

ACTIVITE EXPERIMENTALE : LA PILE ELECTROCHIMIQUE

De nombreux objets du quotidien utilisent de l'énergie électrique. Une pile est une source d'énergie autonome.

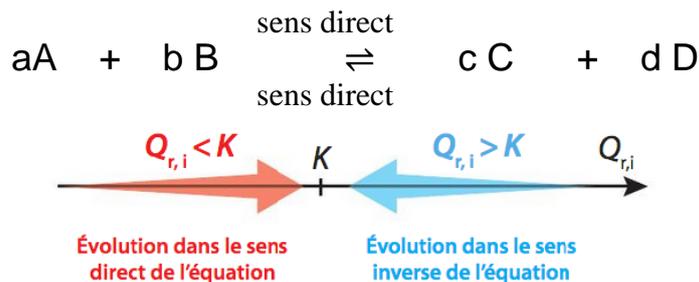
Les piles vendues dans le commerce ont des capacités qui s'expriment en milliampèreheure (mA.h).



I. Travail préliminaire

Un système hors équilibre évolue **spontanément** vers un état d'équilibre.

Pour prévoir le sens d'évolution spontanée d'un système, il faut comparer le quotient de réaction à l'état initial $Q_{r,i}$ et la constante d'équilibre K .



1. On réalise le protocole suivant :

Dans un bécher, on verse 5 mL d'une solution S_1 de sulfate de cuivre (II) telle que $[Cu^{2+}] = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et 5 mL d'une solution S_2 de sulfate de zinc(II) telle que $[Zn^{2+}] = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On y plonge ensuite une plaque de zinc $Zn(s)$ et un fil de cuivre $Cu(s)$.

Observations : la solution s'est totalement décolorée et un dépôt de cuivre est apparu sur la plaque de zinc.

En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique.

- On peut qualifier cette transformation chimique par l'expression "il se produit un transfert spontané d'électrons par contact direct entre réactifs". Justifier cette expression.
- La constante d'équilibre associée à l'équation est 10^{37} . Montrer que le sens d'évolution spontanée prévu est compatible avec les observations expérimentales.

II. Réalisation d'une pile par transfert indirect d'électrons

Document 1 : Mesures avec un multimètre

- La mesure de la **tension à vide E** d'une pile à l'aide d'un voltmètre permet de déterminer sa **polarité** (voir ci-contre).
- La mesure de l'**intensité I du courant électrique** à l'aide d'un ampèremètre branché en série dans le circuit permet de connaître son **sens conventionnel** :

→ l'ampèremètre donne une mesure positive lorsque le courant entre par sa borne « rouge » (10A ou A ou mA selon la calibre utilisé) et sort par sa borne « noire » COM.

| Tension affichée sur le voltmètre | Électrode reliée à la borne V du voltmètre |
|-----------------------------------|--|
| positive | positive |
| négative | négative |

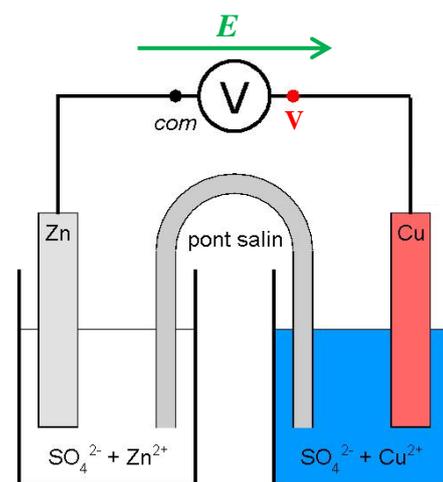
Principe :

Dans le cas d'une pile on souhaite **recupérer l'énergie des électrons dans un circuit électrique extérieur**.

Pour cela, on sépare spatialement les couples $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(s)}$ et $Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$ en **2 demi-piles** reliées par un **pont salin** : l'ensemble constitue une **pile électrochimique** reliée à un **circuit électrique extérieur**.

Protocole :

- Préparer deux demi-piles selon la disposition donnée sur le schéma ci-contre. On utilisera :
 - 2 béchers contenant respectivement 50 mL de chaque solution aqueuse, de concentrations identiques en cations $[Cu^{2+}] = [Zn^{2+}] = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - un pont salin : il s'agit d'un conducteur ionique qui se présente généralement sous la forme d'un tube en « U » rempli d'un gel de chlorure de potassium ($K^+_{(aq)}, Cl^-_{(aq)}$) ;
 - un multimètre en fonction « voltmètre ».
- Relever la valeur de la tension aux bornes de la pile, appelée **tension à vide E** :



Les plaques métalliques $Zn_{(s)}$ et $Cu_{(s)}$ sont appelées « **électrodes** » de la pile

- 1) Déterminer en la justifiant la polarité de la pile ainsi réalisée, c'est-à-dire quelle lame métallique constitue l'électrode positive, l'électrode négative.
- 2) Afin d'établir l'équation de la réaction associée à la transformation ayant lieu lors du fonctionnement de la pile :

a- Compléter les deux phrases suivantes :

- ✓ Par convention, le courant électrique circule de la bornevers la borne
- ✓ Les électrons circulent dans

b- Compléter le **schéma du fonctionnement de la pile** (voir la fin de l'énoncé) lorsqu'elle délivre du courant, avec :

- ✓ La polarité des électrodes ;
- ✓ Le sens conventionnel du courant ;
- ✓ Le sens de circulation des électrons ;
- ✓ Les bornes de l'ampèremètre

Compléter également les accolades.

- Débrancher le voltmètre et brancher un conducteur ohmique et un ampèremètre comme indiqué sur le schéma.
- Vérifier les bornes choisies pour l'ampèremètre en observant le signe de l'intensité électrique mesurée.
- Déterminer le courant I fourni par la pile. $I = \dots\dots\dots$

c- Ecrire en les justifiant les demi-équations des réactions se produisant respectivement aux électrodes de la pile ; les reporter sur le schéma au-dessous de chaque demi-pile. En déduire l'équation de la réaction de fonctionnement de la pile. Vérifier qu'elle est en accord avec le travail préliminaire.

3) Justifier l'expression « il se produit un transfert spontané d'électrons par l'intermédiaire d'un circuit extérieur ».

4) Quelle est selon vous la fonction assurée par le pont salin ? Compléter le schéma avec le sens de circulation des ions dans le pont salin et les solutions ioniques.

Document 2 : compléments scientifiques

- On définit par **ANODE** l'électrode où se produit une **OXYDATION**
- On définit par **CATHODE** l'électrode où se produit une **REDUCTION**

5) En déduire quelle électrode correspond à l'Anode et à la Cathode.

III. Capacité électrique de la pile**Document 2 : Capacité électrique**

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

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

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

1. Déterminer la capacité électrique de la pile étudiée en coulomb. Détailler la démarche suivie en s'aidant du document 3.
2. En déduire la durée de vie de cette pile lorsqu'elle alimente le circuit extérieur constitué par la résistance R.

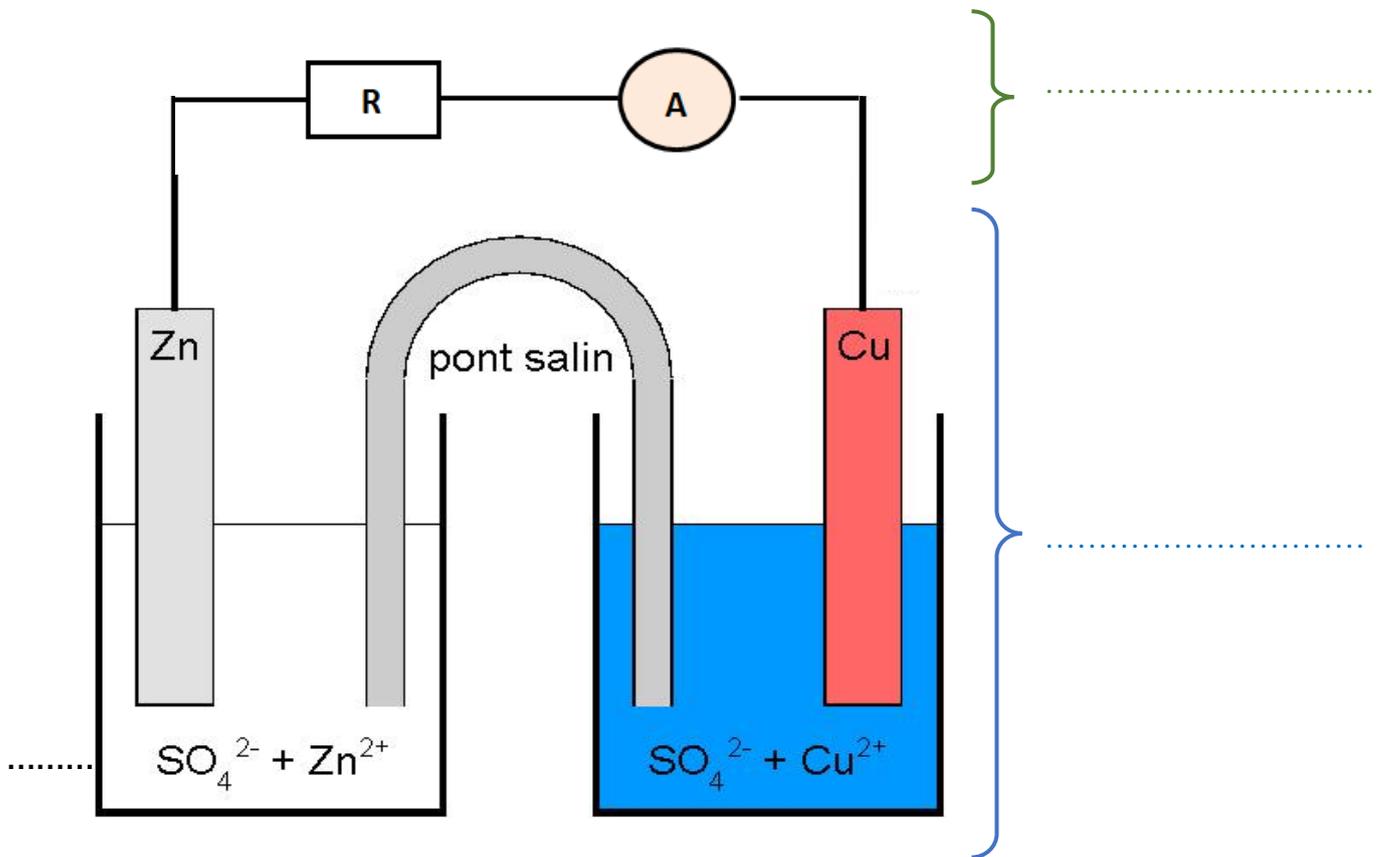
Données :

- La demi-pile Cu^{2+}/Cu est initialement constituée d'une plaque de cuivre de masse $m(\text{Cu}) = 55,5 \text{ g}$ plongée dans 50 mL d'une solution de sulfate de cuivre telle que $[\text{Cu}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.
- La demi-pile Zn^{2+}/Zn est initialement constituée d'une plaque de zinc de masse $m(\text{Zn}) = 35,5 \text{ g}$ plongée dans 50 mL d'une solution de sulfate de zinc telle que $[\text{Zn}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.
- Masses molaires atomiques : $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Document 3 : Comment déterminer la capacité électrique d'une pile ?

- ① Ecrire la réaction chimique traduisant le fonctionnement de la pile
- ② Identifier le réactif limitant en comparant $\frac{n_i(A)}{a}$ et $\frac{n_i(B)}{b}$ (A et B étant les deux réactifs de l'équation de fonctionnement de la pile).
- ③ Ecrire la demi-équation associée au réactif limitant.
- ④ En déduire la relation entre les quantités de matière $n(e^-)_{\max}$ et $n_i(\text{réactif limitant})$ et déterminer la capacité électrique Q_{\max} de la pile.

Schéma du fonctionnement de la pile (à compléter) :



=

=

→

→Vérifier que le schéma est correctement complété à l'aide de l'animation suivante : <http://chimie.ostralo.net/pile/>