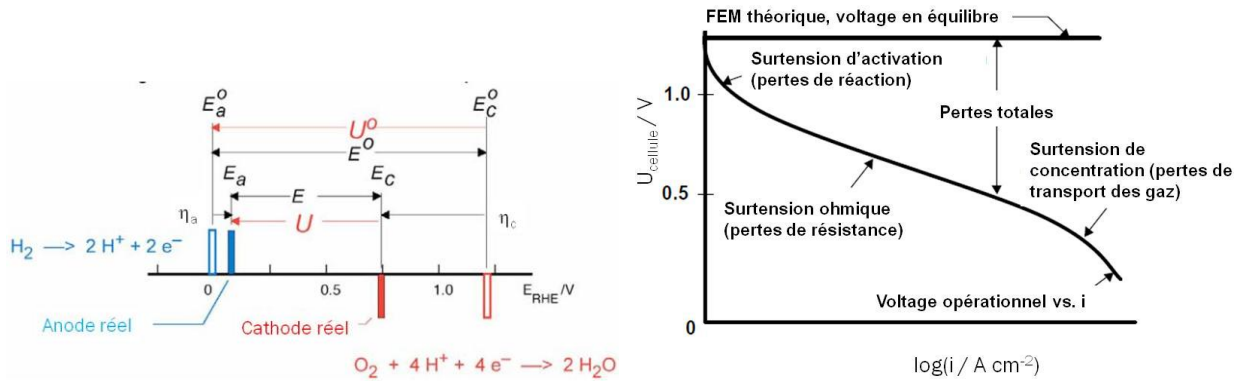


CVEC TD 6. PILES A COMBUSTIBLE

Les relations principales

Modèle simplifié de l'énergétique de la pile



Types de surtensions

- d'activation (transfert de charge) \rightarrow anodique et cathodique
- de concentration (transport de matière) \rightarrow anodique et cathodique
- ohmique (conductivité finie de l'électrolyte)

$$\eta_{ac} = \frac{RT}{\alpha n F} \ln \frac{i}{i_0}$$

$$\eta_{conc} = \frac{RT}{nF} \ln \left(1 - \frac{i}{i_d} \right)$$

$$\eta_{ohm} = R_{cellule} i$$

- Efficacité théorique (réversible)

$$\eta_{rev} = \frac{\Delta G}{\Delta H} = \frac{E_{rev}}{E_{thermal}}$$

- Efficacité voltaïque (basée sur voltage opérationnel)

$$\eta_v = \frac{E}{E_{rev}}$$

- Efficacité faradique

$$\eta_f = \frac{i}{i_f}$$

- Efficacité d'utilisation des réactifs

$$\eta_u = \frac{n_{reagi}}{n}$$

- Consommation parasitaire de pouvoir – résistances auxiliaires

$$\eta_a = 1 - \frac{P_{PL}}{P_{total}}$$

- Efficacité totale \rightarrow multiplicative

$$\eta_{total} = \eta_{rev} \eta_v \eta_f \eta_u \eta_a$$

Problèmes

Pr. 1. Une pile à combustible à membrane polymère (PEMFC) opérant à 80 °C et pression atmosphérique des deux réactifs produit une tension de 0.7 V. Des mesures indépendantes ont démontré que la surtension anodique est de 50 mV. Estimer la surtension cathodique en négligeant les pertes ohmiques. Energie de Gibbs de combustion $\Delta G_{comb} = -228.521$ kJ/mol.

Pr. 2. Une pile à combustible à oxyde solide (SOFC) opère à hydrogène et air à 800 K et à pression atmosphérique. Elle produit 50 A à 0.7 V. Hydrogène pur est passé vers l'anode et la consommation est de 90%. L'air est passé vers la cathode en quantité dix fois plus grande que nécessaire pour réagir avec l'hydrogène. Energie de Gibbs et enthalpie de la réaction 203.54 et 246.4 kJ/mol.

- Calculer l'efficacité réversible et voltaïque par rapport au produit.
- Estimer le flux initial d'hydrogène
- Quelle est l'efficacité du courant ?
- Estimer l'efficacité totale.

Pr. 3. Une pile à combustible à oxyde solide (SOFC) de 200 cellules opère à méthane/air et fournit un pouvoir électrique de 140 V. Méthane et air sont passés vers la pile à 600 °C. Le flux du méthane est 1 mol/s, et 95% du méthane réagit. Le méthane résiduel est oxydé par air en excès dans une chambre à combustion. Les produits s'échappent de la chambre de combustion à 900 °C.

- Déterminer le voltage par cellule
- Calculer le pouvoir électrique total de la pile
- Calculer le flux de l'air
- Calculer l'efficacité de l'oxygène

Les enthalpies des réactifs, gaz porteurs et produits sont données dans la table ci-dessous.

Species	H_i (600 °C)	H_i (900 °C)
CH ₄	29,582	51,678
CO ₂	26,609	42,964
H ₂ O	20,867	33,341
O ₂	18,318	28,803
N ₂	17,360	27,205

Pr.4. Une pile à combustible à membrane polymère (PEMFC) opérant à 80 °C, 0.5 A cm⁻² et pression de 3 atm des deux réactifs est caractérisée par des efficacités d'hydrogène et oxygène de 0.25 et 0.167. L'épaisseur de la cathode et de l'anode sont de 0.365 mm et de la membrane de 0.175 mm. La surtension anodique est négligeable, et la surtension cathodique obéit la loi de Tafel

$$i = i_0 p_c \frac{x_{O_2,c}}{1 - x_{H_2O}} \exp\left(\frac{-F\eta}{2RT}\right) \text{ ou } i_0 = 0.01 \text{ A atm}^{-1} \text{ cm}^{-2}, x_{O_2,c} = 0.13, x_{H_2O} = 0.1.$$

La conductivité de la membrane est de 0.0614 S cm⁻¹. Déterminer les flux des gaz d'entrée et de sortie pour une cellule unitaire d'aire 100 cm².

Pr.5. La courbe de polarisation $U(i)$ d'une pile à combustible à membrane polymère (PEMFC) est représentée très précisément à l'aide de l'équation (J.Power Sources 108(2002)192)

$$U = E + b \log i_0 - b \log i - \frac{l_m}{\sigma(\lambda)} i + b \log \left(1 - \frac{i}{i_{d,O_2}} \right)$$

Où $E=1.23$ V, $b=0.12$ V décade⁻¹, $\sigma(\lambda) = 0.045\lambda$, et le courant limite de diffusion d'oxygène est de 1 A cm⁻². Calculer les courbes de polarisation pour courants entre 0.05 et 0.8 A cm⁻² en fonction du courant d'échange ($0.01, 0.05$ et 0.1 μ A cm⁻²) et de la teneur relative d'eau de la membrane $\lambda=2$ à 8 . Epaisseur de la membrane 0.2 mm.