

Température des panneaux bilan énergie thermique/électrique

Un panneau qui produit est plus froid qu'un panneau qui ne produit pas !

1) Conservation de l'énergie

Le soleil apporte une puissance lumineuse ESI (Energie Solaire Incidente) de 1000W par m² sous conditions standard (appelées STC).

L'onduleur « extrait » des panneaux une puissance EEE (Energie Electrique Extraite) qui dépend des caractéristiques des panneaux. Sous conditions standards, c'est ce qu'on appelle la puissance crête du module.

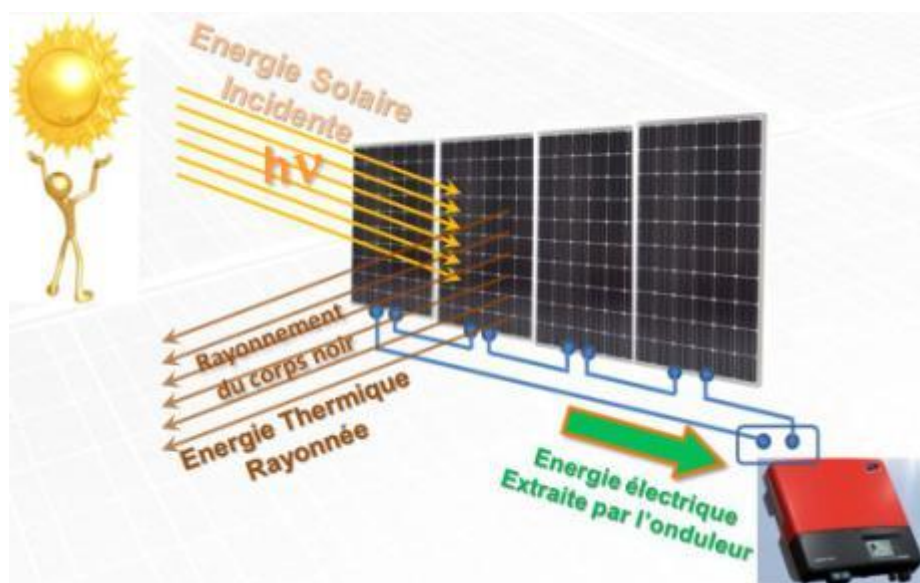
Le panneau rayonne de l'énergie thermique (ETR) selon une loi que nous examinerons ultérieurement.

On suppose que les phénomènes de convection sont négligeables. Ce n'est pas tout à fait exact, mais cette approximation est d'autant plus justifiée que dans nos systèmes d'intégration à la Française, la circulation de l'air est relativement limitée.

D'après le principe de la conservation de l'énergie, on a donc : **ESI = EEE + ETR**

Autrement dit, la totalité de l'énergie apportée par le soleil doit -soit être extraite sous forme électrique par l'onduleur, -soit repartir sous forme de rayonnement thermique.

Dans la suite, nous raisonnons partout pour une surface de 1m².





2) Energie rayonnée : Le corps noir

Le rayonnement d'un objet porté à une température donnée a été abondamment étudié par les physiciens.

D'après la loi de Stefan-Boltzmann, la densité de flux d'énergie ou densité de puissance $M(T)$ (en W/m^2) émis par le corps noir varie en fonction de la température absolue T (exprimée en Kelvin) selon la formule: $M(T) = \sigma T^4$, où σ est la constante de Stefan-Boltzmann qui vaut $5,67 \cdot 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$. [T (Kelvin) = $273+t$ ($^{\circ}C$)]

Cette loi est appliquée de façon **qualitative**, car les modules ne sont pas des « corps noirs » parfaits en réalité, et comme on l'a dit plus haut, la convection joue un rôle supplémentaire et refroidit également les panneaux. Néanmoins, nous allons pouvoir de cette façon déterminer l'ordre de grandeur des températures mises en jeu. La théorie peut être approfondie par exemple sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Corps_noir et http://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Stefan-Boltzmann



Stefan



Boltzmann

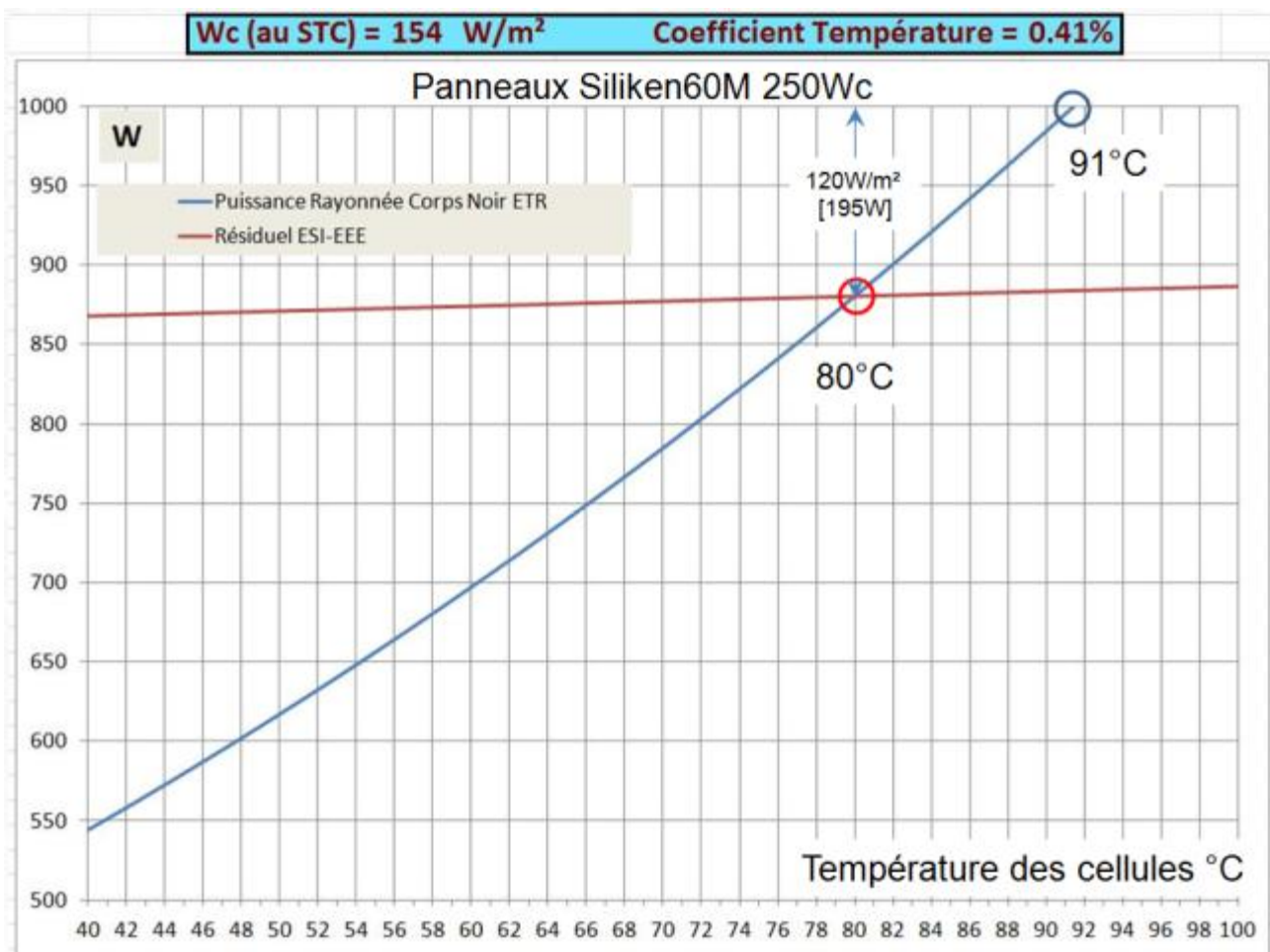
3) Application pour des panneaux standards

Nous prenons comme exemple des panneaux Standards 60 cellules monocristallines (exemple de panneau **Siliken 250Wc**, soit $154\text{Wc}/\text{m}^2$). L'étude est faite pour un rayonnement solaire typique ESI de $1000\text{W}/\text{m}^2$

En fonction de la température des cellules, nous traçons d'une part l'énergie rayonnée (selon la loi du Corps Noir) et d'autre part la puissance résiduelle à extraire. Celle-ci dépend un peu de la température, car le rendement électrique du panneau (EEE) baisse un peu quand la température augmente (coefficient : -0.41% par $^{\circ}\text{C}$) et donc en conséquence le résiduel (ESI-EEE) augmente un peu avec la température.

Lorsque le panneau fonctionne au mpp, les deux courbes se croisent pour une température de cellule de 80°C . En ce point, le panneau fournit une puissance de $120\text{W}/\text{m}^2$ soit 77.9% de sa puissance crête (au STC).

Si on arrête l'onduleur, il n'y a plus d'énergie électrique extraite et le panneau doit rayonner à $1000\text{W}/\text{m}^2$, ce qui porte les cellules à 91°C



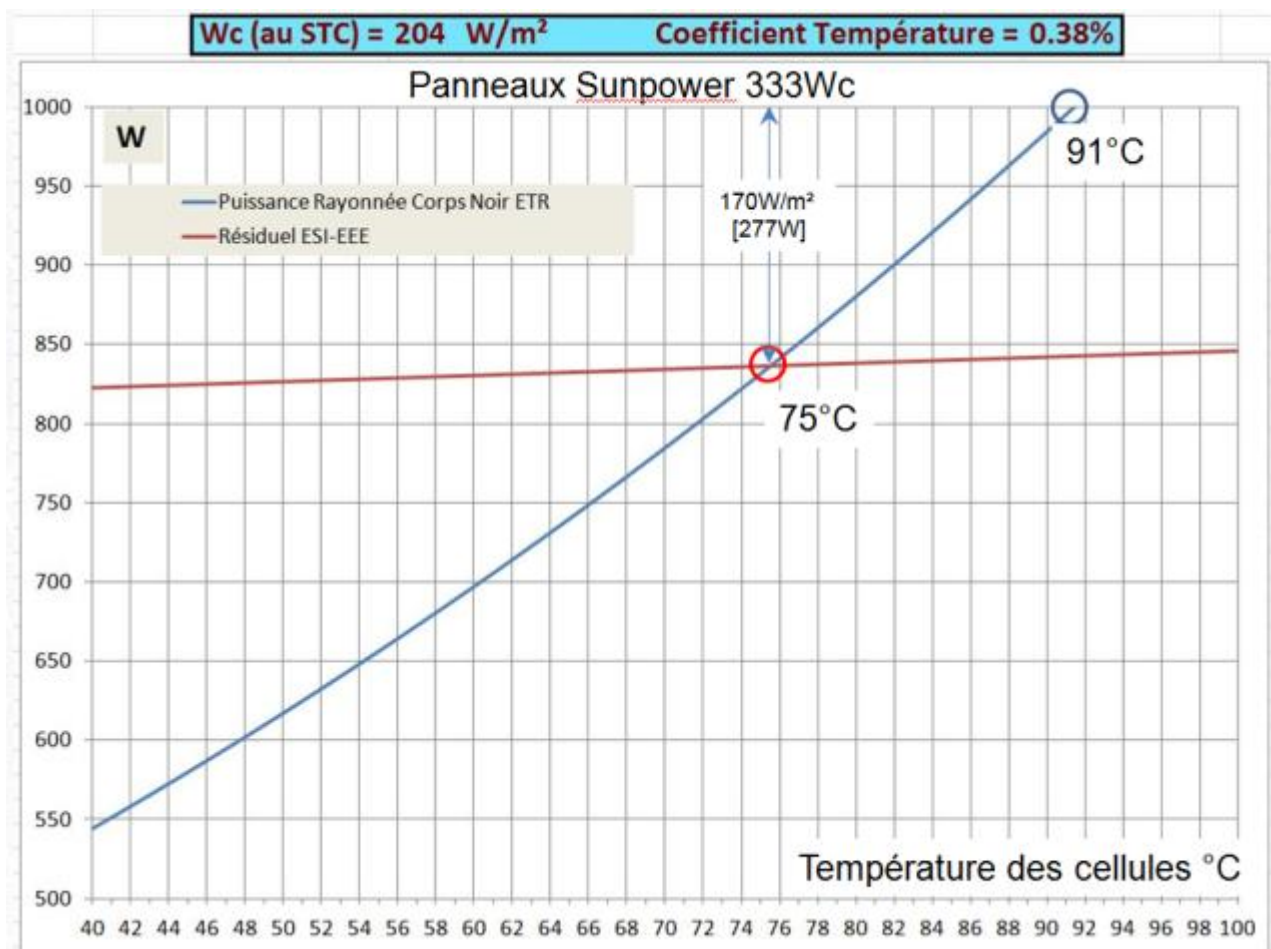
4) Application pour des panneaux à fort rendement

Nous prenons comme exemple des panneaux **Sunpower 333Wc** de 72 cellules monocristallines (soient 204Wc/m²). L'étude est faite pour un rayonnement solaire typique ESI de 1000W/m²

Nous appliquons la même méthode que précédemment, avec un coefficient de température de -0.38% par °C.

Lorsque le panneau fonctionne au mpp, les deux courbes se croisent pour une température de cellule de 75°C. En ce point, le panneau fournit une puissance de 170W/m² soit 83.3% de sa puissance crête (au STC).

Si on arrête l'onduleur, il n'y a plus d'énergie électrique extraite et le panneau doit rayonner à 1000W/m², ce qui porte les cellules à 91°C comme dans la cas précédent.

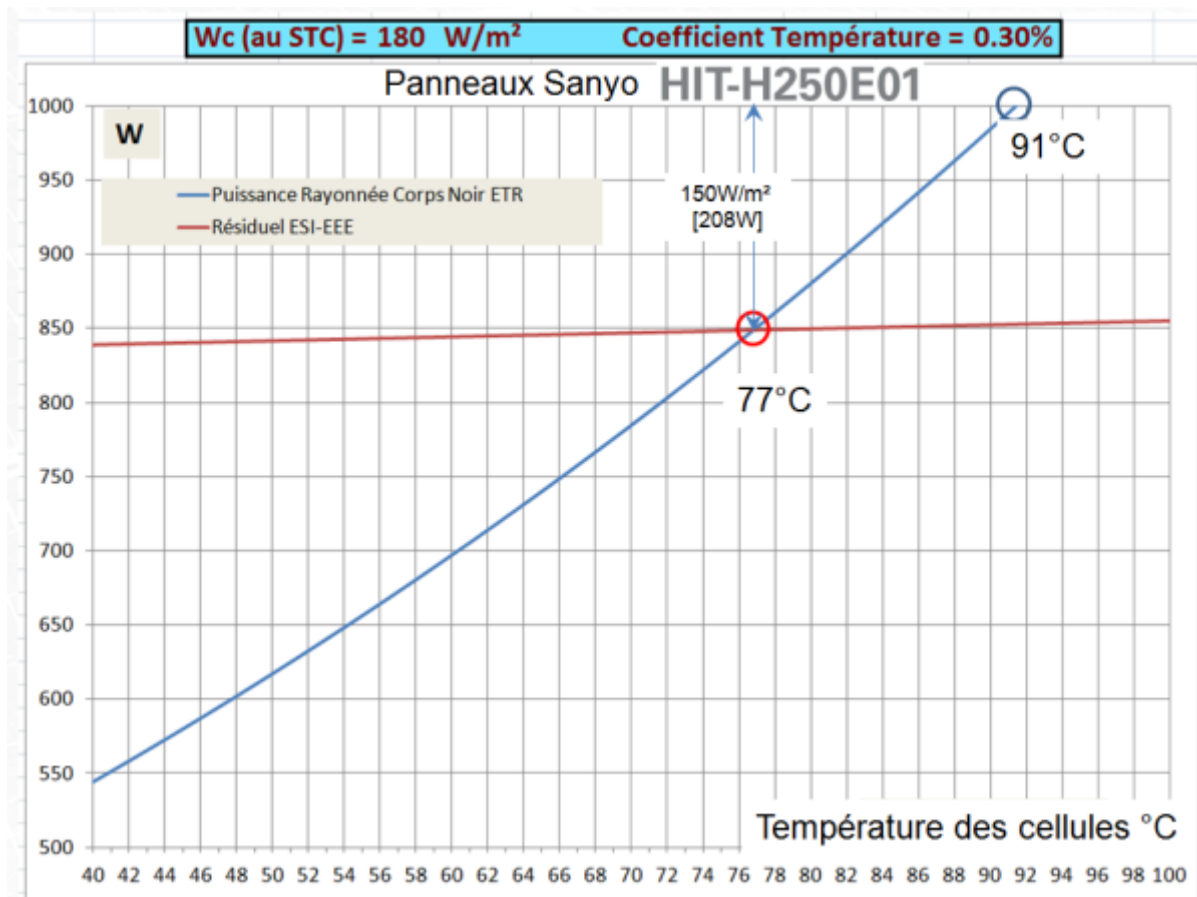


De même avec des panneaux **Sanyo HIT de 250Wc** a cellules en nid d'abeille (à hétérojonction) (soient 180Wc/m^2), l'étude est faite pour un rayonnement solaire typique ESI de 1000W/m^2

Nous appliquons la même méthode que précédemment, avec un coefficient de température de -0.30% par $^{\circ}\text{C}$.

Lorsque le panneau fonctionne au mpp, les deux courbes se croisent pour une température de cellule de 77°C En ce point, le panneau fournit une puissance de 150W/m^2 soient 83.3% de sa puissance crête (au STC).

Si on arrête l'onduleur les cellules montent à 91°C comme dans la cas précédent.



5) Résumé : table des ordres de grandeur

Panneau	T A l'arrêt	T Au mpp	Wc/m ²	W/m ² au mpp	Delta T
Siliken 250Wc	91°C	80°C	154	120	11°C
Sunpower 333Wc	91°C	75°C	204	170	16°C
Sanyo HIT H250E01	91°C	77°C	180	150	14°C

Nous pouvons conclure :

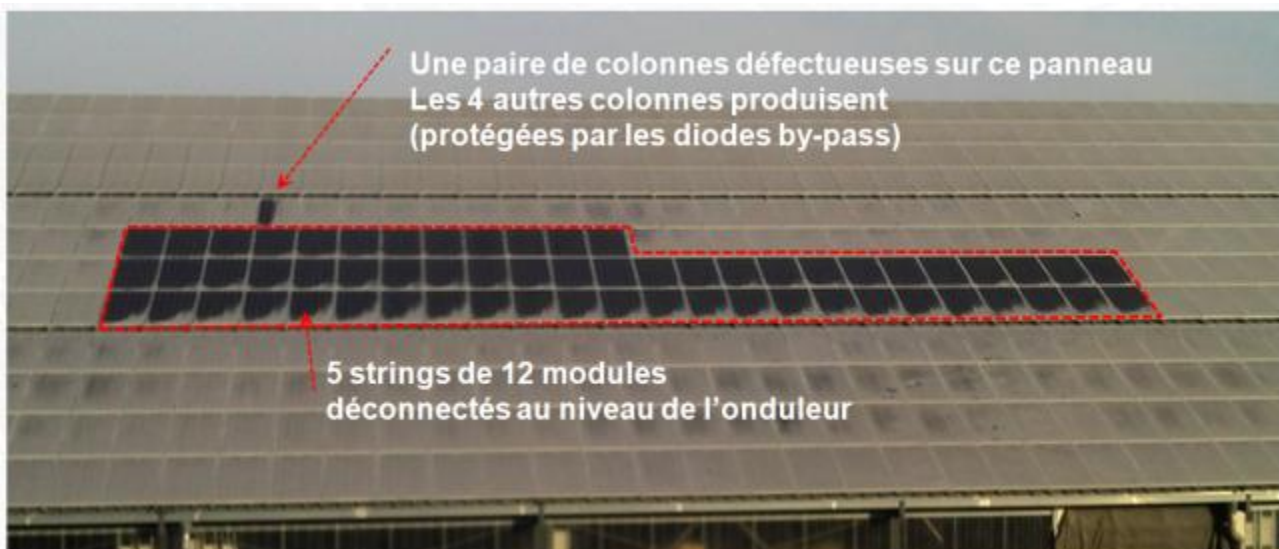
Lorsque l'installation photovoltaïque fonctionne, pour une irradiation donnée, les modules sont plus froids que s'ils sont débranchés ou si l'onduleur est arrêté.

Sous une irradiation de $1000\text{W}/\text{m}^2$, l'écart peut être de l'ordre de 10°C pour des panneaux standards ($154\text{Wc}/\text{m}^2$). Pour des panneaux à haut rendement, il y a une baisse de température supplémentaire en fonctionnement d'environ 5°C par rapport à des panneaux standards.

Il est intéressant de noter que les deux panneaux spéciaux : Sunpower et Sanyo perdent seulement 16.7% au mpp, contre 22% pour le modèle standard. Le Sunpower obtient cette performance en extrayant un maximum d'énergie électrique. Le Sanyo est un peu moins performant à ce point de vue, mais le coefficient de température est de seulement -0.30% à comparer aux -0.38% des Sunpower.

Le comportement au mpp sous forte irradiation devrait être similaire pour ces deux types.

6) Le phénomène mis en évidence



Dans cet exemple, le propriétaire de la station a remarqué que deux des colonnes d'un panneau de la rangée 5 était dégivrées avant les autres.

Pour tester la pertinence de notre explication, le lendemain, il a déconnectés 60 panneaux de l'entrée de son onduleur. On peut voir que les panneaux non connectés (pointillés rouges) montent plus rapidement en température, ce qui y fait fondre le givre

Il est bien évident que lors de ces conditions matinales l'énergie radiative reçue par les panneaux est bien inférieure aux $1000\text{W}/\text{m}^2$. Aussi, la différence de température entre les panneaux qui produisent et ceux qui sont déconnectés doit être bien faible – peut être un petit degré. Mais ceci est suffisant pour provoquer ce « dégivrage différentiel ». Noter que cette installation est réalisée en panneaux standards.