

Le phare de l'île noire

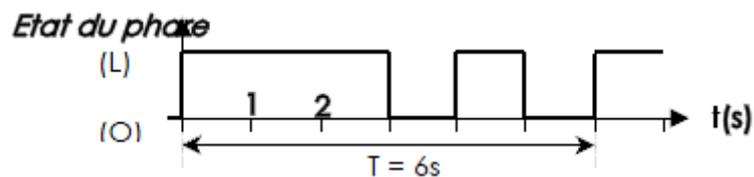


Photo : Philip Plisson

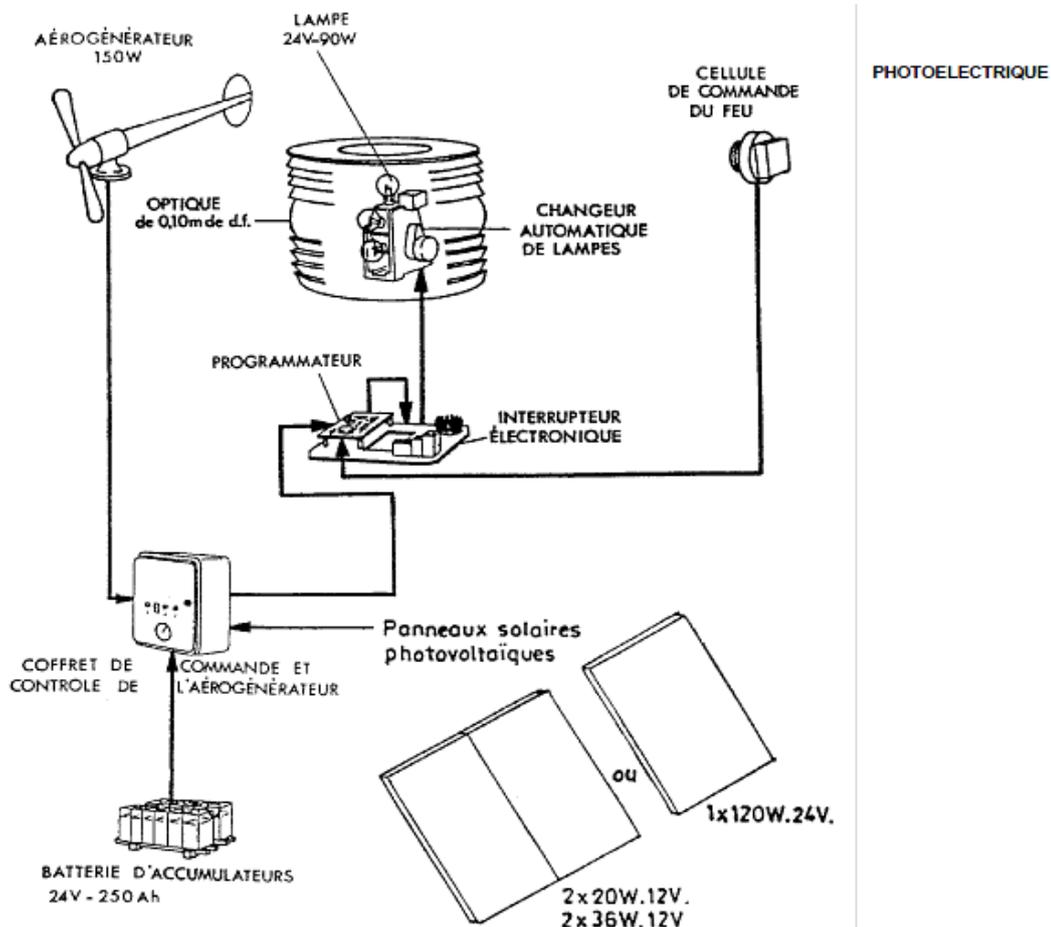
PRESENTATION

1. Principe de fonctionnement

Le support de l'étude 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) :



2. Constitution du phare



3. DESCRIPTION DES CONSTITUANTS

3.1. La source lumineuse

La source lumineuse est une lampe halogène d'une puissance de 90 W. Elle est alimentée sous une tension continue de 24 V. Un système optique est mis en place, ce qui permet d'augmenter l'intensité lumineuse de la lampe et la visibilité du phare. Ce système optique s'appelle « lentilles de Fresnel » du nom de son inventeur. Il est réalisé en polycarbonate.



3.2. La batterie d'accumulateurs

La batterie d'accumulateurs au plomb étanche réalise l'alimentation électrique autonome de la lampe. Elle permet de stocker l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur et par le panneau solaire. Elle restitue en partie cette énergie la nuit pour l'alimentation de la lampe et du circuit électronique de commande et de contrôle du phare.

Caractéristiques :

- Tension nominale : 24 V continu
- Capacité nominale : 250 Ah

3.3. Le panneau solaire photovoltaïque

Le panneau solaire est constitué de cellules photovoltaïques qui convertissent l'éclairement énergétique* du soleil en courant continu. L'assemblage des cellules en série permet d'obtenir une tension compatible avec la charge de la batterie. Le courant produit par le panneau est directement proportionnel à l'ensoleillement reçu : le panneau solaire fonctionne comme un générateur de courant.



Les conditions d'installation du panneau solaire permettent la meilleure exposition au soleil tout au long de l'année : orientation sud, inclinaison égale à la latitude.

* L'éclairement énergétique définit la puissance du rayonnement solaire reçue par unité de surface. Il s'exprime en W/m².

PARTIE 1 : AUTONOMIE DU PHARE

Cette étude a pour objectif de déterminer si la batterie est correctement dimensionnée.

Le nombre de jours consécutifs sans soleil ni vent détermine la capacité de stockage de la batterie, car pendant cette période, la batterie seule doit être capable de fournir l'alimentation en énergie du phare. Pour des raisons de sécurité, l'autonomie du phare doit correspondre à une consommation de dix jours sans recharge de la batterie.

La consommation en énergie du phare est :

- négligeable pendant les heures de la journée,
- essentiellement due à la puissance de la lampe pendant les heures de la nuit.

2-1 : Calcul de la quantité d'électricité quotidienne consommée par le « feu »

2.1.1. Calculer l'intensité du courant ***I*_{max}** qui traverse la lampe lorsqu'elle est allumée.

2.1.2. A partir de l'indication de l'état (allumé/éteint) du phare donné dans le dossier de présentation, calculer la valeur moyenne du courant ***I*_{moy}** dans la lampe pour un cycle.

2.1.3. En hiver, la durée de la nuit est d'environ 15 heures (de 17h à 8h). Calculer la quantité d'électricité ***Q*_d** consommée par le phare en une nuit.

Rappel : La quantité d'électricité ***Q*** est définie par la relation **$Q = I \cdot t$**

Q s'exprime en Ah, le courant ***I*** en Ampères et le temps ***t*** en heures.

Question 2-2 : Détermination de la capacité de stockage de la batterie

Sur période de 24 heures (un jour et une nuit), la batterie fournit au phare un courant moyen égal à 1,56 A.

- 2.2.1. A l'aide du **document technique N°1**, déterminer la capacité réelle de la batterie **C** correspondant à ce courant de décharge.
- 2.2.2. Calculer **Ta**, le nombre de jours consécutifs de fonctionnement qu'autorise la batterie chargée?
- 2.2.3. La batterie est-elle correctement dimensionnée (justifier la réponse) ?

PARTIE 2 : RECHARGE DE LA BATTERIE PAR LE PANNEAU

SOLAIRE SEUL

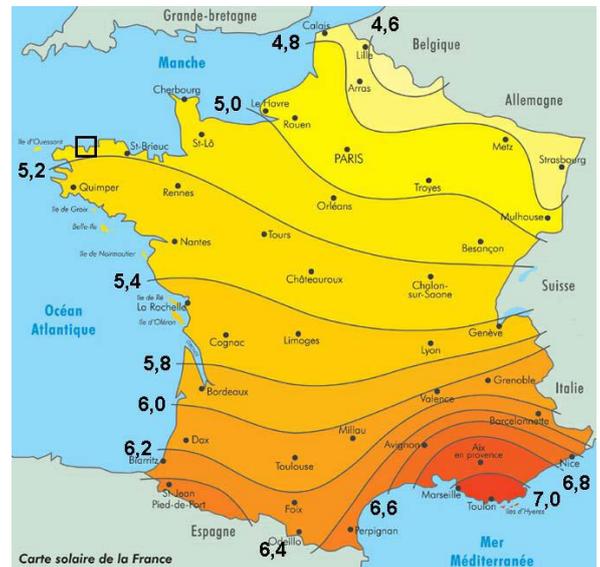
Cette étude a pour objectif de déterminer la capacité du panneau solaire à assurer seul la recharge de la batterie. Elle est menée pour le mois de juillet (période de l'année où l'énergie solaire est la plus abondante).

Question 3-1 : Calcul de la quantité d'électricité quotidienne produite par le panneau solaire

La carte ci-contre donne 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 noir.

*L'**irradiation** définit la quantité d'éclairement énergétique cumulé dans le temps : c'est l'énergie du rayonnement solaire reçue par unité de surface. Elle s'exprime en **Wh/m²**.

Exemple : pour une irradiation de 1 kWh/m² par jour le panneau solaire reçoit un éclairement énergétique équivalent à 1 kW/m² pendant une heure.



3.1.1. A l'aide de la carte donnée ci-dessus, déterminer approximativement **Ra** l'irradiation moyenne reçue quotidiennement par le panneau solaire au mois de juillet.

3.1.2. En déduire le nombre d'heures **Te** d'exposition quotidienne du panneau à éclairement énergétique équivalent à 1 kW/m².

3.1.3. A l'aide du **document technique N°1**, déterminer la valeur du courant **Ip** fourni par le panneau exposé à un éclairement énergétique de 1 kW/m² pour une tension de 24 V.

3.1.4. En utilisant les résultats précédents, calculer la quantité d'électricité **Qp** produite par le panneau solaire en un jour.

Question 3-2 : Calcul de la quantité d'électricité quotidienne à fournir à la batterie pour assurer sa recharge

Au mois de juillet, la quantité d'électricité **Qd** consommée quotidiennement par le phare s'établit à 23 Ah en moyenne.

3.2.1. En tenant compte du rendement de la batterie **ηb** défini ci-dessous, calculer la quantité d'électricité **Qc** à fournir à la batterie pour assurer sa recharge complète.

Le rendement en quantité d'électricité ηb définit le rapport entre le nombre d'Ampèreheures **Qd** restitués par la batterie lors de la décharge et la quantité d'électricité **Qc** reçue lors de la charge : **ηb = Qd / Qc**. Ce rendement est estimé à 85 % dans les conditions de fonctionnement de l'application.

3.2.2. Conclure quant à la capacité du panneau solaire à recharger seul la batterie pendant le mois de juillet (le mois le plus ensoleillé de l'année).

DT N°1 sur la batterie d'accumulateurs et le panneau solaire

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 **C₁₀** est définie pour une décharge complète à courant constant pendant 10 heures. Le courant constant débité est noté **I₁₀**.

Si **C₁₀ = 250 Ah** : la décharge durera 10 heures pour un courant de décharge **I₁₀** 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 **I₁₀**, la capacité de la batterie est supérieure à **C₁₀**.
- Si le courant moyen de décharge est supérieur à **I₁₀**, la capacité de la batterie est inférieure à **C₁₀**.

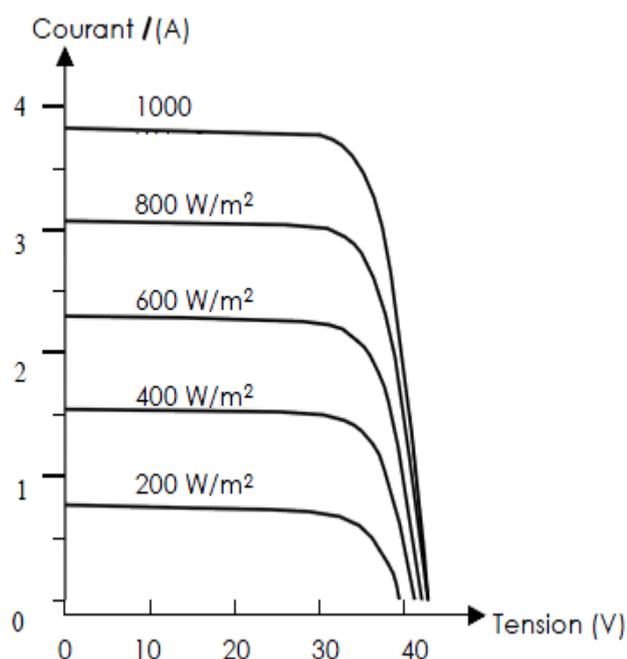
Le tableau suivant indique **la capacité de la batterie en fonction du courant de décharge** :

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-contre 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/m²
- Température de la cellule : 25 °C