La pile Daniell

Prérequis

Pour aborder le sujet de la pile Daniell, il est essentiel de maîtriser les notions suivantes vues en classes précédentes :

- **Seconde :** Notions de réactions chimiques, oxydation et réduction (définitions qualitatives).
- **Première :** Équilibres chimiques, notion de potentiel d'oxydoréduction (sans calcul numérique), les ions en solution, la concentration en masse et en quantité de matière.
- **Progression dans l'année :** Ce chapitre s'inscrit généralement après l'étude des réactions d'oxydoréduction et des équilibres ioniques. Il permet de mettre en application ces connaissances pour comprendre le fonctionnement d'un dispositif électrochimique réel.

Chapitre 1 : Introduction à l'électrochimie

1.1 Réactions d'oxydoréduction : un rappel

Les réactions d'oxydoréduction, ou réactions redox, sont des réactions chimiques impliquant un transfert d'électrons entre les espèces chimiques. Ce transfert d'électrons se traduit par des variations des états d'oxydation des atomes impliqués.

- **Oxydation :** Perte d'électrons par une espèce chimique, augmentation de son état d'oxydation.
- **Réduction :** Gain d'électrons par une espèce chimique, diminution de son état d'oxydation.

Une réaction redox est toujours constituée d'une demi-réaction d'oxydation et d'une demi-réaction de réduction. Par exemple, la réaction entre le zinc métallique et les ions cuivre(II) en solution :

$$Zn(s)+Cu^{2+}(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)$$

Ici, le zinc est oxydé (il perd des électrons) et le cuivre(II) est réduit (il gagne des électrons).

1.2 Le concept de potentiel d'oxydoréduction

Chaque couple oxydant/réducteur (par exemple, $\frac{Cu^{2+}}{Cu}$) possède une tendance propre à accepter ou à céder des électrons. Cette tendance est quantifiée par le potentiel d'oxydoréduction, noté E^0. Un potentiel d'oxydoréduction plus élevé indique une plus grande tendance à être réduit.

Chapitre 2 : La pile Daniell : principe et fonctionnement

2.1 Description de la pile Daniell

La pile Daniell est une pile électrochimique constituée de deux demi-piles :

- **Demi-pile 1 :** Une solution de sulfate de zinc ($ZnSO_4$) dans laquelle est plongée une électrode de zinc métallique.
- **Demi-pile 2 :** Une solution de sulfate de cuivre ($CuSO_4$) dans laquelle est plongée une électrode de cuivre métallique.

Les deux demi-piles sont reliées par un pont salin, qui permet de maintenir la neutralité électrique dans les deux compartiments. Un voltmètre est connecté aux deux électrodes pour mesurer la différence de potentiel électrique générée par la pile.

2.2 Le fonctionnement de la pile

Lorsque la pile est en fonctionnement, les réactions suivantes se produisent :

- **À l'anode (électrode de zinc) :** Le zinc métallique s'oxyde en ions zinc(II) : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$
- **Au cathode (électrode de cuivre) :** Les ions cuivre(II) sont réduits en cuivre métallique : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

Les électrons libérés à l'anode circulent dans le circuit externe vers la cathode. Le pont salin permet aux ions de migrer entre les deux demi-piles pour compenser la variation de charge.

Chapitre 3 : Le pont salin et son rôle

3.1 Composition et fonction du pont salin

Le pont salin est généralement constitué d'un tube en U rempli d'une solution concentrée d'un sel inerte, comme le chlorure de potassium (KCl) ou le nitrate de potassium (KNO_3). Les extrémités du tube sont obturées avec du coton ou de la laine de verre pour empêcher le mélange des solutions des demi-piles.

Le rôle du pont salin est de permettre la migration des ions pour maintenir la neutralité électrique dans les deux demi-piles. Sans pont salin, l'accumulation de charges dans les demi-piles empêcherait la réaction de se poursuivre.

3.2 Migration des ions dans le pont salin

Les ions positifs (cations) migrent de la demi-pile où il y a un excès d'anions (cathode) vers la demi-pile où il y a un excès de cations (anode). Inversement, les ions négatifs (anions) migrent de la demi-pile où il y a un excès de cations (anode) vers la demi-pile où il y a un excès d'anions (cathode).

Chapitre 4 : La force électromotrice (FEM) de la pile Daniell

4.1 Définition de la FEM

La force électromotrice (FEM), notée E, d'une pile est la différence de potentiel électrique entre les deux électrodes lorsqu'aucun courant ne circule. Elle représente l'énergie électrique fournie par la pile par unité de charge.

4.2 Calcul de la FEM de la pile Daniell

La FEM de la pile Daniell peut être calculée à partir des potentiels d'oxydoréduction standard des deux couples redox :

$E=E^0{}_{cathode}-E^0{}_{anode}$

Où :

- $E^0{}_{cathode}$ est le potentiel d'oxydoréduction standard du couple redox à la cathode ($\frac{Cu^{2+}}{Cu}$). $E^0\left(\frac{Cu^{2+}}{Cu}\right)=+0,34V$
- $E^0{}_{anode}$ est le potentiel d'oxydoréduction standard du couple redox à l'anode ($\frac{Zn^{2+}}{Zn}$). $E^0\left(\frac{Zn^{2+}}{Zn}\right)=-0,76V$

Donc, $E=+0,34V-(-0,76V)=+1,10V$

Chapitre 5 : Applications et limitations de la pile Daniell

5.1 Applications

La pile Daniell a été l'une des premières piles électriques utilisées pour fournir de l'électricité. Bien qu'elle soit aujourd'hui largement remplacée par d'autres types de piles plus performantes, elle reste un modèle important pour comprendre le fonctionnement des piles électrochimiques.

5.2 Limitations

La pile Daniell présente certaines limitations :

- **Polarisation :** La concentration des ions dans les demi-piles diminue au fur et à mesure que la pile se décharge, ce qui réduit la FEM.
- **Formation de dendrites :** Des dépôts de zinc peuvent se former sur l'électrode de zinc, ce qui peut provoquer des courts-circuits.

- **Utilisation de métaux coûteux :** Le cuivre est un métal relativement coûteux.

—

Résumé

- **Réaction d'oxydoréduction :** Réaction chimique impliquant un transfert d'électrons.
- **Oxydation :** Perte d'électrons.
- **Réduction :** Gain d'électrons.
- **Potentiel d'oxydoréduction (E^0) :** Mesure de la tendance d'un couple redox à être réduit.
- **Pile électrochimique :** Dispositif qui convertit l'énergie chimique en énergie électrique.
- **Anode :** Électrode où se produit l'oxydation.
- **Cathode :** Électrode où se produit la réduction.
- **Pont salin :** Permet la migration des ions pour maintenir la neutralité électrique.
- **Force électromotrice (FEM) (E) :** Différence de potentiel électrique entre les deux électrodes d'une pile.
- **Formule de la FEM :** $E=E^0_{cathode}-E^0_{anode}$
- **Pile Daniell :** Pile constituée d'une demi-pile zinc/sulfate de zinc et d'une demi-pile cuivre/sulfate de cuivre.
- **La concentration en masse** est définie comme le rapport de la masse du soluté au volume de la solution : $c=\frac{(m)}{(V)}$
- **La concentration en quantité de matière** est définie comme le rapport du nombre de moles du soluté au volume de la solution : $C=\frac{(n)}{(V)}$

From:
https://www.wikiprof.fr/ - **wikiprof.fr**

Permanent link:
https://www.wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:sti2d:terminale_technologique:physique_chimie:la_pile_daniell&rev=1758379217

Last update: **2025/09/20 16:40**