

Accumulateur au plomb

Ref : Sarrazin p280 (correspond au protocole de TP), JFLM (clair mais quali), Besson p.138 (courbes)

Sources complémentaires : PC2020/2021 – Lycée La Martinière Monplaisir – pdf

Principe : Le but de cette manipulation est de déterminer quelques caractéristiques d'un accumulateur à partir de l'observation de cycles de charge et de décharge.

I. Théorie

1. Historique

Planté 1859

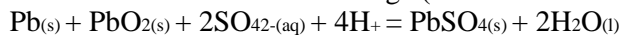
2. Description de l'accumulateur

A l'anode, oxydation du Pb en Pb(II) : $\text{Pb}_{(s)} + \text{SO}_{42-(aq)} = 2 \text{PbSO}_{42-(aq)} + 2e^-$

A la cathode, réduction : $\text{PbO}_{2(s)} + \text{SO}_{42-(aq)} + 4\text{H}^+ + 2e^- = 2\text{PbSO}_{4(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

Schéma en décharge : (-) $\text{Pb}_{(s)}/\text{PbSO}_{4(s)}/\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}/\text{PbO}_{2(s)}/\text{Pb}_{(s)}$ (+)

Bilan en fonctionnement décharge (conversion d'énergie chimique en électrique) :



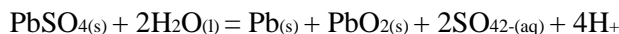
La fem e° = tension maximale que peut délivrer :

$$E^\circ(\text{PbSO}_{4(s)}/\text{Pb}_{(s)}) = -0.36 \text{ V/ESH}$$

$$E^\circ(\text{PbO}_{2(s)}/\text{PbSO}_{4(s)}) = 1.69 \text{ V/ESH}$$

$$\rightarrow e^\circ = 2.05 \text{ V}$$

Pour la charge :



3. Caractéristiques d'un accumulateur (ou d'une batterie)

BESSION p.138

Il doit être rechargeable → aucune réaction parasite ne doit intervenir dans la charge → couples rapides
Pas d'interaction entre les électrodes, le cation Pb^{2+} formé ne doit pas venir jusqu'à l'autre électrode.
On s'arrange donc pour utiliser un électrolyte qui permet de former une électrode de 2^{ème} espèce.
Les électrodes doivent être stables dans le solvant pour que l'accumulateur puisse rester chargé à la fem fixée.

- **Capacité de charge** (charge maximale stockée dans la batterie) : Q (en Ah (homogène à des C) : correspond à la charge qu'il faudrait pour faire fonctionner l'accumulateur sur 1A pendant 1h.

$$Q = \int i_d dt$$

- **Rendement en courant** : $R_Q = \frac{Q_d}{Q_c} = \frac{\int_{décharge} i_d dt}{\int_{charge} i_c dt} = \frac{i_d \Delta t_d}{i_c \Delta t_c}$

Correspond à la quantité d'électricité fournie par l'accumulateur par rapport à la quantité nécessaire pour la charge.

Les pertes sont dues à des réactions secondaires (lors de la charge) et à l'adhérence de PbO_2 et PbSO_4 sur les électrodes.

- **Rendement énergétique** : $R_w = \frac{W_d}{W_c} = \frac{\int_{décharge} i_a U_d dt}{\int_{charge} i_c U_c dt}$

Prend en plus en compte les facteurs cinétiques : surtensions, chutes ohmiques donc forcément inférieur à R_Q

- **Densité d'énergie massique D_m** (énergie spécifique) en Wh/kg : énergie fournie par unité de masse. Plus cette valeur sera élevée, plus la batterie pourra être utilisée sur une longue durée (par cycle).

NB : $\text{Ah} \cdot \text{V} = \text{Wh}$

$$D_m = \frac{Q \cdot U}{m}$$

Avec m : masse de matière utilisée ou masse totale de la batterie si on prend en compte tous les composants

- **Puissance massique P_m** (en W/kg) Plus cette valeur sera élevée, plus l'accumulateur/la batterie pourra être utilisée pour des utilisation « à fort débit »
- La caractéristique de polarisation (plus complexe) : tracé de $U = f(I)$ (entre autre pour déterminer la chute ohmique)

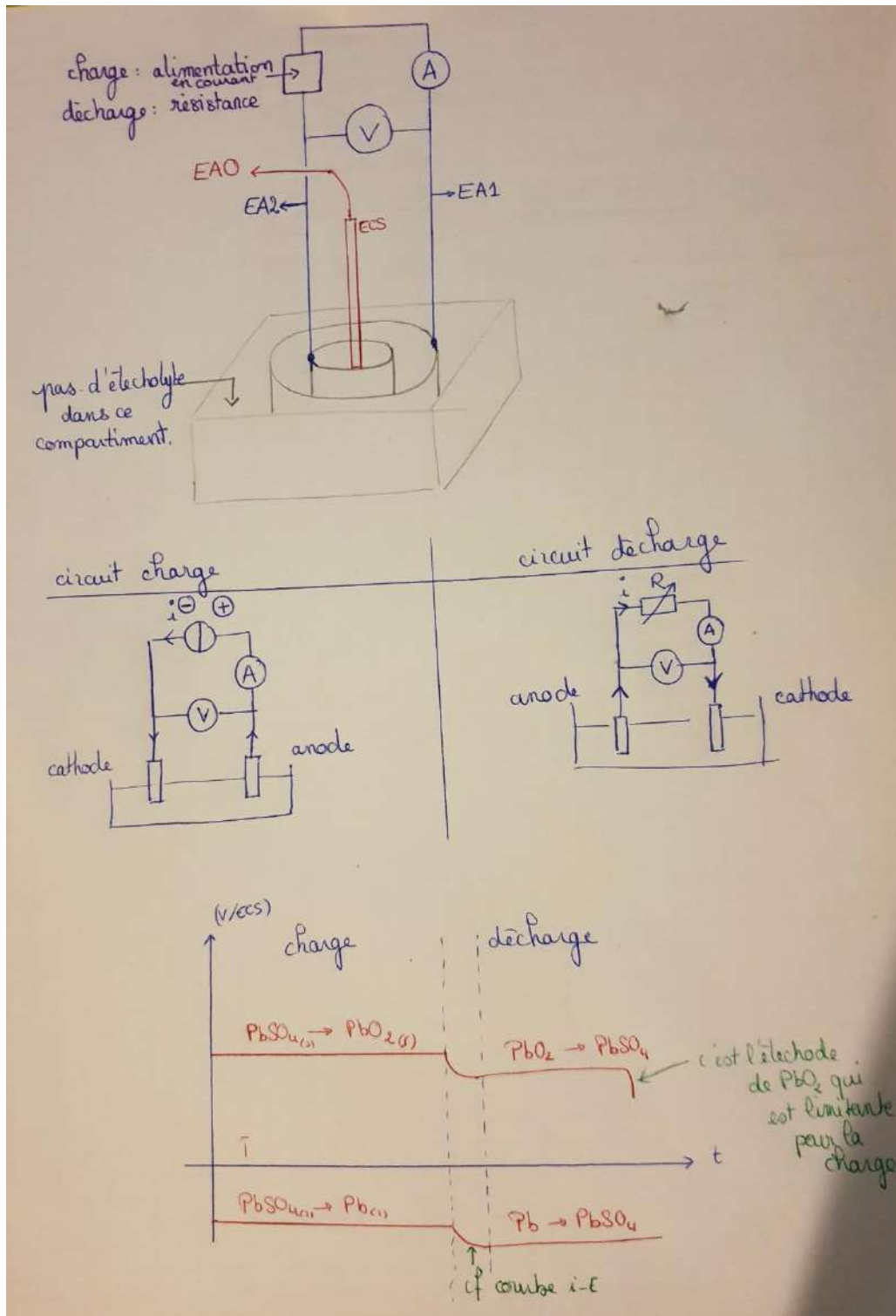
II. Manipulation

1. Matériel

- Dispositif pour accumulateur
- Acide sulfurique à 15% (1,7 mol/L)
- Carte d'acquisition + ordinateur LatisPro
- Alimentation
- Pinces croco
- Câbles bananes aux 2 extrémités
- Résistance variable

2. Montage

Pas d'agitation



Se placer en entrées différentielles avec Latis :

EA1 – EA0 pour obtenir le potentiel de l'électrode « extérieure »

EA2 – EA0 pour obtenir le potentiel de l'électrode « intérieure »

On peut aussi tracer EA2-EA1 pour avoir U

Rq : Ne surtout pas relier la masse de l'alimentation stabilisée avec la masse de la plaque hexagonale d'acquisition.

3. Protocole

Préparation : Plonger les plaques de plomb (propres) dans l'acide sulfurique.	100mA et 3,8V
Préparation : au début, il n'y a pas de $PbO_{2(s)}$ sur la cathode, il faut créer l'accumulateur. <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser le montage, fixer l'intensité à 20mA (jusqu'à 100mA mais oblige à augmenter U → formation de O_2 à l'anode) - Durée de la charge : environ 10-15 min - Enlever les bulles sur la surface des électrodes avec une baguette en verre. 	Dans le BESSON 100mA Difficile de voir la couche qui se forme. Plus on laisse longtemps, plus le temps de décharge de l'accumulateur sera long ATTENTION
Décharge : <ul style="list-style-type: none"> - Débrancher l'alimentation et la remplacer par une résistance variable. - Ajuster la valeur de la résistance pour mesurer un courant de l'ordre de 20mA (jusqu'à 50mA) lors de la décharge. - Enregistrer sur LatisPro en prévoyant une acquisition d'au moins 1h pour ne pas l'arrêter entre les cycles de charge-décharge - Tracer en même temps EA1-EA0 et EA2-EA0 en fonction du temps pour plusieurs cycles si possible. - Quand les valeurs de potentiel chutent : l'accumulateur est déchargé. 	Lorsque le potentiel chute sur l'acquisition cela signifie qu'il n'y a plus de PbO_2 à la cathode donc on commence à réduire H^+ . L'accumulateur est chargé.
Charge : il peut être pertinent de recommencer un enregistrement ici pour montrer dans l'ordre charge puis décharge. <ul style="list-style-type: none"> - Débrancher la résistance, rebrancher l'alimentation et fixer le courant (20-50mA) - 	Il faut essayer de fixer à la même valeur que pour la charge pour simplifier les calculs.
<ul style="list-style-type: none"> - Tracer en même temps EA1-EA0 et EA2-EA0 en fonction du temps pour plusieurs cycles si possible. 	

III. Résultats et discussion

1. Allure des courbes

Charge

- Si le potentiel de la cathode augmente lors de la charge c'est dû à la production de H_2 gazeux : il se forme une bulle de gaz autour de l'électrode, ce qui augmente la surtension.

Décharge

- Chute de tension en fin de décharge : on a consommé l'oxyde de Pb à la surface de cathode, la réduction ne se fait plus donc chute de tension.
- Met en évidence un avantage de ce type d'accumulateur : la tension délivrée est très stable tout au long de la décharge.

