

Électrolyse de l'eau

Mot clé : Production de dihydrogène

I. Position du problème

L'électrolyse de l'eau est l'une des voies de production du dihydrogène. Elle est envisagée pour utiliser les surplus de production d'électricité. L'hydrogène peut être ensuite utilisé comme carburant "propre" car sa combustion ne produit que de l'eau.

Document 1 : À propos des électrolyses

- Une électrolyse s'effectue dans un électrolyseur comportant deux électrodes au contact d'un électrolyte (solution ionique).
- Une électrolyse est une réaction d'oxydoréduction forcée par un générateur de tension continue.
- Le sens du courant électrique et donc celui des électrons est imposé par le générateur. Lorsque la tension aux bornes de l'électrolyseur est suffisante, il se produit des réactions électrochimiques aux électrodes.
- L'électrode à laquelle se produit l'**oxydation** est l'**anode** ; elle est reliée au **pôle + du générateur**.
- L'électrode à laquelle se produit la **réduction** est la **cathode** ; elle est reliée au **pôle – du générateur**.

Document 2 : Rendement énergétique d'un électrolyseur

Le rendement énergétique d'une électrolyse, ici de l'eau, est donné par la formule :

$$\eta = \frac{E_{\text{chimique}}}{E_{\text{électrique}}}$$

- L'énergie électrique est l'énergie consommée par l'électrolyseur. $E_{\text{électrique}} = U \times I \times \Delta t$
 U : tension d'alimentation de l'électrolyseur (en V).
 I : intensité du courant traversant l'électrolyseur (en A).
 Δt : durée de l'électrolyse (en s).
- L'énergie chimique est l'énergie produite, appelée énergie utile. $E_{\text{chimique}} = n(\text{H}_2) \times E_r$
 $n(\text{H}_2)$: quantité de matière de H_2 produite pendant l'électrolyse de l'eau d'une durée Δt .
 E_r : Énergie molaire de la réaction d'électrolyse : $E_r = 2,82 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$. C'est-à-dire que la dissociation d'une mole d'eau nécessite une énergie chimique de 282 kJ.

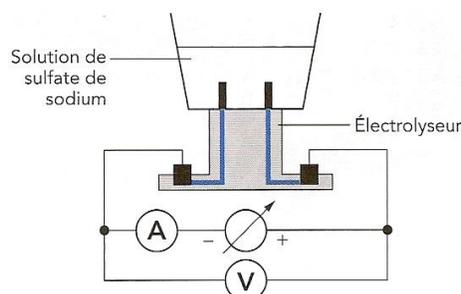
Le volume molaire des gaz est de $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

L'objectif du TP est d'étudier le fonctionnement d'un électrolyseur et de déterminer le rendement de la transformation d'énergie électrique en énergie chimique qu'il effectue.

II. Tracé de la caractéristique de l'électrolyseur

1. Manipulation

- ▶ Verser 200 mL de solution de sulfate de sodium, $2 \text{ Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ à $0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dans l'électrolyseur.
- ▶ Réaliser le montage ci-dessous sans brancher le générateur et le faire vérifier.



► Faire varier la tension U aux bornes de l'électrolyseur entre 0 et 12 V et relever l'intensité I le traversant.

U (V)	0						12,0
I (A)							

► Laisser le générateur à 8,0 V et le couper.

► Tracer la caractéristique $U = f(I)$.

2. Exploitation

1. À partir de quelle tension l'électrolyseur peut-il fonctionner ? Justifier.

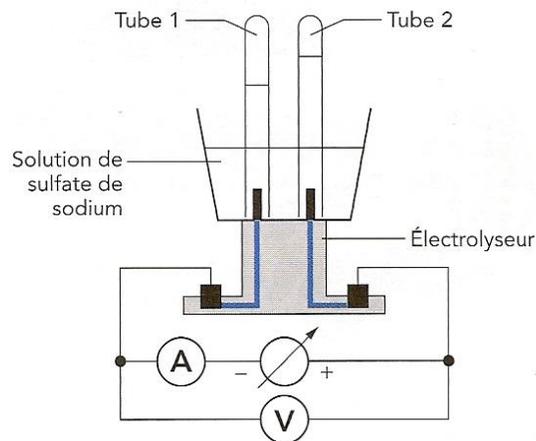
2. Par quelle fonction peut-on modéliser la caractéristique obtenue ?

$$U = E + rI \quad \text{ou} \quad U = E - rI \quad \text{ou} \quad U = rI$$

3. Déterminer les caractéristiques de l'électrolyseur.

III. Fonctionnement de l'électrolyseur

1. Manipulation professeur

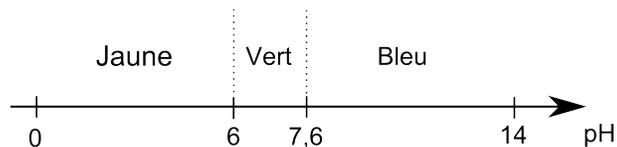


2. Exploitation

4. Déduire des tests réalisés sur l'expérience professeur la nature des gaz produits à chaque électrode.

5. Que traduisent les changements de couleur observés dans les tubes ?

Le BBT est un indicateur coloré dont la couleur change en fonction du pH de la solution.



6. Représenter le sens conventionnel de déplacement du courant dans le circuit. Représenter également le sens de déplacement des électrons dans le circuit extérieur à l'électrolyseur.

7. Établir l'équation de la réaction se produisant à chacune des électrodes. Préciser l'anode et la cathode.

8. Déterminer l'équation de la réaction qui décrit le fonctionnement global de l'électrolyseur.

9. Les volumes respectifs des deux gaz produits sont-ils cohérents avec l'équation de cette réaction ?

10. Pourquoi avoir utilisé une solution aqueuse de sulfate de sodium et non de l'eau pure pour réaliser l'électrolyse de l'eau ?

11. Quels sont les porteurs de charge responsables du passage du courant dans la solution ? Dans quel(s) sens se déplacent-ils ?

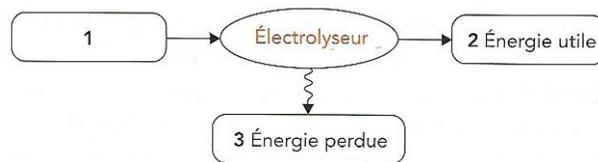
IV. Calcul du rendement de l'électrolyseur

1. Manipulation

- ▶ Introduire 200 mL (électrodes complètement immergées) de solution de sulfate de sodium ($2\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) à $0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ dans la cuve de l'électrolyseur.
- ▶ Remplir deux éprouvettes avec la solution de sulfate de sodium à laquelle ont été ajoutées quelques gouttes de bleu de bromothymol (BBT).
- ▶ Les fermer avec un bouchon, les retourner sur l'électrolyseur, les déboucher (en immersion) et les fixer au-dessus des électrodes.
- ▶ Allumer le générateur en **déclenchant le chronomètre**, vérifier que U est voisine 8,0 V. Noter alors l'intensité I_0 et la valeur précise de la tension U .
- ▶ Éteindre le générateur et stopper simultanément le chronomètre lorsque le volume de dihydrogène formé est égal à $V(\text{H}_2) = 10 \text{ mL}$.
- ▶ Noter la durée Δt écoulée et le volume de dioxygène formé $V(\text{O}_2)$.
- ▶ Noter l'évolution, s'il y a lieu, de la teinte de la solution dans les éprouvettes.

2. Exploitation

12. Compléter le schéma de la chaîne énergétique suivant, en précisant la nature des énergies 1,2 et 3.



Calcul du rendement de l'électrolyseur en utilisant sa caractéristique

13. Exprimer l'énergie électrique $E_{\text{électrique}}$, reçue par l'électrolyseur en fonction de U , I_0 et Δt , puis la calculer.
14. L'énergie utile produite est égale à $E_{\text{chimique}} = E \times I_0 \times \Delta t$. La calculer.
15. Exprimer l'énergie E_J , énergie perdue en fonction de r , I_0 et Δt . Comment appelle-t-on l'effet alors produit ?
16. Calculer le rendement de l'électrolyseur.

Calcul du rendement de l'électrolyseur en utilisant la réaction chimique de dissociation de l'eau

17. Quelle l'énergie chimique a été mise en jeu lors de l'obtention du volume $V(\text{H}_2) = 10 \text{ mL}$, sachant que le volume occupé par une mole de gaz dans ces conditions vaut $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$?
18. Calculer le rendement de l'électrolyseur. Commenter le résultat.