

## Spécialité : résolution de problème sur Mission Apollo, méthode de résolution et corrigé

### Compétence "S'approprier"

#### Décryptage de la question posée :

Il faut comparer la masse de dioxygène et la masse de dihydrogène présentes dans les réservoirs à celles nécessaires, d'une part au fonctionnement électrique des appareils, d'autre part, pour le dioxygène à la respiration des astronautes et enfin à la production d'eau nécessaire à l'hydratation des astronautes, et ceci pendant 14 jours.

(C'est le cas de résolution de problème le plus complexe, car il faut deviner ce qu'il faut calculer...et il y a plusieurs choses à calculer. Si le problème n'est pas décrypté au bout de 5 min, il faut passer à la suite, quitte à y revenir...)

#### Extraction d'informations :

- ❖ identification des **grandeurs physiques** pertinentes et des **données numériques fournies**
  - ✓ des **durées  $\Delta t$**  (unité SI : la s) : la durée du voyage est de **14 jours**,
  - ✓ **3 astronautes**, **3 piles**, **2 réservoirs de  $H_2$**
  - ✓ des **puissances  $P$**  (unité SI : le Watts):
    - la puissance électrique moyenne  $P_{el}$  (unité SI : le Watts) **nécessaire** pour alimenter l'ensemble des besoins électriques est égale à **1,70 kW**
    - la puissance électrique nominale **fournie** par une pile est **1,4 kW**
  - ✓ des **énergies  $E$**  (unité SI le Joule, parfois le Watt.heure), aucune donnée n'étant fournie
  - ✓ des **masses  $m$**  (unité SI : le kg) interviennent : les masses **nécessaires** : de dioxygène **0,82 kg de dioxygène par jour et par personne** et d'eau **4,0 kg d'eau par jour et par personne**
  - ✓ des quantités de matière  **$n$  (en mol)**
  - ✓ une **tension  $U$**  : celle d'une pile = **27 V**
  - ✓ des **masses molaires** atomiques  $M$  :  **$M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$**  ;  **$M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$** .
  - ✓ "Le système de production électrique consomme **21 moles de dihydrogène pour produire 1,0 kW pendant une heure**".

Rmq : il y a beaucoup d'informations "inutiles" fournies dans les documents,

### Compétence "Analyser"

- ❖ **lois physiques** exploitables (*Dans cet exercice, aucune relation n'est donnée...*) :
  - ✓ Puissance et durée permettent de déterminer l'énergie échangée pendant cette **durée, soit  $E = P \Delta t$** .
  - ✓ La relation entre masse en quantité de matière pour chaque gaz et l'eau s'écrit :  **$m = nM$**  (et on peut calculer les masses molaires moléculaires de chaque gaz et de l'eau).
- ❖ autres informations données dans les documents
  - ✓ les **demi-équations** servent ici uniquement à établir l'équation globale de la réaction d'électrolyse puisqu'il n'est fait aucune allusion à l'intensité du courant utilisé

**Rmq : A ce niveau, et si on ne voit pas de fil conducteur se dégager sur l'ensemble, on peut déjà traiter des parties à priori séparées.**

Par exemple :

- **lister ce dont on dispose**
- **déterminer quantitativement les besoins en dioxygène, eau, et énergie électrique**
- **écrire l'équation globale de la réaction de fonctionnement de la pile, en déduire les relations entre les quantités de matières, puis montrer que l'on peut en déduire des relations entre les masses mises en jeu (voir les parties correspondantes à la fin; parfois, aucun calcul ne peut être fait.**

**Si à ce stade aucun fil conducteur n'a toujours pas été trouvé, la mise en œuvre complète des compétences "S'approprier" et "Analyser" permet d'obtenir largement la moyenne.**

### Compétence "Réaliser"

On peut considérer que les calculs "pertinents" faits dans l'analyse de chacune des 3 parties précédemment

développées sont associés à cette compétence. Par contre, la résolution finale du problème suppose bien évidemment que le problème ait été décrypté.... La réalisation peut prendre plusieurs formes. Celle qui est proposée ici consiste à comparer les ressources en gaz aux besoins en gaz, mais on pourrait tout aussi bien évaluer la durée maximale de fonctionnement de la navette avec les quantités de gaz embarquées, et la comparer à 14 jours.....

Dans l'exemple de "Corrigé" rédigé ci-dessous, les parties non surlignées correspondent plutôt à la compétence "Réaliser".

### Compétence "Valider"

Ici, cela se résume à "avoir un regard critique sur le résultat obtenu".

### Compétence "Communiquer"

La rédaction doit être claire, cohérente et utiliser un vocabulaire scientifique.

Il est souhaitable de mentionner vos sources : documents utilisés ou connaissances propres (cela n'est pas fait ici, les extraits étant présentés).

Il vaut mieux prévoir une introduction et une conclusion comportant le "regard critique" attendu.

### "Corrigé"

Il s'agit de déterminer si les quantités de dioxygène et de dihydrogène présentes dans les réservoirs vont suffire pour une mission de 14 jours, sachant que la pile à combustible fournit l'énergie du vaisseau et l'eau nécessaire aux astronautes, et qu'une partie du dioxygène est utilisée par la respiration des astronautes. Pour cela, on se propose d'évaluer les besoins en calculant les masses de gaz nécessaires et de les comparer aux ressources donc aux masses de gaz initialement présentes dans les réservoirs.

Le vaisseau Apollo nécessite une puissance électrique moyenne  $P_{el} = 1,70 \text{ kW}$  pour alimenter l'ensemble des systèmes électriques.

L'énergie électrique consommée pendant 14 jours :  $E_{el} = P_{el} \cdot \Delta t = 1,70 \cdot 14 \cdot 24 = 571 \text{ kW.h}$  (en gardant la durée en heures, inutile de passer aux Joules)

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

On en déduit que pendant 14 jours, il doit consommer  $n(\text{H}_2) = 21 \cdot 571 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ mol}$

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

Les électrons produits transitent par un circuit électrique externe à la pile jusqu'à la cathode, où ils réduisent le dioxygène selon :  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{HO}^-$

Equation globale : (en multipliant par 2 la première, puis en simplifiant les  $\text{HO}^-$ ):  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

La quantité nécessaire de dioxygène consommée est donc  $n(\text{O}_2) = n(\text{H}_2) / 2 = 6,0 \cdot 10^3 \text{ moles}$  et la quantité d'eau formée  $n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2) = 6,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$

Les masses nécessaires correspondantes sont :

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) M(\text{H}_2) = 1,2 \cdot 10^4 \times 2,0 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ g} = 24 \text{ kg},$$

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) M(\text{O}_2) = 6,0 \cdot 10^3 \times 32,0 = 1,9 \cdot 10^5 \text{ g} = 1,9 \cdot 10^2 \text{ kg et}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) M(\text{H}_2\text{O}) = 1,2 \cdot 10^4 \times 18,0 = 2,2 \cdot 10^5 \text{ g} = 2,2 \cdot 10^2 \text{ kg}$$

On sait que l'on dispose de deux réservoirs de  $\text{H}_2$ , contenant au total une masse =  $2 \cdot 12,8 = 25,6 \text{ kg}$  ; il en faut 24 donc on en a suffisamment.

D'autre part, les astronautes ont besoin d'une masse d'eau de  $4,0 \text{ (kg/j)} \cdot 14 \text{ (j)} \cdot 3 \text{ (astronautes)} = 1,7 \cdot 10^2 \text{ kg}$ . Ils disposent de  $2,2 \cdot 10^2 \text{ kg}$  d'eau, c'est donc suffisant.

Le dioxygène doit assurer deux fonctions, être consommé dans la pile, ce qui nécessite  $m(\text{O}_2) = 1,9 \cdot 10^2 \text{ kg}$  et fournir le dioxygène respiré par les astronautes, ce qui représente une masse  $m(\text{O}_2)_r = 0,82 \cdot 14 \cdot 3 = 34 \text{ kg}$ .

La masse de dioxygène totale nécessaire est  $m(\text{O}_2) = m(\text{O}_2) + m(\text{O}_2)_r = 2,2 \cdot 10^2 \text{ kg}$ .

Les réservoirs contiennent  $2 \cdot 147 = 294 \text{ kg}$  de dioxygène, ce qui suffit.

Tout est donc bien "proportionné" dans la navette pour assurer le bon déroulement d'une mission de 14 jours, mais les quantités restantes ne permettraient pas une mission beaucoup plus longue.