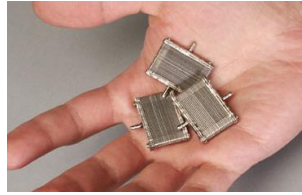
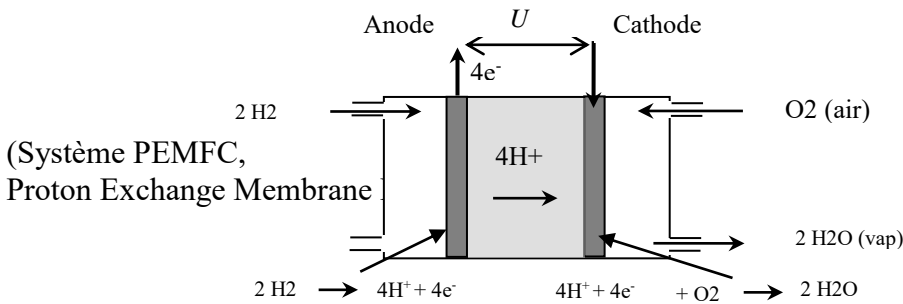


Etude d'une petite pile à combustible



(pour un appareil mobile portable)

La pile à combustible ci-contre fonctionne sur le principe suivant:



Quand la pile fonctionne, elle consomme de l'hydrogène H2, il y a un échange de charge  $\delta q$  dans le circuit extérieur et l'élément fournit un travail utile 'électrique'  $\delta W_e$ . Elle échange aussi de la chaleur  $\delta Q$ .

On rappelle que, pour un échange de charge  $\delta q$ , le travail 'électrique' est donné par

$$\delta W_e = - U \delta q,$$

ou U est la tension aux bornes de la pile.

Pour 2 moles de H2 consommées (ou pour une mole de O2 consommée), la charge échangée  $\delta q$  est égale à 4 moles d'électrons ( $\delta q = 4 N_e$ , ou  $N_e$  est la charge d'une mole d'électrons).

le rendement énergétique est défini par :

$$r = -W_e / \Delta H_{\text{reac}},$$

ou  $\Delta H_{\text{reac}}$  est l'enthalpie de la réaction chimique globale de la pile qui a permis de produire  $W_e$ .

- pourquoi r est-il défini par ce rapport ? (une phrase)

1°) Puissance apportée  $P_{\text{reac}}$

- Ecrire la réaction globale intervenant dans la pile.

- Donner en fonction des données enthalpiques fournies ci-dessous, la valeur de  $\Delta H_{\text{reac}}$  (kJ) à 298K si 1 moles de H2 est consommée.

En réalité, la pile fonctionne en continu, elle produit une puissance électrique  $P_e$  et la puissance apportée par la réaction est  $P_{\text{reac}}$ . La pile consomme alors un débit  $D_{H_2}$  (m3/s) de H2.

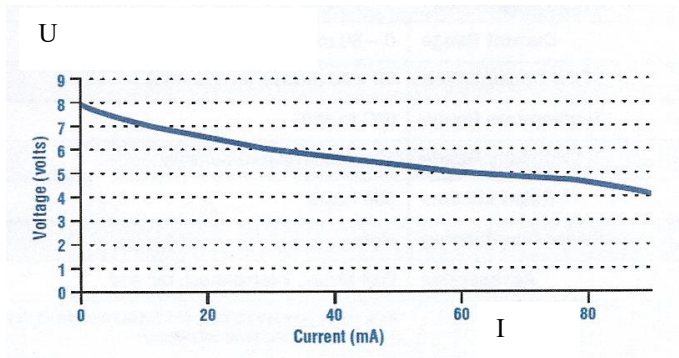
-Exprimer  $P_{\text{reac}}$  en fonction de  $\Delta H_{\text{reac}}$  (kJ),  $D_{H_2}$ , P et T. On supposera que l'hydrogène est un gaz parfait, R étant la constante des gaz parfaits)

Le rendement de la pile sera calculé ci-dessous après avoir pris connaissance de ses caractéristiques électriques

## 2°) caractéristiques électriques

La courbe ci-dessous donne la variation de U en fonction du courant I (en mA) délivré par la pile.

**En réalité la pile est constituée de la mise en série de 5 éléments identiques délivrant chacun une tension  $U_e$ .**



- Commenter la courbe ci-dessus (trois phrases maximum)

La puissance délivrée est égale à  $P_e = U I$ , où U est la tension résultante et I le courant circulant dans les 5 éléments.

- Calculer la puissance délivrée pour  $I = 40 \text{ mA}$ .

## 3°) Calcul du rendement énergétique de la pile

- Quel est le nombre de mole d'électron par seconde  $\dot{n}_{e^-}$  qui est échangé pour un courant I ? (On donne  $N_{e^-}$  est la charge d'une mole d'électrons).

- Exprimer  $\dot{n}_{H_2}$  le nombre de mole de  $H_2$  consommée pour un élément de la pile

- En déduire le débit total  $D_{H_2, Tot}$  nécessaire à la pile, en fonction de I,  $N_{e^-}$ , T, P et R, faire l'A.N.

- En déduire la valeur de  $P_{reac}$ .

- En déduire la valeur du rendement énergétique r de la pile pour un courant  $I = 40 \text{ mA}$

Données

Enthalpie des gaz dans la pile :  $H_{H_2}^0(25^\circ\text{C}) = 0$   $H_{O_2}^0(25^\circ\text{C}) = 0$   $H_{H_2O, v}^0(25^\circ\text{C}) = 241,59 \text{ KJ/mole}$

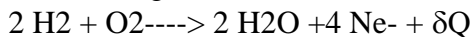
Constante des gaz parfaits :  $R = 8,32 \text{ (SI)}$ ,  $P_{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $T_{amb} = 298 \text{ K}$

$N_{e^-} = 96\,484 \text{ C/mole}$

## Réponses

$r = -W_e / \Delta H_{reac} = \text{Utile} / \text{Dépense}$  : définition générale de l'efficacité d'une machine

1°) la réaction globale intervenant dans la pile est :

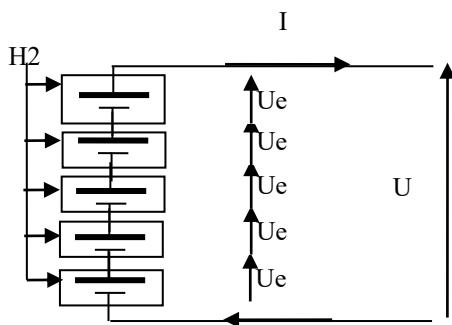


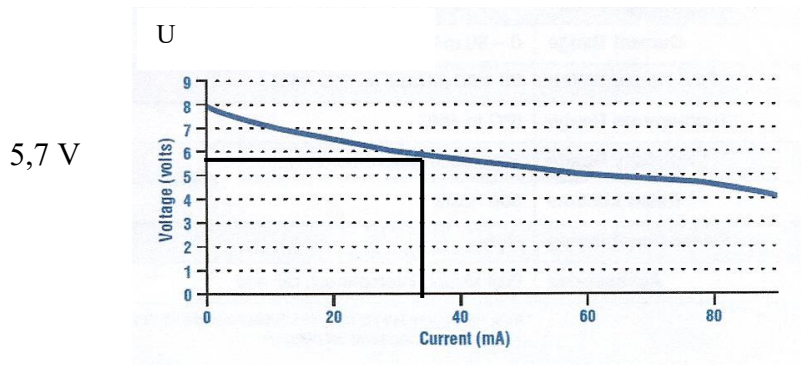
$\Delta H_{reac}(\text{kJ}) = 2 H_{H_2O, v}$  pour 2 moles de  $H_2$  consommées,

Donc  $\Delta H_{reac}(\text{kJ}) = H_{H_2O, v}$  pour 1 mole de  $H_2$  consommée,  $\Delta H_{reac}(\text{kJ}) = H_{H_2O, v}^0(25^\circ\text{C}) = 241,59 \text{ KJ}$

$P_{reac} = \Delta H_{reac}(\text{kJ}) \dot{n}_{H_2} \text{ (mole/s)} = \Delta H_{reac}(\text{kJ}) D_{H_2} \text{ (m}^3\text{/s)} P / RT$

2°) La tension résultante est donc  $U = 5 U_e$  (voir schéma ci-dessous).





- U décroît avec l'intensité du courant car il existe une résistance interne  $R_i$ :  $U = E - R_i I$  avec E la force électromotrice des 5 éléments.

- Pour les courants élevés, la courbe s'infléchit car il apparaît des résistances aux transferts des gaz aux électrodes

$$P_e = U I = \mathbf{228 \text{ mW}}$$

$$3^\circ) -n_{e^-} = I / N_{e^-}$$

- Pour 4 moles de  $e^-$ , 2 moles de  $H_2$  sont consommées, donc pour  $n_{e^-}$  on consomme  $n_{H_2}$  (mole/s) =  $n_{e^-} / 2$

- Débit consommé pour un élément:  $D_{H_2, 1 \text{ élém}} = 1/2 (I / N_{e^-}) (RT/P)$

Débit total pour 5 éléments :  $D_{H_2, 5 \text{ élém}} = 5/2 (I / N_{e^-}) (RT/P) = \mathbf{9 \text{ cm}^3/\text{h}}$

-  $P_{\text{reac}} = \Delta H_{\text{reac}}(\text{kJ}) n_{H_2}$  (mole/s) =  $\Delta H_{\text{reac}}(\text{kJ}) 5/2 (I / N_{e^-})$

-  $r = -W_e / \Delta H_{\text{reac}} = UI / P_{\text{reac}} = 2/5 U N_{e^-} / \Delta H_{\text{reac}} = 0,91$ , *valeur élevée*