

Nom: Prénom: Classe: Date:

Rendement d'un électrolyseur

Objectifs	Classe
<input type="checkbox"/> Puissance et énergie. Bilan de puissance dans un circuit. Effet Joule. Cas des dipôles ohmiques. Rendement d'un convertisseur.	1 ^{ère} Spé
<input type="checkbox"/> Définir le rendement d'un convertisseur.	
<input type="checkbox"/> Évaluer le rendement d'un dispositif.	2 h

Sur la paillasse

- Un électrolyseur,
- Un générateur de tension continue réglable (0-30 V),
- Deux multimètres,
- Deux éprouvettes graduées de 20 mL ou 25 mL,
- Une potence et deux pinces,
- Cinq fils électriques,
- Un chronomètre,
- 350 mL d'une solution de sulfate de sodium à $0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,
- Un rhéostat ou potentiomètre,
- Gants et lunettes de protection,
- Des allumettes,
- Une bûchette.

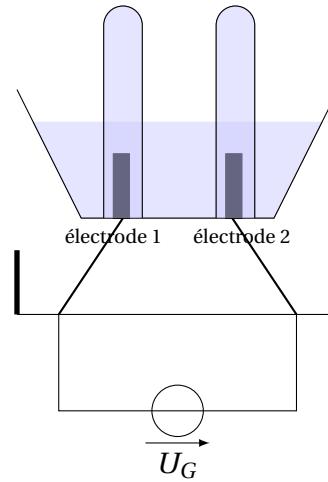


Figure 1: Montage expérimental pour l'étude du rendement de l'électrolyseur.

L'électrolyse de l'eau est l'une des voies de production du dihydrogène. Elle est envisagée pour stocker les surplus de production d'électricité¹. La manipulation proposée permet d'étudier le fonctionnement d'un électrolyseur et de déterminer le rendement de la transformation d'énergie qu'il effectue.

1 Caractéristique d'un électrolyseur



- Régler la tension aux bornes du générateur sur 2V, aucun circuit n'étant connecté sur ce dernier.
- Représenter sur le schéma ci-contre le voltmètre permettant de mesurer la tension U aux bornes de l'électrolyseur ainsi que l'ampèremètre qui mesure l'intensité I du courant le traversant.
- Réaliser le montage en vous inspirant du schéma ci-contre (laisser une borne du générateur débranchée).
- Remplir deux éprouvettes graduées avec la solution de sulfate de sodium et les retourner sur l'électrolyseur en les plaçant (attention à l'équilibre !) au-dessus des électrodes en **laissant un espace** pour permettre aux ions de migrer d'une électrode à l'autre. Les fixer à l'aide des pinces. **Il ne faudra plus toucher aux éprouvettes avant la fin du TP.** Vérifier donc que les graduations sont lisibles.
- Placer le voltmètre et l'ampèremètre dans le circuit sans les allumer.
- Préparer un tableau de mesures : U (V) en fonction de I (mA) converti ensuite en Ampère.

Appel 1

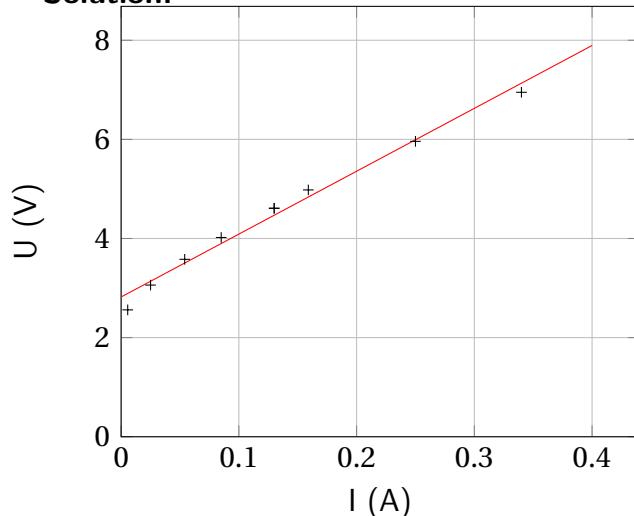
Vérification du circuit

¹ TP basé sur Hachette, 2012, p53-54

- Après vérification fermer le circuit et allumer les appareils de mesure. **Attention au calibre de l'ampèremètre pendant les mesures !**
- Augmenter progressivement la tension U aux bornes de l'électrolyseur (jusqu'à 6 V) et relever simultanément, pour chaque valeur de tension, l'intensité du courant traversant l'électrolyseur.
- À fin des manipulations, relever le volume de dihydrogène et de dioxygène dans les tubes à essai.

- Tracer, à l'aide de *régessi*, la caractéristique de l'électrolyseur $U = f(I)$.

Solution:



- La caractéristique est-elle de type : $U = E' + rI$, $U = E' - rI$, $U = rI$? Justifier le choix fait et vérifier-le en affichant l'équation dans *régessi*.

Solution: L'équation de la caractéristique est du type $U = E' + rI$ puisque la caractéristique ne passe pas par l'origine et est une droite de coefficient directeur positif.

- L'électrolyseur est-il un générateur ou un récepteur électrique ?

Solution: L'électrolyseur est un récepteur puisqu'il reçoit de l'énergie électrique de la part du générateur branché à ses bornes.

- Déduire de la caractéristique, la valeur de la force contre électromotrice E' de l'électrolyseur et celle de sa résistance interne r .

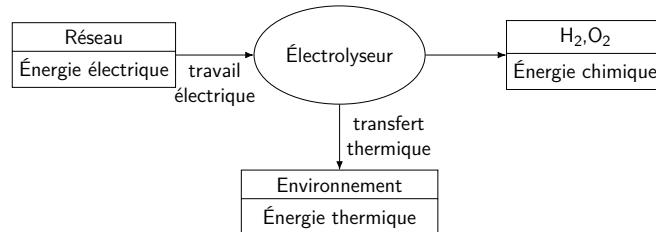
Solution: E' correspond à l'ordonnée à l'origine vaut $E' = 2,80\text{V}$; la résistance interne de l'électrolyseur correspond au coefficient directeur de la portion de droite tracée, soit $r = 12,7\Omega$.

2 Rendement d'un électrolyseur



- Allumer le générateur en déclenchant le chronomètre, régler très rapidement la tension mesurée à une valeur voisine de 5V. Noter alors l'intensité I_0 et la valeur précise de la tension U .
- Laisser débiter le générateur.
- Éteindre le générateur et stopper simultanément le chronomètre lorsque le volume de dihydrogène formé (lors de cette deuxième manipulation, retirer de la mesure le volume déjà produit) est égal à $V(H_2) = 10\text{mL}$.
- Noter la durée Δt écoulée et le volume de dioxygène formé $V(O_2)$.

5. Recopier et compléter le schéma de la chaîne énergétique suivant, en précisant la nature des énergies 1,2 et 3:



6. (a) Exprimer l'énergie électrique E_E reçue par l'électrolyseur en fonction de U , I_0 et Δt , puis la calculer.

Solution: $E_E = P \times \Delta t = U \times I_0 \times \Delta t = 5,16\text{V} \times 0,185\text{A} \times 422\text{s} = 403\text{J}$

(b) L'énergie utile, notée E_{ch} , a pour expression : $E_{ch} = E'E_0\Delta t$: la calculer.

Solution: $E_{ch} = E'I_0\Delta t = 2,80\text{V} \times 0,185\text{A} \times 402\text{s} = 208\text{J}$

(c) Exprimer l'énergie produite E_J en fonction de r , I_0 et Δt . Comment appelle-t-on cet effet mis en jeu ?

Solution: $E_J = U_r I_0 \Delta t = r I_0^2 \Delta t = 12,7\Omega \times (0,185\text{A})^2 \times 402\text{s} = 175\text{J}$

(d) Quelle relation doit vérifier E_E , E_{ch} et E_J ? Est-ce le cas environ ?

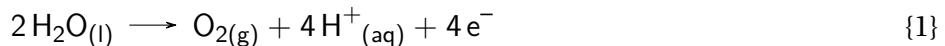
Solution: Par conservation de l'énergie, on doit vérifier $E_E = E_{ch} + E_J$. Dans notre cas, $403\text{J} \approx 208\text{J} + 175\text{J} (= 383\text{J})$.

(e) Définir le rendement énergétique de l'électrolyseur. Montrer qu'il peut s'écrire $\eta = E'/U$. Le calculer.

Solution: Le rendement peut s'exprimer selon: $\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{reçue}}} = \frac{E_{ch}}{E_E} = \frac{E'I_0\Delta t}{UI_0\Delta t} = \frac{E'}{U} = \frac{2,80\text{V}}{5,16\text{V}} = 0,54$ soit 54%.

7. Montrer que l'équation de la réaction mise en jeu a pour équation $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$. On considérera les couples oxydoréduction suivants: $\text{O}_{2(g)}/\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ et $\text{H}^{+}_{(aq)}/\text{H}_{2(g)}$.

Solution: Les demi-équations électroniques sont:



En multipliant la deuxième équation par 2 et en additionnant les équations on obtient bien



8. La dissociation d'une mole d'eau nécessite une énergie chimique $E_{deau} = 282 \text{ kJ}$.

- (a) Quelle est l'énergie chimique E_{dm} qui 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 est de $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ dans ces conditions ?

Solution: La quantité de dihydrogène correspondant au volume de dihydrogène $V(\text{H}_2)$ vaut: $n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m}$. Or, il y a autant de molécules de dihydrogène qui sont produites que de molécules d'eau consommées:

$$E_{dm} = n(\text{H}_2\text{O}) \times E_{deau} = n(\text{H}_2) \times E_{deau} = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} \times E_{deau} = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ L}}{24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 282 \text{ kJ} = 0,12 \text{ kJ}$$

- (b) Calculer le quotient E_{dm}/E_{ch} Commenter le résultat obtenu.

Solution: $E_{dm}/E_{ch} = 0,12 \text{ kJ}/0,208 \text{ kJ} \approx 0,58$ soit 58%. L'énergie chimique est grande par rapport à celle de dissociation de l'eau. Ceci est dû aux réactions parasites qui ont lieu à la cathode et l'anode.

9. Commenter la différence de volume entre $V(\text{O}_2)$ et $V(\text{H}_2)$.

Solution: Pour une mole de O_2 produite, le double l'est pour H_2 . On retrouve donc bien $V(\text{H}_2) = 2 \times V(\text{O}_2)$.

10. Vérifier que les gaz produits sont bien du dioxygène et du dihydrogène en prodiguant leur tests caractéristiques.

Solution: Le dihydrogène réagit à la flamme en explosant: on entend bien un "pop" en approchant une flamme. Le dioxygène ravive une flamme qui viendrait de s'éteindre: une flamme apparaît sur la bûchette incandescente plongée dans le dioxygène.