

# Cours N°C7 : Transformations spontanées dans les piles

## Et production d'énergie

**Introduction** Les piles constituent des sources d'énergie relativement bon marché et pratiques pour l'utilisation d'appareils électriques portables, montres ,..... etc. De quoi sont-elles constituées et comment expliquer leur fonctionnement ?

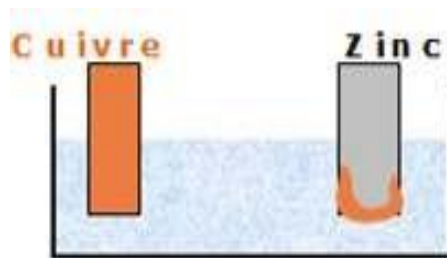


### I- Transferts d'électrons :

#### 1- Transferts spontanés directs

**Activité expérimentale 1** : Réaction d'oxydoréduction entre espèces chimiques au contact.

On plonge une lame de **cuivre** et une lame de **zinc** fraîchement décapées dans une solution contenant de sulfate de cuivre II de concentration molaire  $C = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et de sulfate de zinc (II) de même concentration  $C$ , après un certain moment, on observe un dépôt rouge sur la lame de zinc et la solution se décolore.



#### Exploitations

1. Écrire l'équation de la réaction qui peut se produire entre les ions cuivre (II) et le zinc métallique. Pourquoi est une réaction d'oxydoréduction ?

.....

.....

.....

2. Déterminer la valeur initiale du quotient de réaction  $Q_{r,i}$ ?

.....

.....

3. À  $25^\circ\text{C}$ , la constante d'équilibre  $K$  associée à l'équation de la réaction est  $K = 1,9 \cdot 10^{37}$ . Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?

.....

.....

4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?

.....

.....

#### Conclusion

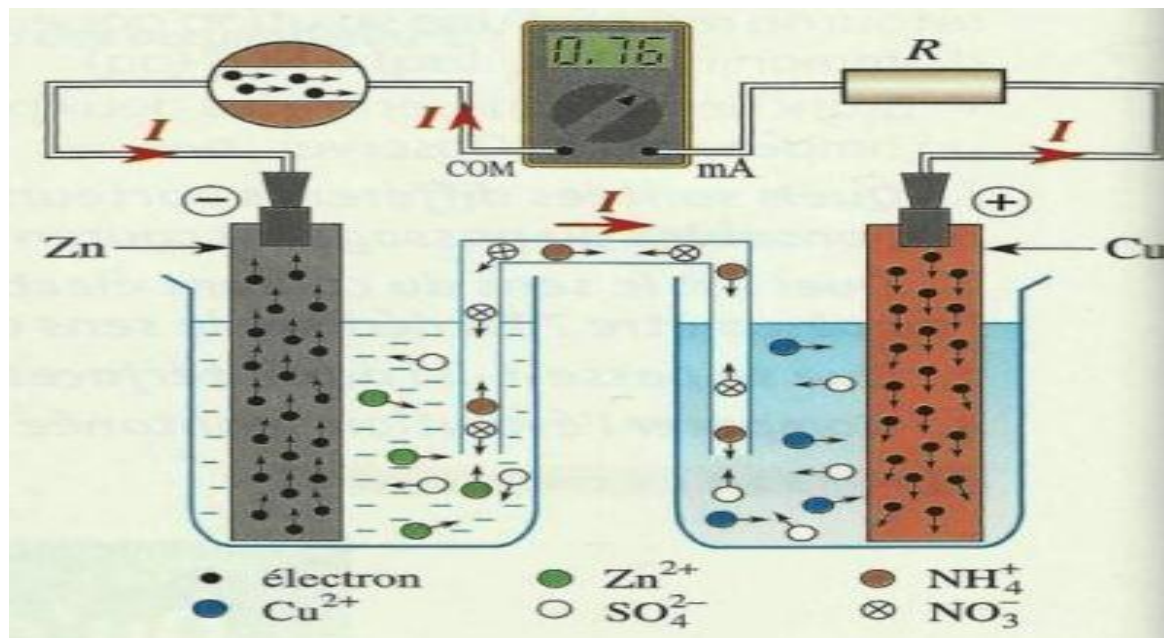
.....

.....

## 2- Transfert spontané indirect

### Activité expérimentale 2 : Réaction d'oxydoréduction entre espèces chimiques séparées

- On réalise l'expérience suivante : Dans un bécher, on introduit une solution de **sulfate de cuivre (II)** et une plaque de **cuivre**, dans l'autre bécher, on introduit une solution de **sulfate de zinc** et une **plaque de zinc**.
- On relie les deux béchers par un **pont salin qui contient** une solution de nitrate d'ammonium.
- On branche en série, entre les deux plaques, une résistance **R**, un **ampèremètre** et un **interrupteur K**.
- On ferme l'interrupteur K, on observe que l'ampèremètre montre qu'un courant traverse le circuit et son intensité est égale 0,76 mA



### Exploitation

1. Quels sont les porteurs de charge responsables de circulation du courant dans les différentes parties du circuit ( en solution , dans le pont salin et à l'extérieur)?

.....

.....

.....

2. Quel est le sens de passage du courant électrique indiqué par l'ampèremètre ?

.....

.....

3. Dédurre le sens de déplacement des différents porteurs de charges.

.....

.....

.....

#### 4. Que se passe-t-il : aux interfaces métal-solution ? dans les plaques?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 3. Comparer l'évolution spontanée de ce système et celle du système de l'activité 1 . Conclure

.....

.....

.....

#### Conclusion :

Un **transfert spontané** d'électrons peut se produire entre **les espèces chimiques de deux couples oxydant/réducteur**, que ces deux couples soient ..... ou ..... mais reliés par un .....

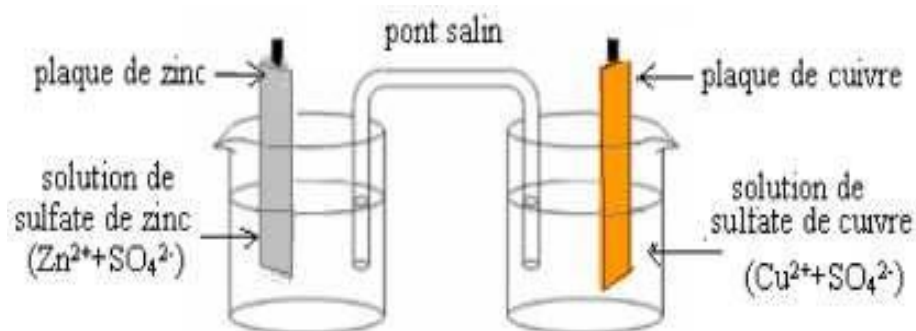
## II- Les piles et production d'énergie

### 1) Exemple La pile Daniell

#### a-Description

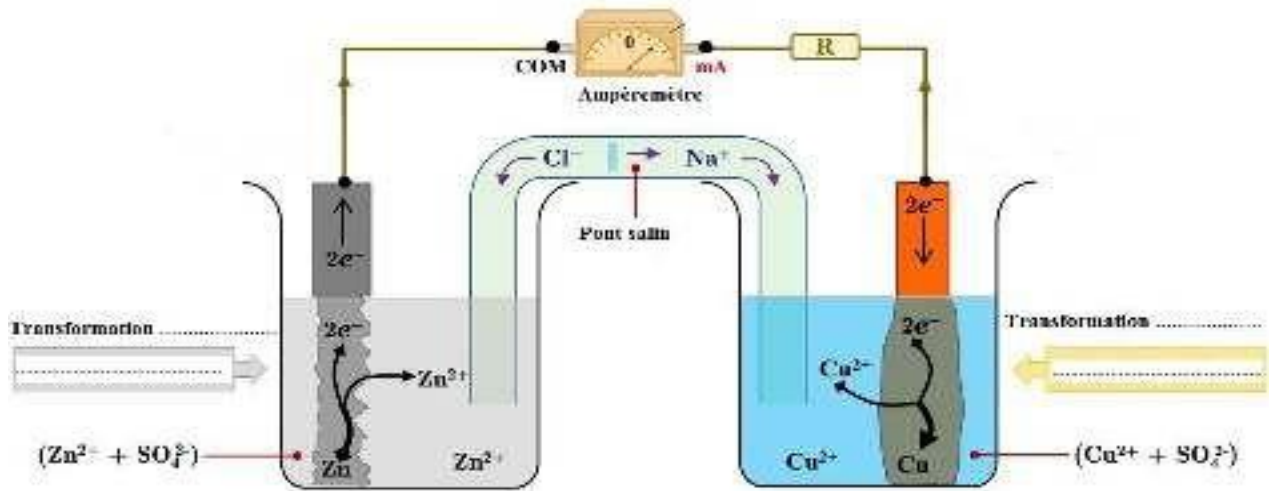
La **pile Daniell** est constituée de deux compartiments liés par un **pont salin**.

- Le **premier compartiment** se compose d'une plaque de cuivre plongée dans une solution de sulfate de cuivre ( $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ ), ce qui constitue la **1<sup>ère</sup> demi-pile** qu'on appelle **électrode**.
- Le **deuxième compartiment** se compose d'une plaque de zinc plongée dans une solution de sulfate de zinc ( $\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ ) c'est l'autre **demi-pile** qu'on appelle aussi **électrode**.
- Le **pont salin** (ou ionique) qui relie les deux solutions il est constitué d'une solution de chlorure de potassium ( $\text{K}^{+}_{(aq)} + \text{Cl}^{-}_{(aq)}$ ) qui est un conducteur électrolytique.



## b) Fonctionnement de la pile de Danielle

Un **ampèremètre branché** aux bornes de la pile indique le passage du courant électrique de la plaque de cuivre vers la **plaque de zinc**. (Les électrons circulent alors dans ce circuit extérieur de la **plaque de zinc** vers **la plaque de cuivre**).



La **plaque de cuivre** qui représente le **pôle positif** de la pile s'appelle: **la cathode**.

La **plaque de zinc** qui représente le **pôle négatif** de la pile s'appelle **l'anode**.

## c) Réaction aux électrodes

**Au cours du fonctionnement de la pile:**

- La masse de l'électrode de **zinc** ....., elle se consomme, ceci est due à ..... du zinc selon la demi-équation: .....
- La masse de l'électrode de cuivre ....., ceci est due à ..... des ions en **Cu** selon la demi-équation: .....
- **L'équation globale** de la réaction qui se produit pendant le fonctionnement de la pile s'obtient en ajoutant les deux demi-équations précédentes.  
.....

## d) Le pont salin

**Le pont salin a deux rôles:**

-il **permet la liaison électrique entre les deux compartiments** sans que les deux solutions se mélangent, par migration des conducteurs ioniques.

-il **assure la neutralité électrique des deux solutions**. (Car pendant le fonctionnement de la pile la concentration des ions  $Zn^{2+}$  augmente dans la solution de sulfate de zinc et celle des ions  $Cu^{2+}$  diminue dans la solution de sulfate de cuivre et pour assurer la neutralité électrique les ions  $Cl^-$  migrent à travers le pont ionique vers la solution de sulfate de zinc et les ions  $K^+$  vers la solution de sulfate de cuivre).

## e) Représentation conventionnelle de la pile:

On représente symboliquement la pile Daniell par la représentation conventionnelle suivante:

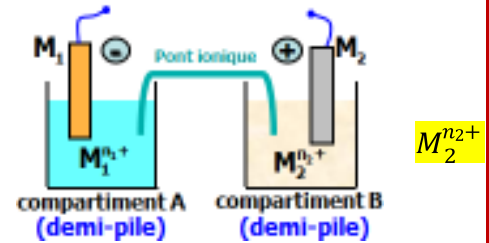
.....

## 2- Généralisation : Constitutions d'une pile

On peut réaliser des piles identiques à la pile Daniell.

**En général une pile est constituée :**

- ⚡ De deux plaques métalliques  $M_1$  et  $M_2$  ; la première plongée dans une solution contenant les ions métalliques  $M_1^{n_1+}$  et la deuxième plongée dans une solution contenant les ions métalliques  $M_2^{n_2+}$
- ⚡ Pont salin ou pont ionique relie les deux solutions.
- ⚡ Les deux lames métalliques  $M_1$  et  $M_2$  sont appelées électrodes représentent les pôles de la pile.
- ⚡ Les solutions qui contiennent les cations  $M_1^{n_1+}$  et  $M_2^{n_2+}$  sont appelées solutions électrolytiques.



**Représentation conventionnelle :** .....

**A l'anode :** ..... : .....

**A la cathode :** ..... : .....

**Equation globale :** . .....

La pile électrochimique convertit l'énergie chimique (résultant d'un transfert spontané d'électrons entre deux couples oxydant -réducteur) en énergie électrique.

### 2- Force électromotrice (f.é.m) d'une pile

**Activité** Comment mesurer la f.é.m. d'une pile ?

Reprendre la pile étudiée dans l'activité 2 et brancher un voltmètre entre ses électrodes en reliant la borne COM à l'électrode de zinc. Le voltmètre indique une tension  $U = 1,1 \text{ V}$ .

1. Quelles sont les bornes positive et négative de la pile ?

.....

.....

2. Le sens du courant est-il en accord avec cette polarité ?

.....

.....

.....

.....

.....



Dans un voltmètre, la pile débite un courant d'intensité très faible.

La tension lue par un voltmètre branché entre les bornes de la pile est alors égale à la force électromotrice de la pile.

### III- Etude quantitative d'une pile

#### 1- quantité d'électricité débitée par une pile pendant une durée $\Delta t$

Pendant une durée  $\Delta t$ ,  $N$  électrons, de charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  circulent à travers une section  $S$  de conducteur, la charge totale qui a traversé la section  $S$  est :  $Q = N \cdot e$ .

La quantité de matière d'électrons  $n(e^-)$  transférés lorsque la pile débite  $n(e^-) = \frac{N}{N_A}$  avec  $N_A$ , en  $\text{mol}^{-1}$  constante d'Avogadro.

D'après la définition du courant électrique  $I$  qui est débité par la pile pendant une durée  $\Delta t$  :

.....

La valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons définit le Faraday, de symbole  $F$   
 $F = N_A \cdot |-e|$  Avec  $-e$  charge d'un électron.  
soi :  $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ .

#### 2- Capacité d'une pile

Au cours de son fonctionnement la pile est un système chimique hors équilibre. L'avancement  $x(t)$  de la réaction augmente et le quotient de réaction  $Q_r$  varie ; la pile débite alors des électrons, l'intensité  $I$  du courant débité n'est pas nulle  $I \neq 0 \text{ A}$ . Lorsque la pile atteint à l'état d'équilibre,  $Q_{r,eq} = K$ , elle devient « usée ». À cet instant l'avancement  $x(t)$  vaut  $x_{eq}$ , l'intensité du courant débité est nulle  $I_{eq} = 0 \text{ A}$ .

-De façon générale, une pile est usée lorsque le réactif limitant a été complètement consommé .

La capacité  $C$  d'une pile est la quantité d'électricité maximale qu'elle peut fournir avant d'être usée.

..... avec  $\Delta t_{max}$  : la durée de vie de la pile

- Pour les piles ou les batteries du commerce, on exprime la capacité en ampère.heure : A.h

- Remarque  $1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$ .

- Exemple :

une batterie de capacité  $40 \text{ A.h}$  peut débiter un courant de  $40 \text{ A}$  pendant une heure ou  $120 \text{ A}$  pendant  $20 \text{ min}$ .