

II) La pile Pile Leclanché ou C-Zn : (40 points)

Doc 1 : En 1868, l'ingénieur français Georges Leclanché invente la pile qui porte son nom et qu'on utilise encore de nos jours, sous sa forme améliorée d'une pile saline sans liquide. Sa pile originale est représentée sur la figure 4.

Elle est constituée d'un vase rempli d'une solution aqueuse de chlorure d'ammonium (un sel) dans laquelle sont plongées une plaque de carbone (graphite), au centre, et une tige de zinc en périphérie. La plaque de carbone est surmontée d'une tête en plomb et elle est entourée de blocs constitués de poudre de carbone et de poudre de dioxyde de manganèse comprimés.

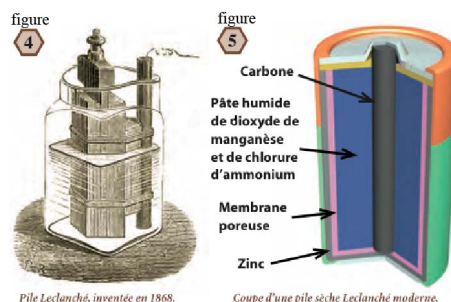
Le dioxyde de manganèse agit comme oxydant. L'électrode de zinc est séparée de l'électrode centrale à l'aide d'un petit bloc de bois, et des bracelets de caoutchouc maintiennent le tout ensemble. Cette pile a immédiatement connu le succès du fait qu'elle nécessitait peu d'entretien, qu'elle ne contenait pas de matières dangereuses (comme les acides forts) et qu'on n'avait pas besoin de retirer l'électrode de zinc après usage. Cette dernière, en effet, ne se dégradait que lorsque la pile était utilisée.

La pile Leclanché a été beaucoup employé dans l'industrie télégraphique de l'époque.

En 1888, le scientifique Carl Gassner modifie la pile Leclanché pour la rendre sèche.

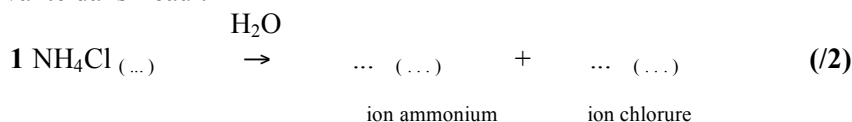
Pour ce faire, il remplace la tige de zinc par un contenant en zinc, qui prend la place du contenant de verre. Ensuite, il incorpore de l'agar-agar au liquide de la pile, ce qui produit un gel solide visqueux. En scellant le tout, Gassner obtient la première pile sèche, beaucoup plus pratique lorsqu'on veut la transporter.

La figure 5 nous fait voir l'intérieur d'une pile Leclanché moderne, appelée également pile carbone-zinc (C-Zn). Document de pierre Langlois



1) Le chlorure d'ammonium est un solide ionique de couleur blanc de formule brute NH_4Cl .

1) a) Complétez l'équation de dissolution suivante dans l'eau :



1) b) L'ion ammonium formé est un acide (faible) et peut réagir avec l'eau lors d'une réaction acido-basique.

La réaction est néanmoins très peu déplacée vers le sens de formation des produits.

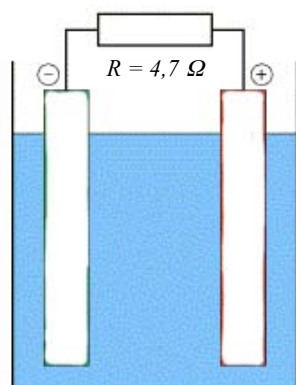
Complétez l'équation de réaction qui se produit dans l'eau :



Les couples mis en jeu dans cette pile sont : Zn^{2+}/Zn et $\text{MnO}_2/\text{MnO}_2\text{H}$. La manganite (MnO_2H) est un solide noir.

2) a) Ecrire les demies équations ayant lieu à chaque électrode. Justifiez votre réponse.

(5)



Doc 2 : schéma simplifié de la pile

2) b) Ecrire l'équation globale de la réaction chimique de cette pile.

(2)

2) c) Quel est le rôle de la solution aqueuse de chlorure d'ammonium dans la pile Leclanché, inventée en 1868 ?

(2)

2) c) Dans les 2 grands rectangles symbolisant les électrodes, placez le nom du matériau correspondant : (graphite + dioxyde de manganèse) ou zinc.

(2)

2) d) Si on relie un Voltmètre à cette pile, en branchant la borne V à l'électrode de graphite et la borne COM à l'électrode de zinc, on mesure si la pile est neuve, une tension électrique de 1,5 V. (Remarque : pour réaliser cette mesure, dans le schéma ci-joint, on remplace la résistance par un Voltmètre). Quel est le signe de cette tension ? Justifiez.

(2)

2) e) Indiquez par une flèche orientée entre les 2 électrodes le sens de déplacement des électrons et le sens conventionnel du courant. Argumentez.

(2)

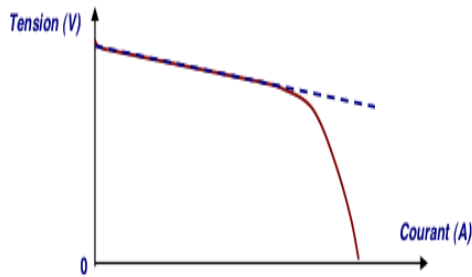
3) Quel est l'intérêt de séparer l'électrode de zinc de l'électrode de carbone par un petit bloc de bois la pile Leclanché, (première version de 1868) ?

(/3)

4) Quelles sont les améliorations apportées à la pile Leclanché, par rapport à sa première version ? Dans quel but ?

(/3)

Doc 3 : On peut trouver sur le marché des piles « de forme bâton » Leclanché (voir description dans le doc1). Ce type de pile a alors une forme cylindrique.



La tension à vide E est celle mesurée quand aucune intensité n'est débitée par la pile (pile non reliée à un composant électrique, intensité électrique fournie nulle).

La tension de service de la pile dépend de l'intensité du courant électrique qu'elle doit débiter.

La caractéristique tension-intensité d'une pile est représentée à gauche : le comportement est sensiblement linéaire aux faibles intensités, la résistance interne r d'une pile « bâton » est de l'ordre de quelques dixièmes d'ohms.

On prendra ici, pour la pile décrite (doc1) : $r = 0,50 \Omega$.

Une telle pile est testée industriellement en décharge en branchant à ses bornes une résistance de valeur : $R = 4,7 \Omega$ (voir doc2)

5) Donner l'équation de la caractéristique (en faisant apparaître les valeurs de E et r) pour une pile neuve Leclanché (voir cas étudié en question 2), c'est à dire la valeur de la tension U de service de la pile en fonction de l'intensité I qu'elle débitera, pour des valeurs d'intensités faibles.

(/2)

6) Tracer qualitativement la caractéristique (courbe tension-intensité) d'une résistance R sur celle de la pile (doc2). On argumentera.

(/3)

7) a) Le point de fonctionnement (tension et intensité de service de la pile) est obtenu par intersection des 2 caractéristiques, c'est à dire pour une valeur identique de la tension électrique U aux bornes de la pile et aux bornes de la résistance R . Montrez qualitativement sur la courbe du doc 3 le point de fonctionnement. (/1)

7) b) Montrez que la valeur de l'intensité I délivrée par cette pile « bâton » lorsqu'on branche à ses bornes une résistance de $4,7 \Omega$. est proche de 300 mA.

(/3)

8) a) Quelle est la puissance chimique P_{chim} fournie par la pile (correspondant à la conversion de l'énergie chimique en puissance électrique), pour cette intensité de 300 mA ?

(/2)

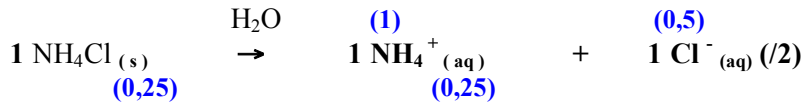
9) b) Quelles sont les puissances électriques consommées par les résistances r et R , pour cette intensité de 300 mA ? En quel type de puissance sont converties ces puissances électriques consommées par ces résistances.

(/3)

Correction II) La pile Pile Leclanché ou C-Zn : (40 points)

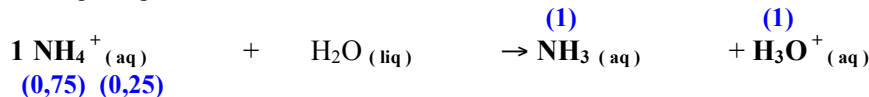
1) Le chlorure d'ammonium est un solide ionique de couleur blanc de formule brute NH_4Cl .

1) a) Complétez l'équation de dissolution suivante dans l'eau :



1) b) L'ion ammonium formé est un acide (faible) et peut réagir avec l'eau lors d'une réaction acido-basique.

Complétez l'équation de réaction qui se produit dans l'eau :



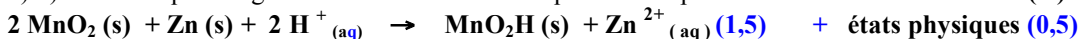
Les couples mis en jeu dans cette pile sont : Zn^{2+}/Zn et $\text{MnO}_2/\text{Mn}_2\text{O}_3$. La manganite (Mn_2O_3) est un solide noir.

2) a) Ecrire les demies équations ayant lieu à chaque électrode. Justifiez votre réponse.

Le dioxyde de manganèse joue le rôle d'oxydant (1) : $\text{MnO}_2(s) + \text{H}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3(s)$ (2)

Le zinc joue le rôle de réducteur : $\text{Zn}(s) \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ (2)

2) b) Ecrire l'équation globale de la réaction chimique de cette pile.



2) c) Quel est le rôle de la solution aqueuse de chlorure d'ammonium dans la pile Leclanché, inventée en 1868 ?

Pour fonctionner, une pile doit contenir à l'intérieur des ions (1,5) comme porteurs de charge (0,5). Or la dissolution du chlorure d'ammonium dans l'eau fournit les cations ammonium et les anions chlorure.

2) c) Dans les 2 grands rectangles symbolisant les électrodes, placez le nom du matériau correspondant : (zinc (électrode -) (2)

2) d) Si on relie un Voltmètre à cette pile, en branchant la borne V à l'électrode de graphite et la borne COM à l'électrode de zinc, on mesure si la pile est neuve, une tension électrique de 1,5 V. Quel est le signe de cette tension ? Justifiez.

le signe de la tension visualisée est positif car la borne Volt est reliée à la borne positive de la pile. (2)

2) e) Indiquez par une flèche orientée entre les 2 électrodes le sens de déplacement des électrons et le sens conventionnel du courant. Argumentez.

A l'extérieur de la pile, le courant circule conventionnellement de la borne + vers la borne - (dessin : 0,5 +

argumentation : 1,5), les électrons se déplacent dans le sens contraire du sens conventionnel du courant. (d : 0,5 + a : 1,5)

3) Quel est l'intérêt de séparer l'électrode de zinc de l'électrode de carbone par un petit bloc de bois la pile Leclanché, (première version de 1868) ?

Il faut éviter le contact direct entre les réactifs (2) autrement les électrons ne circuleront pas à l'extérieur de la pile mais seront directement échangés lors du contact entre les réactifs. (1)

4) Quelles sont les améliorations apportées à la pile Leclanché, par rapport à sa première version ? Dans quel but ?

On n'utilise plus de vase en verre mais le contenant est le zinc. (1)

Un gel visqueux rend la solution ionique moins liquide. (1) Cette pile devient plus transportable. (1)

5) Donner l'équation de la caractéristique (en faisant apparaître les valeurs de E et r) pour une pile neuve Leclanché (voir cas étudié en question 2) :

$$U = E - rI \quad (1) = 1,5 - 0,5 \cdot I \quad (1)$$

6) Tracer qualitativement la courbe tension-intensité d'une résistance R sur celle de la pile (doc2). On argumentera.

Pour une résistance R, la tension à ses bornes est proportionnelle à l'intensité qui la traverse : $U = R \cdot I$ (loi d'Ohm) (1)

On obtient comme caractéristique une droite croissante passant par l'origine. (1) droite tracée (1)

7) a) Le point de fonctionnement est obtenu par intersection des 2 caractéristiques. Montrez le qualitativement sur la courbe

7) b) Montrez que la valeur de l'intensité I délivrée par cette pile « bâton » lorsqu'on branche à ses bornes une résistance de $4,7 \Omega$ est proche de 300 mA.

$$U_{\text{pile}} = U_R \text{ soit } 1,5 - 0,5 \cdot I = 4,7 \cdot I \text{ soit } (4,7 + 0,5) \cdot I = 1,5 \text{ soit } I = 1,5 / 5,2 = 0,288 \text{ A} = 288 \text{ mA}$$

(0,5) (1) (0,5) (0,5) (0,5)

8) a) Quelle est la puissance chimique P_{chim} fournie par la pile (correspondant à la conversion de l'énergie chimique en puissance électrique), pour cette intensité de 300 mA ?

$$P_{\text{chim}} = E \cdot I = 1,5 \cdot 0,300 = 0,45 \text{ W}$$

(0,5 si $P = U \cdot I$: 0,25 seulement) (0,5) (0,5) (0,5)

9) b) Quelles sont les puissances électriques consommées par les résistances r et R, pour cette intensité de 300 mA ?

En quel type de puissance sont converties ces puissances électriques consommées par ces résistances.

$$P_R = U_R \cdot I = R \cdot I^2 = 4,7 \cdot (0,30)^2 = 0,42 \text{ W}$$

(0,25) (0,25 * 2) (0,25)

$$P_r = U_r \cdot I = r \cdot I^2 = 0,5 \cdot (0,30)^2 = 0,045 \text{ W} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ W}$$

(0,25) (0,25 * 2) (0,25)

conversion en puissance thermique (1)