







# LC26 : Conversion réciproque d'énergie électrique et d'énergie chimique

## Prérequis :

- généralités sur les réactions d'oxydoréduction
- loi de Nernst
- courbe courant-potentiel
- thermodynamique de l'oxydoréduction
- demi-piles
- Notion de corrosion

Niveau : CPGE

## Bibliographie :

-  *H-Prépa chimie PCSI* [1]
-  *Hachette PCSI* [2]
-  *Tout en un chimie PCSI - Breal* [3]
-  Electrochimie, E. Thibierge [4]
-  Agrégation chimie [5]
-  Electrolyse de l'eau [6]

## Rapports de jury :

2017 : *Extrait rapports*

## Table des matières

<b>1</b>	<b>La pile : Conversion d'énergie chimique en énergie électrique</b>	<b>3</b>
1.1	Principe général . . . . .	3
1.2	Etude thermodynamique . . . . .	4
1.3	Etude cinétique . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Électrolyse : Conversion d'énergie électrique en énergie chimique</b>	<b>4</b>
2.1	Étude thermodynamique . . . . .	4
2.2	Etude cinétique . . . . .	5
2.3	Application à la protection par électrozingage . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Accumulateur</b>	<b>5</b>
3.1	Accumulateur au plomb . . . . .	5
3.2	Rendement . . . . .	6

<b>4</b>	<b>Idées de manipulations :</b>	<b>7</b>
4.1	Sens spontanée avec le zinc et le cuivre . . . . .	7
4.2	Pile Daniell . . . . .	7
4.3	Accumulateur au plomb . . . . .	7
4.4	Electrozingage . . . . .	8
4.5	Électrolyse d'une solution d'eau salée pour former de l'eau de Javel . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Remarques et questions</b>	<b>9</b>

## Introduction

Il existe différentes manières de produire de l'énergie. On peut par exemple utiliser une réaction de combustion afin de chauffer de l'eau et produire de l'électricité via une turbine, mais on peut aussi utiliser de l'énergie d'une réaction chimique. Dans cette leçon on va essayer de comprendre comment cela fonctionne. On va notamment essayer de comprendre comment marche une batterie par exemple.

*Autre idée d'introduction* : Problèmes de stockage de l'énergie. On stocke l'énergie électrique en énergie chimique. Sous forme de batteries par exemple.

*Comment créer de l'énergie électrique à partir d'énergie chimique, et inversement ?*

✓ On met en route les manipulations suivantes pour la suite :

- **Manip** : On trempe une lame de Zinc dans une solution de sulfate de cuivre, et on trempe une lame de Cuivre dans une solution de sulfate de zinc. On reviendra sur cette manipulation un peu plus tard.
- **Electrozingage** : On applique un courant et on lance le chrono

## Proposition de plan :

# 1 La pile : Conversion d'énergie chimique en énergie électrique

## 1.1 Principe général

** lectrode, demi pile, etc [2]**

**Pile** : association de deux demi piles par une jonction électrolytique (solution qui contient des ions).

*Exemple* : pile Daniell (exemple historique, plus du tout utilisée de nos jours mais a le mérite de la simplicité)

[diapo : schéma pile Daniell](#)

**Animation** : Pile Daniell •représentation conventionnelle de la pile :



•force électromotrice :  $e = (E_D - E_G)_{i=0}$

Il s'agit de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite aucun courant.

✓ **Pile Daniell** : 2 piles en séries pour allumer une LED.

*Transition* : Mais quelle réaction d'oxydoréduction s'est faite ?

## 1.2 Etude thermodynamique

✓ **Manip** : On a trempé du cuivre solide dans une solution avec des ions  $Zn_{(aq)}^{2+}$  et dans un autre b cher , on a trempé du zinc solide dans une solution avec des ions  $Cu_{(aq)}^{2+}$ . On constate que seule la réaction entre  $Zn_{(s)}$  et  $Cu_{(aq)}^{2+}$  s'est faite. Il s'agit donc de la réaction qui se fait spontanément. On va essayer de le montrer.

 crire le calcul thermodynamique.

On obtient :  $\Delta_r G < 0$

critère d'évolution :  $\Delta_r G.d\xi < 0 \implies$  sens direct [3]

diapo : schéma de la pile Daniell avec anode,cathode, p les, sens des électrons...

*Transition : Lorsqu'une pile fonctionne à courant non nul, la thermodynamique ne permet plus de prévoir correctement la tension délivrée.*

## 1.3  tude cinétique

Remarque : Quand on trace des courbes courant-potentiel, on le fait demi-pile par demi-pile avec un montage trois électrodes. Cela implique donc qu'elles ne puissent pas rendre compte de la chute ohmique.

La **chute ohmique** se quantifie grâce à la **résistance interne de la pile**,  $r$ . Cette dernière dépend de la nature du pont salin et de la concentration des électrolytes (plus la concentration est grande plus la résistance interne est faible).

*Transition : On peut maintenant étudier la **transduction** inverse : Conversion de l'énergie électrique en énergie chimique. Ce processus est utile dans la purification des métaux par exemple (Alu ou cuivre).*

## 2  lectrolyse : Conversion d'énergie électrique en énergie chimique

Remarque : En pratique, ce n'est pas la conversion d'énergie qui est recherch e lors d'une électrolyse mais plutôt l'obtention de certains produits de réaction, en particulier en métallurgie.

### 2.1  tude thermodynamique

** lectrolyse** : Transformation forcée par un générateur dans le sens inverse de l'évolution spontanée.

Prendre l'exemple de l'électrolyse de l'eau pour obtenir du dihydrogène (pour avoir un premier exemple simple) Diapo :  lectrolyse du zinc??

Remarque : Dans un électrolyseur, pas besoin de pont salin pour séparer les réactifs ... en revanche il faut séparer les produits car la réaction en sens inverse est thermodynamiquement favorisée. En pratique, cette contrainte en est rarement une : ou bien un produit est solide et il reste sur l'électrode où il a été produit, ou bien un produit est gazeux et il se dégage au niveau de l'électrode.

-  crire les demis équations pour les deux couples avec leur enthalpie libre de demi réaction
- sommer les deux demis équations et obtenir l'enthalpie libre de la réaction

- Faire le critère d'évolution
- Montrer qu'on peut faire aussi avec l'échelle des oxydants et des réducteurs

 crire les équations avec les potentiels standard sans oublier les phases.

Faire le schéma redox avec ox à gauche et red à droite. Plus fort ox réagit avec le plus fort red (ox croissant avec E, red décroissant). Utiliser règle du gamma.

On peut comparer  $\Delta_r G^0$

*Transition : Pour forcer la réaction à se faire il faut donc appliquer une certaine tension avec le générateur. Comment prévoir sa valeur ?*

## 2.2 Etude cinétique

**Tension seuil d'électrolyse** : Tension minimale entre les deux électrodes permettant de démarrer l'électrolyse. [Diapo : courbe](#)

Remarque : Outre les contributions thermodynamique et cinétique qui se lisent sur les courbes intensité-potentiel, la tension d'électrolyse réelle contient également une contribution ohmique. Cependant, comme il n'y a pas de pont salin dans un électrolyseur, elle peut généralement être négligée en première approche.

## 2.3 Application à la protection par électrozingage

- Comme vous le savez les métaux sont soumis à la corrosion
- Une application intéressante de ce que l'on vient de voir au delà du fait de former des composées est aussi de déposer un revêtement métallique sur des éléments pouvant se corroder
- ainsi on peut, par électrolyse, déposer une couche de Zinc sur une lame en fer =  $i_c$  electro-zingage
- [Diapo : Principe electrozingage](#)
- retour sur ce qu'on a mis en route au début de la l on
- **✓ Manip** : Pesée de la masse de zinc formée

*Transition : On a étudié le fonctionnement de la pile et de l'électrolyseur, mais on ne sait toujours pas comment fonctionne une batterie, alors qu'elle semble posséder les deux propriétés (d chargeable et rechargeable).*

## 3 Accumulateur

Après avoir testé la manip de l'accumulateur au plomb qui a un peu foir , on a décidé de retirer cette partie, de parler de l'accumulateur en conclusion et de se concentrer sur l'électrozingage.

Une batterie est en fait composée de plusieurs accumulateurs en série ou en parallèle (d'où le nom *batterie*). Un accumulateur est un système qui permet de stocker de l'énergie électrique.

### 3.1 Accumulateur au plomb

Diapo : Animation Bosch

Présent dans les voitures ? Tel lithium ?

Faire de nouveau un schéma redox en fonction de  $E^0$ . Montrer le gamma décharge (favorisé) et le gamma inversé, la charge (défavorisé).

### 3.2 Rendement

✓ Manip : Décharge de l'accumulateur au plomb.

### Conclusion :

On conclut sur le fait qu'alors une batterie est constituée d'éléments qui permettent de faire les deux réactions dans les deux sens et donc fait pile et électrolyse.

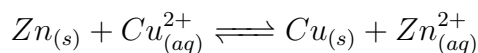
**Animation :** Accumulateur au plomb

L'énergie chimique est un moyen de stockage d'autres types d'énergies (thermique)

## 4 Idées de manipulations :

### 4.1 Sens spontanée avec le zinc et le cuivre

**Objectif :** Montrer que la réaction suivante se fait spontanément dans le sens direct :



produits	matériel
Solution de sulfate de cuivre à 0,5mol/L	lame de zinc
Solution de sulfate de zinc à 0,5mol/L	lame de cuivre
Soude à 0,1mol/L	

- ✓ On laisse tremper pendant quelques minutes du cuivre solide dans une solution avec des ions  $Zn_{(aq)}^{2+}$  (b cher 1) et dans un autre b cher , on a trempé du zinc solide dans une solution avec des ions  $Cu_{(aq)}^{2+}$  (b cher 2).
- ✓ Dans le b cher 1, il ne s'est rien passé
- ✓ Dans le b cher 2, la solution s'est décolorée signe de la disparition des ions  $Cu_{(aq)}^{2+}$ .
- ✓ On constate que seule la réaction entre  $Zn_{(s)}$  et  $Cu_{(aq)}^{2+}$  s'est faite. Il s'agit donc de la réaction qui se fait spontanément.

### 4.2 Pile Daniell

**Objectif :** Montrer le fonctionnement de la pile Daniell et mesure de sa fem.

produits	matériel
Solution de sulfate de cuivre à 0,5mol/L	2 lames de zinc
Solution de sulfate de zinc à 0,5mol/L	2 lames de cuivre
	2 ponts salins
	une LED
	2 multimètres

✓

**En préparation :**

✓

**En direct :**

✓

### 4.3 Accumulateur au plomb

**Objectif :** Montrer la charge et la décharge d'un accumulateur et calculer son rendement.

**Remarque :** Je ne vais pas développer cette manip ici, car elle n'a pas très bien marché quand nous l'avons faite en préparation. Nous avons donc décidé de ne pas la faire pour cette leçon mais je mettrai quand même les notes du TP sur le site.

## 4.4 Electrozingage

**Objectif :** Montrer que l'apport d'énergie électrique (grâce à l'alimentation) permet de former une couche de zinc sur une lame d'acier.

produits	matériel
solution d'acide chlorhydrique à 2 mol/L	lame de zinc
solution de sulfate de zinc à 1 mol/L	2 lames d'acier (1 pour direct, 1 pour préparation ?)
solution de chlorure d'ammonium à 1 mol/L	alimentation avec des câbles (montage électrolyse)
	papier abrasif
	sèche cheveux ou décapeur thermique
	chronomètre

### En préparation :

- ✓ On frotte la lame d'acier avec le papier abrasif et on la rince abondamment à l'eau. On la sèche.
- ✓ On trempe la lame d'acier dans un b  cher de 50mL contenant de l'acide chlorhydrique pendant environ une minute. On doit voir des bulles.
- ✓ On récupère la lame (sans toucher la zone où elle a trempé) on la rince à l'eau puis on la sèche avec du papier absorbant.
- ✓ **On pèse la lame d'acier.**
- ✓ Dans un b  cher de 100mL, on introduit 100mL de sulfate de zinc et 120mL de chlorure d'ammonium avec une éprouvette, les quantités exactes ne sont pas importantes ?)
- ✓ On place la lame de zinc et d'acier sur une potence et on les fait tremper dans le b  cher contenant les solutions précédentes.
- ✓ On branche le pôle - de l'alimentation sur la lame d'acier (là on veut faire une réduction) et le pôle + sur la lame de zinc (là où on veut faire une oxydation)
- ✓ On impose un courant d'environ 0,40A et on note la valeur exacte du courant qui sera imposé.
- ✓ Une fois le courant imposé on lance un chronomètre.
- ✓ Au bout du temps  $\Delta t$ , que l'on note, on arrête l'alimentation.
- ✓ Sortir la lame d'acier et la sécher au sèche cheveux ou au décapeur thermique.
- ✓ Peser la lame délicatement.
- ✓ On prépare le prochain électrozingage pour le direct :
- ✓ On frotte la lame d'acier avec le papier abrasif et on la rince abondamment à l'eau. On la sèche.
- ✓ On trempe la lame d'acier dans un b  cher de 50mL contenant de l'acide chlorhydrique pendant environ une minute. On doit voir des bulles.
- ✓ On récupère la lame (sans toucher la zone où elle a trempé) on la rince à l'eau puis on la sèche avec du papier absorbant.
- ✓ On prépare des b  chers des solutions à introduire dans le b  cher de l'électrolyse.
- ✓ **On prépare l'alim pour débiter à 0,40A (parce que souvent c'est galère !)**

### En direct :

- ✓ **On pèse la lame d'acier.**
- ✓ Dans un b  cher de 100mL, on introduit 100mL de sulfate de zinc et 120mL de chlorure d'ammonium avec une éprouvette, les quantités exactes ne sont pas importantes ?)



- ✓ On place la lame de zinc et d'acier sur une potence et on les fait tremper dans le b cher contenant les solutions précédentes.
- ✓ On branche le pôle - de l'alimentation sur la lame d'acier (là on veut faire une réduction) et le pôle + sur la lame de zinc (là où on veut faire une oxydation)
- ✓ On impose un courant d'environ 0,40A et on note la valeur exacte du courant qui sera imposé.
- ✓ Une fois le courant imposé **on lance un chronomètre.**
- ✓ Au bout du temps  $\Delta t$ , que l'on note, on arrête l'alimentation.
- ✓ Sortir la lame d'acier et la sécher au sèche cheveux ou au décapeur thermique.
- ✓ Peser la lame délicatement.

**Remarque :** Des explications seront aussi disponibles sur la feuille du protocole de TP associé.

## 4.5  lectrolyse d'une solution d'eau salée pour former de l'eau de Javel

**Objectif :** Montrer que l'on peut utiliser l'énergie électrique provenant d'une alimentation pour former de l'eau de Javel.

**Remarques :** Cette manipulation demande un peu de temps car si on veut remonter au rendement faradique, il faut doser l'eau de Javel. De plus, cette électrolyse est peu être un peu délicate car on met tout dans les produits dans le même b cher pour se servir de la dismutation et former  $ClO^-$ .

## 5 Remarques et questions

**Remarques :**

**Questions :**