

# TP : PANNEAUX ET SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES + ONDULEUR AUTONOME

## Objectifs:

- analyser les caractéristiques de modules photovoltaïques de différentes technologies.
- comprendre comment l'irradiance, la température, les ombres modifient ces caractéristiques.
- comprendre l'intérêt d'intercaler un convertisseur DC/DC entre le générateur photovoltaïque et la charge continue.
- analyser les fonctionnalités d'un régulateur du commerce et d'un onduleur autonome

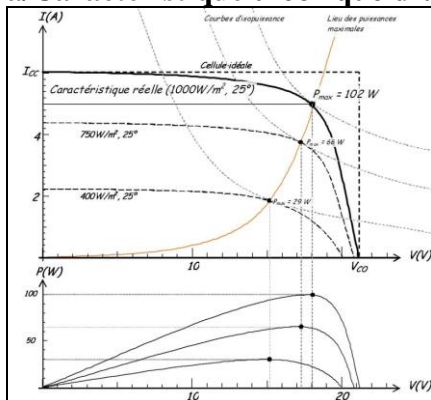
Les trois panneaux étudiés seront : panneau photowatt PW90Wc **multicristallin**, Panneau Free energy europ FEE5-12-C 5Wc **amorphe** rigide, Solbian SP 50L **monocristallin** souple (cellule technoback contact Maxeon), doc fournies en fichiers joint.

Les parties avec un trait sur la gauche attendent une réponse de votre part et correspondent à la préparation du TP à faire avant la séance de TP

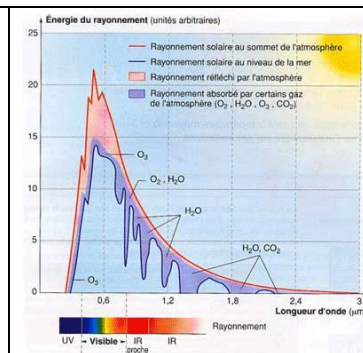
Le compte rendu de votre préparation (feuilles manuscrites ou fichier avec votre nom) est à rendre en début de séance.

## 1. RAPPEL ET COMPLEMENTS SUR LES PANNEAUX SOLAIRES PV

### a/Caractéristique théorique d'un panneau solaire.



**Figure 1.** Caractéristiques typiques d'un panneau solaire photovoltaïque. [1]



**Figure 2.** Spectres du soleil (hors atmosphère et au sol).

La partie supérieure de la figure 1 donne la forme des caractéristiques  $I(V)$  d'un panneau solaire pour différents ensoleillements (exprimés en  $W/m^2$ ). La partie inférieure présente les caractéristiques  $P(V)$  correspondantes. Un panneau se comporte comme un générateur de tension près de la tension de circuit-ouvert et comme un générateur de courant près du courant de court-circuit. Différents spectres solaires sont donnés figure 2.

### b/ Notations :

Courant de court-circuit :  $I_{SC}$  (A),

Tension de circuit ouvert :  $V_{OC}$  (V)

Ensoleillement (ou irradiance):  $G$  ( $W/m^2$ ). Une irradiance de  $1000 W/m^2$  est obtenue à Toulouse vers midi au mois de juin, il est rare d'avoir plus (cf figure 5).

AM: Air Masse (précise les conditions spectrales d'ensoleillement). Le spectre du soleil (cf figure 2) à la surface de la Terre dans les conditions standard est noté AM 1,5. AM 0

correspond au spectre du soleil hors atmosphère et AM 1 au spectre du soleil au zénith. Si on note  $\varphi$ , l'angle d'élévation du soleil (azimuth), on a approximativement :

$$AM = \frac{1}{\sin(\varphi)} \quad \text{Eq. 1}$$

Soit  $\varphi = 42^\circ$  pour  $AM = 1,5$  *Température* : T (°C) *STC*: Standard Test Conditions : (1000 W/m<sup>2</sup>, AM1,5 , 25°C). La fiche technique d'un panneau donne ces performances dans les STC.

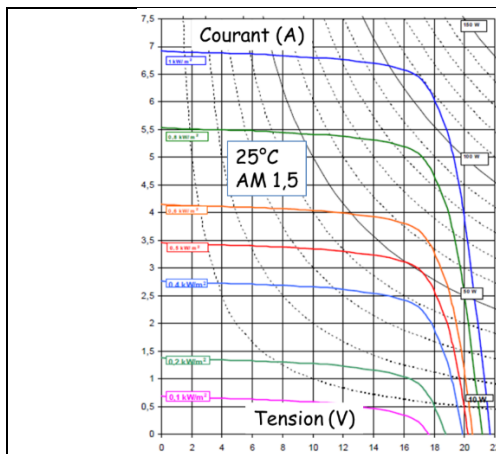
*Puissance max* : P<sub>MAX</sub> (W)

*Puissance crête* : P<sub>C</sub> (P<sub>P</sub>). (W<sub>C</sub> -Watt crête- ou W<sub>P</sub> -Watt peak-) P<sub>MAX</sub> récupérée dans les STC.

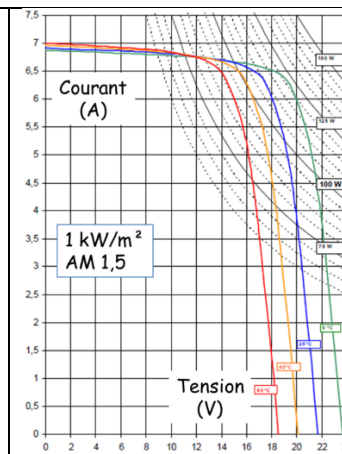
*Facteur de forme* : FF 
$$FF = \frac{P_{MAX}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \quad \text{Eq. 2}$$

### c/ Influence de l'irradiance :

Comme on peut le constater sur la figure 3, voir aussi doc *doc\_panneaux\_rigides\_PW110.pdf*, le courant de court-circuit est proportionnel à l'irradiance et en première approximation, la puissance maximale aussi.

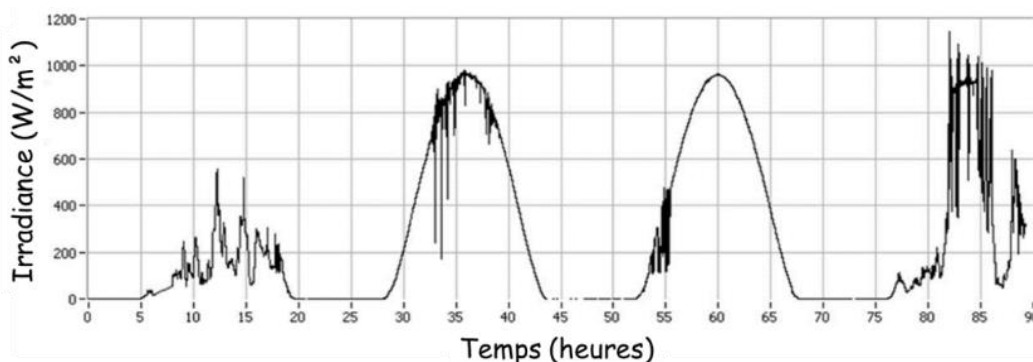


**Figure 3.** Caractéristiques I(V) du panneau Photowatt PW6 pour différentes irradiances.



**Figure 4.** Caractéristiques I(V) du panneau Photowatt PW6 pour différentes températures.

Le soleil est aussi une grandeur variable sur la journée comme le montre la figure 5.



**Figure 5.** Relevé de l'irradiance à Toulouse entre le 11 juin 0h et le 14 juin 17h 2009 -données fournies aimablement par le Laboratoire d'Aérodologie de Toulouse-.

### d/ Influence de la température :

La figure 4 montre l'influence de la température.

Quantitativement, dans le cas des panneaux utilisés (Tab 1), le courant de court-circuit augmente d'environ 2,085 mA / °C et la tension de circuit ouvert décroît de 79 mV / °C. La baisse globale de puissance est d'environ de 0,43 % / °C. Ainsi, plus la température augmente et moins la cellule est performante.

## 2. ANALYSE DE LA DOC DU PANNEAU PW6-110

Un des panneaux que vous allez utiliser est un Photowatt PW6-110 avec **90 W<sub>c</sub>**. Le tableau ci-dessous donne ses spécifications techniques : (**colonne 90 W** pour puissance typique).

On donne de plus :

Ce panneau est composé de 4x9 cellules polycristallines chacune de 150 mm x 150 mm.

La taille du panneau est de 1424 mm x 655 mm x 45mm

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES				
PW6-110		Configuration 12 V		
Puissance typique	W	90	100	110
Puissance minimale	W	85	95,1	105,1
Tension à la puissance typique	V	16,4	16,7	17,2
Intensité à la puissance typique	A	5,5	6,0	6,4
Intensité de court circuit	A	6,1	6,5	6,9
Tension en circuit ouvert	V	21,1	21,5	21,7
Tension maximum du circuit	V	1000V DC		
Coefficients de température		$\alpha = +2,085 \text{ mA}/^{\circ}\text{C}$ ; $\beta = -79 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ ; $\gamma \text{ P/P} = -0,43 \text{ \% }/^{\circ}\text{C}$		
Spécifications de puissance à 1000 W/m <sup>2</sup> ; 25°C ; AM 1,5				

**Tableau 1** Extrait de la notice technique du panneau Photowatt PW6.

*Pour le panneau PW6-110 déjà présenté avec une puissance de 90 W<sub>c</sub>, tracez I(V) et P(V) et rappelez sur les figures les grandeurs importantes et leur valeur.*

*calculez dans les STC :  $\eta_{PV}$ , FF:*

*Un jour de beau temps ( $G=1000 \text{ W/m}^2$ ), la température est de 60°C sur ce panneau, quelle est la perte par rapport aux STC en % et quelle sera la puissance max?*

## 3. EXPERIMENTATIONS

Plusieurs panneaux de technologies différentes sont à votre disposition. Vous devrez les caractériser et comparer leurs caractéristiques avec celles des docs techniques.

### a/ Relevé des caractéristiques I(V) et P(V) avec un traceur.

**Attention**, si vous n'avez pas noté sur une feuille les divers manipulations, vous serez perdus au moment d'exploiter les courbes obtenues=> il est impératif de noter au fur et à mesure sur un cahier les manip que vous réalisez et leurs successions dans le temps.

*N'oubliez pas de faire le schéma de câblage avec les appareils utilisés, c'est obligatoire*

*Pour faire un relevé I(V) et P(V)*

Branchez la panneau au traceur en suivant la notice du traceur.

Branchez le traceur, mise en marche, puis autoscan, touche I/V pour avoir I(V) et non V(I) si nécessaire. Attendre la fin du relevé et prendre une photo de la courbe et des mesures associées.

Vous ne ferez pas d'ombre sur le panneau. Si vous êtes trop près du panneau, vous modifiez le rayonnement diffus vu par le panneau => s'éloignez si possible du panneau.

*Mesure irradiance* : Le pyranomètre est dans le même plan que le panneau.

Il est important d'effectuer les relevés à ensoleillement constant. Si le ciel est sans nuage, cela ne pose pas de problème, si le ciel est nuageux les changements d'irradiance sont rapides même si l'on ne le ressent pas "à l'œil"!.

Il faut noter l'irradiance en début et en fin de relevé pour voir si elle a peu bougé. Si elle a trop bougé: refaire la manipulation.

Vous utiliserez le Splite (sortie analogique ou directement un pyranomètre à sortie numérique).

*Mesure température:* Thermocouple + Multimètre pour lecture directe de la température.

### **Mesures de base (3 relevés)**

*Pour **un** panneau d'une des trois technologies de panneaux disponibles, faire le relevé de  $I(V)$  et  $P(V)$ , le panneau étant face au soleil.*

*Vous notez aussi le jour, l'heure, les dimensions du panneaux l'irradiance, la température du panneau, la température ambiante et les conditions météorologiques (vent, nuages, pluie...)*

**Effet ombrage** (5 relevés). *A faire s'il fait beau pour avoir une irradiance constante. Pour cette partie on utilise le panneau Polycristallin sur lequel on peut connecter ou non les diodes bypass.*

*Relevé initial : le panneau est orienté face au soleil, sans ombre dessus, son petit côté au sol.*

*Puis, vous faites un relevé en cachant une cellule avec un carton noir de préférence (celle en bas à droite),*

*puis en cachant deux cellules de la même rangée, (celle en bas à droite et celle en bas à gauche).*

*Vous refaites les mêmes manip en déconnectant les diodes bypass.*

**Effet température** (s'il fait beau).

*Relevé initial : le panneau est sous un carton (et donc à température ambiante).*

*On enlève le carton et on démarre le relevé. Il est fait à température ambiante.*

*Vous attendes 5 minutes, panneau en plein soleil et vous refaites la manip. On mesurera la température du panneau avec un thermocouple fixé sur la partie supérieure du panneau pour avoir une idée de la température des cellules.*

Passez sur un PC en salle pour faire le traitement de vos données.

Nom utilisateur sur les PCs : **étudiant**, password **etudiant en H4**, pas de code en **G45 G46**

## **4. EXPLOITATION DES MESURES:**

*Sur un tableur, pour les **trois** technologies (  $\Rightarrow$  voir avec les autres groupes), pour les courbes relevées sans ombrage, indiquez les valeurs suivantes :  $V_{OC}$ ,  $I_{SC}$ ,  $P_{MAX}$ ,  $V@P_{MAX}$ ,  $I@P_{MAX}$ ,  $G$ ,  $T_{amb}$ ,  $T_{panneau}$  puis calculez  $FF$ ,  $\eta_{PV}$  (rendement du panneau) et  $\eta_{Cell}$  (rendement de la cellule solaire)*

*Relier ces valeurs aux valeurs fournies par la documentation. (Les documentations des panneaux vous sont fournis). Les résultats sont-ils cohérents ? (  $\Rightarrow$  **préparer un fichier tableur avant la séance***

*Analysez les courbes avec effet d'ombrage, avec ou sans diode bypass. (  $\Rightarrow$  **Revoir effet des diodes bypass avant la séance***

## **5. CONVERTISSEUR DC/DC**

On souhaite montrer dans cette partie les fonctionnalités courantes d'un régulateur de charge solaire. Le régulateur est interconnecté entre le générateur photovoltaïque, la batterie et la charge.

### **Etude préparatoire**

Dans la salle, vous trouverez la documentation du convertisseur à étudier.

*A partir de cette doc, retrouvez les fonctionnalités de ce chargeur.*

*Pour vous aider :*

- *Quels sont les mode de charges : MPPT, tension constante, tension constante, courant constant ?*
- *Que signifie pour la batterie les charges types floating, bulk ou egalization ?*

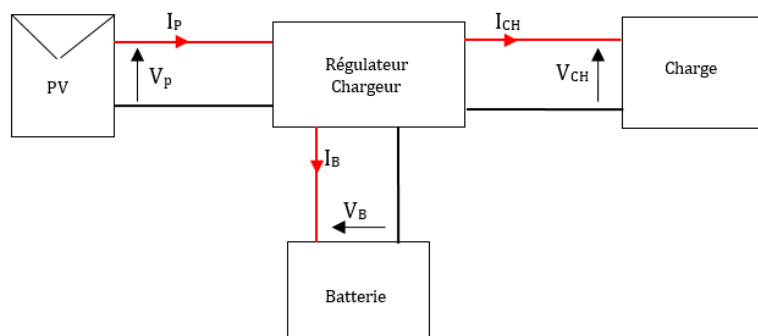
- Quelles sont les protections indispensables pour la batterie ?
- Niveau de courant, de tension, de puissance en entrée, en sortie , ...

### Mise en œuvre.

Lire la documentation concernant le régulateur de charge mis à votre disposition.

Peut-on l'utiliser avec le panneau et la batterie qui vous sont proposés ? (niveaux de tension , de courant ?)

Faire le schéma sur le papier puis réaliser le câblage : PV- régulateur – batterie – charge, en rajoutant les voltmètres et ampèremètres nécessaires pour visualiser les tensions et les courants (6 appareils nécessaires) (**Ne pas connecter la batterie et le panneau solaire sans l'enseignant**)



**Branchement :** avec l'enseignant

**Mesures :**

Bon fonctionnement ? (Partage du courant)

Quel type de commande ? (PWM avec ou sans MPPT ? régulateur série ou parallèle ?)

Rendement ?

Consommation à vide ? Consommation la nuit.

Que se passe-t-il si la batterie est trop chargée ? (pas toujours réalisable)

Que se passe-t-il si on cache le panneau ? (pas toujours réalisable)

## 6. ONDULEUR AUTONOME

Quelle différence faites-vous entre un onduleur autonome et un onduleur connecté au réseau de puissance ?

On souhaite montrer dans cette partie les fonctionnalités courantes d'un onduleur autonome. L'onduleur est interconnecté entre la batterie et les charges 230VAC 50Hz.

### Etude préparatoire

Dans la salle, vous trouverez la documentation du convertisseur à étudier.

A partir de cette doc, retrouvez les fonctionnalités de cet onduleur et ses spécifications.

Pour vous aider :

- Niveau de courant, de tension, de puissance en entrée, en sortie , ...
- forme d'onde : sinus ou quasi sinus
- rendement attendu

**Mise en œuvre.**

*Peut-on l'utiliser avec la batterie et les charges qui vous sont proposés ? (niveaux de tension , de courant ?)*

*Faire le schéma sur le papier puis réaliser le câblage en rajoutant le wattmètre, les voltmètres, les ampèremètres et les sondes nécessaires pour visualiser et faire les mesures.*

*(Ne pas connecter la batterie sans l'enseignant)*

**Branchement :** avec l'enseignant

**Mesures :**

*Bon fonctionnement ?*

*Visualisation des formes d'ondes tension et courant.*

*Rendement ?*

*Consommation à vide ?*

*Que se passe-t-il si la batterie est déchargée ?*

**En fin de séance vous ferez une présentation à vos collègues d'une partie de votre travail.**