

Transformations spontanés dans les piles

Chapitre 7

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

6 mars 2017

Sommaire

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

1 Introduction

2 Transferts d'électrons

3 Comment réaliser une pile ?

4 Évolution spontanée d'une pile

5 Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Sommaire

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

1 Introduction

2 Transferts d'électrons

3 Comment réaliser une pile ?

4 Évolution spontanée d'une pile

5 Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Sommaire

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

1 Introduction

2 Transferts d'électrons

3 Comment réaliser une pile ?

4 Évolution spontanée d'une pile

5 Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Sommaire

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

1 Introduction

2 Transferts d'électrons

3 Comment réaliser une pile ?

4 Évolution spontanée d'une pile

5 Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Sommaire

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 1 Introduction
- 2 Transferts d'électrons
- 3 Comment réaliser une pile ?
- 4 Évolution spontanée d'une pile
- 5 Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Introduction

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?



Les piles constituent des sources d'énergie relativement bon marché et pratiques pour l'utilisation d'appareils électriques "portables" : montres , baladeurs etc....

*** De quoi sont elles constituées et comment expliquer leur fonctionnement ?**

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

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 $C = 0,10 \text{ mol/l}$ et de sulfate de zinc (II) de même concentration C , après un certain moment, on observe un dépôt rouge sur la lame de zinc.

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 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 ?*
- $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$
Il y a transfert des électrons entre l'oxydant Cu^{2+} et le réducteur Zn
- 2. *Déterminer la valeur initiale du quotient de réaction ?*
- Le système initial contient du cuivre et de zinc métallique et les cations correspondants , tel que $[Cu^{2+}]_i = [Zn^{2+}]_i = 0,10 mol/l$ D'où la valeur du quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i} = 1,0$$

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 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 ?*
 - $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$
Il y a transfert des électrons entre l'oxydant Cu^{2+} et le réducteur Zn
 - 2. *Déterminer la valeur initiale du quotient de réaction ?*
 - Le système initial contient du cuivre et de zinc métallique et les cations correspondants , tel que $[Cu^{2+}]_i = [Zn^{2+}]_i = 0,10 mol/l$ D'où la valeur du quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i} = 1,0$$

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 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 ?*
- $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \longrightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$
Il y a transfert des électrons entre l'oxydant Cu^{2+} et le réducteur Zn
- 2. *Déterminer la valeur initiale du quotient de réaction ?*
- Le système initial contient du cuivre et de zinc métallique et les cations correspondants , tel que $[\text{Cu}^{2+}]_i = [\text{Zn}^{2+}]_i = 0,10 \text{ mol/l}$ D'où la valeur du quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{Zn}^{2+}]_i}{[\text{Cu}^{2+}]_i} = 1,0$$

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 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 ?*
- $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$
Il y a transfert des électrons entre l'oxydant Cu^{2+} et le réducteur Zn
- 2. *Déterminer la valeur initiale du quotient de réaction ?*
- Le système initial contient du cuivre et de zinc métallique et les cations correspondants , tel que $[Cu^{2+}]_i = [Zn^{2+}]_i = 0,10 mol/l$ D'où la valeur du quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i} = 1,0$$

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 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 ?*
- $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$
Il y a transfert des électrons entre l'oxydant Cu^{2+} et le réducteur Zn
- 2. *Déterminer la valeur initiale du quotient de réaction ?*
- Le système initial contient du cuivre et de zinc métallique et les cations correspondants , tel que $[Cu^{2+}]_i = [Zn^{2+}]_i = 0,10 mol/l$ D'où la valeur du quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i} = 1,0$$

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. À 25°C , la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K = 1,9 \times 10^{37}$. Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?
- Puisque $Q_{r,j} < K$, donc le système évoluera dans le sens direct de l'équation de la réaction .
- 4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?
- De cuivre métallique se dépose sur la lame de zinc, ce qui est en accord avec le sens d'évolution spontanée prévu .
- 5. Où se fait le transfert d'électrons lors de cette réaction d'oxydoréduction ?
- Les électrons n'existent plus en solution aqueuse, donc il se produit un transfert spontané et direct d'électrons entre le zinc et les ions cuivre (II) .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. À 25°C , la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K = 1,9 \times 10^{37}$. Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?
 - Puisque $Q_{r,j} < K$, donc le système évoluera dans le sens direct de l'équation de la réaction .
 - 4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?
 - De cuivre métallique se dépose sur la lame de zinc, ce qui est en accord avec le sens d'évolution spontanée prévu .
 - 5. Où se fait le transfert d'électrons lors de cette réaction d'oxydoréduction ?
 - Les électrons n'existent plus en solution aqueuse, donc Il se produit un transfert spontané et direct d'électrons entre le zinc et les ions cuivre (II) .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. À 25°C , la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K = 1,9 \times 10^{37}$. Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?
- Puisque $Q_{r,i} < K$, donc le système évoluera dans le sens direct de l'équation de la réaction .
- 4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?
- De cuivre métallique se dépose sur la lame de zinc, ce qui est en accord avec le sens d'évolution spontanée prévu .
- 5. Où se fait le transfert d'électrons lors de cette réaction d'oxydoréduction ?
- Les électrons n'existent plus en solution aqueuse, donc il se produit un transfert spontané et direct d'électrons entre le zinc et les ions cuivre (II) .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. À 25°C , la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K = 1,9 \times 10^{37}$. Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?
- Puisque $Q_{r,i} < K$, donc le système évoluera dans le sens direct de l'équation de la réaction .
- 4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?
- De cuivre métallique se dépose sur la lame de zinc, ce qui est en accord avec le sens d'évolution spontanée prévu .
- 5. Où se fait le transfert d'électrons lors de cette réaction d'oxydoréduction ?
- Les électrons n'existent plus en solution aqueuse, donc il se produit un transfert spontané et direct d'électrons entre le zinc et les ions cuivre (II) .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. À 25°C , la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K = 1,9 \times 10^{37}$. Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?
- Puisque $Q_{r,i} < K$, donc le système évoluera dans le sens direct de l'équation de la réaction .
- 4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?
- De cuivre métallique se dépose sur la lame de zinc , ce qui est en accord avec le sens d'évolution spontanée prévu .
- 5. Où se fait le transfert d'électrons lors de cette réaction d'oxydoréduction ?
- Les électrons n'existent plus en solution aqueuse, donc Il se produit un transfert spontané et direct d'électrons entre le zinc et les ions cuivre (II) .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. À 25°C , la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K = 1,9 \times 10^{37}$. Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?
- Puisque $Q_{r,i} < K$, donc le système évoluera dans le sens direct de l'équation de la réaction .
- 4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?
- De cuivre métallique se dépose sur la lame de zinc, ce qui est en accord avec le sens d'évolution spontanée prévu .
- 5. Où se fait le transfert d'électrons lors de cette réaction d'oxydoréduction ?
- Les électrons n'existent plus en solution aqueuse, donc Il se produit un transfert spontané et direct d'électrons entre le zinc et les ions cuivre (II) .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. À 25°C , la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K = 1,9 \times 10^{37}$. Quel est le sens d'évolution spontanée du système considéré ?
- Puisque $Q_{r,i} < K$, donc le système évoluera dans le sens direct de l'équation de la réaction .
- 4. Les observations faites sont-elles en accord avec le sens d'évolution prévu ?
- De cuivre métallique se dépose sur la lame de zinc, ce qui est en accord avec le sens d'évolution spontanée prévu .
- 5. Où se fait le transfert d'électrons lors de cette réaction d'oxydoréduction ?
- Les électrons n'existent plus en solution aqueuse, donc Il se produit un transfert spontané et direct d'électrons entre le zinc et les ions cuivre (II) .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Conclusion

Lorsque les espèces chimiques de deux couples oxydant/réducteur sont mélangés, il y a transfert spontané direct d'électrons entre l'oxydant d'un couple et le réducteur de l'autre couple.

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

2. Transfert spontané indirect

Activité expérimentale 2 : réaction d'oxydoréduction avec espèces chimiques séparées .

Dans un bécher A , on introduit 50ml d'une solution de sulfate de cuivre (II) de concentration $C = 0,1\text{mol/l}$ et une plaque de cuivre .

Dans un bécher B , on introduit 50ml d'une solution de sulfate de zinc (II) de concentration $C = 0,1\text{mol/l}$ et une plaque de zinc .

On relie les solutions des deux béchers à l'aide d'un papier filtre imbibé dans une solution aqueuse chlorure de potassium $K^+(aq) + Cl^-(aq)$.

On branche , en série entre les deux plaques , une résistance , 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 $0,76\text{mA}$

I. Transferts d'électrons

Transformations spontanées dans les piles

allal Mahdade

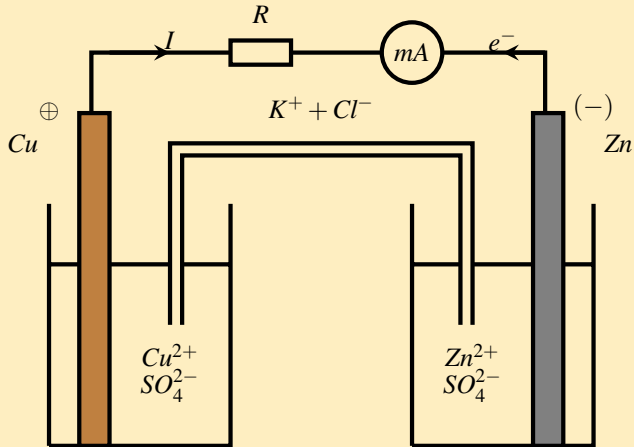
Introduction

Transferts d'électrons

Comment réaliser une pile ?

Évolution spontanée d'une pile

Quelles quantités d'électricité peut débiter une pile ?



I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 1. *Quels sont les différents porteurs de charge responsables du passage du courant dans le circuit ?*
- * Dans les plaques et le conducteur ohmique, ce sont les électrons .
- * Dans les solutions aqueuses, ce sont les ions (anions et cations).

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 1. *Quels sont les différents porteurs de charge responsables du passage du courant dans le circuit ?*
 - * Dans les plaques et le conducteur ohmique, ce sont les électrons .
 - * Dans les solutions aqueuses, ce sont les ions (anions et cations).

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exploitation :

- 1. *Quels sont les différents porteurs de charge responsables du passage du courant dans le circuit ?*
- * Dans les plaques et le conducteur ohmique, **ce sont les électrons** .
- * Dans les solutions aqueuses, ce sont les ions (anions et cations).

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 2. *Quel est le sens du courant électrique dans l'ampèremètre ? En déduire le sens de déplacement des différents porteurs de charge*
- On sait que pour l'ampèremètre le courant entre par le pôle positif et sort par le pôle négatif (COM) , donc le courant va vers la plaque du zinc .

Les plaques, les fils de connexions , la résistance et l'ampèremètre sont parcourus par des électrons qui se déplacent en sens inverse du courant et donc du plaque de zinc vers celle de cuivre .

Dans les solutions aqueuses ioniques de sulfate de cuivre (II) , de sulfate de zinc (II) et de chlorure de potassium sont le siège d'un déplacement des ions :

* les cations Cu^{2+} , Zn^{2+} et K^{+} se déplacent dans le sens du courant ;

* les anions SO_4^{-} et Cl^{-} se déplacent en sens inverse .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 2. *Quel est le sens du courant électrique dans l'ampèremètre ? En déduire le sens de déplacement des différents porteurs de charge*
- On sait que pour l'ampèremètre le courant entre par le pôle positif et sort par le pôle négatif (COM) , donc le courant va vers la plaque du zinc .
Les plaques, les fils de connexions , la résistance et l'ampèremètre sont parcourus par des électrons qui se déplacent en sens inverse du courant et donc du plaque de zinc vers celle de cuivre .
Dans les solutions aqueuses ioniques de sulfate de cuivre (II) , de sulfate de zinc (II) et de chlorure de potassium sont le siège d'un déplacement des ions :
 - * les cations Cu^{2+} , Zn^{2+} et K^{+} se déplacent dans le sens du courant ;
 - * les anions SO_4^{-} et Cl^{-} se déplacent en sens inverse .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 2. *Quel est le sens du courant électrique dans l'ampèremètre ? En déduire le sens de déplacement des différents porteurs de charge*
- On sait que pour l'ampèremètre le courant entre par le pôle positif et sort par le pôle négatif (COM) , donc le courant va vers la plaque du zinc .

Les plaques, les fils de connexions , la résistance et l'ampèremètre sont parcourus par des électrons qui se déplacent en sens inverse du courant et donc du plaque de zinc vers celle de cuivre .

Dans les solutions aqueuses ioniques de sulfate de cuivre (II) , de sulfate de zinc (II) et de chlorure de potassium sont le siège d'un déplacement des ions :

- * les cations Cu^{2+} , Zn^{2+} et K^+ se déplacent dans le sens du courant ;
- * les anions SO_4^- et Cl^- se déplacent en sens inverse .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. *Que se passe-t-il : aux interfaces métal-solution ? dans les plaques ?*
- Aux interfaces métal-solution ; il y a changement de la nature des porteurs de charge (les électrons n'existent pas en solution aqueuse) .

Pour la plaque du zinc , les électrons qui sont libérés par l'oxydation du zinc métallique en ion zinc (II) selon la demi-équation :



Pour la plaque de cuivre les électrons arrivent en s'accumulant dans la plaque et sont consommés à l'interface métal-solution par la réduction des ions cuivre (II) en métal cuivre selon la demi-équation :



I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

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

- Aux interfaces métal-solution ; il y a changement de la nature des porteurs de charge (les électrons n'existent pas en solution aqueuse) .

Pour la plaque du zinc , les électrons qui sont libérés par l'oxydation du zinc métallique en ion zinc (II) selon la demi-équation :



Pour la plaque de cuivre les électrons arrivent en s'accumulant dans la plaque et sont consommés à l'interface métal-solution par la réduction des ions cuivre (II) en métal cuivre selon la demi-équation :



I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

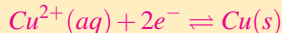
Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 3. *Que se passe-t-il : aux interfaces métal-solution ? dans les plaques ?*
- Aux interfaces métal-solution ; il y a changement de la nature des porteurs de charge (les électrons n'existent pas en solution aqueuse).

Pour la plaque de zinc , les électrons qui sont libérés par l'oxydation du zinc métallique en ion zinc (II) selon la demi-équation :



Pour la plaque de cuivre les électrons arrivent en s'accumulant dans la plaque et sont consommés à l'interface métal-solution par la réduction des ions cuivre (II) en métal cuivre selon la demi-équation :



I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 4. Comparer l'évolution spontanée de ce système et celle du système de l'activité 1 . Conclure
- On a la même évolution et on obtient la même équation de la réaction spontanée d'oxydoréduction :



Il y a eu un transfert d'électron spontané du zinc métallique vers les ions cuivre (II) mais de façon indirecte par l'intermédiaire du circuit extérieur .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 4. *Comparer l'évolution spontanée de ce système et celle du système de l'activité 1 . Conclure*

- On a la même évolution et on obtient la même équation de la réaction spontanée d'oxydoréduction :



Il y a eu un transfert d'électron spontané du zinc métallique vers les ions cuivre (II) mais de façon indirecte par l'intermédiaire du circuit extérieur .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

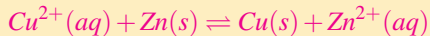
Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 4. Comparer l'évolution spontanée de ce système et celle du système de l'activité 1 . Conclure
- On a le même évolution et on obtient la même équation de la réaction spontanée d'oxydoréduction :



Il y a eu un transfert d'électron spontané du zinc métallique vers les ions cuivre (II) mais de façon indirecte par l'intermédiaire du circuit extérieur .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 5. *Quel est le rôle du pont ionique ?*
- Le pont ionique a deux rôles :
 - * la séparation des deux réactifs Le zinc métallique et les ions cuivre (II)
 - * l'immigration des ions d'un compartiment vers l'autre en conservant la neutralité des deux solutions et le passage de courant électrique

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 5. *Quel est le rôle du pont ionique ?*
- Le pont ionique a deux rôles :
 - * la séparation des deux réactifs Le zinc métallique et les ions cuivre (II)
 - * l'immigration des ions d'un compartiment vers l'autre en conservant la neutralité des deux solutions et le passage de courant électrique

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- 5. *Quel est le rôle du pont ionique ?*
- **Le pont ionique a deux rôles :**
 - * la séparation des deux réactifs Le zinc métallique et les ions cuivre (II)
 - * l'immigration des ions d'un compartiment vers l'autre en conservant la neutralité des deux solutions et le passage de courant électrique

I. Transferts d'électrons

Transformations spontanées dans les piles

allal Mahdade

Introduction

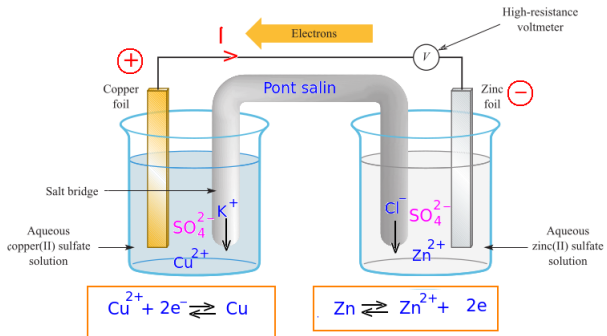
Transferts d'électrons

Comment réaliser une pile ?

Évolution spontanée d'une pile

Quelles quantités d'électricité peut débiter une pile ?

Explication



I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

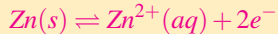
Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

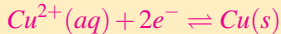
Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Lorsque le courant traverse le circuit il y a augmentation des ions Zn^{2+} dans le compartiment (1) selon la demi-équation suivante :



en revanche , les ions Cu^{2+} dans l'autre compartiment diminuent .



Pour qu'il y a un équilibre au niveau des charges , Les cations et les anions du pont salin migrent vers un compartiment ou l'autre pour assurer la neutralité électrique dans les deux compartiments .

I. Transferts d'électrons

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

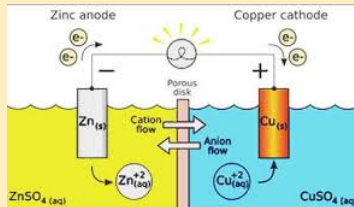
Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Le cas d'une paroi poreuse



Cas d'une paroi poreuse
perméable aux ions sulfates

Conclusion

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

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

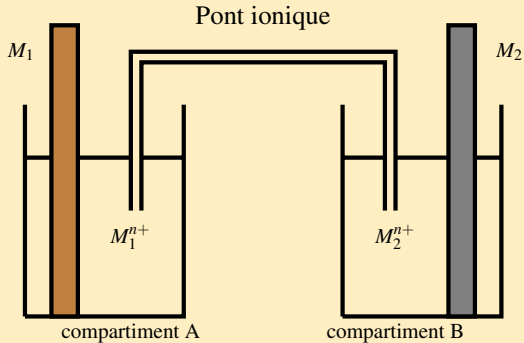
Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

1. Constitution d'une pile

De quoi est constitué un générateur électrochimique ?

Voir schéma ci-dessous :



II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

L'ensemble formé par deux métaux M_1 et M_2 plongeant chacun dans une solution contenant leur oxydant conjugué (M_1^{n+} , M_2^{n+}) constitue un générateur dit pile, lorsque les deux sont reliés par un pont salin ou ionique.

On appelle la pile zinc-cuivre : **pile Daniell**

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

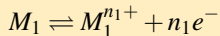
Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

2. Fonctionnement d'une pile

Les deux couples qui interviennent au cours de fonctionnement du pile sont : $M_1^{n_1+}/M_1$ et $M_2^{n_2+}/M_2$ avec M_1 est l'électrode négative de la pile, est le siège **d'une oxydation anodique**



Cette oxydation fournit des électrons au circuit extérieur .

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

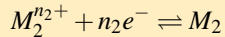
Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

tandis que M_2 est l'électrode positive de la pile , est le siège **d'une réduction cathodique**



où les électrons nécessaires pour cette réduction arrivent du circuit extérieur ,

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

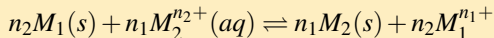
Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Au cours de fonctionnement d'une pile, il se produit une réaction chimique d'oxydoréduction d'équation chimique :



II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

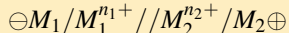
Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

On schématise une pile conventionnellement par :



On l'appelle **le schéma conventionnel**

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Conclusion :

☞ L'électrode négative d'une pile est l'électrode où il y a une oxydation . **On l'appelle l'anode**

☞ L'électrode positive d'une pile , est l'électrode où il y a une réduction . **On l'appelle la cathode .**

* L'anode est le siège d'une oxydation .

* La cathode est le siège d'une réduction

Chaque compartiment est appelé **demi-pile** , contient un couple oxydant/réducteur $M^{n+}(aq)/M(s)$

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

3. Les caractéristiques d'une pile

Une pile ou générateur électrochimique est un dipôle active (pôle positive et pôle négative) . Elle se caractérise par :

- * Une force électromotrice E , exprimée en volt (V) ;
- * Une résistance interne r
- * La tension aux borne d'une pile est donnée par la loi d'ohm :

$$U_{PN} = E - rI$$

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

- * On peut déterminer la polarité d'une pile et le sens du courant par un ampèremètre (activité 2).
- * On peut aussi déterminer la polarité d'une pile et la force électromotrice à l'aide d'un voltmètre .

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

4. Mesure de la force électromotrice d'une pile

Si on branche un voltmètre aux bornes de la pile , la pile ne débite pas (la résistance du voltmètre est très grande ($10M\Omega$)) et le voltmètre mesure la force électromotrice de la pile :

$$U = (V_{Cu} - V_{Zn}) \simeq 1,1V$$

La tension mesurée est positive , donc l'électrode de cuivre est le pole positif de cette pile et l'électrode de zinc son pôle négatif

II. Comment réaliser une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exercice d'application : Interprétation du fonctionnement d'une pile

On associe une demi-pile $Ag^+(aq)/Ag(s)$ et une demi-pile $Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$ à l'aide d'un pont salin .

Lorsque cette pile fonctionne , on observe la formation d'un dépôt d'argent métallique sur l'électrode d'argent , une diminution de la masse de l'électrode de zinc et une augmentation de la formation en ions zinc $Zn^{2+}(aq)$ dans l'autre demi-pile .

- 1 Quelles sont les réactions qui se produisent au niveau des électrodes ?
- 2 En déduire :
 - 1 Le sens du courant débité par cette pile ;
 - 2 la polarité de la pile ;
 - 3 l'équation de sa réaction de fonctionnement

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

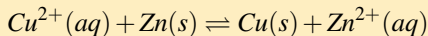
Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

1. Évolution spontanée d'une pile

Considérant la pile de l'activité expérimentale 2 dont l'équation de fonctionnement s'écrit :



La constante d'équilibre de cet réaction à 25°C est : $K = 4,0 \cdot 10^{36}$
La quotient de réaction du système à l'état initial est égal à :

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{Zn}^{2+}]_i}{[\text{Cu}^{2+}]_i} = \frac{C'}{C} = 1$$

On a $Q_{r,i} < K$, le système évolue dans le sens direct de l'équation de la réaction lorsqu'on ferme le circuit . Cette évolution se poursuit et le quotient de réaction évolue jusqu'à ce que le système soit en équilibre , avec $Q_{r,eq} = K$.

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Conclusion

Au cours de fonctionnement la pile constitue un système hors équilibre (Lorsqu'elle débite) .

Le critère d'évolution spontanée permet de déterminer le sens de déplacement des porteurs de charges dans une pile .

Au cours de l'évolution , l'avancement x de la réaction augmente , Q_r augmente et $I \neq 0$.

À l'équilibre , la pile ne peut plus débiter de courant et $x = x_{eq}$,
 $Q_r = Q_{r,q} = K$ et $I = 0$

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

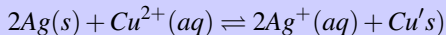
Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exercice d'application : Évolution d'une pile

À l'aide d'un pont salin de nitrate d'ammonium, on associe une demi-pile $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$, telle que $[Cu^{2+}]_i = 0,050 mol/l$ et une demi-pile $Ag^+(aq)/Ag(s)$, telle que $[Ag^+]_i = 0,010 mol/l$.

1. L'équation de la réaction d'oxydoréduction susceptible de se produire peut s'écrire :



À $25^{\circ}C$, sa constante d'équilibre vaut :

$$K = 2,6 \times 10^{-16}$$

Prévoir dans quel sens va évoluer ce système à $25^{\circ}C$?

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

2. En déduire les réactions aux électrodes et le sens de déplacement des porteurs de charges dans la pile .
3. Quelle est la polarité des électrodes ?
4. Faire un schéma de cet pile et aussi son schéma conventionnel .

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

2. Aspect énergétique d'une pile

Une pile est **un générateur électrochimique** ; elle permet de convertir une partie de l'énergie libérée par une réaction chimique en énergie électrique , puis de transférer cette énergie électrique au milieu extérieur

·
L'autre partie de l'énergie libérée par la réaction chimique est cédée au milieu extérieur par transfert thermique. C'est la raison pour laquelle une pile s'échauffe lors de son fonctionnement .

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Lorsque toute l'énergie chimique stockée dans la pile a été transférée au milieu extérieur, le processus s'arrête. Les espèces produites par la réaction de pile ne peuvent être à nouveau transformées en les réactifs initiaux. **La pile est usée**. On dit aussi qu'elle est **déchargée**.

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Les piles déchargent leur énergie sans possibilité de retour à l'état initial : la transformation chimique qui y a lieu est à la fois **spontanée et irréversible** .

III. Évolution spontanée d'une pile

Transformations
spontanées dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantités
d'électricité peut
débiter une pile ?

Remarque :

À l'inverse des piles, les accumulateurs sont susceptibles d'être rechargés une fois qu'ils ont délivré la majeure partie de l'énergie emmagasinée ; c'est ce qui fait leur intérêt .

IV. Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

1. Quelle quantité d'électricité débitée par une pile à un instant t ?

Au cours d'une durée de fonctionnement d'une pile Δt , Le circuit extérieur du pile est traversé par un courant électrique continue I .

On appelle Q , la quantité d'électricité qui traverse le circuit pendant cette durée, est donnée par la relation suivante :

$$Q = N \times |e|$$

Avec N est le nombre des électrons qui traverse le circuit pendant cette durée et e la charge élémentaire $|e| = 1,6 \times 10^{-19}C$

IV. Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Soit $n(e)$ la quantité de matière des électrons qui traversent le circuit pendant cette durée, tel que $n(e) = \frac{N}{N_A}$ donc $N = n(e) \times N_A$ d'où :

$$Q = n(e) \times N_A \times |e|$$

On pose

$$N_A \times |e| = 9,65 \times 10^4 \text{ C/mol} = \mathcal{F}$$

Avec \mathcal{F} est la valeur absolue de la charge d'une mole des électrons qu'on l'appelle **le faraday**

$$Q(t) = n(e) \times \mathcal{F}$$

Et d'après la définition du courant électrique qui est débité par la pile pendant une durée Δt :

$$Q = I \times \Delta t$$

IV. Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

La quantité d'électricité maximale débitée par une pile :

La quantité d'électricité débitée entre l'état initial et l'état d'équilibre final du système constituant la pile est **la quantité d'électricité maximale** Q_{max} pouvant être débitée par la pile.

Q_{max} est appelée **la capacité** d'une pile .

Pour la déterminer , il est nécessaire de déterminer le réactif limitant de la pile .

IV. Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

2. Quantités de matière mises en jeu

Peut-on relier les variations des quantités de matière des espèces mises en jeu dans la pile à la quantité d'électricité qui la traverse ?

IV. Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

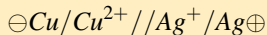
Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

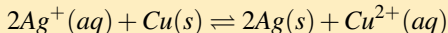
Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exercice d'application : Comment faire un bilan de la matière ?

On considère un pile donnée par son schéma conventionnel suivant :



et le système évolue dans le sens direct de l'équation :



Pendant une durée $\Delta t = 1,5 \text{ min}$, elle débite un courant d'intensité constante , $I = 86,0 \text{ mA}$

- 1 Quelle est la quantité d'électricité mise en jeu pendant cette durée ?
- 2 Quelles sont les variations correspondantes des quantités d'ions cuivre (II) , $\Delta n(\text{Cu}^{2+})$ et d'ions d'argent (I), $\Delta n(\text{Ag}^+)$? en déduire la variation de la masse d'argent qui va apparaître sur l'électrode d'argent .

IV. Quelles quantité d'électricité peut débiter une pile ?

Transformations
spontanés dans
les piles

allal Mahdade

Introduction

Transferts
d'électrons

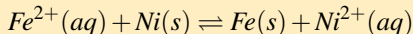
Comment réaliser
une pile ?

Évolution
spontanée d'une
pile

Quelles quantité
d'électricité peut
débiter une pile ?

Exercice d'application : capacité d'une pile

On relie par un pont salin une demi-pile de nickel de masse $m_1 = 0,20\text{g}$ plongeant dans une solution de nitrate de nickel(II) ($\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{NO}_3^-(\text{aq})$), de volume $V_1 = 50,0\text{ml}$ et de concentration $C_1 = 1,0 \times 10^{-2}\text{mol/l}$ à une demi-pile constituée d'un fil de fer de masse $m_2 = 1,0\text{g}$ plongeant dans une solution du sulfate de fer (II), $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, de volume $V_2 = 50,0\text{ml}$ et de concentration $C_2 = 5,0 \times 10^{-2}\text{mol/l}$. Ce système évolue dans le sens direct de l'équation de la réaction :



- 1 Déterminer l'avancement maximal de cette réaction et le réactif limitant .
- 2 En déduire la capacité de cette pile