Spécialité : Mission Apollo

Bac S 2014 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

P Vérifier que le système de production électrique et les réservoirs attenants sont correctement proportionnés pour permettre le bon déroulement d'une mission de 14 jours avec un équipage de 3 astronautes.

Données utiles puissance moyenne nécessaire : 1,70 kW ; par jour et par personne : 0,82 kg de O_2 et 4,0 kg d'eau (doc. 1) ; 3 piles de 1,4 kW ; 21 mol de H_2 pour 1,0 kW pendant une heure (doc. 2) ; 2 réservoirs de 147 kg de O_2 et 2 réservoirs de 12,8 kg de H_2 (doc. 4) ; $M(O) = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(H) = 1{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Démarche. Quatre vérifications : la puissance des piles, puis les stocks de H_2 et de O_2, enfin l'eau produite, chaque fois comparés aux besoins de 14 jours.

1. Puissance électrique. Les trois piles peuvent fournir $3 \times 1{,}4 = 4{,}2$ kW, pour un besoin moyen de 1,70 kW. Deux piles (2,8 kW) suffisent : la puissance installée convient, même si une pile tombe en panne.

2. Énergie électrique nécessaire. La mission dure $\Delta t = 14 \times 24 = 336$ h :

$$E = P \times \Delta t = 1{,}70 \times 336 = 571\ \text{kW}\cdot\text{h}$$

3. Dihydrogène. Produire 1,0 kW pendant une heure, c'est fournir $1{,}0\ \text{kW}\cdot\text{h}$, ce qui consomme 21 mol de H_2. Par proportionnalité :

$$n(H_2) = 21 \times 571 = 1{,}2 \times 10^4\ \text{mol}$$

$$m(H_2) = n(H_2) \times M(H_2) = 1{,}2 \times 10^4 \times 2{,}0 = 2{,}4 \times 10^4\ \text{g} = 24\ \text{kg}$$

Stock : $2 \times 12{,}8 = 25{,}6$ kg. Comme $24 < 25{,}6$, le dihydrogène embarqué suffit.

4. Dioxygène. Équation de fonctionnement de la pile (demi-équation de l'anode multipliée par 2, ajoutée à celle de la cathode, pour échanger 4 électrons) :

$$2\,H_2 + O_2 \longrightarrow 2\,H_2O$$

Donc $n(O_2) = \dfrac{n(H_2)}{2} = 6{,}0 \times 10^3$ mol, soit

$$m(O_2) = 6{,}0 \times 10^3 \times 32{,}0 = 1{,}9 \times 10^5\ \text{g} = 1{,}9 \times 10^2\ \text{kg}$$

Respiration de l'équipage : $0{,}82 \times 3 \times 14 = 34$ kg.

Besoin total : $192 + 34 = 226$ kg. Stock : $2 \times 147 = 294$ kg. Comme $226 < 294$, le dioxygène embarqué suffit.

5. Eau. D'après l'équation, $n(H_2O) = n(H_2) = 1{,}2 \times 10^4$ mol :

$$m(H_2O) = 1{,}2 \times 10^4 \times 18{,}0 = 2{,}2 \times 10^5\ \text{g} = 2{,}2 \times 10^2\ \text{kg}$$

Besoin de l'équipage : $4{,}0 \times 3 \times 14 = 168$ kg. Les piles produisent plus d'eau (environ 216 kg) qu'il n'en faut.

6. Regard critique.

- La marge est confortable pour le dioxygène (environ 70 kg de réserve) et pour l'eau, mais faible pour le dihydrogène : $25{,}6/24{,}0 = 1{,}07$, soit 7 % de réserve, à peine un jour de mission en plus. C'est le dihydrogène qui limite la durée du vol.
- Le calcul repose sur une puissance moyenne et sur une consommation de 21 mol par kilowattheure donnée avec deux chiffres significatifs : l'incertitude sur 24 kg est du même ordre que la marge.

PIÈGE
Oublier que le dioxygène sert deux fois : aux piles et à la respiration. Autre oubli fréquent : multiplier les besoins de l'équipage par 3 personnes et par 14 jours, et les réservoirs par 2.

COMPRENDRE
La donnée « 21 moles » a deux chiffres significatifs : les masses calculées aussi. On garde les valeurs non arrondies dans la calculatrice pour les étapes suivantes, sinon l'écart avec le stock de dihydrogène serait faussé.

MÉTHODE
Résolution de problème : lister les besoins (énergie, H_2, O_2, eau), calculer chacun pour la durée totale, le comparer au stock ou à la production, puis conclure par une phrase chiffrée et discuter les marges.

- On n'a pas compté le dioxygène servant à renouveler l'atmosphère de la cabine en cas de fuite ou de sortie.

Le système est correctement proportionné pour 14 jours : 4,2 kW disponibles pour 1,70 kW ; 24 kg de H_2 pour 25,6 kg embarqués ; 226 kg de O_2 pour 294 kg ; 216 kg d'eau produite pour 168 kg nécessaires.

À LA CALCULATRICE

