



Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

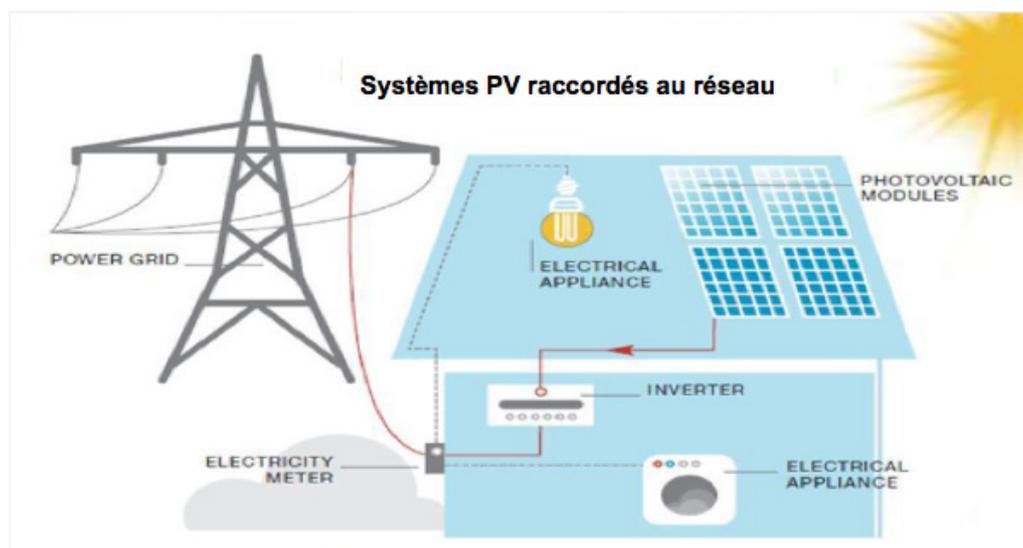
Photovoltaïque : Performance du système

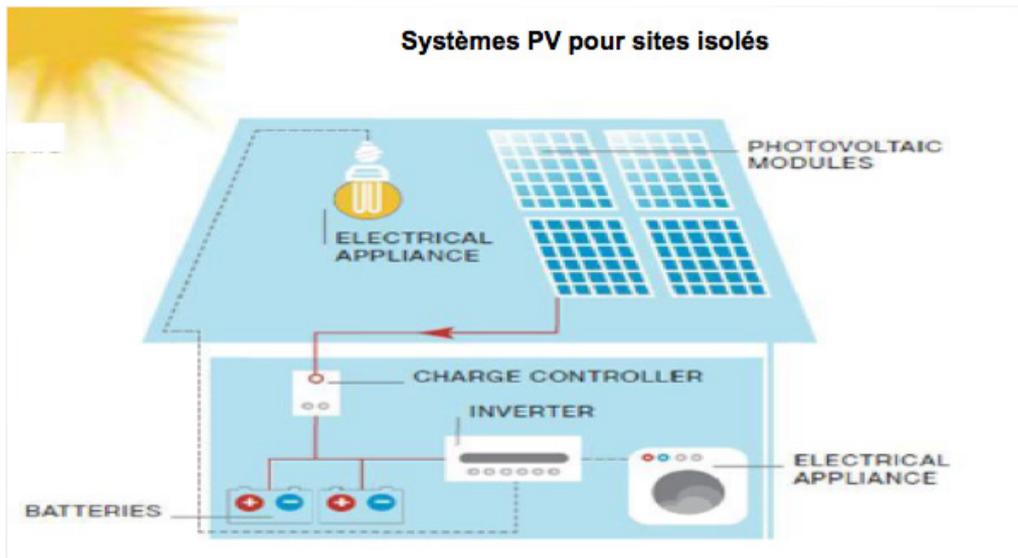
Didier MAYER

Professeur – Mines PARITECH

Le module photovoltaïque est l'élément de base des systèmes photovoltaïques. Un générateur solaire est composé de modules photovoltaïques connectés en séries parallèles qui déterminent la puissance, la tension de fonctionnement et le courant qui sera délivré par l'ensemble.

De manière générale, il existe deux types de systèmes photovoltaïques :





- Ceux raccordés au réseau dont l'énergie y sera injectée via un onduleur.
 - Par exemple des systèmes qui sont intégrés dans l'environnement urbain ou des grandes centrales de puissance ;
 - Et les systèmes dont l'objectif est d'alimenter en électricité des sites isolés et qui nécessiteront une batterie pour pouvoir adapter l'offre à la demande.
- ⇒ En fonction du type de charge, des convertisseurs seront aussi nécessaires.
- Donc on peut prendre pour exemple une résidence secondaire dans un site isolé ou alors un système professionnel de type protection cathodique des pipelines dans un désert.

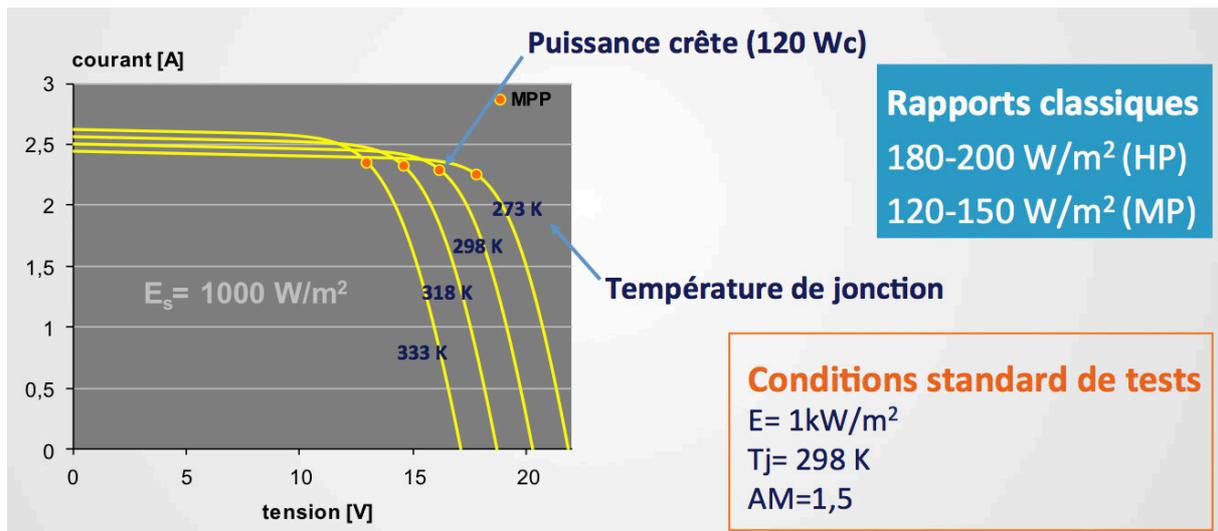
Au niveau du marché du photovoltaïque, les siliciums en modules cristallins représentent près de 90 % des modules installés donc, dans mon exposé, je me concentrerai sur cette technologie.

Le fonctionnement d'un module photovoltaïque est représenté par sa courbe caractéristique, celle-ci varie selon l'ensoleillement dans le plan du module et sa température.

- Donc la puissance du module photovoltaïque sera fonction des conditions météorologiques.

Pour une température donnée, la puissance du module est presque proportionnelle à l'ensoleillement (donc la tension d'ailleurs y étant très peu sensible), et pour un ensoleillement donné, la puissance va décroître en fonction de la température et cette décroissance est matérialisée par un coefficient qui est spécifique d'une technologie donnée.

Dès lors que la puissance du module photovoltaïque est variable, il faut définir des conditions de référence dans lesquelles on pourrait considérer une puissance nominale.



- Ces conditions de référence sont dites conditions standards de test avec un ensoleillement à 1 kW par mètre carré, une température du module à 25°C et un coefficient air/masse de 1,5.
- Alors ce coefficient air/masse est relatif à un trajet optique dans l'atmosphère pour une hauteur de soleil de l'ordre de 40°.
- ✓ Donc cette puissance nominale est dite puissance crête et elle correspond aux puissances installées.

L'évaluation des performances d'un système photovoltaïque, dans notre cas un système photovoltaïque raccordé réseau, peut-être différente selon les échelles temporelles.

- C'est-à-dire que si l'on s'intéresse au suivi précis d'un système photovoltaïque, donc il sera peut-être effectivement possible de faire des mesures en temps réel.
- Mais dès lors que l'on s'intéresse à des productivités globales voire à des comparatifs entre systèmes, une évaluation de type macro peut-être suffisante. Quand on entend macro, on peut penser à un niveau horaire mensuel voire annuel.

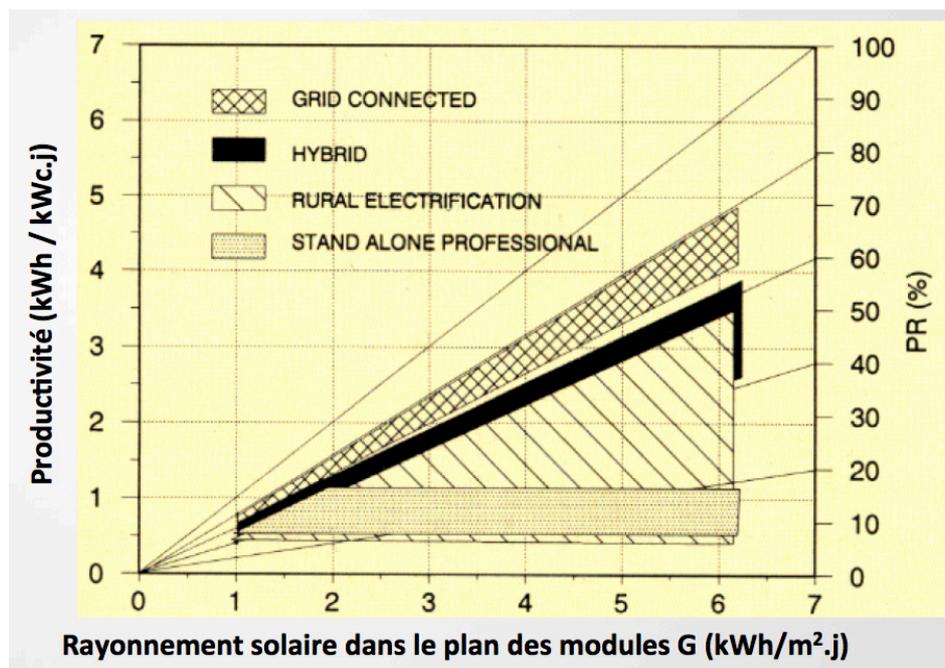
Donc dans l'exemple ci-dessus, pour un système raccordé réseau, donc il est décrit par des grandeurs de type surface de captation, puissance crête mais également par les niveaux d'énergie convertie et injectée au réseau donc on peut calculer des productions rapportées à la puissance, production au niveau de la conversion et au niveau du système qui va permettre de pouvoir faire des comparatifs entre systèmes. Donc les rendements à différents niveaux du système sont également calculables.

La productivité du système est calculée par le rapport entre l'énergie injectée au réseau et sa puissance crête. Ceci nous permet de nous affranchir de la taille du système mais par contre, elle est dépendante des conditions d'ensoleillement et donc de l'endroit (ou du site) sur lequel il est installé.

Cette productivité peut-être aussi exprimée en nombre d'heures de fonctionnement de notre système photovoltaïque dans des conditions de puissance nominale.

La relation qu'il y a avec les conditions d'ensoleillement donc indique tout de suite que cette productivité sera plus importante dans les régions ensoleillées de type sud de l'Europe que des régions de type nord de l'Europe.

- Afin de s'affranchir des conditions d'ensoleillement, et de pouvoir comparer les systèmes directement entre eux et identifier des systèmes qui pourraient avoir des performances moins intéressantes, on introduit le coefficient de performance qui en fait reflète ou calcule l'énergie réellement fournie par une énergie potentielle de s'il fonctionnait dans les conditions de puissance nominale.
- Alors, ce coefficient de performance, on le voit sur le graphique, est le plus important pour les systèmes raccordés réseau puisque ces systèmes utilisent toute l'énergie qu'ils produisent, alors que pour les systèmes isolés l'intervalle de variation est beaucoup plus important puisqu'il dépendra de l'adaptation de la production et de la charge.

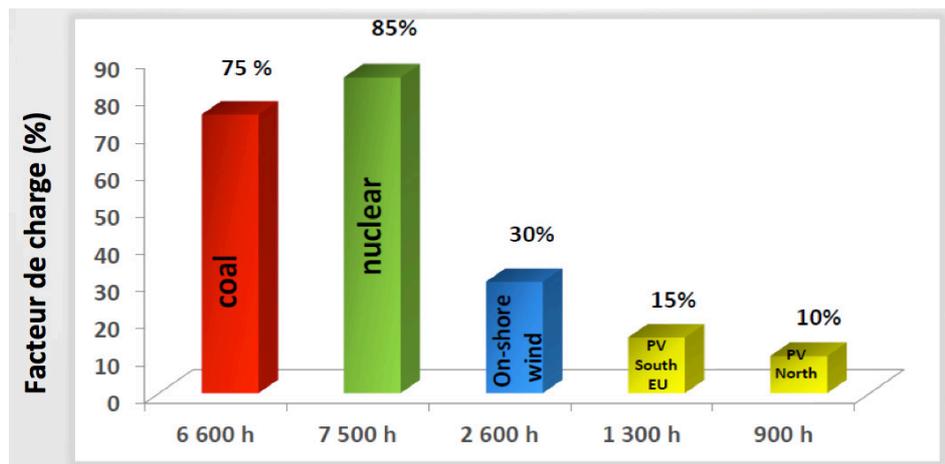


Les énergies renouvelables et l'énergie solaire en l'occurrence sont des technologies qui sont maintenant installées dans certains pays de manière significative et il convient donc de pouvoir déterminer de façon réaliste quel est réellement l'apport, quel est réellement leur apport au niveau énergétique, national - voire international si on considère l'Europe -, par rapport à ce que peuvent faire les énergies dites traditionnelles ou conventionnelles.

- Le facteur de charge qui est en fait lié à la productivité qui a été présentée précédemment, correspond à un nombre d'heures de fonctionnement du système, à sa

puissance nominale et si l'on divise par le nombre d'heures de l'année à un pourcentage de fonctionnement à la puissance nominale.

- On remarque sur le graphique que les systèmes solaires ont des facteurs de charge qui sont inférieurs à 20 %, ce qui veut dire que ces systèmes ont fonctionné moins de 20 % du temps à leur puissance nominale.
- ⇒ Donc, 1 gigawatt solaire n'a pas la même valeur qu'un gigawatt d'une centrale conventionnelle.



- De plus, ces systèmes solaires vont produire durant le cœur de la journée et donc, je dirais, il va falloir adapter cette puissance notamment avec des unités de stockage pour éviter de perturber les réseaux.

Alors, pour terminer, quelques chiffres-clés sur les systèmes photovoltaïques :

- Déjà un module en silicium cristallin, son rendement varie entre 13 et 20 % en fonction des technologies.
 - Le rendement du système donc qui prend en compte les conversions, les différentes conversions au niveau du système donc sera entre 10 et 17 %.
 - La durée de vie d'un générateur de type silicium cristallin peut être évaluée à environ 30 ans de fonctionnement avec une dégradation inférieure à 10 % ;
 - Et au niveau du coût d'investissement - ça dépendra de l'application -, pour un système je dirais installé en toiture, ça peut varier entre 2200 et 4000 euros le kilowatt crête en fonction de cette intégration.
- C'est-à-dire que si on le pose sur la toiture ou si on le considère comme un composant du bâtiment.
 - Les grandes centrales arrivant entre 1500 et 2500 € le kilowatt crête.

- Le facteur de charge, on l'a dit, dans les zones plutôt nord européennes, on aura 900 heures de fonctionnement en puissance nominale alors que dans le sud de l'Europe, pas loin de 1500 heures. Donc du simple au double presque.

Le retour énergétique donc, le retour énergétique correspond à la durée qu'un système photovoltaïque va mettre pour rembourser l'énergie qu'on lui a donnée pour le créer donc c'est de l'ordre de 2 à 5 ans.