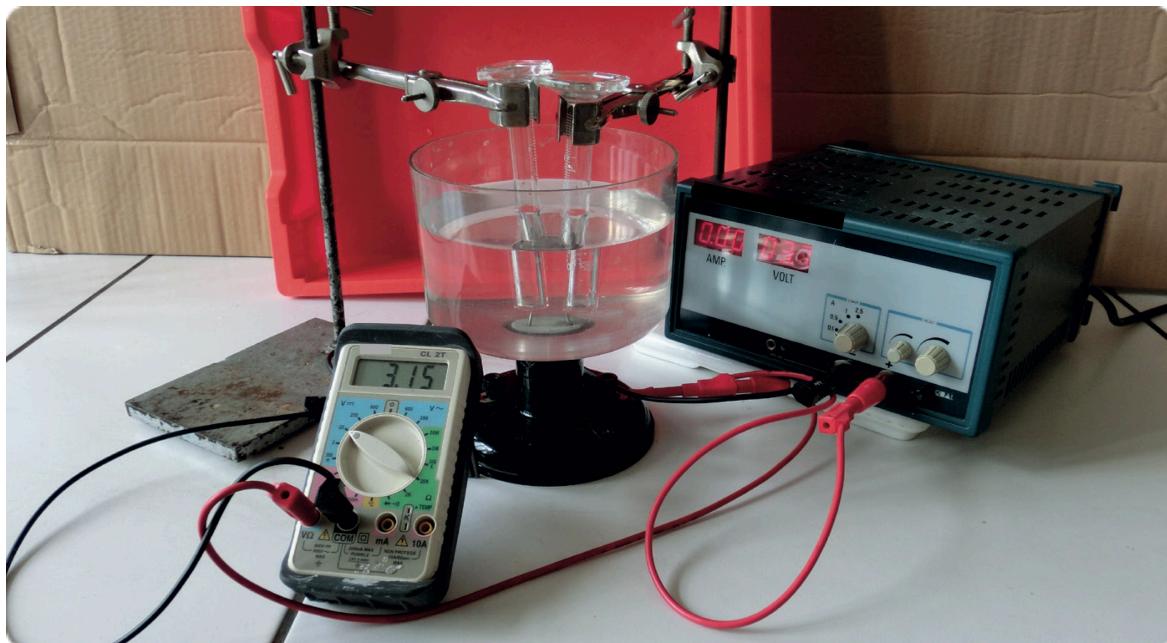


Document 1 : électrolyse de l'eau

L'électrolyse de l'eau utilise le courant électrique pour « dissocier » l'eau en dihydrogène et dioxygène selon la réaction d'équation :



La cellule électrolytique est constituée de deux électrodes en métal reliées aux bornes d'un générateur et immergées dans une solution ionique composée majoritairement d'eau.

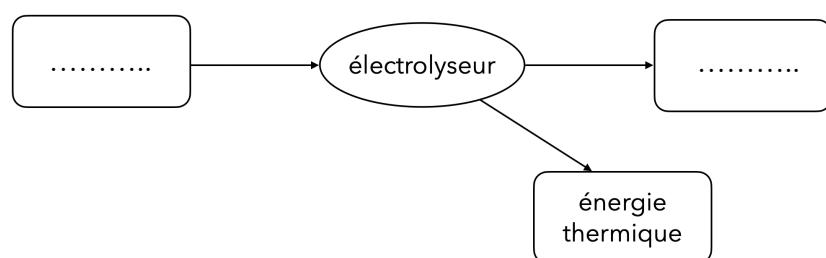


Lorsqu'un électrolyseur est alimenté par un générateur délivrant une tension U (exprimée en volts), il est parcouru par un courant d'intensité I (exprimée en ampères). L'énergie W_E totale reçue par l'électrolyseur (exprimée en joules) pendant une durée Δt (exprimée en secondes) est :

$$W_E = U \cdot I \cdot \Delta t$$

Une partie de cette énergie est utilisée pour dissocier l'eau et donc produire du dihydrogène (c'est l'énergie « utile ») ; le reste est dissipé.

Schéma de la chaîne énergétique de l'électrolyseur :



Document 2 : Énergie utile pour produire du dihydrogène

L'énergie nécessaire pour produire une mole de dihydrogène H₂ à partir de l'électrolyse de l'eau est $E_{H_2} = 286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

L'énergie nécessaire pour produire n mole de dihydrogène H₂ à partir de l'électrolyse de l'eau est appelée énergie utile E_u .

Donnée :

Le volume occupé par une mole de gaz dans les conditions de l'expérience vaut 24 L ; le volume molaire V_m est donc égal à 24 L·mol⁻¹.

Document 3 : Production industrielle de dihydrogène par électrolyse à haut rendement

Le CEA-Liten a annoncé la validation d'un système de production de dihydrogène par électrolyse de l'eau à haut rendement : plus de 90 %, contre 70 à 85 % pour les électrolyseurs industriels classiques. Moins médiatique que la pile à combustible, l'électrolyseur est un élément clé du processus « dihydrogène-énergie ». C'est lui qui permet de fabriquer du dihydrogène « vert » à partir d'électricité éolienne ou solaire, plutôt qu'à partir d'hydrocarbures.

L'Usine Nouvelle n°3402

Document 4 : Incertitude de mesure et multimètre numérique

Lorsque l'on mesure une grandeur L avec un multimètre numérique, l'incertitude-type U(L) sur la valeur de L est donnée par une relation du type :

$$U(L) = p \% \text{ de la valeur lue} + n \text{ fois le dernier digit (*)}$$

Un digit correspond à une unité associée au dernier chiffre affiché par l'appareil. Par exemple, pour une valeur lue de 2,943 V, le dernier digit correspond à 0,001V.

(*) les valeurs de p et n dépendent du matériel utilisé, du calibre...

Conversions d'énergie

1. Reproduire et compléter la chaîne énergétique de l'électrolyseur se trouvant à la fin du document 1.

Expression du rendement d'un électrolyseur

2. Établir le lien entre l'énergie utile E_u , l'énergie molaire E_{H_2} et la quantité de matière n_{H_2} de dihydrogène formée par électrolyse.

Montrer que le rendement de l'électrolyseur s'exprime en fonction du volume V de dihydrogène produit, du volume molaire V_m , de l'énergie E_{H_2} nécessaire pour obtenir une mole de dihydrogène, de la tension U , de l'intensité I du courant et de la durée Δt de l'électrolyse par la relation :

$$r = \frac{E_{H_2} \cdot V}{V_m \cdot U \cdot I \cdot \Delta t}$$

3. Dans la formule proposée, identifier les grandeurs à mesurer pour évaluer le rendement r d'un électrolyseur. Préciser avec quels instruments elles pourront être mesurées.

Réalisation de l'électrolyse

Protocole :

- remplir convenablement l'électrolyseur de solution de sulfate de sodium ; mais ne pas encore positionner les éprouvettes graduées au dessus des électrodes ;
- le générateur est réglé afin qu'il débite une intensité I traversant l'électrolyseur d'environ $0,3\text{ A}$;
- éteindre le générateur puis remplir les éprouvettes avec la solution de sulfate de sodium. Les fermer avec le pouce (en utilisant des gants), puis les retourner au-dessus des électrodes. Les maintenir avec une pince tout en veillant à ce qu'elles ne touchent pas le fond de l'électrolyseur ;
- mettre le générateur sous tension en déclenchant simultanément le chronomètre ;
- laisser débiter le générateur en s'assurant que l'intensité demeure quasiment constante ;
- stopper l'électrolyse ainsi que le chronomètre lorsque le volume de dihydrogène formé V est égal à $10,0\text{ mL}$;
- noter la durée Δt alors écoulée.

Les mesures obtenues sont renseignées dans le tableau ci-dessous.

grandeur physique (unité)	Volume V (L)	Intensité I (mA)	Tension U (V)	Durée Δt (s)
résultat de la mesure	10,0	304,2	5,598	296
Incertitude-type associée	1

4. Compléter le tableau avec les valeurs d'incertitude-type en ne gardant qu'un seul chiffre significatif.

Données :

- On trouve indiquée sur l'éprouvette la demi-étendue $a = 0,3\text{ mL}$.
Pour obtenir l'incertitude-type associée sur le volume $U(V)$, on calcule :

$$U(V) = \frac{a}{\sqrt{3}}$$
- On estime l'incertitude-type sur Δt à $U(\Delta t) = 1\text{ s}$.
- La notice du multimètre donne $p = 0,2$ et $n = 3$ pour la mesure de la tension sur le calibre utilisé et elle donne $p = 0,05$ et $n = 5$ pour la mesure de l'intensité.

Rendement de l'électrolyseur

Une grandeur X est mesurée d'autant moins précisément que son incertitude relative définie par $\frac{U(X)}{X}$ est grande.

Une incertitude sur une grandeur X sera considérée ici comme dominante dans un calcul si son incertitude relative est au moins environ 5 fois plus grande que les autres incertitudes relatives des grandeurs entrant dans le calcul.

Si l'incertitude sur X domine l'incertitude sur le rendement, alors on admettra que l'incertitude $U(r)$ sur le rendement peut être estimée par la relation :

$$\frac{U(r)}{r} = \frac{U(X)}{X}$$

5. Montrer que l'incertitude sur le rendement est dominée par l'incertitude sur l'une des grandeurs entrant dans son calcul.
6. Évaluer le rendement r de l'électrolyseur ainsi que l'incertitude-type associée $U(r)$ et comparer aux rendements industriels.