

Corrigé : Autonomie énergétique de l'île du Guesclin

Partie 1/ Étude fonctionnelle de l'alimentation en énergie de l'île Du Guesclin (Durée conseillée = 10min)

- Q 1). Donner la fonction des éléments suivants et le type d'énergie présent en entrée et en sortie de chacun d'eux (voir DT1, DT2 et DT6): **panneaux solaires, éolienne, génératrice synchrone, parc batteries et onduleur.**

Panneaux solaires : convertir énergie solaire en énergie électrique continue

Éolienne : convertir énergie éolienne en énergie mécanique

Génératrice synchrone triphasée : convertir énergie mécanique en énergie électrique triphasée.

Parc batteries : Stocker et restituer l'énergie électrique continue.

Onduleur : convertir l'énergie électrique continue en énergie électrique alternative monophasée.

Partie 2/ Étude de l'apport énergétique minimal des panneaux solaires (Durée conseillée = 10min)

- Q 2). Donner l'irradiation globale minimum Ra_{min} en $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ par jour reçue par les panneaux solaires de l'île Du Guesclin au cours de l'année (voir DT3).

$Ra = 2,05 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ par jour

- Q 3). En déduire le nombre d'heures Te d'exposition quotidienne des panneaux pour un éclairement énergétique équivalent à $1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ($Te = \frac{Ra}{\text{éclairement énergétique équivalent}}$).

L'irradiation solaire reçue par le panneau vaut $2,05 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$, ce qui équivaut à une exposition du panneau à un éclairement énergétique de $1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ pendant $Te = 2,05$ heures.

- Q 4). Déterminer la valeur du courant I_p fourni par un panneau solaire exposé à un éclairement énergétique de $1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ pour une tension de 24 V (voir DT3 et DT8).

$I_p = 3,8 \text{ A}$ environ

- Q 5). Déterminer le nombre total N_{total} de panneaux solaires présents sur l'île Du Guesclin (voir DT1 et DT4) et déduire le courant $I_{p_{total}}$ fournit par l'installation.

$N_{total} = 31$

$I_{p_{total}} = 31 \times 3,8 = 118 \text{ A}$ environ

- Q 6). Rappeler la formule de l'énergie électrique puis en utilisant les résultats précédents, calculer la quantité d'énergie $W_{panneaux}$ en $\text{kW}\cdot\text{h}$ produite par les panneaux solaires sur une journée.

$W_{panneaux} = U \times I \times t = 24 \times 118 \times 2,05 = 5805,6 \text{ W}\cdot\text{h} = 5,8 \text{ kW}\cdot\text{h}$

Pour la suite de l'étude on prendra $W_{panneaux} = 6 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Q 7). Sachant que le rendement global des régulateurs associés à l'onduleur est de **85%** déterminer la quantité d'énergie minimale apportée quotidiennement par le système photo voltaïque, $W_{sys_photovolt}$ en $\text{kW}\cdot\text{h}$.

$$W_{sys_photovolt} = 0,85 \times 6 = 5,1 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

Partie 3/ Étude du mixe énergétique (Durée conseillée = 10min)

Q 8). **Analyser** les graphiques d'apport d'énergie renouvelable du document DT 10. **Comparer** l'énergie renouvelable disponible avec la consommation sur le fort. **Commenter** le dimensionnement des installations, en été et en hiver.

En été :

L'apport d'énergie par les panneaux solaires est de $8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ et d'environ $700 \text{ W}\cdot\text{h}$ par d'éolienne. Au total, l'apport est de $8,7 \text{ kW}\cdot\text{h}$ pour une consommation de $4,2 \text{ kW}\cdot\text{h}$ par jour. L'installation est surdimensionnée pour les besoins en énergie.

En hiver :

L'apport par les panneaux solaire est de $2,5 \text{ kW}\cdot\text{h}$ alors que l'apport par l'éolienne est de $1,6 \text{ kW}\cdot\text{h}$. La différence entre les deux moyens de production est plus faible. La production totale est de $4,1 \text{ kW}\cdot\text{h}$, ce qui ne couvre pas la consommation journalière. Il faudra peut-être envisager un apport d'énergie par groupe électrogène sur les périodes sans ensoleillement suffisant.

Partie 4/ Étude de l'autonomie du parc batteries en absence de vent et de soleil

Q 9). **Déterminer** la tension nominale U_{nom} du parc batteries (voir DT 5 et DT8) et **calculer** la capacité maximale C_{parc_max} du parc batteries en $\text{A}\cdot\text{h}$.

Le parc batteries est composé de deux chaînes en parallèle de 12 éléments de 2 V en série. $U_{nom} = 12 \times 2 \text{ V} = 24 \text{ V}$

On met en parallèle 2 associations de 12 batteries séries 2 V , $C_{parc_max} = 2 \times 800 = 1600 \text{ A}\cdot\text{h}$

Pour optimiser la durée de vie des batteries au plomb, elles ne doivent pas subir de décharges profondes. En pratique, on ne descend jamais en dessous de 30% de leur capacité maximale.

Q 10). **Calculer** la quantité d'électricité Q_{parc_dispo} disponible au sein du parc batteries en $\text{A}\cdot\text{h}$.

$$Q_{parc_dispo} = 70\% C_{parc_max} = 1120 \text{ A}\cdot\text{h}$$

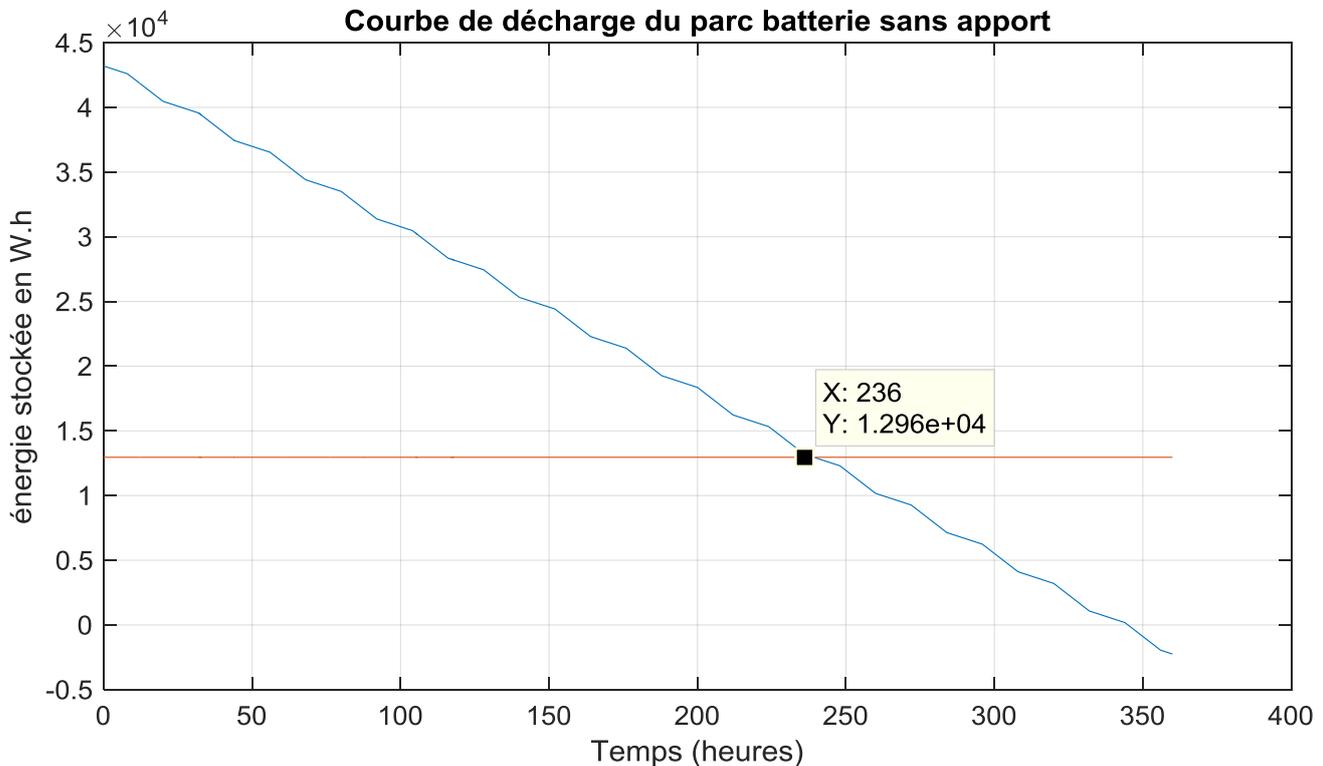
Déterminer l'énergie W_{dispo_parc} disponible au niveau du parc batteries en $\text{KW}\cdot\text{h}$.

$$W_{dispo_parc} = U \times I \times t = Q \times U = 24 \times 1120 = 26,9 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

Pour la suite de l'étude on prendra une **tension de maintien de 27 V** aux bornes des batteries ce qui donne une énergie stockée du parc batteries sans apport de $W_{batteries} = 43,2 \text{ kW}\cdot\text{h}$. Le graphique du DT 11 représente la simulation de la

décharge du parc batteries avec la consommation journalière, sans apport d'énergie.

Q 11). Sur le graphique, **tracer** la limite de décharge du parc batteries sachant qu'il ne doit se décharger qu'à 70%. **Relever** le temps mis pour atteindre ce seuil de décharge. **Quantifier** et **analyser l'écart** entre le besoin du client d'avoir une autonomie de cinq jours et le comportement simulé.



Courbe avec le seuil de décharge à 70 %.

43,2 kW.h = 43 200 W.h

$43\ 200 \times (100-70)/100 = 12\ 960\ \text{W.h}$

Le seuil est atteint pour $t = 236\ \text{h}$, soit 9,83 jours.

Calcul de l'écart :

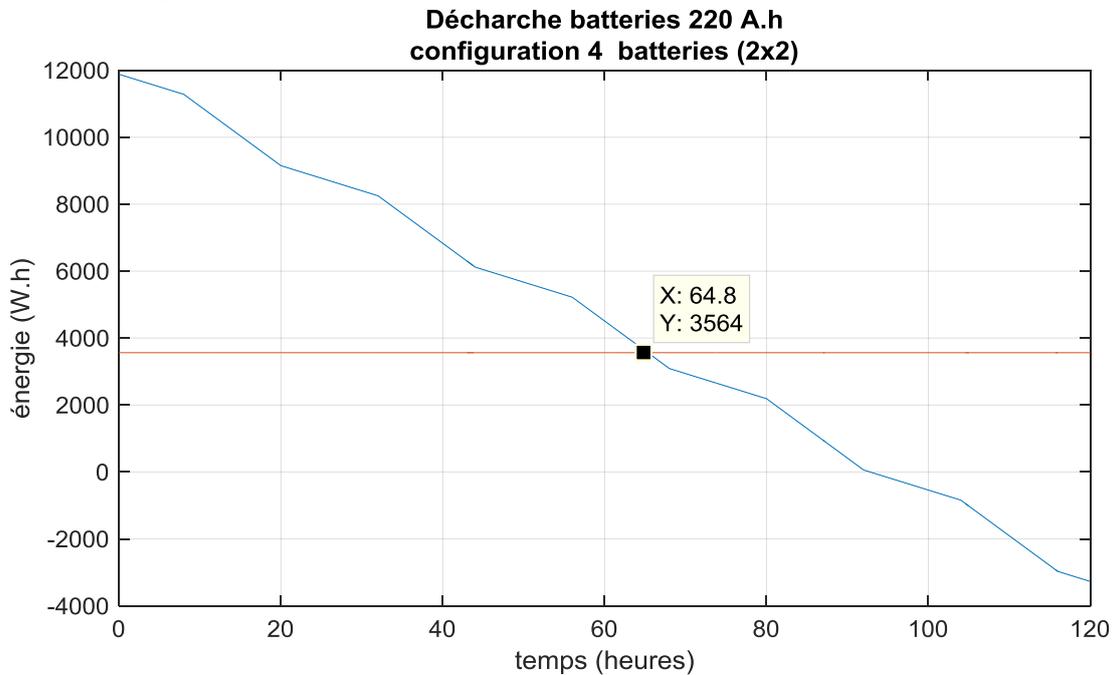
Écart en % = $(5 - 9,83)/5 \times 100 = 97\%$

Avec la configuration de ce parc batteries, l'objectif de 5 jours d'autonomie sans soleil ni vent est largement satisfait (97% de plus). Le parc batterie permet d'assurer le confort des habitants sans restriction d'énergie électrique.

Partie 5/ Étude du renouvellement des batteries

Le parc batteries installé en 1998 montre des signes de fatigue. L'usure des batteries au plomb, ne permet plus d'assurer le stockage de l'énergie. Le renouvellement des batteries est envisagé avec une nouvelle technologie de batterie au gel. Les batteries choisies ont une capacité de 220 A.h. Vu les résultats de la question précédente, pour limiter l'investissement, la configuration retenue consiste à réduire le nombre de batteries. Une première étude est faite avec 4 batteries réparties en deux groupes de deux batteries en série. La consommation reste identique aux besoins exprimés par le client (tableau DT 7).

Q 12). **Relever** sur le graphique du document technique DT 11 l'état de charge initial correspondant à la pleine charge du parc batteries. **Calculer** le seuil de décharge correspondant à 70% de la charge totale. Sur le graphique ci-dessus, **faire apparaître** le seuil de décharge correspondant à 70% de décharge du parc batteries. **Relever** le temps nécessaire pour atteindre ce seuil de décharge. **Analyser l'écart** entre le besoin client et la simulation du nouveau parc batteries. Cette configuration est-elle satisfaisante ?



Calcul du seuil de décharge :

Charge initiale = 220 A.h x 2 x 27 V = 11 880 W.h

Énergie disponible pour 70% de décharge = 11 880 x (100 – 70)/100 W.h
= 3564 W.h

Sur le graphique, la décharge à 70 % est atteinte pour t = 65 heures, soit 65/24=2.7 environ deux jours et demi.

Avec cette nouvelle configuration du parc batterie, les besoins du client ne sont couverts qu'à 50%.

La solution n'est pas satisfaisante.

Synthèse :

Proposer des pistes d'amélioration pour satisfaire les exigences du client en visant des objectifs de réduction d'impact environnemental, l'absence d'apport énergétique étant peu fréquent dans l'année.

Deux pistes :

- Augmenter le nombre de batteries en ajoutant deux lignes supplémentaires de 2 batteries en parallèle. L'autonomie sera alors doublée pour passer à environ 5 jours et couvrir les besoins en énergie du client.
- Utiliser un groupe électrogène de support. Cette solution est envisageable si le fort est peu utilisé en hiver.

Le meilleur compromis économique est un parc batteries composé de 6 batteries avec un petit groupe électrogène de sécurité.

Barème proposé :

Question	Points
1	2
2	4
3	
4	
5	
6	
7	
8	2
9	2
10	
11	3
12	3
synthèse	4
Total	/20