

LE RENDEMENT D'UNE ÉLECTROLYSE

Situation de départ

(s'approprier) 

Le recours à l'hydrogène comme vecteur énergétique propre est l'une des solutions pour répondre aux actuels défis énergétiques. Afin de produire ce carburant du futur, l'électrolyse de l'eau figure parmi les filières "écologiques" prometteuses. Principal écueil : son rendement.

Cependant, en décembre 2014, Le CEA-Liten a annoncé la validation d'un système de production d'hydrogène 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 de l'hydrogène-énergie. C'est lui qui permet de fabriquer de l'hydrogène « vert » à partir d'électricité éolienne ou solaire, plutôt qu'à partir d'hydrocarbures. Un haut rendement est aussi essentiel pour la viabilité économique du stockage de l'électricité verte sous forme d'hydrogène.

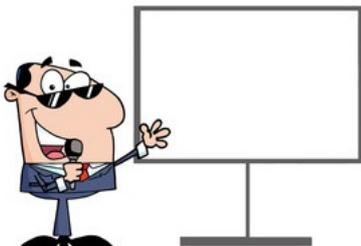


Problème

(analyser, réaliser, valider, communiquer) 

A l'aide de vos connaissances, des documents suivants, des réponses à l'étude préliminaire et du matériel disponible, réaliser l'électrolyse de l'eau pour :

- dans un premier temps, tracer la caractéristique $U = f(I)$ de l'électrolyseur disponible ;
- dans un deuxième temps, déterminer son rendement faradique puis son rendement énergétique.



L'ensemble de votre démarche et de vos résultats seront détaillés dans un **compte rendu numérique** de votre choix dont la forme devra être exploitable lors d'une **présentation orale**.

Etude préliminaire

(s'approprier, analyser)



1. Réaliser le bilan énergétique (chaîne énergétique) d'un électrolyseur.
2. Déterminer le volume de dihydrogène théorique formé à la cathode de l'électrolyseur en fonction de l'intensité du courant circulant dans celui-ci et de la durée de l'électrolyse.

Documents

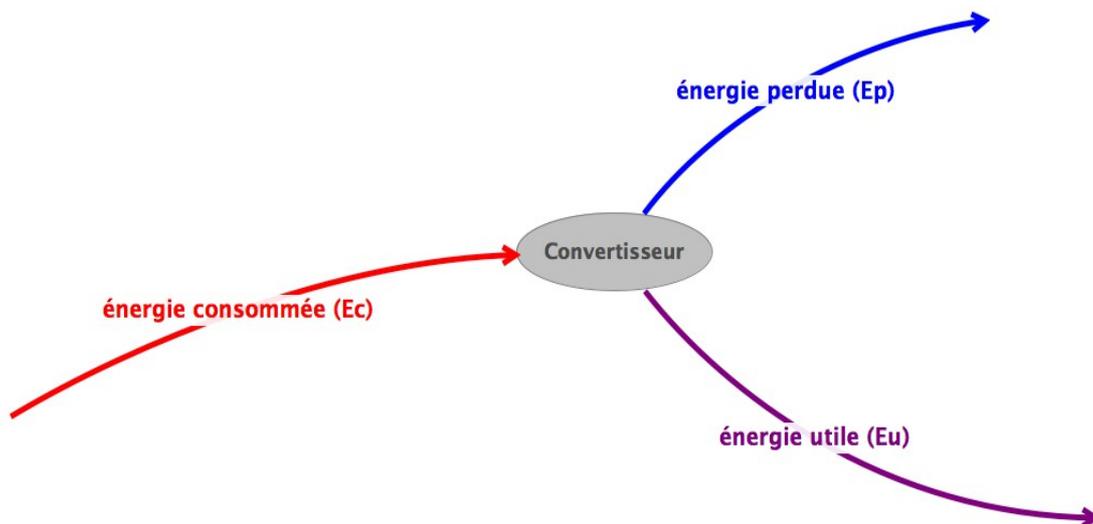
(s'approprier)



Doc.1 : Bilan énergétique

La physique est fondée sur quelques grands principes dont celui de la **conservation de l'énergie**.

Une chaîne énergétique illustre ce principe



La somme des énergies qui « entrent » dans le système (convertisseur) est égale à la somme des énergies qui en « sortent » :

$$E_c = E_u + E_p$$

On définit alors le rendement énergétique d'un convertisseur (en %) par : $\eta = \frac{E_u}{E_c}$

Doc.2 : Effet Joule

L'effet Joule est un effet thermique qui se produit lors du passage du courant électrique dans un conducteur. Il se manifeste par une augmentation de l'énergie interne du conducteur et généralement de sa température.

En régime de courant continu, l'énergie dissipée sous forme de chaleur pour une durée Δt par un dipôle de résistance R traversé par un courant d'intensité I s'écrit :

$$W_J = R.I^2 \Delta t$$

Doc.3 : Caractéristique d'un dipôle électrique

La caractéristique d'un dipôle électrique est la relation existant entre l'intensité I du courant traversant le dipôle et la tension U aux bornes de celui-ci.

Cette relation peut se noter comme une fonction, ce qui donne :

$$U = f(I) \quad \text{ou} \quad I = g(U)$$

La caractéristique peut donc être tracée sur un graphe en deux dimensions.

Doc.4 : Courant électrique

Le courant électrique est déterminé par le déplacement d'électrons.

La quantité d'électricité Q (en Coulomb) est le produit de l'intensité I du courant (en ampère) par la durée Δt (en seconde) :

$$Q = I \times \Delta t$$

Doc.5 : Rendement de Faraday d'une électrolyse

Le rendement faradique dans le cas de l'électrolyse de l'eau est défini comme :

$$\eta_f = \frac{V(H_2)_{réel}}{V(H_2)_{théorique}}$$

Le volume $V(H_2)_{théorique}$ étant directement lié à l'énergie chimique théorique produite à partir d'énergie électrique.

Doc.6 : Matériel disponible

- 1 électrolyseur
- 1 générateur de tension réglable (0V – 15V)
- 2 multimètres
- 5 fils de connexion
- 1 solution électrolytique de sulfate de sodium à 0,5 mol.L⁻¹
- 1 bécher (250 mL)
- 1 éprouvette graduée (25 mL) + bouchon adapté
- 1 thermomètre
- 1 baromètre
- gants et lunettes de protection

Doc.7 : Données physico-chimiques

Couples oxydant/réducteur de l'eau :

- O₂(g)/H₂O(l)
- H⁺(aq)/H₂(g)

Loi des gaz parfait :

- $P.V = n.R.T$

avec :

- P la pression du gaz en Pa ;
- V le volume du gaz en m³ ;
- n la quantité de matière du gaz en mol ;
- R la constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ Pa.K}^{-1}.\text{m}^3.\text{mol}^{-1}$
- T la température du gaz en K ($T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$)

Masse molaire atomique de l'hydrogène :

- $M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Constante de Faraday :

Il s'agit de la quantité d'électricité d'une mole d'électrons : $F = N_A \times e = 9,65.10^4 \text{ C.mol}^{-1}$