

**BACCALURÉAT SÉRIE S****Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE  
Évaluation des Compétences Expérimentales****Sommaire**

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS .....	2
II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AUX PERSONNELS DE LABORATOIRE .....	3
III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT .....	4
1. Expression du rendement d'un électrolyseur (20 minutes conseillées) .....	7
2. Électrolyse (20 minutes conseillées) .....	8
3. Calcul du rendement de l'électrolyseur (20 minutes conseillées).....	9

## I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS

Tâches à réaliser par le candidat	<p>Dans ce sujet, le candidat doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>déterminer l'expression du rendement d'un électrolyseur et les grandeurs physiques à mesurer ;</li> <li>effectuer une électrolyse de l'eau ;</li> <li>calculer le rendement énergétique de l'électrolyse ;</li> <li>évaluer les incertitudes associées à des mesures.</li> </ul>
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>S'approprier (APP) : coefficient <b>2</b></li> <li>Réaliser (RÉA) : coefficient <b>2</b></li> <li>Valider (VAL) : coefficient <b>2</b></li> </ul>
Préparation du poste de travail	<p><u>Précautions de sécurité</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tous les appareils qui doivent être connectés au secteur le sont avant l'arrivée du candidat.</li> <li>Il ne doit y avoir aucune source de flamme dans la salle (en raison de la production de dihydrogène et de dioxygène).</li> <li>L'épreuve doit avoir lieu dans une salle disposant d'une aération réglementaire.</li> </ul> <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>vérifier que le montage électrique est toujours correctement monté.</li> <li>vider l'électrolyseur ;</li> <li>remplir un flacon de 250 mL de solution de sulfate de sodium ;</li> <li>remettre la paillasse dans son état initial ;</li> <li>vérifier que l'on dispose d'un stock suffisant de solution de sulfate de sodium.</li> </ul>
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Expression du rendement d'un électrolyseur (<b>20 min</b>)</li> <li>Réalisation de l'électrolyse (<b>20 min</b>)</li> <li>Calcul du rendement de l'électrolyseur et de son incertitude (<b>20 min</b>)</li> </ul> <p><u>Il est prévu trois appels obligatoires de la part du candidat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lors de l'<b>appel n°1</b>, l'évaluateur vérifie que l'élève a retrouvé l'expression du rendement de l'électrolyseur en fonction de grandeurs physiques mesurables. Il vérifie également que l'élève sait comment mesurera ces grandeurs.</li> <li>Lors de l'<b>appel n°2</b>, l'évaluateur vérifie le montage de l'électrolyse et les calibres de l'ampèremètre et du voltmètre.</li> <li>Lors de l'<b>appel n°3</b>, l'évaluateur vérifie les résultats des mesures des quatre grandeurs ainsi que leur incertitude.</li> <li>Le reste du temps, l'évaluateur observe le candidat en continu.</li> </ul>
Remarques	<p>Les fiches II et III sont à adapter en fonction du matériel utilisé par les candidats au cours de l'année.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les valeurs numériques données dans la correction sont indicatives. La manipulation doit être testée préalablement avec le matériel disponible au laboratoire. <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Attention, il n'est pas attendu du candidat d'évoquer les incertitudes-type ou incertitudes élargies, ni d'évoquer les incertitudes de type A ou B.</b></li> </ul> </li> </ul>

**II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AUX PERSONNELS DE LABORATOIRE**

La version modifiable de l'ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT jointe à la version .pdf vous permettra d'adapter le sujet à votre matériel. Cette adaptation ne devra entraîner EN AUCUN CAS de modifications dans le déroulement de l'évaluation.

**Paillasse candidats**

- une calculatrice type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- deux multimètres
- un électrolyseur (de type « tulipe ») alimenté par un générateur, un voltmètre et un ampèremètre branchés
- un flacon contenant 250 mL de solution aqueuse sulfate de sodium ( $2 \text{Na}^+ (\text{aq}) ; \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$ ) à  $1 \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- un bécher
- une pipette souple
- deux éprouvettes graduées ou deux éprouvettes à gaz graduées de 20 mL
- une alimentation de tension continue réglable
- un chronomètre
- deux noix + supports pour maintenir les éprouvettes
- une paire de gants, des lunettes de protection
- une notice relative à l'utilisation des multimètres et aux incertitudes associées aux calibres

**Paillasse professeur**

- un flacon contenant du sulfate de sodium ( $2 \text{Na}^+ (\text{aq}) ; \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$ ) à  $1 \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- des résultats de mesure à fournir au candidat si nécessaire

**Documents mis à disposition des candidats**

- une notice permettant de déterminer les incertitudes

## III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Ce sujet comporte **sept** feuilles individuelles sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.  
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.  
En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.  
L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

**L'utilisation d'une calculatrice ou d'un ordinateur autres que ceux fournis n'est pas autorisée.**

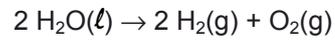
**CONTEXTE DU SUJET**

Les énergies renouvelables telles que le solaire ou l'éolien présentent l'inconvénient d'être intermittentes. Les moments de production de ces énergies ne correspondent pas forcément à leurs moments de consommation. Une solution pertinente à grande échelle est de les utiliser pour produire du dihydrogène à l'aide d'une électrolyse. Le dihydrogène obtenu pourrait alors servir à produire de l'électricité à n'importe quel moment grâce à une pile à combustibles consommant ce dihydrogène.

***Le but de cette épreuve est d'évaluer le rendement énergétique d'une électrolyse permettant de produire du dihydrogène avec le matériel d'un lycée et de le comparer aux rendements obtenus dans l'industrie.***

**DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT****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.

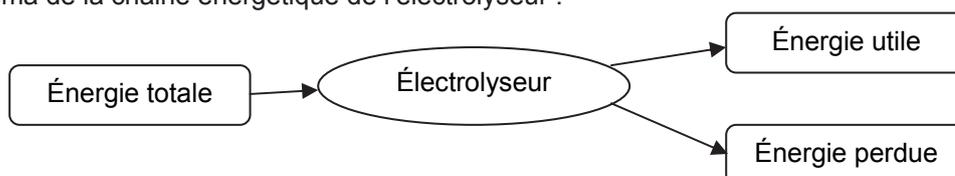


Lorsqu'un électrolyseur est alimenté par un générateur délivrant une tension  $U$  (exprimée en volts), il est parcouru par un courant d'intensité  $I$  (exprimée en ampères). L'énergie  $W_E$  totale reçue par l'électrolyseur (exprimée en joules) pendant une durée  $\Delta t$  (exprimée en secondes) 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  $H_2$  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  $H_2$  à partir de l'électrolyse de l'eau est appelée énergie utile  $E_u$ .

La quantité de matière  $n$  correspondant à un volume  $V$  (exprimé en litres) de dihydrogène  $H_2$  se calcule par la relation :  $n = \frac{V}{V_m}$

**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  $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

**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.

*D'après : L'Usine Nouvelle n°3402*

**Document 4 : Incertitude de mesure sur une valeur  $L$  mesurée avec un multimètre numérique :**

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

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

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  $n$  et  $p$  dépendent du matériel utilisé, du calibre....

**Matériel mis à disposition du candidat**

- une calculatrice type « collège » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un électrolyseur (de type « tulipe ») alimenté par un générateur
- deux multimètres
- un flacon contenant une solution aqueuse de sulfate de sodium ( $2 \text{ Na}^+(\text{aq}) ; \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ) à  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- un bécher
- une pipette souple
- deux éprouvettes graduées ou deux éprouvettes à gaz graduées de 20 mL
- une alimentation de tension continue réglable
- un chronomètre
- deux noix + supports pour maintenir les éprouvettes
- une paire de gants, des lunettes de protection
- une notice relative à l'utilisation des multimètres et aux incertitudes associées aux calibres

**TRAVAIL À EFFECTUER****1. Expression du rendement d'un électrolyseur (20 minutes conseillées)**

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  $\Delta t$  de l'électrolyse par la relation :  $r = \frac{E_{H_2} \cdot V}{V_m \cdot U \cdot I \cdot \Delta t}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dans la formule proposée, identifier les grandeurs à mesurer pour évaluer le rendement  $r$  de l'électrolyseur à disposition. Préciser avec quels instruments elles pourront être mesurées.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

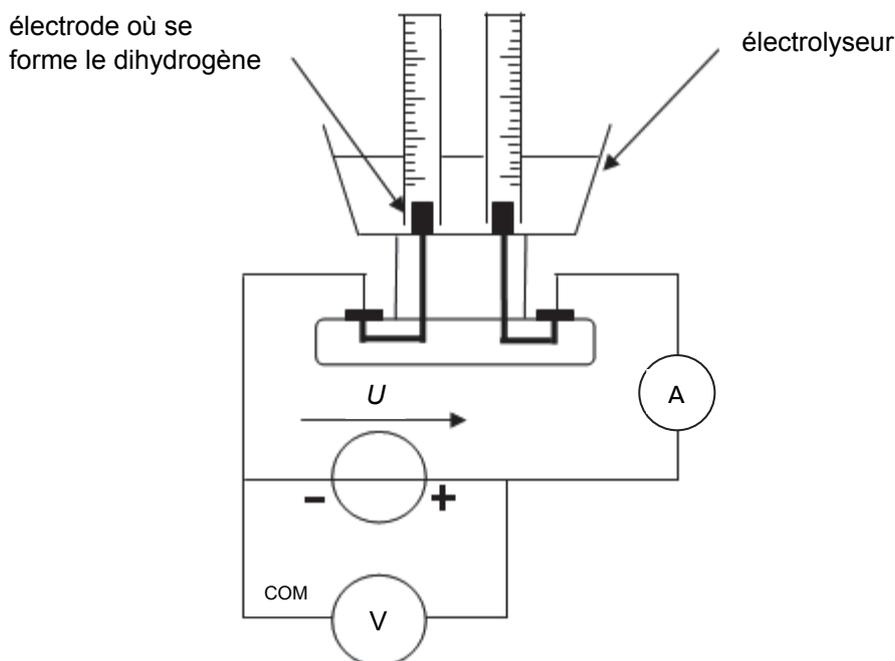
.....

.....

APPEL n°1		
	<b>Appeler le professeur pour lui présenter les réponses ou en cas de difficulté</b>	

**2. Électrolyse** (20 minutes conseillées)

Schéma de l'électrolyse :



En utilisant le montage mis à disposition :

- remplir convenablement l'électrolyseur de solution de sulfate de sodium ; **mais ne pas encore positionner les éprouvettes graduées au dessus des électrodes** ;
- mettre le générateur sous tension et le régler afin qu'il débite une intensité  $I$  traversant l'électrolyseur voisine de 0,3 A ;
- régler les calibres du voltmètre et de l'ampèremètre ;

**APPEL n°2**

**Appeler le professeur pour lui présenter le montage et le réglage du calibre des multimètres ou en cas de difficulté**



- **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 mL ;
- noter la durée  $\Delta t$  alors écoulée.

Renseigner le tableau suivant avec les valeurs de toutes les grandeurs physiques nécessaires au calcul du rendement (compléter les deux premières lignes du tableau).

grandeur physique (unité)	Volume V (L)	..... .....	..... .....	..... .....
résultat de la mesure	.....	.....	.....	.....
incertitude associée	.....	.....	.....	.....

Calculer l'incertitude associée à chaque grandeur et compléter la dernière ligne du tableau.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°3		
	<b>Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats ou en cas de difficulté</b>	

### 3. Calcul du rendement de l'électrolyseur (20 minutes conseillées)

On admettra que l'incertitude  $U(r)$  sur le rendement peut être estimée par la relation :

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

où  $X$  correspond à la valeur la moins précise apparaissant dans l'expression donnée à la question 1.

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

Identifier parmi les grandeurs mesurées précédemment celle qui est la moins précise.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Évaluer le rendement  $r$  de l'électrolyseur ainsi que l'incertitude associée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Écrire cette valeur sous la forme :  $r \pm U(r) \%$

.....

Comparer le rendement obtenu expérimentalement avec ceux obtenus dans l'industrie.

.....

.....

**Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.**