

Question :

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 comprenant un équipage de 3 astronautes.

On lit les documents et sur le brouillon, on extrait les données qui pourraient être intéressantes.

Document 1 : module de commande

Volume de l'espace pressurisé 6,5 m³

Puissance électrique moyenne de 1,70 kW

Besoin de l'équipage : 0,82 kg de O₂/jour/personne

4,0 kg d'eau /jour/personne

On peut déjà calculer les besoins de l'équipage pour la mission complète de 3 personnes pour 14 jours :

Dioxygène O₂ : $0,82 \times 3 \times 14 = 34,4 \text{ kg}$

Eau H₂O : $4,0 \times 3 \times 14 = 168 \text{ kg}$

Document 2 : module de service

3 piles à combustible, pouvant fournir chacune une puissance électrique de 1,4 kW

Le système de production électrique consomme 21 moles de dihydrogène pour produire 1,0 kW pendant une heure.

Document 3 : pile à combustible

À l'anode, le dihydrogène est oxydé : $\text{H}_2 + 2 \text{HO}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$

À la cathode, le dioxygène est réduit : $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{HO}^-$

Masses molaires atomiques : $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Document 4 : stockage

Deux réservoirs de O₂, chacun peut contenir 147 kg de dioxygène.

Deux réservoirs de H₂, chacun peut contenir 12,8 kg de dihydrogène.

On peut maintenant résoudre le problème.

Il s'agit de comparer les besoins aux stocks et aux capacités de production du vaisseau.

Indépendance en énergie électrique :

Consommation :

La puissance consommée par le vaisseau Apollo est de 1,70 kW.

L'énergie et la puissance sont liées par la relation $E = P \cdot \Delta t$.

Pour 14 jours, l'énergie nécessaire à l'alimentation du vaisseau est donc de :

$$1,70 \times (24 \times 14) = 5,71 \times 10^2 \text{ kW.h}$$

Ces besoins doivent être couverts par le fonctionnement des piles à combustible.

Production :

Trois piles à combustible fournissent chacune une puissance électrique de 1,4 kW.

Chaque pile peut fournir, en 14 jours, une énergie de $1,4 \times (24 \times 14) = 4,7 \times 10^2 \text{ kW.h}$

Pour les trois piles, l'énergie produite est donc de **$14,1 \times 10^2 \text{ kW.h}$**

Conclusion :

$14,1 \times 10^2 \text{ kW.h} > 5,71 \times 10^2 \text{ kW.h}$: le système électrique est largement dimensionné mais cette énergie ne sera disponible que si les réserves en H_2 et O_2 sont suffisantes pour assurer le fonctionnement des piles pendant toute la durée du séjour.

Indépendance en H_2 :

Consommation : par les piles à combustible

Le système de production électrique consomme 21 moles de dihydrogène pour produire 1,0 kW pendant une heure, soit une énergie de 1,0 kW.h.

On peut déterminer la quantité d' H_2 nécessaire aux besoins électriques :

$$21 \text{ mol} \rightarrow 1,0 \text{ kW.h}$$

$$n_{\text{H}_2} \rightarrow 5,71 \times 10^2 \text{ kW.h}$$

$$n_{\text{H}_2} = 21 \times 5,71 \times 10^2 = 1,2 \times 10^4 \text{ mol}$$

Soit une masse de $\text{H}_2 = n_{\text{H}_2} \times M(\text{H}_2)$

$$m_{\text{H}_2} = 1,2 \times 10^4 \times 2,0 = 2,4 \times 10^4 \text{ g} = 24 \text{ kg}$$

Stock de H_2 :

Deux réservoirs de H_2 ; chacun peut contenir 12,8 kg de dihydrogène.

Ainsi on dispose de 25,6 kg de H_2 .

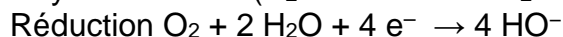
Conclusion :

Le stock de dihydrogène est suffisant.

Indépendance en O_2 :

Consommation :

- par les piles à combustible



Bilan de la pile à combustible : $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Comme calculé précédemment, on consomme $1,2 \times 10^4 \text{ mol}$ de H_2 .

D'après l'équation, on consomme alors $n_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{H}_2}}{2}$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{1,2 \times 10^4}{2} = 0,6 \times 10^4 \text{ mol}$$

Soit une masse de $\text{O}_2 = n_{\text{O}_2} \times M(\text{O}_2)$

$$m_{\text{O}_2} = 0,6 \times 10^4 \times 32,0 = 1,92 \times 10^5 \text{ g} = 192 \text{ kg}$$

- par les astronautes

0,82 kg de O₂/jour/personne donc pour 3 personnes pendant 14 jours :

Consommation de dioxygène O₂ : $0,82 \times 3 \times 14 = \mathbf{34,4 \text{ kg}}$

Total consommation = 192 + 34,4 = **226 kg**

Stock de O₂ :

Deux réservoirs de dioxygène ; chacun peut contenir 147 kg de dioxygène.

Ainsi on dispose de **294 kg** de O₂.

Conclusion :

Le stock de dioxygène suffit à assurer la production électrique et à assurer la respiration des astronautes.

Indépendance en eau :

Production d'eau :

L'eau est produite par les piles et dépend de la quantité de réactifs qu'elles consomment.

D'après l'équation de fonctionnement de la pile, la quantité d'eau produite est égale à celle de dihydrogène consommée : $n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2} = 1,2 \times 10^4 \text{ mol}$

Soit une masse d'eau = $n_{\text{H}_2\text{O}} \times M(\text{H}_2\text{O}) = 1,2 \times 10^4 \times 18,0 = 2,16 \times 10^5 \text{ g} = \mathbf{2,2 \times 10^2 \text{ kg}}$

Consommation :

4,0 kg d'eau /jour/personne donc pour 3 personnes pendant 14 jours :

Consommation d'eau H₂O : $4,0 \times 3 \times 14 = \mathbf{168 \text{ kg}}$

Conclusion :

La quantité d'eau produite (216 kg) est très suffisante pour la vie à bord (168 kg).

Conclusion générale :

Les ressources embarquées en O₂ et H₂ sont supérieures aux besoins de la mission et peuvent pallier un prolongement imprévu du séjour en orbite.