

Dimensionnement d'un système photovoltaïque.

Définition de certains termes : **Irradiance** : c'est la puissance solaire rayonnée par unité de surface (W/m^2), elle dépend de :- *la position du soleil* dans le ciel (qui dépend de la date, la longitude et l'heure), - *l'inclinaison* par rapport à l'horizontale, - *la transparence* de l'atmosphère (présence d'aérosols, de vapeur d'eau, de poussières), - *l'ombrage* dû à l'environnement local (arbres, montagnes, etc..). **Irradiation** : c'est la quantité d'énergie solaire par unité de surface, exprimée en Wh/m^2 , elle dépend des mêmes paramètres que l'irradiance.

Objectifs de ce TD :

- Analyser les possibilités et les limites du photovoltaïque
- Analyser la méthode proposée pour dimensionner un système.

Energie nécessaire.

Le système à alimenter est un ordinateur utilisé 5h par jour tous les jours de l'année.

Consommation : chargeur + ordi : 30 watts.

Rendement chargeur : 80%

Puissance ordi?

Energie journalière nécessaire?

Structure du système.

On utilise une batterie de voiture comme stockage intermédiaire. $V = 12V$, $C = 50 Ah$.

Avant d'arriver à la batterie l'énergie issue du panneau passe dans un régulateur de charge (rendement 90%).

Quels sont les fonctions essentielles du régulateur de charge?

On suppose que l'énergie photovoltaïque sera stockée dans une batterie avec un rendement charge-décharge de 70% (70% sur la charge et 100% sur la décharge) puis on placera en sortie de la batterie un onduleur autonome pour utiliser ensuite l'adaptateur fourni avec l'ordinateur.

Donner le schéma avec les différents blocs et les rendements associés.

Quelle est l'énergie à remettre par jour dans la batterie pour compenser l'énergie utilisée dans les dernières 24h?

Gisement lumineux.

Nous sommes à Toulouse.

TOULOUSE	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec	moy
global	1.31	2.28	3.56	4.56	5.98	6.37	5.98	5.42	4.18	2.8	1.55	1.03	3.76

Irradiation quotidienne $kWh/m^2/j$ à l'horizontal, d'après logiciel Calsol

Quel donnée nous sert de base de calcul pour cette application?

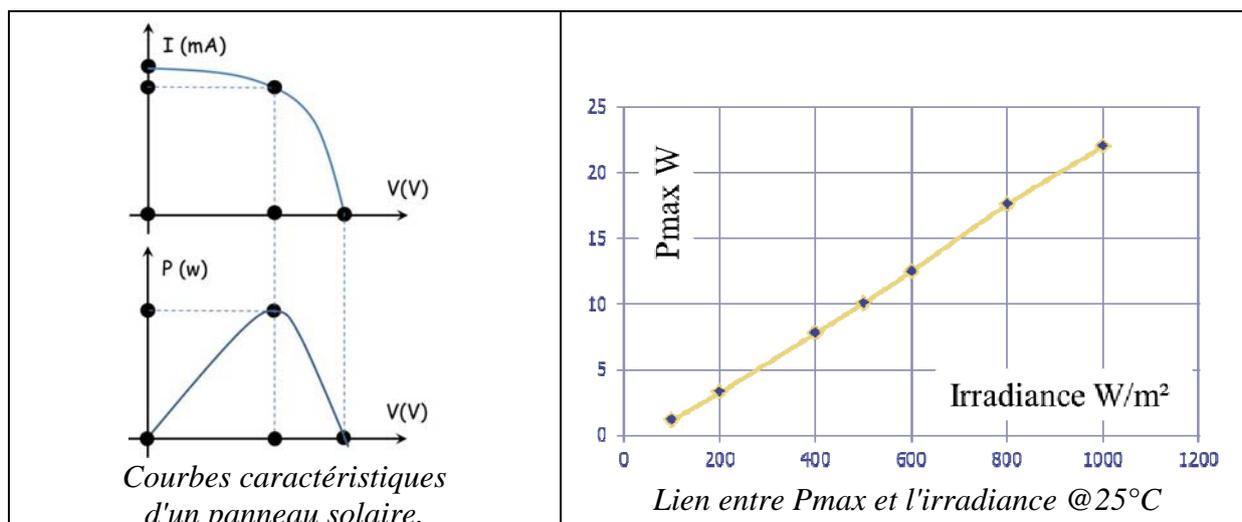
Si on peut choisir l'orientation et l'inclinaison, comment placez-vous vos panneaux?

Les panneaux photovoltaïques.

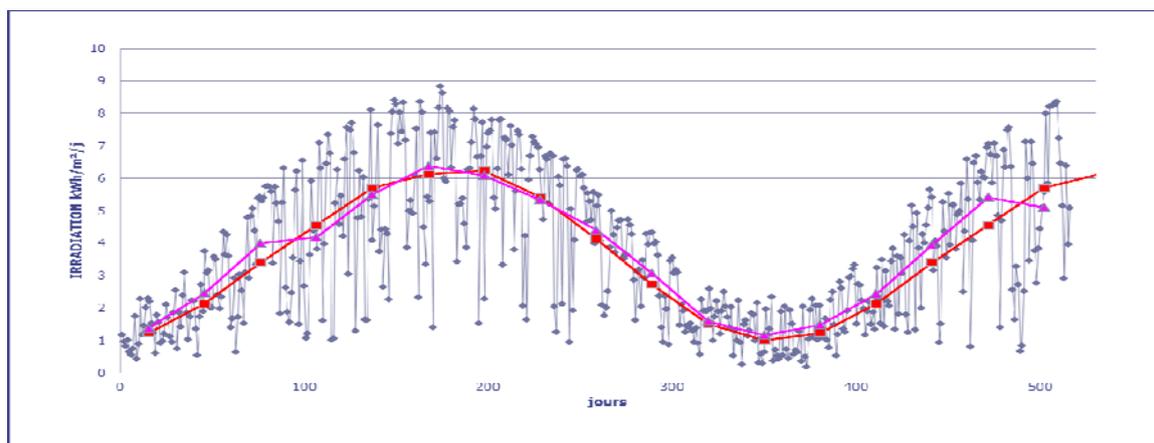
On choisit une technologie polycristalline analogue à celle du panneau PWX200 distribué par l'entreprise Surtec. Ce panneau est fabriqué avec 36 cellules de $101,25 \times 50,6 \text{ mm}^2$ associés en série.

PWX200		Configuration 12 V	
Puissance typique	W	22	
Puissance minimale	W	18	
Tension à la puissance typique	V	17	
Intensité à la puissance typique	A	1,3	
Intensité de court circuit	A	1,44	
Tension en circuit ouvert	V	21,5	
Tension maximum du circuit	V	600V DC	
Coefficient de température	$\alpha = +0,48 \text{ mA}/^\circ\text{C}$; $\beta = -79 \text{ mV}/^\circ\text{C}$; $\gamma \text{ P/P} = -0,43 \text{ \%}/^\circ\text{C}$		
Spécifications de puissance à 1000 W/m² ; 25°C ; AM 1,5			

Extrait de la doc technique de ce panneau.



Quelle est la surface de ce panneau? Combien vaut le rendement à 25°C et $1000 \text{ W}/\text{m}^2$?
 Comment varie p_{max} et donc le rendement avec l'irradiation?
 Comment varie ce rendement avec la température?
 Quelle baisse de puissance (en % et en absolu) constate-t-on si le panneau est à 60°C sous $1000 \text{ W}/\text{m}^2$?



Irradiation en $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{j}$ à l'Herm (Muret) de janvier 2009 à juin 2010. Moyenne mensuelle (violet) Moyenne mensuelle Toulouse pondérée sur 10 ans (rouge)

Quel rendement prend-on pour le panneau PV?
 Déterminer la surface nécessaire pour assurer la recharge journalière.
 Si l'ordinateur fonctionne pendant les heures ou il y a du soleil, a-t-on besoin d'autant de surface que si le PC fonctionne la nuit?

La batterie.

Combien de mauvais jours consécutifs constate-t-on?
 Comment prendre en compte les jours où il fait mauvais?
 Comment choisir la batterie pour assurer le service compte tenu du mauvais temps prévisible.

Algorithmes de charge.

Quels sont les différents modes de fonctionnement du régulateur de charge?
 Donner le principe de la commande MPPT hill climbing et donner l'algorithme correspondant.

----- Documentation sur les régulateurs de charge:

L'objectif est de recharger à 100% la batterie malgré le caractère intermittent de la source primaire qu'est l'énergie solaire, tout ceci avec le souci de garantir une durée de vie maximale. Des méthodes de charges spécifiques aux batteries plomb-acide doivent être adoptées pour une meilleure efficacité.

Ces méthodes doivent respecter 2 points essentiels:

1. durant la recharge et jusqu'à ce que 100% de la décharge précédente soit récupérée, le courant doit être contrôlé pour maintenir la tension aux bornes de la cellule inférieure à la tension de gazéification. La gazéification est l'électrolyse de l'eau contenue dans l'électrolyte.
2. une fois la batterie rechargée à 100%, la charge doit se finir avec un courant faible.

On distingue plusieurs méthodes qui respectent ces 3 considérations:

1. charge à courant constant : généralement à C/10 maxi. La tension de la cellule augmente brusquement en fin de charge et il est alors recommandé de finir la charge à un niveau de courant de C/500. Cette méthode nécessite un bon ajustement du courant de charge mais reste utilisée pour les petites batteries et permet en outre de diminuer la sulfatation des batteries qui ont été surchargées ou déchargées trop fortement.

2. charge à tension constante : elle comporte généralement une limitation en courant en début de charge et/ou en fin de charge.

3. charge pulsée : le régulateur de charge est périodiquement isolé de la batterie et la tension en circuit-ouvert est alors mesurée. Une comparaison entre cette mesure et une tension seuil de référence est alors effectuée. Ce qui suit est alors simple : si la tension en circuit-ouvert est supérieure à la valeur de référence, le chargeur ne délivrera pas d'énergie, dans le cas contraire le chargeur fournira de l'énergie. Par conséquent, quand la batterie est à un état bas de charge, le chargeur est presque connecté 100% du temps. Pour maintenir la charge complète, de courtes charges sont réalisées périodiquement.

4. trickle charging : cette méthode est une charge à courant constant avec un taux faible (environ C/100). Elle permet de maintenir la batterie dans une condition de pleine charge et ainsi compenser les pertes par autodécharge et de restituer l'énergie délivrée par la batterie lors de connexion intermittente de la charge.

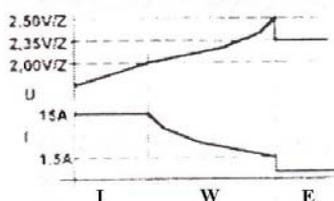
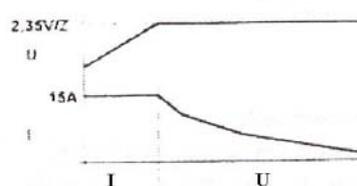
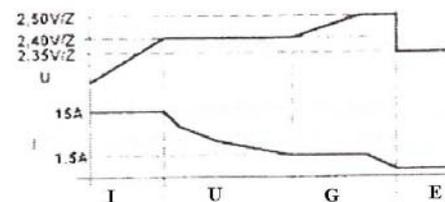
5. charge flottante : comme la méthode trickle charging, elle permet de maintenir la batterie en état de pleine charge, cependant elle utilise une charge de type tension constante.

Les régulateurs du commerce utilisent ces types de charge dans leur algorithme, suivant différents programmes adaptés à la technologie des batteries. Par exemple, le document technique du régulateur SUNLINE PSC 15/25 indique quelles méthodes sont utilisées :

Le premier programme est adapté aux batteries plomb-acide,

Le second est adapté aux batteries plomb-gel (pas de gazéification)

Le troisième est adapté aux batteries à plaques à partir d'une capacité de 160Ah C100.

Programme de charge 1**Programme de charge 2****Programme de charge 3**

Programme de gestion de charge/décharge du PSCA 15/25

On distingue 5 sections de programme :

I : charge au courant maximum dite charge Bulk

($V_{bat} < 12V$)

U : charge à la tension maximale dite charge d'Acceptance

($V_{bat} = 14,1 V$)

G : charge de gazéification ou d'égalisation

($14,4V < V_{bat} < 15V$)

W : charge à la courbe caractéristique

($12V < V_{bat} < 15V$)

E : charge flottante

($V_{batt} = 14,1V$)

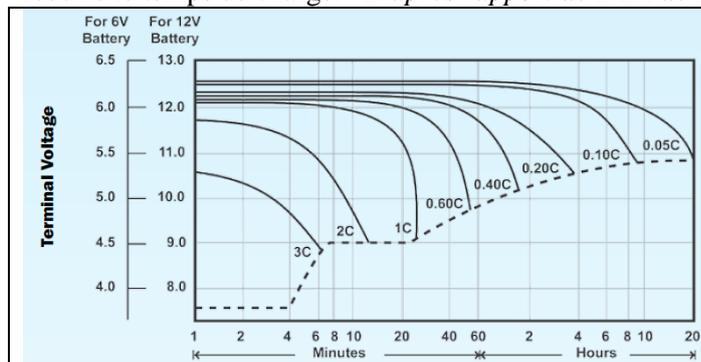
Toutes ces méthodes utilisent des valeurs limites ou des valeurs références de contrôle, ceci aussi bien pour le courant que pour la tension. Ces valeurs dépendent du type de batterie plomb-acide utilisé (ouverte, étanche, à électrolyte gélifiée) mais aussi de la température. En effet, l'activité électrochimique d'une batterie est fortement dépendante de la température, ainsi à haute température une batterie acceptera plus facilement la charge et commencera sa gazéification à une tension plus basse. Il est alors nécessaire pour le régulateur de prendre en compte ce paramètre, notamment pour éviter toute gazéification dans les batteries étanches sous peine de perdre de l'électrolyte définitivement. Les régulateurs du commerce réalisent donc une compensation de température dans le calcul de leurs seuils de charge. Cette compensation va de $-3mV/°C/cellule$ à $-5mV/°C/cellule$ (référence à $25°C$).

Pour une batterie Pb : seuil de tension pour définir la capacité nominale d'une batterie $1,75 V @ 20 °C$ soit $10,5 V$ // Tension de dégazéification : $2,4 V$ par élément soit $14,4 V$ pour batterie $12V$. //

Tension de floating : en dessous de $2,3 V$ par élément soit $14 V$ pour batterie $12V$.

Pour prolonger la santé de la batterie et ainsi sa capacité, le régulateur peut aussi réduire des phénomènes tels que la stratification de l'électrolyte qui apparaissent notamment à la suite d'un stand-by de la batterie ou encore le phénomène de sulfatation qui consiste à des dépôts de gros grains de sulfate de plomb sur les matières actives des électrodes. Pour cela, les régulateurs disposent d'une charge dite d'égalisation qui se déroule à tension élevée, tension supérieure à la tension de gazéification ce qui crée un dégagement gazeux permettant d'homogénéiser l'électrolyte. Cependant elle est peu recommandée pour les batteries fermées qui ne peuvent perdre de liquide sans perdre en même temps un peu de capacité. Les régulateurs tiennent compte de cela dans leurs programmes. Chaque régulateur exécute cette charge d'égalisation suivant un planning propre à lui de l'ordre d'une à trois fois par mois pendant une ou deux heures. Quant à la tension d'égalisation, elle est de l'ordre de $15.5V$ pour une batterie $12 volts$.

Pour finir, certains régulateurs sont capables d'extraire le maximum de puissance du panneau photovoltaïque à un instant donné par Maximum Power Point Tracking. Cela a pour conséquence de réduire le temps de charge. *D'après rapport de DEA de Michael Bessakhi LAAS*



Courbes de décharge à courant constant.

D'après :

*Sealed Lead-Acid Batteries
Technical Manual, POWER-SONIC Rechargeable Batteries.*