

## LC8 : Conversion énergie chimique en énergie électrique

Élément imposé : Exemple de pile, synthèse de l'eau de Javel

Biblio : TI BE8620 p5, Fosset PCSI, Schott, Cours M.Vérot

Niveau : L2

Prérequis : Piles, Potentiel de Nernst, Courbe de polarisation, surtension, Equation d'oxydoréduction, nombre d'oxydation. Thermodynamique : enthalpie libre de réaction, lien avec  $E^\circ$

Intro pédagogique :

L2 pour avoir cinétique et thermo.

Choix : basé sur ex, Pile Daniell pour introduire les piles puis Liion pour montrer amélioration

Difficulté : lecture des courbes  $iE$

### Introduction

Réaction d'oxydoréduction = échange d'électron

Si on sépare l'oxydation de la réduction : circulation d'électron dans les conducteurs  $\rightarrow$  énergie électrique

*Pile* : générateur d'électricité via une réaction chimique

*Batterie* : pile rechargeable

### I. Étude d'une pile

#### A. Description d'une pile

Couple mis en jeu :  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ ,  $E^\circ=0,34\text{V}$ ,  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$   $E^\circ=-0,76\text{V}$

Schéma pile + Représentation schématique Miomandre p220, Schott PCSI p518

Anode : oxydation, Cathode : réduction, écrire le sens du courant

Rôle du pont salin : assuré la conduction du courant en solution

[https://www.pcel.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/lycee/terminale\\_TS/daniell.htm](https://www.pcel.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/terminale_TS/daniell.htm)

#### B. Aspect thermodynamique

Définition  $fem$  :  $U(i=0) = E_d - E_g = 1,11\text{V}$

Si  $i \neq 0$  : la pile débite jusqu'à  $U=0$  (équilibre) Courbe  $U=f(t)$  [Miomandre p223](#)

Capacité massique : Charges disponibles par g de matériau en ampère heure (1 A.h = 3600 C = charge équivalente à un courant d'un 1 A pendant 1 heure(3600s))

$Q = ne - F = 2n(\text{Zn})F = 2m(\text{Zn})/M(\text{Zn}) F \rightarrow c = 0,82\text{Ah/g}$  [Fosset PCSI p 953](#)

$1/c_{pile} = 1/c_+ + 1/c_- \rightarrow c_{pile} = 0,42\text{Ah/g}$

Rendement thermodynamique

Energie massique théorique :  $E_m = c_{pile}U = 455\text{Wh/kg}$

Energie massique des électrodes seules  $\Rightarrow$  prises en compte des autres composants de la cellule (schéma Linden) : on a toujours un écart important avec les valeurs expérimentales  $\Rightarrow$  il va falloir considérer les facteurs de pertes d'énergies

#### C. Aspect cinétique

Courbe  $iE$  Cours M.Vérot

La tension réelle fournie par une pile n'est pas la tension à vide : lorsqu'un courant circule, son passage est limité par plusieurs facteurs (à rajouter sur schéma au fur et à mesure)

- Chute ohmique
- Polarisation électronique des électrodes (transfert électronique)
- Polarisation de concentration des électrodes (transfert de matière)

Pour  $i \neq 0$  :  $U = U(j=0) + \eta_a(j) - \eta_c(j) - rI$

Amélioration :

- Jouer sur les couples mis en jeu, prendre couple rapide
- Electrolyte (pour réduire R)
- Géométrie de la cellule

## II. Batterie Li-ion

PN 2019, TI BE 862p5,

### A. Choix de l'élément

Choix du Li → potentiel très négatif et M faible,  $E^\circ = -3,04\text{V}$ ,  $M = 6,9\text{g/mol}$  → EM très élevée

Mais Li(s) est trop dangereux, risque d'explosion

On utilise  $\text{Li}^+$  intercalé dans du graphite :  $\text{LiC}_6 = \text{Li}^+ + \text{e}^- + \text{C}_6$   $E^\circ = -0,1\text{V}/\text{Li}^+/\text{Li}$

Et  $\text{LiCoO}_2$  dioxyde de cobalt et de lithium :  $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- = \text{LiCoO}_2$   $E^\circ = 4,0\text{V}/\text{Li}^+/\text{Li}$

→  $U(i=0) = 4,1\text{V}$  et  $\text{EM} = 80\text{ Wh/kg}$

### B. Principe de fonctionnement

Schéma [Linden Section 26.5](#)

Cathodes = plus haut voltage possible ; incorporation de  $\text{Li}^+$  sans changement de structure et avec diffusion rapide ; conducteur ; non soluble dans l'électrolyte => nombre de matériaux limités

Electrolyte :  $\text{LiPF}_6$  dans un mélange de carbonates non aqueux, superposer la réduction des protons avec  $\text{Li}^+$  pour montrer pourquoi.

Conductivité dans ce type d'électrolyte est faible →  $\sigma = 10\text{mS/cm}$  (eau  $\sigma = 1000\text{mS/cm}$  pour 1M de  $\text{LiPF}_6$ ) → Il faut rapprocher les électrodes

Montrer courbe tension en fonction de la charge (([Linden Figure 26.52](#)) pour relier à courbe  $i$ - $E$  => faibles surtensions (bien expliquer ce qu'il se passe, on a l'évolution au cours du temps + différents courant retraduire par un schéma  $i=f(E)$  => différents courant => courbes quasi verticales ; évolution au cours du temps => coef d'activité qui évoluent)

On peut faire calcul de chute ohmique En extrapolant  $U$  ( $t = \text{début}$ ) =  $f(I)$   $R = 90\text{ m}\Omega$

Alternative :

- batterie Na-ion, pb :  $E^\circ$  plus faible et M plus élevée
- remplacement de Co par Fe
- remplacement de l'électrolyte par des polymères

### Conclusion

Étude thermo : maximisation de l'énergie exploitable

Étude cinétique : minimisation des pertes

Ouverture : électrolyse