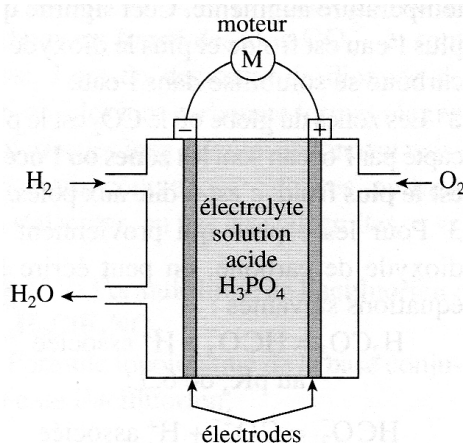


**EXERCICE I : PILES À COMBUSTIBLE**

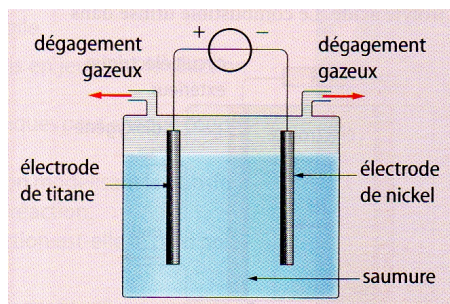
Le principe de la pile à combustible est simple : le dioxygène de l'air réagit avec le dihydrogène pour générer de l'eau. L'utilisation des piles à combustible commence à faire son apparition dans le secteur des transports routiers. Un moteur à combustion interne, quant à lui, est un vecteur de pollution, tant au niveau du combustible (carburant) que du support (comburant).

1. Définir les termes « combustible » et « comburant ».
2. À quelle grande famille de composés chimiques appartiennent les carburants des moteurs à combustion ?
3. Citer au moins trois gaz issus de la combustion de ce carburant.
4. Quels sont les rayonnements émis par la surface de la Terre qui ne peuvent s'échapper de l'atmosphère terrestre du fait de l'abondance de ces gaz ?
5. Quelle en est la conséquence directe au niveau de la planète ?
6. Dans le fonctionnement de la pile à combustible, si le dioxygène est simple à trouver, il n'en va pas de même du dihydrogène. Ce gaz n'existe pas à l'état natif sur Terre. Sa production est liée à une dépense énergétique initiale. Il peut être produit par craquage ou reformage de produits contenant de l'hydrogène comme le gaz naturel ou le méthanol. La molécule se casse, le carbone est oxydé par le dioxygène de l'air et le dihydrogène est récupéré.
  - 6.1. Donner la formule semi-développée du méthanol et du gaz naturel.
  - 6.2. La production du dihydrogène entraîne la formation d'un autre gaz dont l'excès dans l'atmosphère est source de pollution. Quel est ce gaz ? De quelle « pollution » s'agit-il ?
7. Une pile à combustible (voir schéma ci-dessous) est composée de deux électrodes séparées par un électrolyte (ici de l'acide phosphorique de formule  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Elle est alimentée en dihydrogène et en dioxygène en continu.
  - 7.1. Quelle est la nature des porteurs de charge à l'extérieur de la pile ?
  - 7.2. Légender le schéma de la pile en indiquant le sens conventionnel du courant électrique  $I$  et le sens de circulation des porteurs de charge, à l'extérieur de la pile.
  - 7.3. Les couples d'oxydoréduction mis en jeu dans la réaction sont  $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})$  et  $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$ . Écrire les demi-équations électroniques pour chaque couple mis en jeu, en déduire les réactions ayant lieu à chaque électrode puis l'équation-bilan de la réaction modélisant la transformation ayant lieu dans la pile.
  - 7.4. Préciser le nom de l'électrode où se produit la réduction. Cette électrode est-elle le pôle positif ou négatif de la pile dans ce cas ?



## EXERCICE II : PRODUCTION DE DIHYDROGÈNE

Une pile à combustible doit être alimentée en continu par du combustible, la plupart du temps du dihydrogène, et par un comburant, le plus souvent du dioxygène présent dans l'air ambiant. Le dihydrogène n'est pas une ressource naturelle. On peut le produire par électrolyse en milieu acide dans une saumure, c'est-à-dire dans une solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ). On obtient du dichlore à une électrode et du dihydrogène à l'autre.



### Données :

- Couples redox :  $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g}) - \text{Cl}_2(\text{g})/\text{Cl}^-(\text{aq})$
- Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Charge électrique élémentaire :  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience :  $V_m = 30,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse volumique du dihydrogène :  $\rho = 0,0899 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1. Indiquer le sens de circulation du courant électrique et celui des porteurs de charge dans tout le montage.
2. Préciser, pour chaque électrode, si elle est le siège d'une réduction ou d'une oxydation.
3. Écrire les demi-équations électroniques pour chaque couple mis en jeu lors de l'électrolyse et en déduire l'équation de la réaction chimique ayant lieu.
4. Comment peut-on mettre en évidence expérimentalement la présence de dihydrogène ?
5. Donner une relation liant la quantité de matière d'électrons échangés au cours de l'électrolyse  $n_e$  et la quantité de dihydrogène formé  $n(\text{H}_2)$  en s'aidant des demi-équations électroniques.
6. La charge électrique totale  $Q$  débitée par le générateur délivrant un courant d'intensité  $I$  (en ampères) pendant la durée  $\Delta t$  (en secondes) est donnée par la relation  $Q = I \cdot \Delta t$ .
  - 6.1. Démontrer que la charge électrique  $Q$  correspondant à la quantité de matière d'électrons échangés  $n_e$  est telle que  $Q = 2 \cdot n(\text{H}_2) \cdot N_A \cdot e$ .
  - 6.2. Exprimer la quantité de matière de dihydrogène produit en fonction du volume  $V$  de dihydrogène produit et du volume molaire  $V_m$ .
  - 6.3. À l'aide des relations précédentes, démontrer que le volume de dihydrogène produit est tel que 
$$V = \frac{I \cdot \Delta t \cdot V_m}{2 \cdot N_A \cdot e}.$$
  - 6.4. L'intensité du courant vaut  $I = 5,00 \cdot 10^4 \text{ A}$ . Calculer le volume, en litres puis en mètres cubes, de dihydrogène produit en une heure de fonctionnement.
  - 6.5. En déduire la masse de dihydrogène produite en une heure de fonctionnement.
7. Une voiture fonctionnant au dihydrogène consomme en moyenne 1,0 kg de dihydrogène tous les 100 km. Calculer la distance qu'elle peut parcourir avec une pile à combustible alimentée par le dihydrogène produit en une heure par le dispositif étudié.