement l'esthétique de l'intégration.

Pose de type « surimposée »

Ce mode de pose est le plus courant et le plus simple : les capteurs sont placés pardessus la couverture existante. Un espace entre la toiture et les capteurs est prévu afin de permettre une ventilation naturelle. Ce genre de pose peut être assuré par le particulier lui-même, moyennant quelques conseils que HESPUL saura apporter.

Pose de type « intégrée »

Plutôt adaptée aux bâtiments neufs et à la rénovation lourde, c'est la méthode idéale, combinant la performance technique et l'aspect esthétique. Pour ce mode de pose, on voit aujourd'hui arriver sur le marché des produits plus élaborés tels que des tuiles ou des ardoises rendant beaucoup plus facile l'intégration dans la couverture des bâtiments. Les coûts au Wc sont généralement plus élevés d'environ 25 % et les rendements sont légèrement moins bons car la ventilation des capteurs est difficile. Mais l'intégration est parfaite et semble être une bonne solution pour l'avenir.

Intégration façade

La plus spectaculaire sur le plan esthétique, mais avec plus de 30 % de perte de production et bien souvent un coût plus élevé dû aux contraintes techniques. Une variante peut être apportée lorsque les capteurs sont placés sur la façade en brise-soleil.

Toiture terrasse

Bien que peu élégante, cette méthode est pourtant très utile pour les nombreux bâtiments existants avec des toits plats. Un lest en gravier ou en béton est préférable au percement de la toiture afin de préserver l'étanchéité. Dans ce cas, les panneaux sont placés sur des supports leur conférant une orientation et une inclinaison optimale.

RÉSULTAT

La production brute d'un toit solaire dépend de plusieurs facteurs :

- la situation géographique (latitude, longitude et altitude)
- l'orientation (Sud) et l'inclinaison (angle/horizontale)
- les masques éventuels (ombres portées, mousses)
- les conditions climatiques (nuages, neige)
- les performances réelles des panneaux et des onduleurs.

Une unité spécifique – le "watt-crête" (Wc) - donne pour un panneau ou pour un champ entier la puissance maximale dans des conditions normalisées d'intensité lumineuse et de température ambiante. Par exemple, la puissance-crête du silicium "cristallin", est d'environ 100 à 110 watts-crête par m². Dans des conditions locales optimales*, la production annuelle moyenne pour 1 kilowatt-crête (environ 10 m²) sera d'environ 800 kWh en Europe du Nord (Allemagne, Pays-Bas), 1 000 kWh en France et en Autriche, et 1 300 kWh en Espagne et en Italie.

*plein Sud, 30° par rapport à l'horizontale en Europe, sans masques.



Compte tenu des besoins moyens en électricité (hors chauffage), une puissance de 1,5 à 3,5 kWc (15 à 35 m²) est suffisante pour fournir la totalité de la consommation électrique pour une "famille moyenne européenne" de 4 personnes.

Quel que soit le type de relation avec le réseau conformément aux règles nationales et locales, le résultat le plus visible d'un toit solaire est toujours une réduction significative de la facture électrique, ce qui peut être considéré comme un "revenu annuel net". En divisant le prix réel du système photovoltaïque (après soustraction des subventions et des autres systèmes d'aide comme les crédits d'impôt) par ce "revenu annuel net", on peut calculer le "temps de retour économique" du système, qui est le nombre d'années nécessaires au remboursement de l'investissement.

COMPARATIF

Matériau	Rendement	Longévité	caractéristiques	Principales utilisations
Silicium mono cristallin	12 à 18% <i>(24,7% en laboratoire)</i>	20 à 30 ans	* Très performant * Stabilité de production d'W * Méthode de production coûteuse et laborieuse.	Aérospatiale, modules pour toits, façades,...
Silicium poly cristallin	11 à 15% <i>(19,8% en laboratoire)</i>	20 à 30 ans	* Adapté à la production à grande échelle. * Stabilité de production d'W. Plus de 50% du marché mondial.	Modules pour toits, façades, générateurs...
Amorphe	5 à 8% <i>(13% en laboratoire)</i>		* Peut fonctionner sous la lumière fluorescente. * Fonctionnement si faible luminosité. * Fonctionnement par temps couvert. * Fonctionnement si ombrage partiel * En début de vie, la puissance délivrée est de 15 à 20% supérieure à la valeur nominale et se stabilise après quelques mois.	Appareils électroniques (montres, calculatrices...), intégration dans le bâtiment
Composite mono cristallin (GaAs)	18 à 20% <i>(27,5% en laboratoire)</i>		* Lourd, fissure facilement	Systèmes de concentrateurs Aérospatiale (satellites)
Composite poly cristallin (CdS, CdTe, CuiGaSe2)	8% <i>(16% en laboratoire)</i>		Nécessite peu de matériaux mais certains contiennent des substances polluantes	Appareils électroniques (montres, calculatrices...), intégration dans le bâtiment