

CHAPITRE 19 : TRANSFORMATIONS FORCÉES - ÉLECTROLYSE

Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers

Mai 2021

THÈME 1 - CHAPITRE 19 : TRANSFORMATIONS FORCÉES - ÉLECTROLYSE

I. Transformations forcées

1. Rappel sur les transformations spontanées
2. Inversion du sens d'évolution d'une transformation

II. Électrolyseur

1. Constitution et fonctionnement
2. Caractéristique
3. Rendement

III. Accumulateurs

1. Constitution et fonctionnement
2. Caractéristiques

I. Transformations forcées

1. Rappel sur les transformations spontanées

- Pour connaître le sens d'évolution spontanée d'un système chimique, on compare son quotient de réaction à l'état initial $Q_{r,i}$ à la constante d'équilibre K .
- Si $Q_{r,i} < K$, Q_r va augmenter pour finir par tendre vers sa limite K : la réaction a lieu dans le **sens direct**.
- Si $Q_{r,i} > K$, Q_r va diminuer pour finir par tendre vers sa limite K : la réaction a lieu dans le **sens indirect**.
- Si $Q_{r,i} = K$, le système **n'évolue pas** car il est déjà dans son état d'équilibre.

I. Transformations forcées

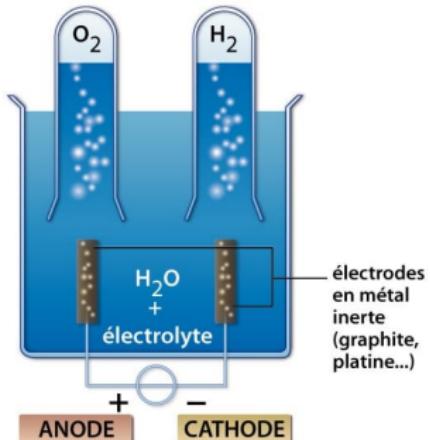
2. Inversion du sens d'évolution d'une transformation

- Pour faire évoluer un système dans le sens inverse de son sens spontané d'évolution, il faut forcer le système à s'éloigner de son état d'équilibre, c'est-à-dire le forcer à rejoindre un état moins stable que son état initial.
- Afin d'inverser le sens d'évolution d'un système chimique, il faudra donc lui **apporter de l'énergie** pour lui permettre d'évoluer vers un état moins stable.
- Un générateur de tension continue est capable d'apporter cette énergie nécessaire de sorte à imposer au système chimique d'évoluer dans le sens inverse de son sens d'évolution spontanée.
- Ce phénomène est appelé **électrolyse**. Un électrolyse est donc une **transformation forcée**.
- Comme dans le cas des piles, on appellera **anode** le lieu de l'**oxydation** ; la **cathode** sera le lieu de la **réduction**.

II. Électrolyseur

1. Constitution et fonctionnement

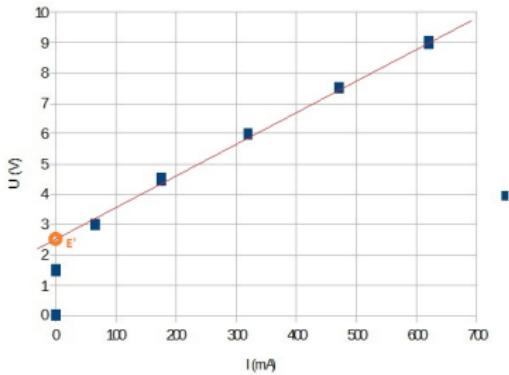
- Un **électrolyseur** est un **récepteur** dont l'intérêt est de convertir de l'énergie électrique en énergie chimique au cours d'une transformation forcée (électrolyse) qui consomme de l'énergie.
- Le principe de fonctionnement d'un électrolyseur est donc l'opposé de celui des piles qui sont des générateurs convertissant de l'énergie chimique en énergie électrique.
- Les électrolyses sont principalement utilisées pour réaliser des dépôts métalliques, purifier des métaux, régénérer des espèces chimiques (dans le cas des accumulateurs par exemple), synthétiser des espèces chimiques telles que la soude, le dichlore, le dihydrogène ...



II. Électrolyseur

2. Caractéristique

- Rappel : on appelle caractéristique d'un dipôle la courbe représentative de la fonction $U = f(I)$ représentant la tension U aux bornes du dipôle en fonction de l'intensité I qui le traverse.
- La caractéristique d'un électrolyseur est une droite de coefficient directeur positif si bien que la relation $U = f(I)$ peut s'écrire $\boxed{U = \mathbf{E}' + \mathbf{r}' \times \mathbf{I}}$.
- Dans cette relation, E' est la tension minimale (en volts) à appliquer à l'électrolyseur pour qu'un courant électrique circule dans le circuit et que l'électrolyse ait lieu.
- r' est la résistance interne (en ohms) de l'électrolyseur : c'est le coefficient directeur de la droite représentant la caractéristique de l'électrolyseur.



II. Électrolyseur

3. Rendement

- Comme tout dispositif convertissant de l'énergie, l'électrolyseur est caractérisé par son rendement qui est le rapport de l'énergie utile à l'énergie consommée :

$$\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie consommée}}$$

- Dans le cas de l'électrolyseur, l'énergie utile est l'énergie chimique produite au cours de l'électrolyse alors que l'énergie consommée est l'énergie électrique fournie par le générateur extérieur.
- Le rendement de l'électrolyseur est donc donné par $\eta = \frac{\text{énergie chimique}}{\text{énergie électrique}}$
- La différence entre l'énergie chimique et l'énergie électrique consommée est la perte d'énergie par effet Joule dans la résistance interne de l'électrolyseur.

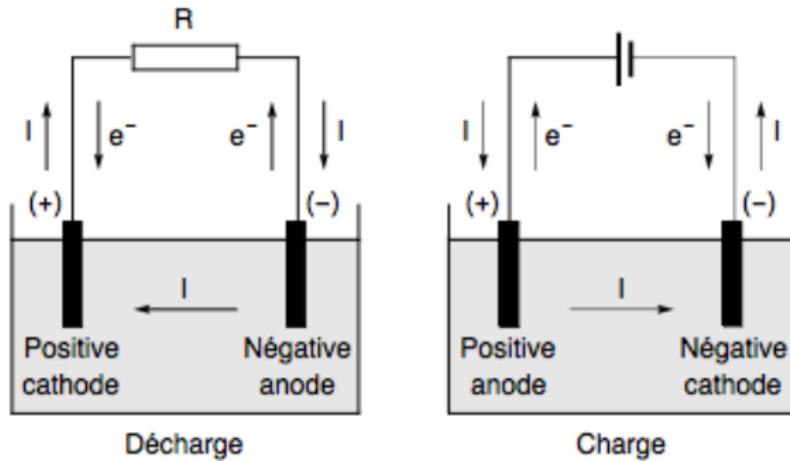
III. Accumulateurs

1. Constitution et fonctionnement

- Un accumulateur fonctionne sur le même mode de fonctionnement qu'une pile mais alors qu'une pile ayant atteint l'état d'équilibre est morte, l'accumulateur, quant à lui, peut être rechargeé.
- Le mot "batterie" employé dans la vie quotidienne désigne l'association de plusieurs accumulateurs de sorte à obtenir une tension ou une intensité plus élevée.
- Le fonctionnement d'un accumulateur repose sur une **réaction chimique réversible**.
- Lorsque l'accumulateur génère de l'énergie (**décharge**), il se comporte comme une pile et la réaction chimique a lieu dans le sens spontané d'évolution du système chimique qui constitue l'accumulateur.
- Lorsque l'accumulateur reçoit de l'énergie (**charge**), il joue le rôle d'un électrolyseur au sein duquel on force le système chimique à évoluer dans le sens inverse de son sens d'évolution spontané. Un générateur de tension extérieur est nécessaire pour réaliser cette transformation forcée.
- En pratique, les accumulateurs ont besoin d'un électrolyte (solution ou milieu ionique) qui permet le passage du courant, améliore la conductivité de l'ensemble et assure la stabilité des espèces chimiques mises en jeu dans la réaction de fonctionnement de l'accumulateur.

III. Accumulateurs

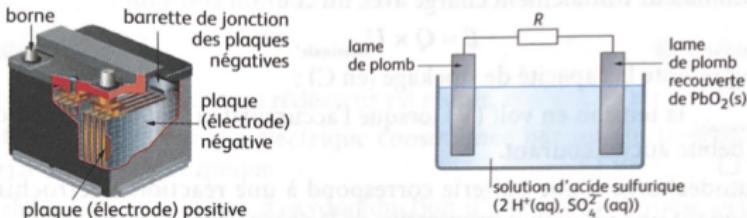
1. Constitution et fonctionnement



III. Accumulateurs

1. Constitution et fonctionnement

Exemple : batterie au plomb constituée de plusieurs accumulateurs



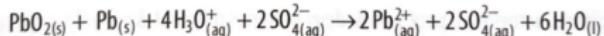
Doc. 3 Schéma en coupe de la batterie et schématisation de l'accumulateur.

L'électrode positive est constituée d'oxyde de plomb (PbO_2).

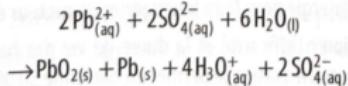
L'électrode négative est en plomb (Pb).

L'électrolyte est un mélange d'acide sulfurique et d'eau.

La décharge de la batterie est modélisée par la réaction dans le sens direct :



La charge de la batterie est modélisée par la réaction dans le sens indirect :



À noter

L'acide sulfurique est un acide fort de formule brute H_2SO_4 .

III. Accumulateurs

2. Caractéristiques

- La **capacité de stockage** Q d'un accumulateur, en coulombs C , représente la **quantité de charge électrique** qu'il est possible d'obtenir lors d'une décharge complète de l'accumulateur initialement chargé.
- Si l'accumulateur délivre un courant électrique d'intensité I pendant la durée Δt , alors $Q = I \times \Delta t$
- Comme pour les piles, cette capacité s'exprime en coulombs (C) ou en ampèreheures (Ah) : $1 \text{ Ah} = 3,6 \times 10^3 \text{ C}$
- La **tension nominale** U_{nominale} est la tension mesurée à vide aux bornes de l'accumulateur lorsque celui-ci est complètement chargé.
- L'**énergie stockée** dans l'accumulateur (en joules) est la quantité d'énergie électrique qu'il est possible d'obtenir lors de la décharge totale de l'accumulateur initialement chargé :
$$\boxed{\mathbf{E} = \mathbf{Q} \times \mathbf{U}_{\text{nominale}}}$$
- La durée de vie de la batterie est liée au nombre de cycles de charge/décharge qu'il est possible d'effectuer avant que ces caractéristiques ne se dégradent.

EXERCICES

PP191-199 n°24, 27, 29, 30 et 35