# Spécialité : Race for water

Bac S 2019 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

**1** Montrer que, en l'absence de vent, les besoins journaliers en énergie électrique (moteurs et besoins de l'équipage) correspondent à 340 kWh.

**Données utiles** deux moteurs de puissance $P_m = 5$ kW chacun ; navigation 24 heures sur 24 ; besoin quotidien de l'équipage : $E_{\text{éq}} = 100$ kWh

Sans vent, le kite est inutilisable : les deux moteurs fonctionnent toute la journée, soit pendant $\Delta t = 24$ h.

Énergie consommée par les moteurs en un jour :

$$E_{\text{mot}} = 2 \times P_m \times \Delta t = 2 \times 5 \times 24 = 240 \text{ kWh}$$

Besoins journaliers totaux :

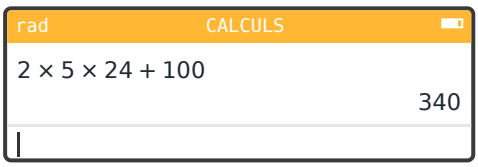
$$E_{\text{jour}} = E_{\text{mot}} + E_{\text{éq}} = 240 + 100 = 340 \text{ kWh}$$

$E_{\text{jour}} = 340$ kWh par jour sans vent : c'est la valeur attendue.

**PIÈGE**
Compter un seul moteur, ou seulement 12 h de fonctionnement : le navire avance 24 heures sur 24 (document 2) et il a deux moteurs de 5 kW (document 3).

**MÉTHODE**
$E = P \times \Delta t$ : avec $P$ en kW et $\Delta t$ en h, l'énergie sort directement en kWh. Inutile de passer par les joules tant que toutes les énergies sont en kWh.

**À LA CALCULATRICE**



**2** Montrer que la quantité maximale d'énergie que peut stocker le navire (batteries et dihydrogène) vaut environ 3 400 kWh. Problème : les réserves d'énergie du navire ont-elles pu retrouver, à la fin des 11 jours étudiés, leur niveau de départ (stock maximal le matin du 21 mai) ?

**Données utiles** 4 batteries de 188,5 kWh chacune ; $m(\mathrm{H_2}) = 200$ kg ; $M(\mathrm{H_2}) = 2{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$ ; pile : 26 Wh par mole de $\mathrm{H_2}$ ; panneaux : $S = 500\ \mathrm{m^2}$, rendement 32 % ; soleil : 500 W par $\mathrm{m^2}$ pendant 12 h ; document 1 ; $E_{\text{jour}} = 340$ kWh (Q1)

**Question 2.**

Batteries : $E_{\text{bat}} = 4 \times 188{,}5 = 754\ \mathrm{kWh}$.

Dihydrogène : $n(\mathrm{H_2}) = \dfrac{m(\mathrm{H_2})}{M(\mathrm{H_2})} = \dfrac{200 \times 10^3}{2{,}0} = 1{,}0 \times 10^5\ \mathrm{mol}$, et la pile fournit 26 Wh par mole :

$$E_{\mathrm{H_2}} = 1{,}0 \times 10^5 \times 26 = 2{,}6 \times 10^6\ \mathrm{Wh} = 2{,}6 \times 10^3\ \mathrm{kWh}$$

Stock maximal : $E_{\max} = 754 + 2{,}6 \times 10^3 = 3{,}35 \times 10^3\ \mathrm{kWh}$, soit environ 3 400 kWh, comme annoncé.

**Problème.**

*Hypothèses.* Un jour de pluie, les panneaux ne produisent rien. Le kite tracte le navire pendant les 12 h de jour dès que le vent atteint 10 nœuds. Les conversions d'énergie (charge des batteries, électrolyse, pile) se font sans perte.

*Production d'un jour ensoleillé.* Puissance solaire reçue : $500 \times 500 = 2{,}5 \times 10^5\ \mathrm{W} = 250\ \mathrm{kW}$. Puissance électrique : $P_{\text{él}} = 0{,}32 \times 250 = 80\ \mathrm{kW}$. En 12 h :

$$E_{\text{sol}} = 80 \times 12 = 960\ \mathrm{kWh}$$

*Consommation d'un jour de vent.* Le jour, le kite remplace les moteurs ; ils ne fonctionnent que les 12 h de nuit :

$$E'_{\text{jour}} = 2 \times 5 \times 12 + 100 = 220\ \mathrm{kWh}$$

*Bilan des 11 jours* (document 1).

- Du 21 au 27 mai (7 jours, pluie, pas de vent) : $-7 \times 340 = -2\,380$ kWh.
- Les 28 et 29 mai (pluie, vent) : $-2 \times 220 = -440$ kWh.
- Le 30 mai (soleil, pas de vent) : $960 - 340 = +620$ kWh.
- Le 31 mai (soleil, vent) : $960 - 220 = +740$ kWh.

Au soir du 29 mai, il reste $3\,354 - 2\,380 - 440 = 534$ kWh : le stock n'a jamais été épuisé, le navire a pu avancer sans interruption.

Au soir du 31 mai : $E_{\text{fin}} = 534 + 620 + 740 = 1\,894\ \mathrm{kWh}$, soit $\dfrac{1\,894}{3\,354} = 56\ \%$ du stock de départ. Il manque $3\,354 - 1\,894 = 1\,460$ kWh.

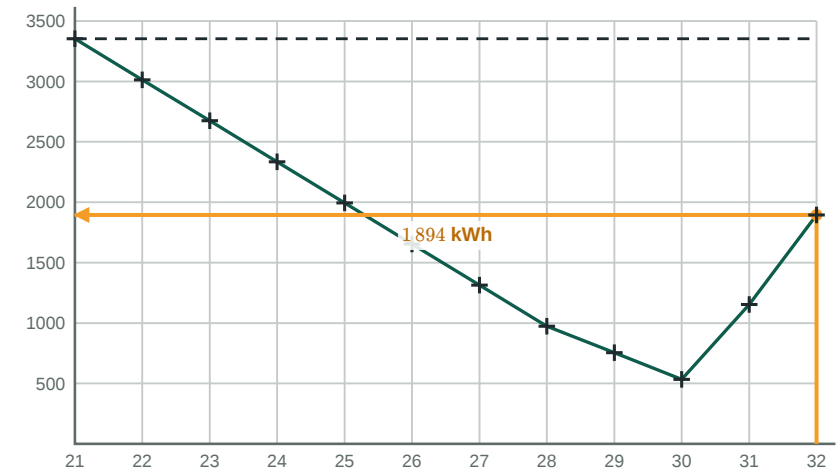
*Regard critique.* Les pertes négligées (électrolyse, charge) réduiraient encore le stock final. À l'inverse, un ciel couvert laisse passer un peu de lumière : la production des 9 jours de pluie n'est pas tout à fait nulle. Mais l'écart est trop grand pour changer la conclusion : il faudrait encore deux à trois jours ensoleillés ($1\,460 \div 620 \approx 2{,}4$).

Non : au soir du 31 mai, les réserves valent environ $1{,}9 \times 10^3$ kWh, soit un peu plus de la moitié du stock de départ ($3{,}4 \times 10^3$ kWh).

**PIÈGE**
Laisser la masse de dihydrogène en kg : $M$ est en $\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$. Oublier le rendement de 32 %, ou compter 24 h de soleil. Oublier que le kite reste plié la nuit : les moteurs consomment encore 120 kWh.

**COMPRENDRE**
$M(\mathrm{H_2})$ et « 26 Wh » n'ont que deux chiffres significatifs : $E_{\max} = 3{,}4 \times 10^3$ kWh. On garde 3 354 kWh dans les calculs intermédiaires et on arrondit seulement la réponse finale.

**COMPRENDRE**
Exercice de l'ancien enseignement de spécialité : la résolution de problème n'existe plus sous cette forme. Les notions utilisées (puissance, énergie, rendement d'une conversion) restent au programme actuel.




**2** · Énergie en réserve chaque matin, du 21 mai au 1er juin (32 = matin du 1er juin) ; en tirets, le stock maximal

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$$4 \times 188.5 + \frac{\frac{200 \times 10^3}{2.0}}{1000} \times 26 \approx 3354$$

$$\frac{0.32 \times 500 \times 500 \times 12}{1000} \approx 960$$

$$2 \times 5 \times 12 + 100 = 220$$

$$3354 - 7 \times 340 - 2 \times 220 = 534$$

$$534 + 960 - 340 + 960 - 220 = 1\,894$$

$$\frac{1894}{3354} \approx 0.5646989$$