

Transfert d'électron en Chimie : Accumulateurs

Niveau L1.

Biblio (LC30 - LC31 - LC35)

- * Générateurs électrochimiques - P. Nayé (Avec au plomb)
- * Chimie tout en un - Fosset
- * Physique - chimie 1^{ère} S : Dulaures
- * Electrochimie : Niomandre.
- * De l'oxydo-réduction à l'électrochimie Y. Verchier
- * Handbook of batteries - Linden

Prérequis

- * Couple oxydo-réducteur : notion oxydant / red (Terminale)
- * Loi de Nernst (L1)
- * Règle du gamma (L1)
- * Notion électrique (puissance, énergie) (Terminale)
- * Electrode à hydrogène (L1)
- * Courbe $i = f(E)$ (L2)
- * Base sur les piles (L1)

I - Description d'une pile

A - Exemple historique

B - Force électromotrice

C - Énergie stockable

II - Optimisation des caractéristiques

A - Choix couple redox

B - Exemple concret : Batterie Lithium-ion.

Introduction pédagogique

- * Cours faisant suite au cours d'électrochimie de base.
- * But étant de mettre en application ce que les élèves ont vu sur les couples redox et sur les piles. (L2 car on pourra parler de cinétique et de thermo)
 - ↳ ~~On va essayer de calculer des tensions~~
- * Faire lien avec les ordres de grandeurs qu'ils connaissent.
 - ↳ On essaiera de donner des grandeurs importantes
- * L'élève devra avoir en regard critique sur les réalisations physiques et application de la vie de tous les jours
- * Difficulté : faire différence entre thermo et cinétique
- * Ce cours pourra ouvrir sur des TD sur des calculs de tension, d'énergie fournie, de temps de charge etc
- * Des TP sur mesure tps charge / décharge / courant donc en (Pb) deduire des valeurs ... essayer de remonter à F , η_c , η_e
- * Pourra avec activité documentaire sur fonctionnement nouvelles Batteries.

Objectif : Comprendre fonctionnement d'un accumulateur et faire des calculs grâce aux connaissances d'électrochimie.

Introduction

- * On utilise de l'électricité tout les jours (ex dans la salle)
- * Souvent directement sur secteur, mais pas pratique d'avoir en cache
 - ↳ nécessité avoir quelque chose potatif.

⇒ Utilisation de d'accumulateurs.

⚠ Pile (non rechargeable) $\neq$ Accumulateur (1 élément) $\neq$ Batterie (plusieurs el $\pm$)

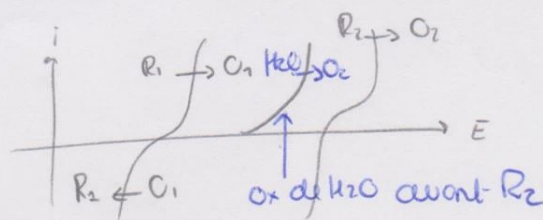
* Accumulateur : générateur électrochimique conçu pour être rechargé

Historiquement :

- Galvani remarque que muscle des grenouilles se contracte avec contact métaux
- Volta (1799) : 1^{ère} pile : 24 rondelles cuivre / Zinc séparées par carton imbibé sel.
- J.W. Ritter (1803) : "1^{ère} pile sèche" : découverte accumulateur
 - ↳ pas continuées
- Daniell (1836) : première vraie pile fonctionnant longtemps Cu / CuSO₄
- Planté (1859) : premier accumulateur au plomb.
- (1960) : Batterie Lithium-ion
- (2019) : Prix nobel :
 - Stanley Whittingham : Batterie Li-ion.
 - Akira Yoshino
 - John B Goodenough (97 ans)

Transition : Nous allons voir le fonctionnement d'un accumulateur
à travers d'un exemple

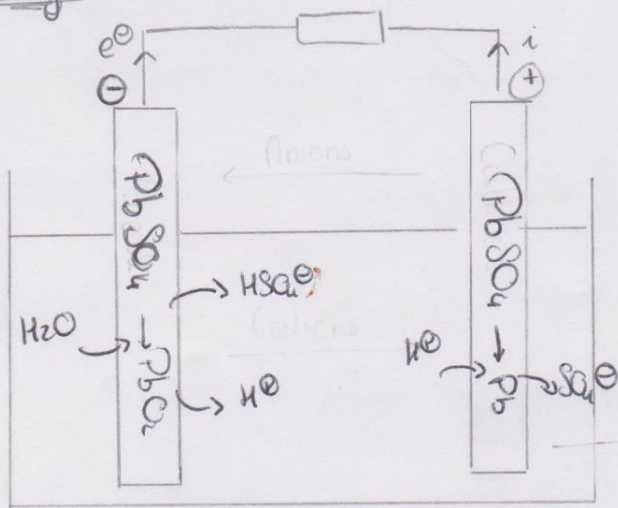
(plus non rechargeables car non réversibles)



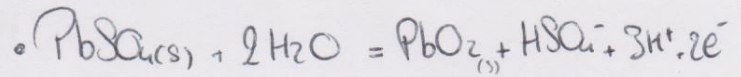
I - Description d'une pile Projeter p 298 Delawrons

A. Schema de fonctionnement: Accumulateur au plomb: $\ominus \text{PbO}_2 / \text{PbSO}_4 :: \text{PbSO}_4 / \text{Pbcs} \oplus$

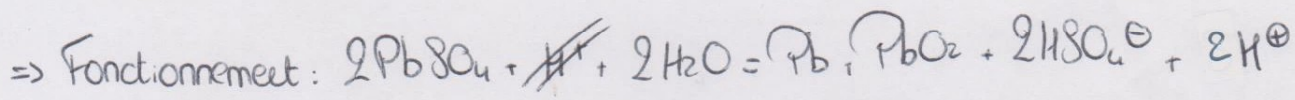
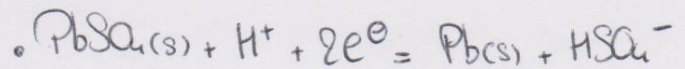
* Charge:



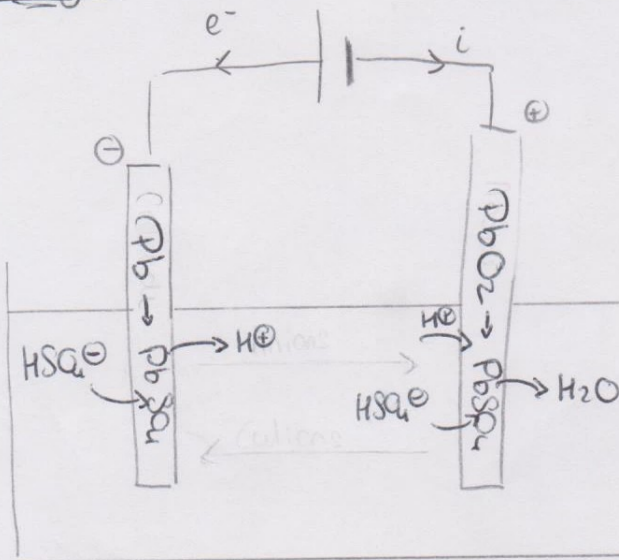
$\ominus$ Anode: Oxidation



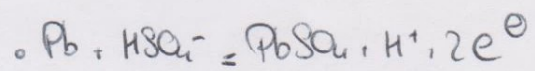
$\oplus$ Cathode: Reduction



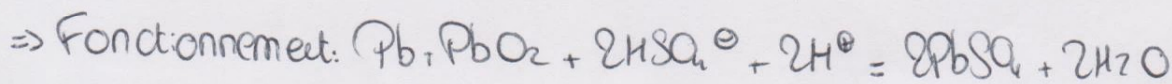
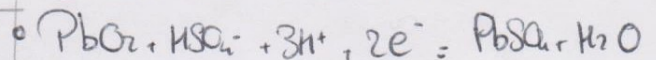
* Decharge:



$\oplus$ Anode: Oxidation

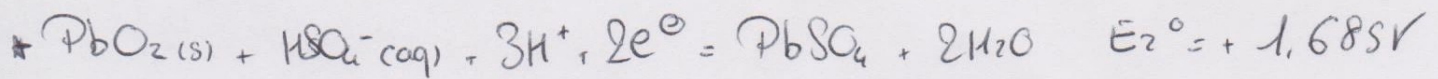
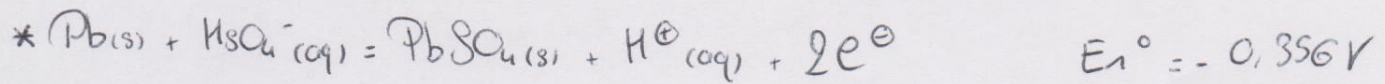


$\ominus$ Cathode: Reduction



Transition: On a vu le principe general de fonctionnement, mais maintenant comment peut on prouver que nous avons bien une pile, et donner correct

B - Caracteristiques de l'accumulateur:



$$\hookrightarrow \underline{e^\circ = E_2^\circ - E_1^\circ = 2,04 \text{ V}} \quad \text{on a } 2,04 \text{ V mais est-ce bien}$$

* Loi Faraday : $\mathcal{F} = n \cdot F$ charge elec d'une mole d' e^-

$$\hookrightarrow \text{charge totale : } Q = n \mathcal{F} \quad \text{en C}$$

Par des accumulateurs on regarde souvent la densite massique d'energie

$$D_m = \frac{e Q}{m} = \frac{e \cdot n \cdot \mathcal{F}}{m} = \boxed{\frac{e \mathcal{F}}{n} = D_m}$$

$$\text{Pour accumulateur au Plomb : } \underline{D_m = 280 \text{ Wh/kg}}$$

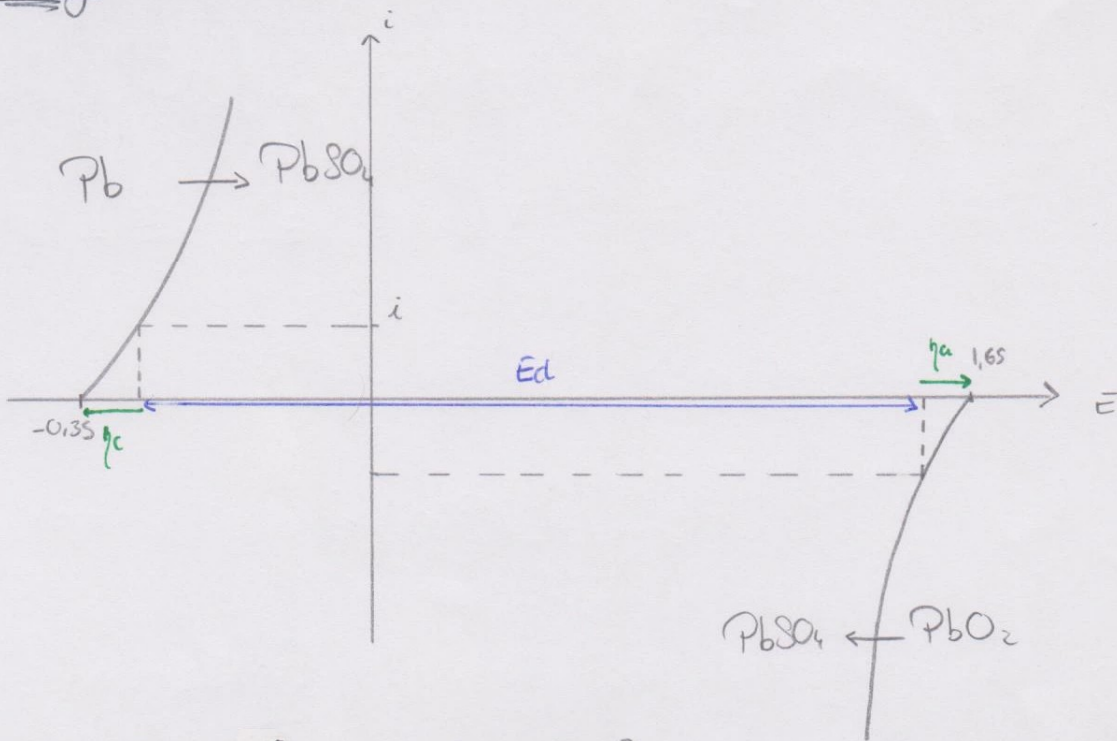
→ Intéressant car on connaît la quantité d'énergie disponible dans le minimum de place et de poids

Tableau comparatif.

Transition: On a vu l'aspect thermodynamique de l'accumulateur mais qu'en est-il de l'aspect cinétique

C - Aspect Cinétique :

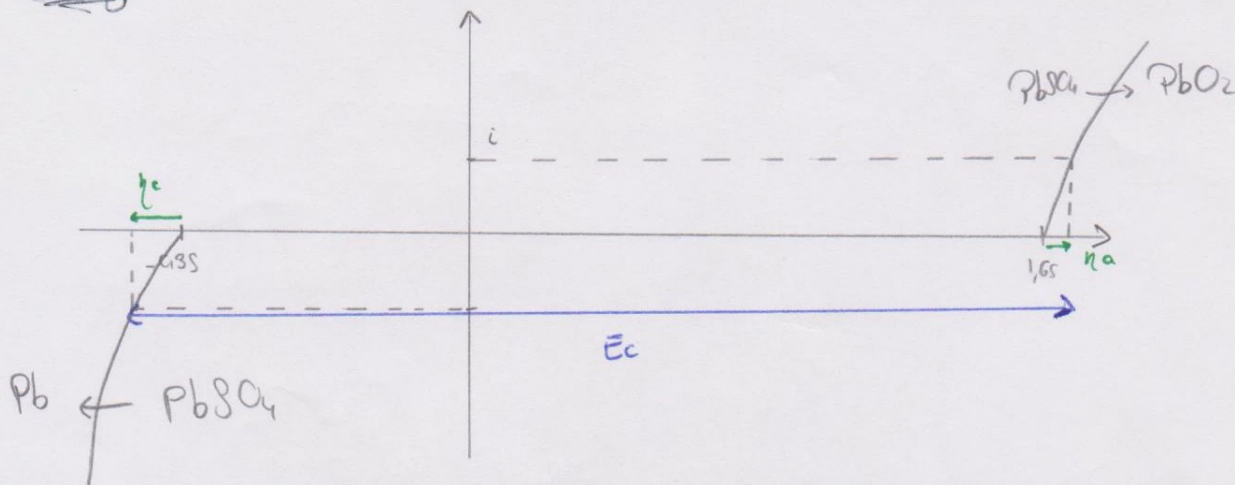
* Decharge :



$$U_d = E_d - RI = e^0 - \eta_c - \eta_a - RI < e^0$$

couple
matériau
électrolyte
) Brenl

* Charge :



$$U_c = e^0 + \eta_a + \eta_c + RI > e^0$$

II - Choix de l'accumulateur

Planque écriture.

Amener mieux améliorée avec Li-Fe Co

A. Adaptation des caractéristiques

* Choix du couple : on va chercher e° le $\oplus$ grand possible : Tableau 1

↳ pb: danger si gazeux
 { toxique
 { (réactions parasites)

Tableau 2

↳ top: Li / Fe mais Fe toxique

Aqueux, non aqueux



* Matériaux ou les couples sont rapides / Electrolyte avec petit R. limiter chute Ohm. E

* Densité de charge correspondant au besoin

↳ 10 kg ds voiture OK

↳ 10 kg ds téléphone beaucoup.

↳ Plomb peut donner gros courant : inutile téléphone

* D'autres critères : prix, volume, durée de vie Tableau 3

Transition : Dans téléphone idéal serait Li-ion, on va regarder le fonctionnement de cet exemple + Prix Nobel

$$\sigma = \sum \lambda_i \cdot C_i^\circ \text{ en } S \cdot m^{-1}$$

Donc dépend des λ et de l .

Batterie Li-ion téléphone

3200 mAh par 3.7 V $\Rightarrow$ 11.8 Wh

il faudrait

$$\frac{11.8}{40} = 295 \text{ g par accu Pb}$$

$$\frac{11.8}{175} = 67 \text{ g par Li-ion}$$

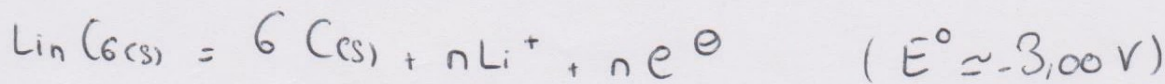
B - Exemple : la batterie Li-ion

Schema fonctionnement Electrode avec sel LiPF_6 .

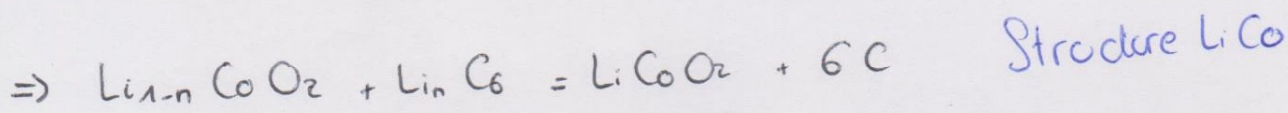
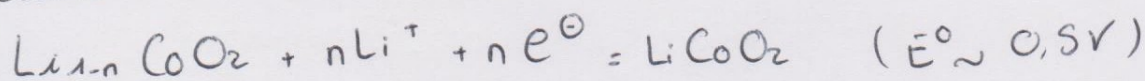
* Different metaux possibles : Co, Mn, Ni

En décharge :

Anode : Lithium dans graphite car Li(s) est dangereux (explose avec H_2O).



Cathode :



Reversible pour recharge

$$e = 3,5 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad D_m = \frac{e \cdot F}{n} \approx 800 \text{ Wh/kg}$$

↳ 150 - 200 Wh/kg réalité

Conclusion : Electrochimie : "electro" on produit bien de l'électricité : pas inutile

Maintenant qu'on a compris fonctionnement et qu'on sait calculer on peut avoir un esprit critique est une idée des utilisation accumulateurs

On étudiera dans un prochain des aspects cinétique afin de comprendre plus finement les principes mis en jeu et limitant les processus.