

Chapitre 11 : Évolution spontanée et équilibre d'un système chimique

Activité expérimentale : La pile



Les réactions d'oxydo-réductions mettent en jeu des échanges d'électrons entre un oxydant et un réducteur. En exploitant ces transferts, il est possible d'en tirer de l'électricité ! Cette conversion d'énergie chimique en énergie électrique est au cœur du fonctionnement des piles. L'activité expérimentale portera sur une pile particulière : la pile Daniell.

Protocole 1 : Transfert d'électron spontané par contact direct des réactifs

- Dans un bécher, verser environ 10 mL de sulfate de cuivre (II) et 10 mL de sulfate de zinc (II).
- Plonger une lame de zinc et de cuivre en solution
- Après un certain temps, retirer les plaques et les mettre dans une coupole.

Utilisation du voltmètre

La mesure de la tension à vide permet de déterminer la **polarité** de la pile.

Tension affichée	Electrode reliée à la borne V du voltmètre
Positive	Positive
Négative	Négative

Matériel :

- Sulfate de cuivre (II) de concentration $[Cu^{2+}] = 1,0 \text{ mol/L}$
- Sulfate de zinc (II) de concentration $[Zn^{2+}] = 1,0 \text{ mol/L}$
- 3 béchers de 50 mL
- Une électrode de zinc et une électrode de cuivre.
- Papier de verre
- Un pont salin constitué d'une bandelette de papier que l'on trempera dans du KCl.
- Coupole + pince
- Fils de connexions
- Multimètre
- Résistance de 10Ω
- Balance

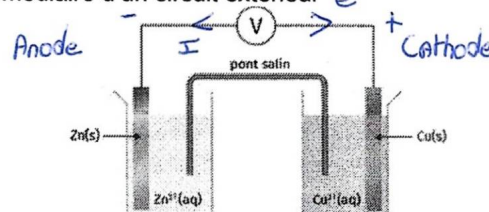
Données :

Les ions cuivre (II) $Cu^{2+}(aq)$ donnent une coloration bleue à la solution qui les contient.

Couple oxydant/réducteur : $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$ et $Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$

Masse molaire : $M(Cu) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(Zn) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

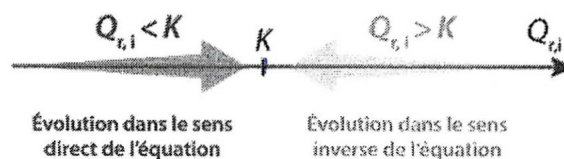
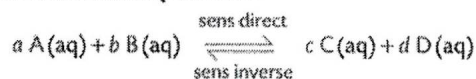
Protocole 2 : Transfert d'électron spontané par l'intermédiaire d'un circuit extérieur



- Verser 50 mL de sulfate de zinc ($Zn^{2+}(aq); SO_4^{2-}(aq)$) dans le bécher nommé « Zn »
- Verser 50 mL de sulfate de cuivre ($Cu^{2+}(aq); SO_4^{2-}(aq)$) dans le bécher nommé « Cu »
- Placer la lame de cuivre Cu (s) dans le bécher « Cu »
- Placer la lame de zinc Zn (s) dans le bécher « Zn »
- Relier les deux béchers à l'aide du pont salin.
- Brancher le voltmètre comme indiqué sur le schéma.

COMPLÉMENTS SCIENTIFIQUES

1. Sens d'évolution spontanée



2. Capacité d'une pile

La capacité électrique Q_{\max} d'une pile est la charge électrique maximale (en coulomb C) que la pile peut débiter durant toute sa durée de vie :

$$Q_{\max} \text{ en C} \rightarrow Q_{\max} = n(e^-)_{\max} \times N_A \times e$$

Quantité maximale d'électrons échangés en mol Constante d'Avogadro : $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Charge élémentaire : $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Partie I : Réaction d'oxydo-réduction

- 1) Mettre en œuvre le protocole 1. Notez vos observations.
- 2) En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique.
- 3) En calculant le quotient de réaction Q_r et sachant que la constante d'équilibre associée à l'équation est de $K = 10^{37}$, montrez que le sens d'évolution spontané prévu est compatible avec les observations expérimentales.

Partie II : La pile Daniell

- 4) Bien décaper la lame de zinc. Peser les lames de zinc et de cuivre et noter leurs masses.
- 5) Appliquer le protocole 2 et noter la tension à vide de votre pile avec son incertitude.
- 6) D'après le signe de la tension mesurée, préciser sur le schéma quelle est la borne + et quelle est la borne -. Précisez alors quel serait le sens de circulation des électrons et le sens conventionnel du courant électrique I si la pile débitait.
- 7) D'après le sens de circulation des électrons, quelle électrode correspond à l'anode ? Et à la cathode ?
- 8) Ecrire les deux demi-équations qui ont lieu aux bornes en précisant à chaque fois qui est l'oxydant et qui est le réducteur.
- 9) Ecrire l'équation d'oxydo-réduction globale.
- 10) Qu'est-ce qui distingue principalement le protocole 1 du protocole 2 ?
- 11) Au fur et à mesure que la pile débite, que va-t-il arriver aux lames de zinc et de cuivre ?
- 12) Qui des deux réactifs de l'équation bilan sera le réactif limitant ? **Remarque** : on considère la réaction totale, car $K \gg 1$.
- 13) Déterminer la quantité de matière d'électrons n_e susceptible d'être libérée par cette pile. En déduire la capacité Q de la pile.

Partie III : Utilisation de la pile Daniell

- 14) En remplaçant le voltmètre du montage précédent par un ampèremètre et une résistance de $10\ \Omega$ en série, déterminer combien de temps la pile sera susceptible de fournir un tel débit. [On donne $Q = I \times \Delta t$]
- 15) Enlever le pont salin du montage précédent (toujours avec l'ampèremètre et la résistance) et notez les observations. Formuler une hypothèse sur le rôle de celui-ci.