BURHAN

Transformations spontanées dans les piles et récupération d'énergie : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/piles-et-recuperation-d-energie/exercices/entrainement

Chapitre	Palier	Exercices
Transformations spontanées dans les piles et récupération d'énergie	Entraînement	7

Exercice 1

Pile fer-cuivre : critère, polarité et porteurs

On associe une demi-pile fer et une demi-pile cuivre, reliées par un pont salin au nitrate de potassium ; un conducteur ohmique relie les deux lames. Les données sont rassemblées dans le tableau.

Grandeur	Valeur
concentration initiale en ions $\mathrm{Fe^{2+}}$	$5{,}0 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$
concentration initiale en ions $\mathrm{Cu^{2+}}$	$0{,}10\,\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$
constante d'équilibre à $25\,^{\circ}\mathrm{C}$	$K = 2 \times 10^{26}$

La constante K est associée à la réaction d'équation :

$$\mathrm{Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Fe^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}}$$

1.

Calculer le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$ et prévoir le sens d'évolution spontanée du système.

INDICE

Les métaux solides ne figurent pas dans le quotient de réaction ; le critère compare deux grandeurs sans unité.

2.

Quelle lame est l'anode ? Préciser les pôles de la pile.

INDICE

Chercher le métal qui est oxydé lorsque la réaction avance dans le sens prévu.

3.

Schématiser la pile en indiquant les pôles, le trajet des électrons et celui du courant dans les fils, ainsi que la migration des ions du pont salin.

INDICE

Partir de l'électrode qui libère les électrons ; dans le pont salin, chaque bécher doit rester électriquement neutre.

4.

Écrire la demi-équation de chaque électrode, puis l'équation bilan du fonctionnement.

INDICE

À chaque électrode, une demi-équation avec la double flèche ; le bilan, sans électron, suit le sens prévu à la première question.

5.

Écrire le schéma conventionnel de la pile.

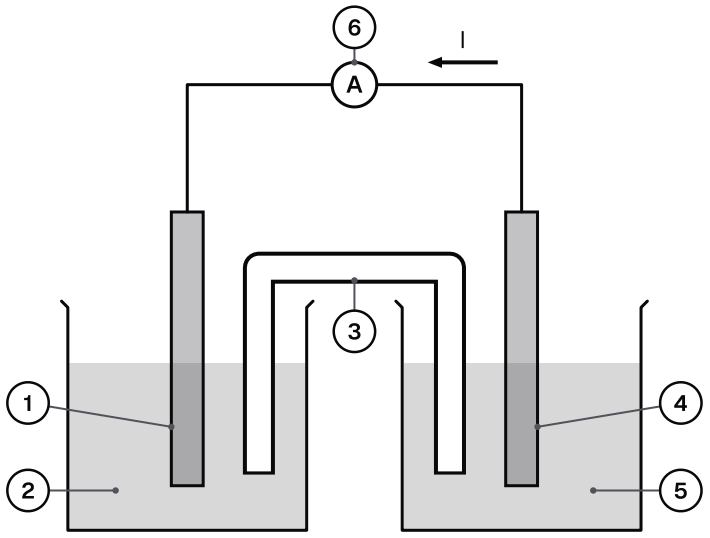
INDICE

La demi-pile du pôle négatif s'écrit à gauche.

Exercice 2

Fonctionnement d'une pile plomb-cuivre d'après le courant

Une pile comprend une demi-pile plomb, couple $\mathrm{Pb^{2+}/Pb}$, une demi-pile cuivre, couple $\mathrm{Cu^{2+}/Cu}$, avec des solutions de nitrates, et un pont salin rempli d'un gel de nitrate de potassium. Un ampèremètre est branché entre les deux lames. Le document indique le sens du courant qu'il mesure dans le circuit extérieur.



Pile plomb-cuivre fermée sur un ampèremètre : sens du courant dans le circuit extérieur.

1 : lame de plomb Pb
2 : solution de nitrate de plomb (II)
3 : pont salin
4 : lame de cuivre Cu
5 : solution de nitrate de cuivre (II)
6 : ampèremètre

1.

D'après le document, donner le sens des électrons dans le circuit extérieur. En déduire l'anode, la cathode et les pôles de la pile.

INDICE

Dans les fils, électrons et courant vont en sens contraires ; les électrons partent de l'électrode où ils sont libérés.

2.

Écrire les réactions qui ont lieu sur chaque lame, puis l'équation bilan.

INDICE

Le plomb oxydé passe en solution, les ions cuivre (II) réduits se déposent ; égaliser les électrons avant d'additionner.

3.

Décrire le mouvement des ions dans le pont salin, et dire pourquoi il est nécessaire.

INDICE

Regarder dans quel bécher des cations apparaissent et dans lequel ils disparaissent.

4.

À $25\,^{\circ}\mathrm{C}$, la réaction d'équation

$$\mathrm{Pb_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}}$$

a pour constante d'équilibre $K = 8 \times 10^{15}$. Les concentrations initiales étaient $[\mathrm{Pb^{2+}}]_0 = 0{,}20\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$ et $[\mathrm{Cu^{2+}}]_0 = 2{,}0 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$. Vérifier que le sens du courant observé est celui que prévoit le critère d'évolution spontanée.

INDICE

Calculer le quotient de réaction initial sans les solides et le comparer à la constante d'équilibre.

Exercice 3

Quotient de réaction d'une pile cobalt-nickel qui s'use

Une pile cobalt-nickel est réalisée avec deux solutions de même volume $V = 100\,\mathrm{mL}$. Une lame de cobalt plonge dans une solution de chlorure de cobalt (II). Une lame de nickel plonge dans une solution de chlorure de nickel (II). À $25\,^{\circ}\mathrm{C}$, la réaction d'équation

$$\mathrm{Co_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Co^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)}}$$

a pour constante d'équilibre $K = 10$. La pile débite dans un conducteur ohmique et l'on dose les cations dans quatre états successifs ; les lames restent en excès.

État	$[\mathrm{Ni^{2+}}]$ en $\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$	$[\mathrm{Co^{2+}}]$ en $\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$
initial	$0{,}100$	$0{,}010$
1	$0{,}060$	$0{,}050$
2	$0{,}030$	$0{,}080$
3	$0{,}010$	$0{,}100$

1.

Calculer $Q_{r,i}$ et en déduire l'anode de la pile.

INDICE

Comparer le quotient de réaction initial à la constante d'équilibre, puis chercher le métal qui est oxydé.

2.

Calculer le quotient de réaction dans les états 1, 2 et 3. Comment évolue-t-il pendant le fonctionnement ?

INDICE

Garder la même expression du quotient de réaction et l'appliquer à chaque ligne du tableau.

3.

Montrer que la pile est usée dans l'état 3. Contient-elle encore des ions nickel (II) ?

INDICE

Comparer le dernier quotient de réaction à la constante d'équilibre et relire la dernière ligne du tableau.

4.

Dresser le tableau d'avancement en quantités de matière et calculer l'avancement $x_{\text{éq}}$ à l'équilibre. Vérifier l'accord avec l'état 3.

INDICE

Les deux solutions ont le même volume : il se simplifie dans le quotient de réaction écrit avec les quantités de matière.

Exercice 4

Bilan de matière d'une pile zinc-argent qui débite

Une lame de zinc trempe dans une solution contenant des ions $\mathrm{Zn^{2+}}$, une lame d'argent dans une solution contenant des ions $\mathrm{Ag^{+}}$; chaque solution a un volume $V = 80{,}0\,\mathrm{mL}$. La lame de zinc, en excès, est le pôle négatif. La pile débite un courant d'intensité constante pendant une durée mesurée.

Donnée	Valeur
$[\mathrm{Zn^{2+}}]_0$	$0{,}100\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$
$[\mathrm{Ag^{+}}]_0$	$0{,}200\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$
intensité	$I = 70{,}0\,\mathrm{mA}$
durée	$\Delta t = 2{,}00\,\mathrm{h}$
masses molaires	$M(\mathrm{Zn}) = 65{,}4\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{Ag}) = 107{,}9\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$
faraday	$\mathcal{F} = 9{,}65\times10^{4}\,\mathrm{C\cdot mol^{-1}}$

L'équation bilan du fonctionnement est :

$$\mathrm{Zn_{(s)} + 2\,Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,Ag_{(s)}}$$

1.

Calculer la quantité d'électricité Q débitée et la quantité d'électrons échangés $n(\mathrm{e^{-}})$.

INDICE

Convertir la durée en secondes et l'intensité en ampères ; le faraday relie une charge à une quantité d'électrons.

2.

Dresser le tableau d'avancement, avec les électrons échangés, et en déduire l'avancement x atteint.

INDICE

Calculer les quantités initiales d'ions avec le volume ; lire dans le bilan le nombre d'électrons échangés par réaction.

3.

Calculer la masse de zinc consommée et la masse d'argent déposée.

INDICE

Le tableau donne les quantités de zinc et d'argent transformées en fonction de l'avancement ; conserver la charge non arrondie.

4.

Calculer les concentrations en ions argent et en ions zinc au bout de ces deux heures.

INDICE

Lire dans le tableau les quantités d'ions restantes, puis diviser par le volume de chaque solution.

Exercice 5

Réaliser une pile nickel-cuivre et mesurer sa f.é.m.

Au laboratoire, on dispose du matériel et des solutions du tableau. On veut réaliser une pile nickel-cuivre, mesurer sa force électromotrice, puis la faire débiter.

Matériel	Solutions
deux béchers, une éprouvette graduée	sulfate de nickel (II) à $0{,}10\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$
une lame de nickel, une lame de cuivre, du papier abrasif	sulfate de cuivre (II) à $0{,}10\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$
un pont salin au nitrate de potassium	eau distillée
un voltmètre, un ampèremètre, un conducteur ohmique, des fils	bidon de récupération

À $25\,^{\circ}\mathrm{C}$, la réaction d'équation

$$\mathrm{Ni_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Ni^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}}$$

a pour constante d'équilibre $K = 9 \times 10^{19}$.

1.

Proposer un protocole pour réaliser la pile, en précisant les précautions de sécurité.

INDICE

Chaque lame plonge dans la solution de ses propres cations ; penser à la sécurité.

2.

Prévoir, à l'aide du critère d'évolution spontanée, le pôle positif de la pile.

INDICE

Calculer le quotient de réaction initial avec les concentrations du tableau et le comparer à la constante d'équilibre.

3.

Comment brancher le voltmètre pour lire directement une valeur positive ? Il affiche alors $0{,}59\,\mathrm{V}$: que vaut la force électromotrice E de la pile ?

INDICE

La force électromotrice se mesure lorsque la pile ne débite pas ; la valeur affichée est positive si la borne V touche le pôle positif.

4.

On remplace le voltmètre par l'ampèremètre, en série avec le conducteur ohmique. Préciser son branchement pour qu'il indique une intensité positive, puis écrire l'équation bilan du fonctionnement.

INDICE

Un ampèremètre affiche une valeur positive quand le courant entre par sa borne A ; chercher par quelle lame le courant quitte la pile.

Exercice 6

Capacité et durée de fonctionnement d'une pile fer-nickel

Une pile est formée d'une lame de fer, de masse $m_0 = 4{,}00\,\mathrm{g}$, dans une solution d'ions $\mathrm{Fe^{2+}}$. Sa seconde demi-pile est une lame de nickel dans une solution d'ions $\mathrm{Ni^{2+}}$; un pont salin relie les solutions.

Donnée	Valeur
volume de chaque solution	$120\,\mathrm{mL}$
$[\mathrm{Fe^{2+}}]_0$	$1{,}0 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$
$[\mathrm{Ni^{2+}}]_0$	$0{,}200\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$
intensité du courant débité	$25{,}0\,\mathrm{mA}$
masse molaire du fer	$M(\mathrm{Fe}) = 55{,}8\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$
faraday	$\mathcal{F} = 9{,}65 \times 10^{4}\,\mathrm{C\cdot mol^{-1}}$

À $25\,^{\circ}\mathrm{C}$, la réaction d'équation

$$\mathrm{Fe_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Fe^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)}}$$

a pour constante d'équilibre $K = 3 \times 10^{6}$. Cette valeur est assez grande pour que la transformation s'arrête quand un réactif est épuisé.

1.

Montrer que la lame de fer est l'anode de cette pile.

INDICE

Le critère d'évolution spontanée compare le quotient de réaction initial à la constante d'équilibre.

2.

Dresser le tableau d'avancement. Quel est le réactif limitant ? Calculer l'avancement maximal $x_{\max}$.

INDICE

Calculer la quantité de fer avec sa masse molaire et celle des ions nickel (II) avec le volume ; chacun est consommé mole pour mole.

3.

Calculer la capacité $Q_{\max}$ de la pile.

INDICE

La capacité est la quantité d'électricité débitée jusqu'à l'avancement maximal ; z se lit dans le bilan.

4.

Calculer la durée maximale de fonctionnement $\Delta t_{\max}$ sous l'intensité du tableau, en secondes puis en heures.

INDICE

À intensité constante, la durée maximale dépend de la capacité et de l'intensité, exprimée en ampères.

5.

Quelle masse de fer reste-t-il quand la pile est usée ?

INDICE

Lire dans le tableau la quantité de fer restante à l'état final et la convertir en masse.

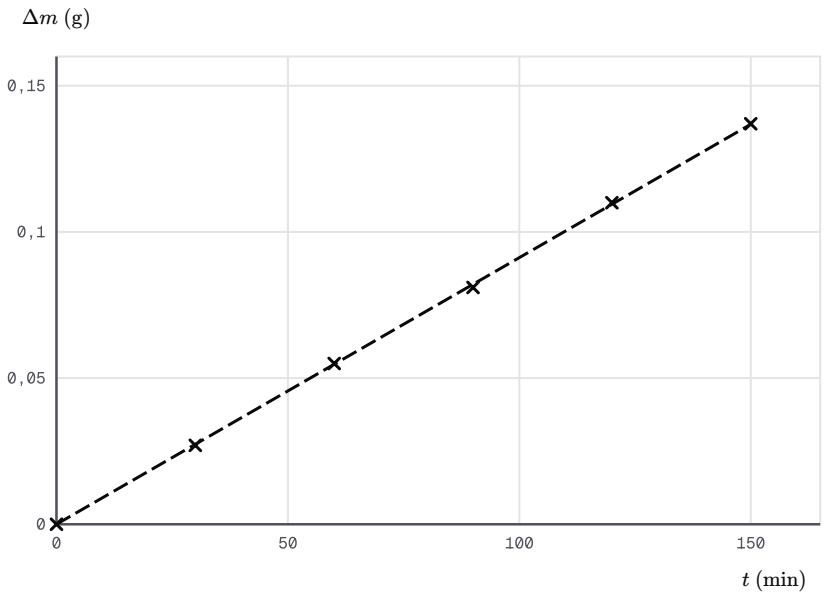
Exercice 7

Pesées de la lame de nickel d'une pile zinc-nickel

Une pile zinc-nickel débite dans un conducteur ohmique un courant d'intensité constante I, inconnue. Sa lame de zinc, en excès, est l'anode ; l'équation bilan du fonctionnement est :

$$\mathrm{Zn_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)}}$$

Toutes les trente minutes, on sort la lame de nickel, on la rince à l'eau distillée, on la sèche et on la pèse. Le document donne l'augmentation de masse Δm de la lame en fonction de la durée t de fonctionnement, avec la droite de modélisation. On donne $M(\mathrm{Ni}) = 58{,}7\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$ et $\mathcal{F} = 9{,}65 \times 10^{4}\ \mathrm{C\cdot mol^{-1}}$.



Augmentation de masse de la lame de nickel en fonction de la durée de fonctionnement, mesures et droite de modélisation passant par l'origine.

Droite de modélisation calculée par moindres carrés sur 6 points : y = a x, avec a ≈ 0,000912.

1.

Justifier, à partir de l'équation bilan, que la masse de la lame de nickel augmente. Quelle réaction s'y produit ?

INDICE

Regarder ce que deviennent les ions nickel (II) dans le bilan et sur quelle lame ils se transforment.

2.

Les mesures sont modélisées par une droite passant par l'origine. Relever son coefficient directeur k, en $\mathrm{g \cdot min^{-1}}$, puis l'exprimer en $\mathrm{g \cdot s^{-1}}$.

INDICE

Le coefficient de la droite de modélisation est écrit dans la légende du document ; une minute compte soixante secondes.

3.

À l'aide d'un tableau d'avancement, établir l'expression $\Delta m = \dfrac{M(\mathrm{Ni}) \cdot I}{2\,\mathcal{F}}\,t$.

INDICE

Relier d'abord la charge débitée à l'avancement par les électrons échangés, puis l'avancement à la masse de nickel formée.

4.

En déduire l'intensité I du courant débité par la pile.

INDICE

Identifier le coefficient de proportionnalité de l'expression établie avec celui des mesures, exprimé en grammes par seconde.

5.

Pourquoi faut-il rincer puis sécher la lame avant chaque pesée ?

INDICE

Penser à ce qui reste accroché à la lame quand on la sort de la solution.