

**L'EAU PEUT ELLE ÊTRE UNE SOURCE D'ÉNERGIE ?**

**Objectif et questionnement :** Etudier l'eau comme source d'énergie éventuelle. S'agit-il d'une source d'énergie ? d'un vecteur d'énergie ? d'un mode de stockage de l'énergie ? Le bilan énergétique est-il intéressant ? Bref, quels sont les avantages ? les inconvénients ?

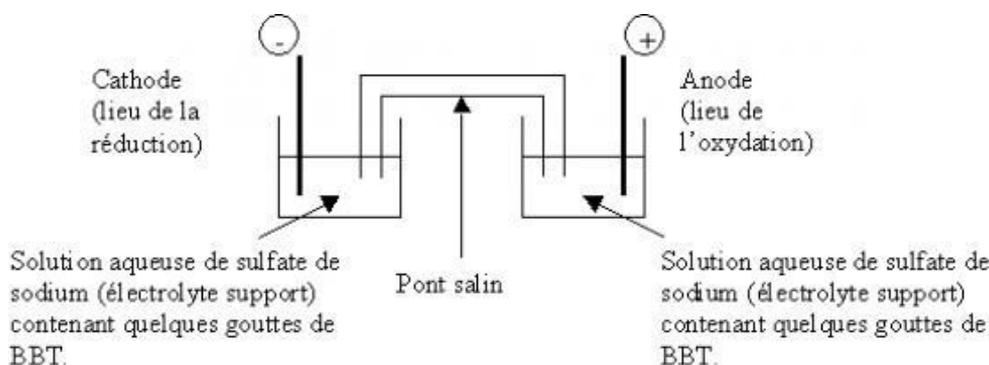
*Remarque : toutes les expériences sont des expériences collectives*

**A. Electrolyse de l'eau**

**1. Etude qualitative**

*Expérience 1 : réactions aux électrodes*

Soit le dispositif suivant :



BBT  $pK_a = 7$  acide => jaune    basique => bleu

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Bleu\\_de\\_bromothymol](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bleu_de_bromothymol)

**Video de l'expérience :** [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=VY9xTrIzAml](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=VY9xTrIzAml)

**Questions**

- 1) Quelle est la couleur de la solution dans chaque bécher avant de faire circuler le courant électrique ?
- 2) Après avoir fait circuler le courant électrique quelques minutes, noter les observations relatives aux couleurs dans chaque bécher.

Cathode :

Anode :

- 3) Interprétez les observations faites

a) Evolution de l'acido-basicité

Cathode :

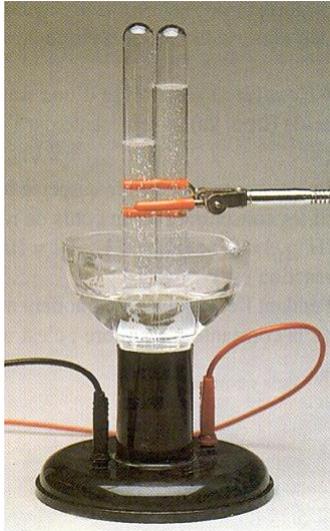
Anode :

b) Réactions aux électrodes

Cathode :

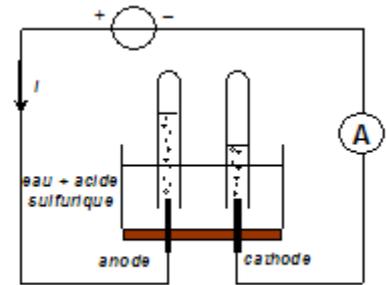
Anode :

Soit le dispositif suivant :



Dans l'électrolyseur, on verse une solution acide sulfurique environ molaire

On augmente progressivement la tension  $U$  délivrée par le générateur extérieur



### Questions

- 4) L'électrolyse se fait-elle pour n'importe quelle valeur de  $U$  ?
- 5) Qu'observe-t-on dans les deux tubes à dégagement ? Y a-t-il une relation entre les volumes de gaz dégagés respectivement sur chaque électrode ?
- 6) Proposez une expérience simple permettant de mettre en évidence la nature du gaz respectivement dégagé sur chaque électrode.
- 7) Interprétez (éventuellement en vous aidant des réponses aux questions de l'expérience 1.) le rapport des volumes de gaz dégagés respectivement sur chaque électrode

### 2. Etude quantitative

Considérons une intensité  $I = 0,30$  A circulant pendant  $\Delta t = 10$  min dans l'électrolyseur.

### Questions

- 8) Etablir - donc détailler le raisonnement !- l'expression littérale de  $V(\text{O}_2)$  -ou  $V(\text{H}_2)$  - du volume de gaz dégagé à chaque électrode en fonction de  $I$  et  $\Delta t$  et éventuellement d'autres paramètres dont vous préciserez la nature.
- 9) Un thermomètre a été placé dans la salle : quelle peut être son utilité dans l'expérience étudiée ?  $\theta = \dots\dots\dots$  °C
- 10) Faire l'application numérique (en précisant les valeurs retenues pour les différents paramètres)

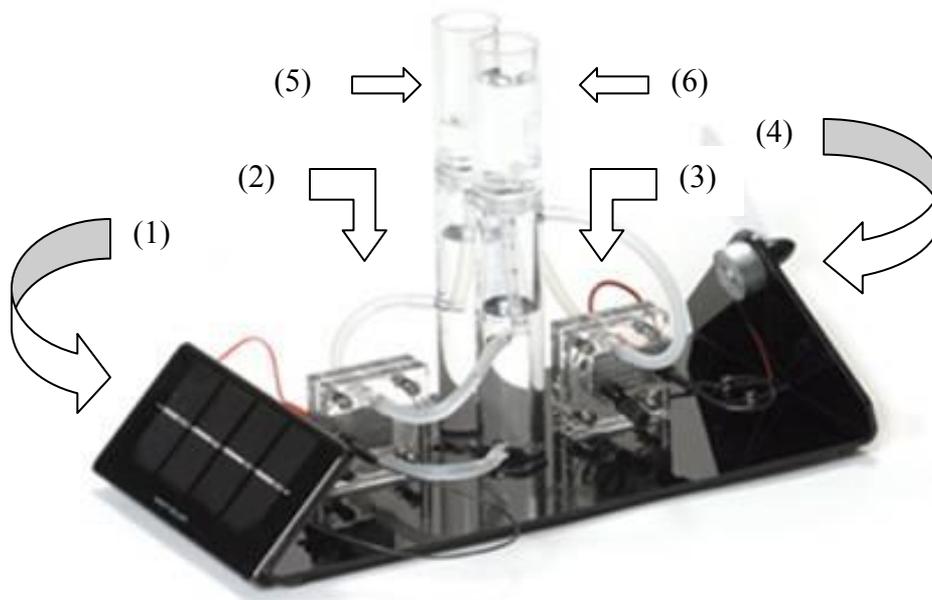
$$V(\text{O}_2) = \dots\dots\dots$$

$$V(\text{H}_2) = \dots\dots\dots$$

Avec...

**B. Pile à hydrogène**

Soit le dispositif suivant que l'on peut faire fonctionner de façon réversible soit en électrolyseur soit en pile à hydrogène. Le matériel présenté sur la paillasse professeur est un système simplifié par rapport à la photographie ci-dessous : le même module peut fonctionner de façon réversible (électrolyseur  $\Leftrightarrow$  pile) alors que sur la photographie ci-dessous, les deux modules (2) et (3) sont séparés mais à vrai dire, il s'agit du même module dans les deux modes de fonctionnement..

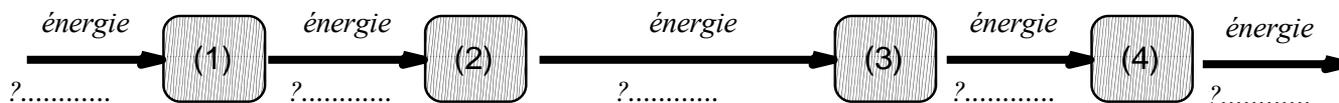


**Questions**

11) Sur la photographie ci-dessus, repérer les différentes parties

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

12) En déduire les transformations d'énergie mise en jeu



13) Expliquer brièvement quelle est, dans **cette chaîne de transformation énergétique**, le rôle des réservoirs gazeux ?  
 En pratique, on s'intéresse uniquement au réservoir d'hydrogène car le dioxygène provient de l'air qui est un réservoir « inépuisable ».

Voir la vidéo résumant le fonctionnement: <http://www.h-tec.com/fr/education/service/materiel-pedagogique/>  
 Un autre dispositif : <http://www.youtube.com/watch?v=d0gipF8taDk>

Terminale S – Spécialité CHIMIE

1. Fonctionnement en électrolyse : « recharge » de la batterie

➤ Voir le **tableau 1** de l'Annexe

Questions

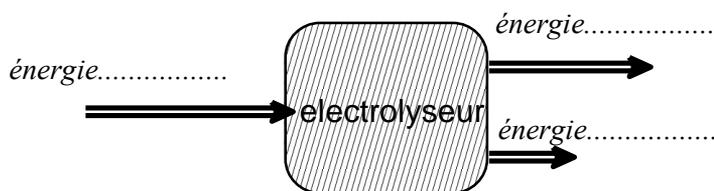
14) Le graphe du **tableau 1** est-il cohérent avec la réponse apportée à la question 4) ?

15) Exprimer la fonction caractéristique  $U = f(I)$  de l'électrolyseur en précisant les paramètres et les unités correspondantes.

Remarque : La théorie donne comme valeur de tension  $U_{seuil} = E' = 1,23 V$ . Le décalage expérimental observé provient de phénomènes de surtension sur les électrodes.

16) En supposant que l'électrolyseur n'est pas de résistance interne ( $r' = 0$ ), superposer sur le document constructeur la caractéristique « idéale » correspondante

17) Faire le diagramme énergétique de l'électrolyseur et en déduire son rendement  $r = \frac{\text{Energie chimique produite}}{\text{Energie électrique consommée}}$



littéral

$r = \dots\dots\dots$

AN :

$r = \dots\dots\dots$

➤ Voir le **tableau 2** de l'Annexe

Données : Chaleur de dissociation de l'eau liquide à 25° C  $Q_{diss\_liq} = 285,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$   
 Volume molaire à 25 °C sous Pression atmosphérique  $V_0 = 24,45 \text{ L. mol}^{-1}$

Questions

18) Du graphe du **tableau 2**, déduire  $v_{for}$ : la vitesse de formation du dihydrogène lors de l'électrolyse. Détailler le raisonnement fait et préciser les unités des grandeurs considérées.

19) Déduire l'expression de  $P_{chim}$ , la puissance chimique de l'électrolyseur en fonction de  $Q_{diss\_liq}$  et  $v_{for}$ .

20) Déduire le rendement expérimental  $r_{exp}$  de l'électrolyseur

Littéral

$r_{exp} = \dots\dots\dots$

AN :

$r_{exp} = \dots\dots\dots$

21) Le résultat est-il cohérent avec la réponse apportée à la question 17) ?

2. Fonctionnement en générateur : « décharge » de la batterie



Une photographie de la manipulation sur la paillasse professeur

➤ Voir le **tableau 3** de l'Annexe

Données : Chaleur de dissociation de l'eau gaz à 25° C  $Q_{\text{diss-gaz}} = 241,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$   
 Volume molaire à 25 °C sous Pression atmosphérique  $V_0 = 24,45 \text{ L. mol}^{-1}$

**Questions**

22) Ecrire les équations chimiques respectives globales lors du fonctionnement du module en

	<i>Electrolyseur</i>	<i>Générateur</i>
<i>Equation chimique :</i>		

23) Du graphe du **tableau 3**, déduire  $v_{\text{disp}}$  : la vitesse de disparition du dihydrogène lors du fonctionnement en pile.  
*Détailler le raisonnement fait et préciser les unités des grandeurs considérées.*

24) Déduire l'expression de  $P_{\text{chim}}$ , la puissance chimique consommée par la pile en fonction de  $Q_{\text{diss-gaz}}$  et  $v_{\text{disp}}$ .

25) Déduire le rendement expérimental  $r_{\text{exp}}$  de la pile

Littéral  $r_{\text{exp}} = \dots\dots\dots$

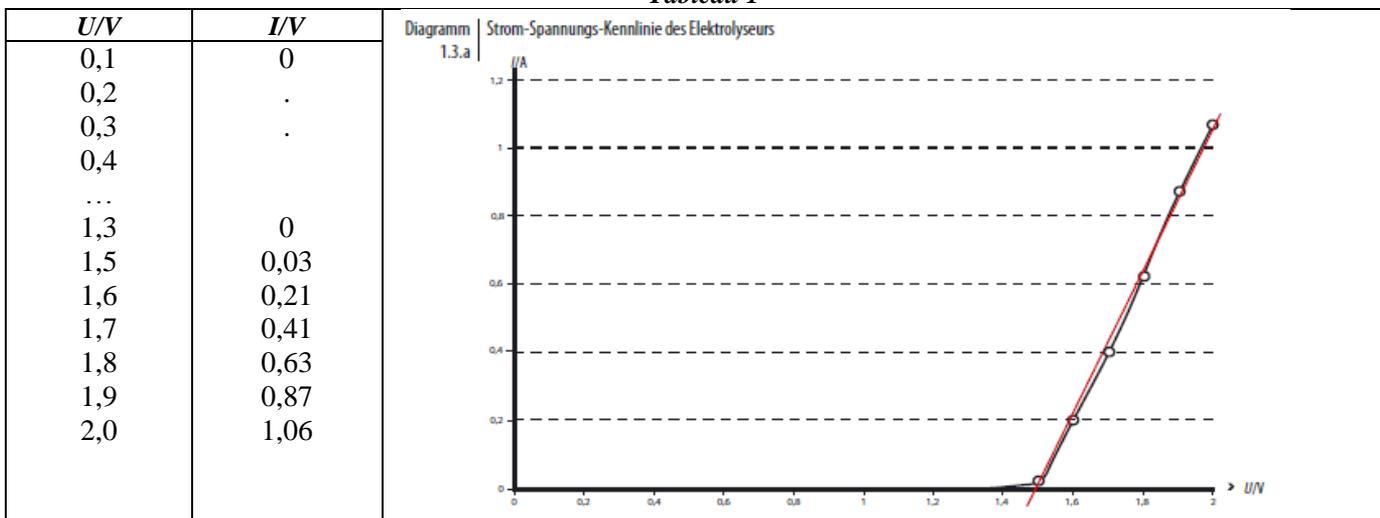
AN :  $r_{\text{exp}} = \dots\dots\dots$

26) Analyser le bilan énergétique des différentes opérations étudiées (électrolyse et pile) et faites une analyse commentée de ces bilans. Et répondre à la question énoncée dans le titre.

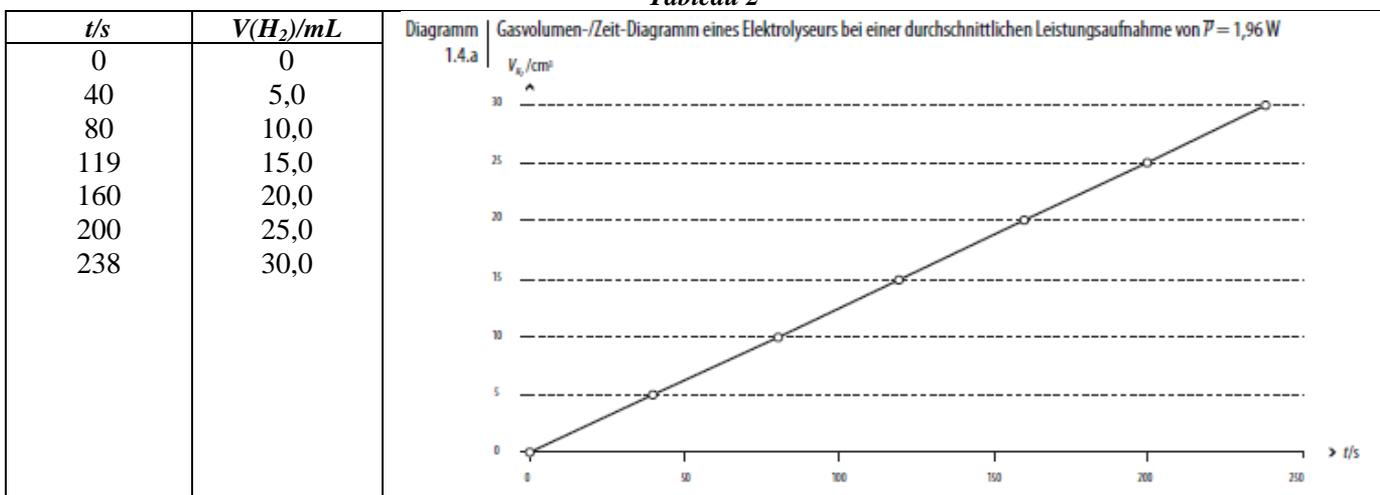
**Annexe Module électrolyseur ⇔ Pile à hydrogène**  
 Données constructeur (Site : <http://www.h-tec.com/fr/education/>)

**Module électrolyseur** (Remarque : le constructeur demande de ne pas dépasser  $U = 2 \text{ V}$ )

**Tableau 1**

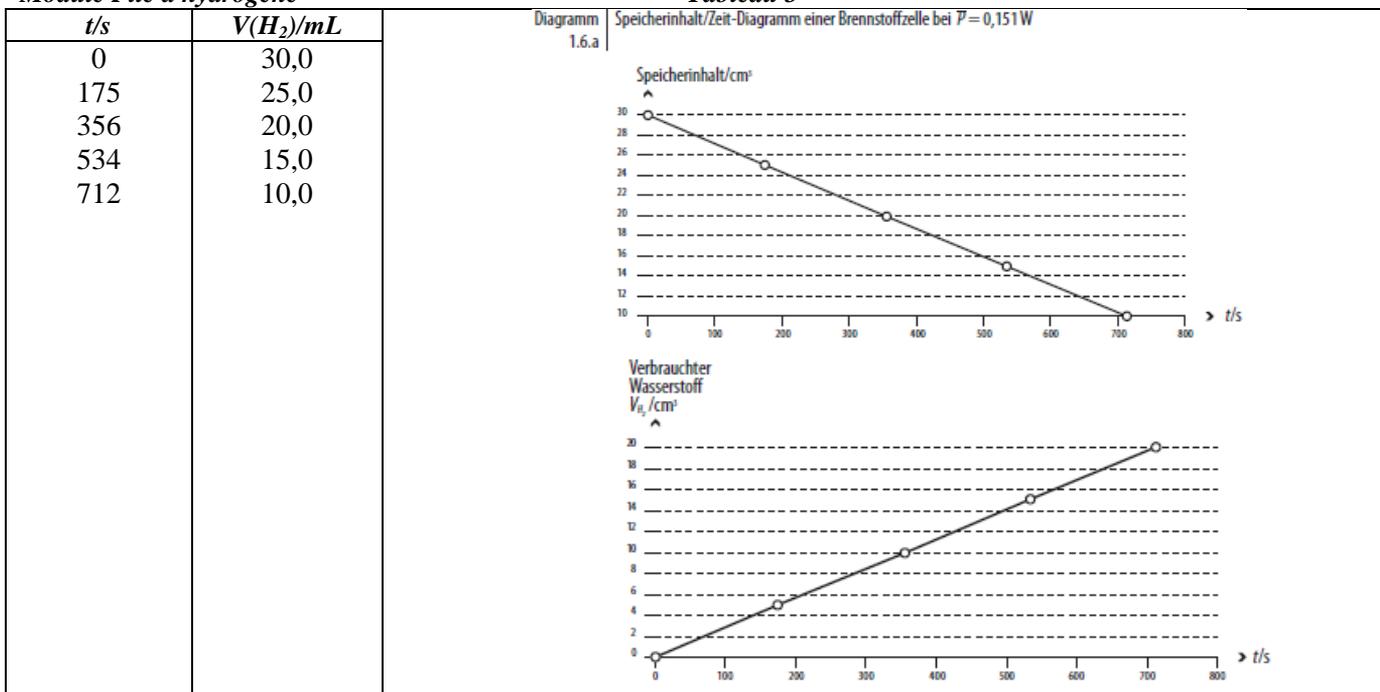


**Tableau 2**



**Module Pile à hydrogène**

**Tableau 3**



C. Etude documentaire (étude complémentaire et résumé critique des études précédentes)

**Les piles à combustible : mythe ou réalité ? (doc de ac-grenoble.fr)**

I- Généralités

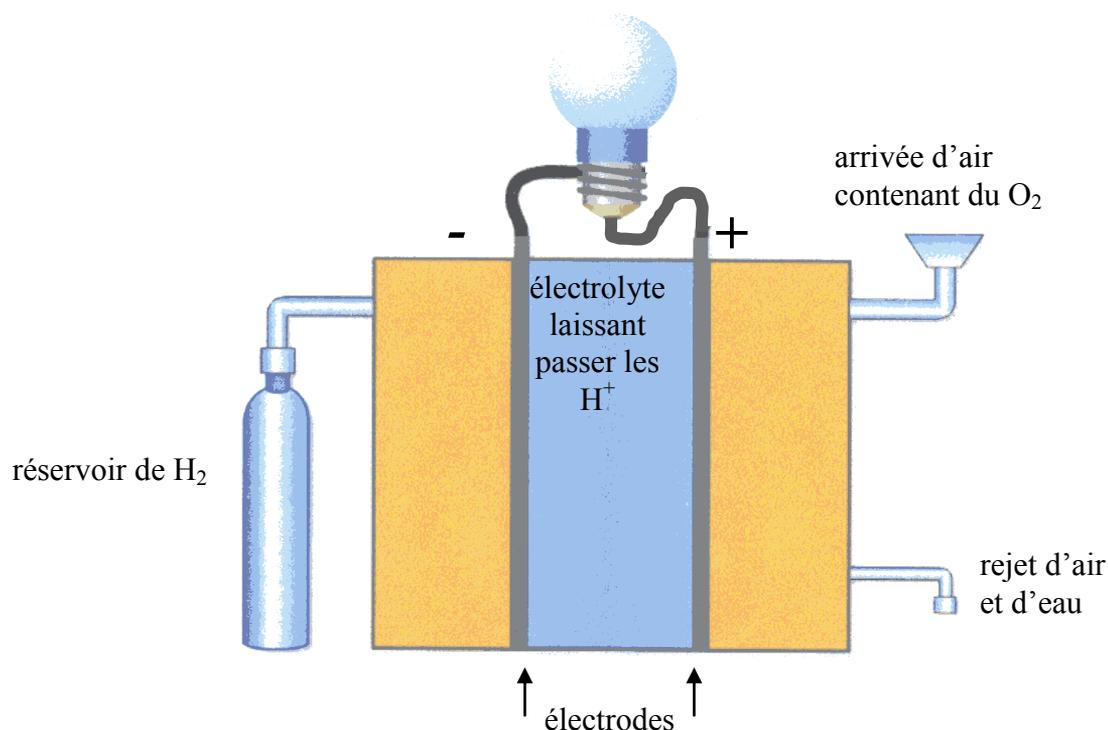
- 1- Qu'est-ce qu'une combustion ? Qu'est-ce qu'un combustible ? Qu'est-ce qu'un comburant ?
- 2- Qu'est-ce qu'une pile ?
- 3- A quoi sont utilisées les combustions ? A quoi servent les piles ?
- 3- Est-ce que les combustions et les piles sont utilisées dans le même objectif ?
- 4- Pourquoi parle-t-on de pile à combustible ?
- 5- Qui était le précurseur des piles à combustible ? A quelle époque travaillait-il ? Que vous inspire cette réponse ?

II- Les piles à combustibles, ça fonctionne comment ?

Le principe de fonctionnement d'une pile à combustible de type hydrogène-oxygène est très simple. Une cellule de réaction est composée de deux électrodes séparées par un électrolyte. Cet électrolyte est une membrane qui permet le passage des protons  $H^+$ , mais qui empêche les électrons de passer.

La cellule est alimentée en continu d'une part en dihydrogène et d'autre part en dioxygène qui est contenu dans l'air. Le fonctionnement de la pile repose sur une réaction d'oxydoréduction au niveau des électrodes, entre le  $H_2$  et le  $O_2$ , libérant de l'eau.

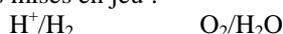
Schéma de la pile :



Dans le cas de notre exemple, on utilise la pile à combustible pour alimenter une lampe.

- 1- Quelle est la nature des porteurs de charge dans le circuit extérieur à la pile ?
- 2- Indiquer sur le schéma le sens de déplacement conventionnel du courant électrique  $I$ , ainsi que le sens de déplacement des porteurs de charge à l'extérieur de la pile.

On donne les demi-couples des espèces chimiques mises en jeu :



- 3- Pour chaque couple mis en jeu, écrire les demi-équations électroniques en milieu aqueux acide.
- 4- En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu quand la pile débite.
- 5- Quelle est la nature des porteurs de charge assurant la circulation électrique dans l'électrolyte. D'où proviennent-ils ? Les dessiner sur le schéma avec leur sens de déplacement.

## Terminale S – Spécialité CHIMIE

Le dihydrogène est appelé « combustible » de la pile.

6- Quelle transformation chimique subit le dihydrogène. Pourquoi est-il appelé combustible ?

7- Précisez le nom de l'électrode où se produit cette transformation. Est-ce le pôle positif ou négatif de la pile ? Compléter le schéma en nommant les deux électrodes.

### III- Les piles à combustible, ça marche ou pas ?

A partir des trois textes distribués, répondre aux questions suivantes :

1- Quelles sont les raisons principales qui font que l'on cherche à développer les piles à combustible ?

2- Quels sont les grands domaines d'utilisation des piles à combustible ?

3- Quels sont les principaux avantages des piles à combustible ?

4- Calculer le rendement d'une pile à combustible et celui d'un moteur thermique.

5- Quelle est l'unité correspondant à la notation kWh. Montrer que cela a la dimension d'une énergie. Convertir 1kWh en joules.

6- Relever les polluants locaux cités dans le texte de Jean-Marc JANCOVICI ? Quels sont leurs effets ?

5- Quels sont les freins actuels à l'utilisation des piles à combustible ?

6- Quels sont les moyens de production du dihydrogène ?

7- Expliquer ce que sont les énergies d'origine hydroélectrique, nucléaire, solaire, éolienne ou biomasse replantée.

8- Parmi ces moyens, lesquels respectent le développement durable ?

9- Selon vous, les piles à combustible est-ce un mythe ou une réalité ?

### IV- Quelques petites applications :

1- Dans les navettes spatiales, les piles à combustibles débitent un courant d'intensité  $I = 200 \text{ A}$ .

Calculer la charge électrique  $Q$  libérée en 24 heures.

En déduire la quantité de matière des porteurs de charge ayant transité dans le circuit.

En déduire la masse d'eau produite.

2- Dans une voiture de tourisme, on estime à 0,60 kg la masse de dihydrogène nécessaire pour effectuer 100 km.

Calculer le volume en  $\text{m}^3$  occupé par cette quantité d'hydrogène dans conditions ordinaires de température et de pression. Rappeler la loi des gaz parfaits en précisant les unités des grandeurs mises en jeu. Proposer alors une méthode pour diminuer à température ambiante le volume occupé par le dihydrogène.

3- Remplir le tableau suivant :

Terme	Définition	Exemple dans la pile à combustible
		$\text{O}_2$
	électrode où se produit la réduction	borne + de la pile
combustible		
	réaction correspondant à une perte d'électrons	
anode		
	espèce susceptible de céder des électrons	
	espèce chimique augmentant la vitesse d'une réaction chimique et que l'on retrouve intact en fin de réaction	
		$\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$
rendement		

Données :  $M(\text{H}) = 1,00 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ; constante d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ; charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ; Faraday  $1 \text{ F} = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$  ; Volume molaire (conditions :  $20^\circ\text{C}$  et  $P_{\text{atm}}$ ) =  $24,0 \text{ L.mol}^{-1}$ .

