

Définition de certains termes :

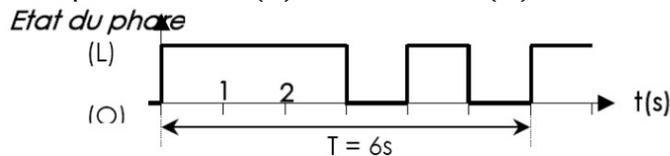
Irradiance : c'est la puissance solaire rayonnée par unité de surface (W/m^2), elle dépend de :

- 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..).

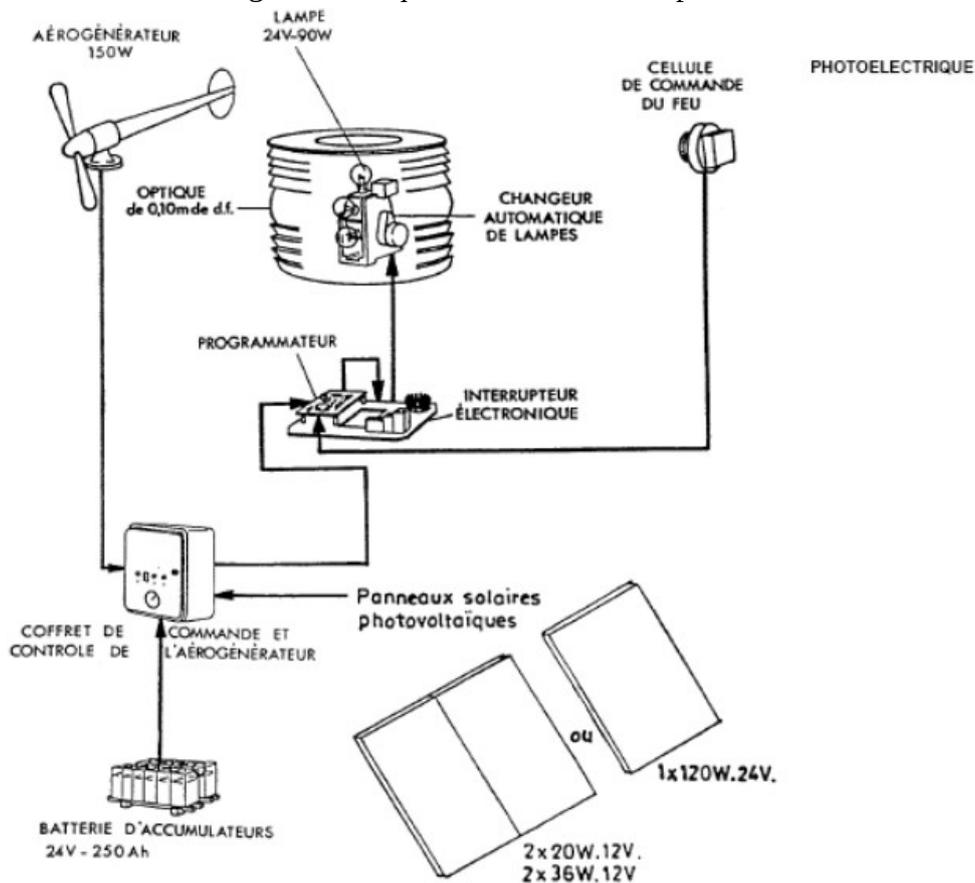
Irradiation : c'est la quantité d'énergie solaire par unité de surface, exprimée en Wh/m^2 , elle dépend des mêmes paramètres que l'irradiance.

Exercice 1

Le système étudié est le phare de L'Île Noire situé dans la baie de Morlaix (Finistère). Ce phare est équipé à son sommet d'un système d'éclairage qui sert à guider les bateaux dans la nuit. Il constitue une aide à la navigation dans ces parages à la fois fréquentés et dangereux. Le signal lumineux émis par ce phare est intermittent et possède un rythme propre qui permet de l'identifier. Le rythme du phare est donné par la répartition des temps de lumière (L) et d'obscurité (O) :



Signal électrique du commande du phare



Constitution du phare

Étude de l'autonomie du phare

1. Calculez l'intensité du courant maximal I_{max} qui traverse la lampe lorsque celle-ci est allumée.
2. Pour le cycle d'allumage préconisé, calculez la valeur du courant moyen I_{moy} .
3. En hiver, la durée de la nuit est d'environ 15 heures (de 17h à 8h) ? Calculez la quantité d'électricité Q_d consommée par le phare en une nuit. (Quantité d'électricité : $Q=I.t$ (Q en Ah si I en A et t en heures))

Note : Sur une période de 24 heures, la batterie fournit au phare un courant moyen égal à 1,56A

4. Déterminez la capacité réelle de batterie C correspondant à ce courant de décharge (voir page suivante).
5. Calculez T_a , le nombre de jours consécutifs de fonctionnement qu'autorise la batterie chargée ?
6. L'autonomie doit-être de 10 jours sans rechargement de la batterie : la batterie est-elle correctement dimensionnée ? Justifiez.

Recharge de la batterie par le panneau photovoltaïques

La carte ci-contre représente la mesure de l'irradiation solaire reçue au niveau du sol en kWh/m² par jour (moyenne au mois de juillet). La localisation du phare est matérialisée par le carré.

7. Déterminez approximativement l'irradiation moyenne R_a reçue quotidiennement par le panneau solaire au mois de juillet (voir page suivante).
8. En déduire le nombre d'heures T_e d'exposition quotidienne du panneau à éclairage énergétique équivalent à 1kW/m².
9. Déterminez la valeur du courant I_p fourni par le panneau exposé à un éclairage énergétique de 1kW/m² pour une tension de 24V (voir page suivante).
10. Calculez alors la quantité d'électricité Q_p produite par le panneau en 1 journée.

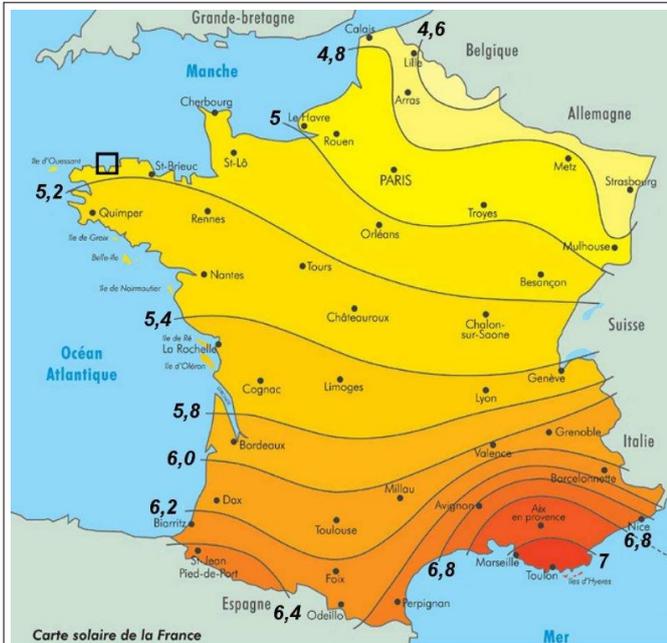
Note : Au mois de juillet, la quantité d'électricité Q_d consommée quotidiennement par le phare est de 23Ah en moyenne.

11. En tenant compte du rendement de la batterie η_{bat} , calculez la quantité d'électricité Q_c à fournir à la batterie pour assurer sa recharge complète.

Le rendement en quantité d'électricité η_{bat} définit par le rapport entre le nombre d'Ampères-heures Q_d restitués par la batterie lors de la décharge et la quantité d'électricité Q_c reçue lors de la charge : $\eta_{bat} = Q_d/Q_c$.

Ce rendement est estimé à 85 %.

12. Conclure quant à la capacité du panneau solaire à recharger seul la batterie pendant le mois de juillet.



BATTERIE D'ACCUMULATEURS

La batterie est constituée de 12 accumulateurs montés en série. La tension à ses bornes est de 24V. Elle varie entre 21 V et 29 V selon l'état de charge.

Capacité

La capacité C de la batterie s'exprime en ampères-heures (Ah). C'est la quantité d'électricité que la batterie chargée peut restituer au cours d'une décharge complète. La capacité nominale C_{10} est définie pour une décharge complète à courant constant pendant 10 heures. Le courant constant débité est noté I_0 .

Si $C_{10} = 250 \text{ Ah}$: la décharge durera 10 heures pour un courant de décharge I_0 constant et égal à 25 A.

La capacité réelle de la batterie dépend du courant de décharge :

- Si le courant moyen de décharge est inférieur à I_0 , la capacité de la batterie est supérieure à C_{10} .
- Si le courant moyen de décharge est supérieur à I_0 , la capacité de la batterie est inférieure à C_{10} .

Le tableau suivant indique la capacité de la batterie en fonction du courant de décharge :

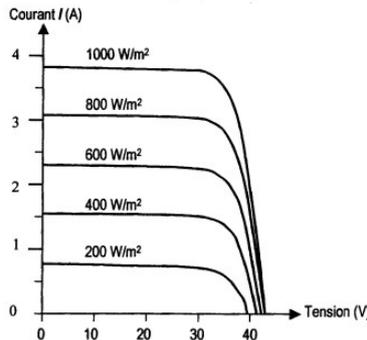
Courant de décharge (A)	25	12,5	7	5	3,9	3,1	1,6
Capacité (Ah)	250	300	335	360	370	375	390

PANNEAU SOLAIRE

Le panneau solaire est constitué de 72 cellules photovoltaïques montées en série qui lui permettent de charger des batteries de 24 V. Il produit un courant continu I proportionnel à l'éclairement énergétique reçu.

Caractéristique Courant (I) en fonction de la tension (V)

Le graphe $I = f(V)$ donné ci-dessous indique les performances typiques du panneau solaire pour différentes valeurs de l'éclairement énergétique :



Caractéristiques électriques

Puissance typique P_{typ} : 120 W
 Tension à la puissance typique V_{typ} : 33,7 V
 Courant à la puissance typique I_{typ} : 3,56 A
 Puissance minimale garantie P_{min} : 110 W
 Courant de court-circuit I_{sc} : 3,8 A
 Tension à circuit ouvert V_{oc} : 42,1 V

Ces données caractérisent la performance des modules types mesurées dans les Conditions d'Essai Standard (STC) :
 - Éclairement énergétique de 1 kW/m^2 ;
 - Température de la cellule : $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Exercice 2

Calcul de l'énergie nécessaire :

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

- Consommation : chargeur + ordi : $P_{AC} = 30 \text{ watts}$.
- Rendement chargeur : $\eta_{AC-DC} = 80\%$



1. Calculez la puissance consommée par l'ordinateur (en fonctionnement)
2. Calculez l'énergie consommée par l'ordinateur (en fonctionnement) pendant 1 journée

Structure du système :

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

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

3. Quelles 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 (Rendement de 90 %) pour utiliser ensuite l'adaptateur fourni avec l'ordinateur. Le panneau a un rendement photovoltaïque η_{PV} ; mais il ne travaille pas forcément au point de puissance maximale, cela dépend de la qualité de la commande du régulateur de charge. On introduit un rendement $\eta_{COM} = 90\%$ pour prendre en compte cette perte de puissance. $\eta_{COM} = P/P_{MAX}$.

- 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

Voici le tableau issu du logiciel **Calsol** : Irradiation sur le plan horizontal en kWh/m² par jour pour Lille :

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Globale (IGH)	0.7	1.34	2.47	3.89	4.9	5.53	5.09	4.29	3.18	1.82	0.88	0.55	2.89

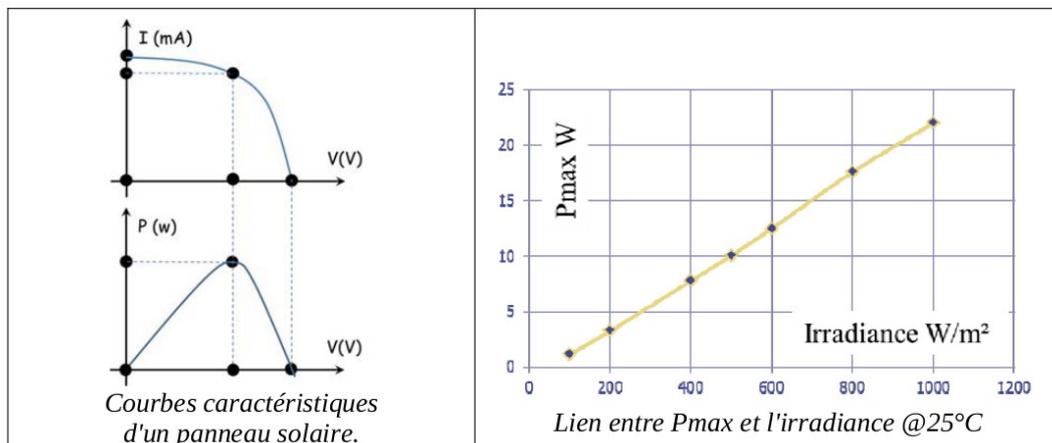
- Quelle donnée nous sert de base de calcul pour cette application?
- Si on peut choisir l'orientation et l'inclinaison, comment placez-vous vos panneaux?

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 x 50,6 mm² associées 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 W/m²?
- Comment varie Pmax 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 W/m²?
- Quel rendement prend-on pour le panneau PV?
- Déterminer la surface nécessaire pour assurer la recharge journalière.
- Si l'ordinateur fonctionne pendant les heures où il y a du soleil, a-t-on besoin d'autant de surface que si le PC fonctionne la nuit?