



Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### Traitement de surfaces : Revêtement métallique par voie électrolytique

#### Présenté par :

- ◆ EL ALLAM Said

#### Encadré par :

- ◆ Mr CHANOUNI Khammar (SADF)
- ◆ Pr EL ASRI Mohammed (FST)

**Soutenu Le 15 Juin 2015 devant le jury composé de:**

- Pr EL ASRI Mohammed (FST)
- Mr CHANOUNI Khammar (SADF)
- Pr OUAZZANI CHAHDI Fouad (FST)
- Pr BOULAHNA Ahmed (FST)

**Stage effectué à la société SADF**

**Année Universitaire 2014 / 2015**

# Sommaire

Remerciement	
Introduction.....	1

## I. Présentation de l'entreprise:

1. Historique.....	2
2. Produit.....	2
3. Organigramme.....	3

## II. Procède de fabrication :

1. matière première.....	4
2. chaine de production:	
a. découpage.....	5
b. gravure.....	5
c. repoussage.....	6
d. fendage.....	6
e. limage.....	7
f. soudure.....	7
g. décapage.....	8
h. polissage.....	8
i. ravivage.....	8
j. contrôle de qualité.....	9
k. traitement de surface.....	9
l. emballage.....	10

## III. Sujet d'étude: traitement de surface par revêtement métallique par voie électrolytique :

1. Electrolyse.....	11
a. Définition.....	11
b. Principe.....	11
c. Les paramètres influençant sur l'électrolyse.....	12
d. Equipement du bain électrolytique.....	12
2. Types d'électrolyse utilisée dans la société SADF:	
a. Dégraissage.....	13
• Dégraissage chimique.....	14
• Dégraissage électrochimique.....	15

b. Bain de rinçage.....	16
c. Bain de cuivrage alcalin.....	17
d. Bain de cuivrage acide.....	18
e. Bain de nickelage.....	20
f. Bain de pré argent.....	22
g. Bain d'argenture.....	23
h. Séchage.....	24

#### **IV. Application de traitement de surface sur les plaques de laiton :**

1. rendement électrolytique.....	25
2. Estimation.....	25
3. dépôt de cuivre alcalin.....	26
4. dépôt de cuivre acide.....	26
5. dépôt de nickelage.....	27
6. dépôt d'argenture.....	27
7. Interprétation des résultats.....	28
8. Conclusion.....	29
9. Référence.....	30

# REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à **Pr. Mohammed EL ASRI** pour sa confiance et ses conseils qui m'ont permis de progresser sans cesse -

Je tiens à remercier **Mr. Abderrafie TAHIRI JOUTI** de m'avoir donné l'opportunité de réaliser mon stage au sein de la société SADF, pour son accueil chaleureux et sa confiance.

Je remercie **Mr. Khammar CHNOUNI** responsable de stage à qui depuis ma première journée à la société j'ai toujours trouvé un accueil bienveillant auprès de lui, c'est lui qui m'a confié ce travail et m'a guidé tout au long de ce stage.

J'aimerais tout particulièrement adresser mes sincères remerciements à **Mr. Said CHAKROUNE**, responsable de la filière de génie chimique.

Je tiens à remercier également les membres de jury :  
**Pr Ahmed BOULAHNA** et **Pr Fouad OUAZZANI CHAHDI** d'avoir accepté de juger mon travail.

# INTRODUCTION

Les traitements de surfaces recouvrent l'ensemble des opérations ayant pour but de modifier les caractéristiques superficielles des matériaux afin de leur conférer des propriétés spécifiques telles que la résistance à la corrosion, la dureté, la conductibilité, le polissage ou bien l'amélioration de leur aspect.

L'étude des traitements de surfaces de matériaux utilisés dans la fabrication des articles ne peut aboutir sans la connaissance de plusieurs axes .

Après une présentation de la société SADF, nous présenterons les différentes étapes du procédé de traitement de surface dans cette entreprise. Ensuite à l'aide d'une étude comparative, nous présenterons ces différents résultats lors de notre stage.

# Chapitre 1 : Présentation

## 1) Entreprise et son contexte:

Le SADF est spécialisé dans la fabrication des produits artisanaux et le traitement de leur surface. Elle essaye de trouver des solutions efficaces technologiques et économiques. Cette société occupe une place très importante dans ce domaine. Elle a acquis une renommée nationale et internationale grâce à sa qualité et diversité.

### 1.1) Historique :

La création de SADF remonte en 1982, en effet, un groupe de maîtres artisans avait mis en place une unité de production renfermant tout le processus de fabrication. Cela leur permettrait de préserver le produit artisanal, de le développer et de lui donner l'aspect qui réunit à la fois la beauté, le goût et la qualité sans oublier la prise en considération du coût pour qu'il soit abordable par la plupart des clients. Par ailleurs, depuis sa mise en place SADF n'a pas cessé de déployer ses efforts pour opposer son empreinte sur les articles en métal lumineux, tables, tabourets, miroirs ou autres types.

SADF a réussi de gagner la confiance des clients et d'imposer sa marque. En effet, elle occupe une place très importante parmi les meilleures sociétés susceptibles de représenter et d'honorer le produit artisanal marocain. Elle a donc participé remarquablement à plusieurs manifestations et foires. Ces participations ont été couronnées par plusieurs titres d'honneur à Fès, Casablanca, Rabat, Marrakech, Agadir...

Les clients de la société SADF sont aussi bien des Marocains que des étrangers :

Clients nationaux: établissement étatique, palais royal.

Clients internationaux: émirat Arabie (Dubai), Arabie saoudite.

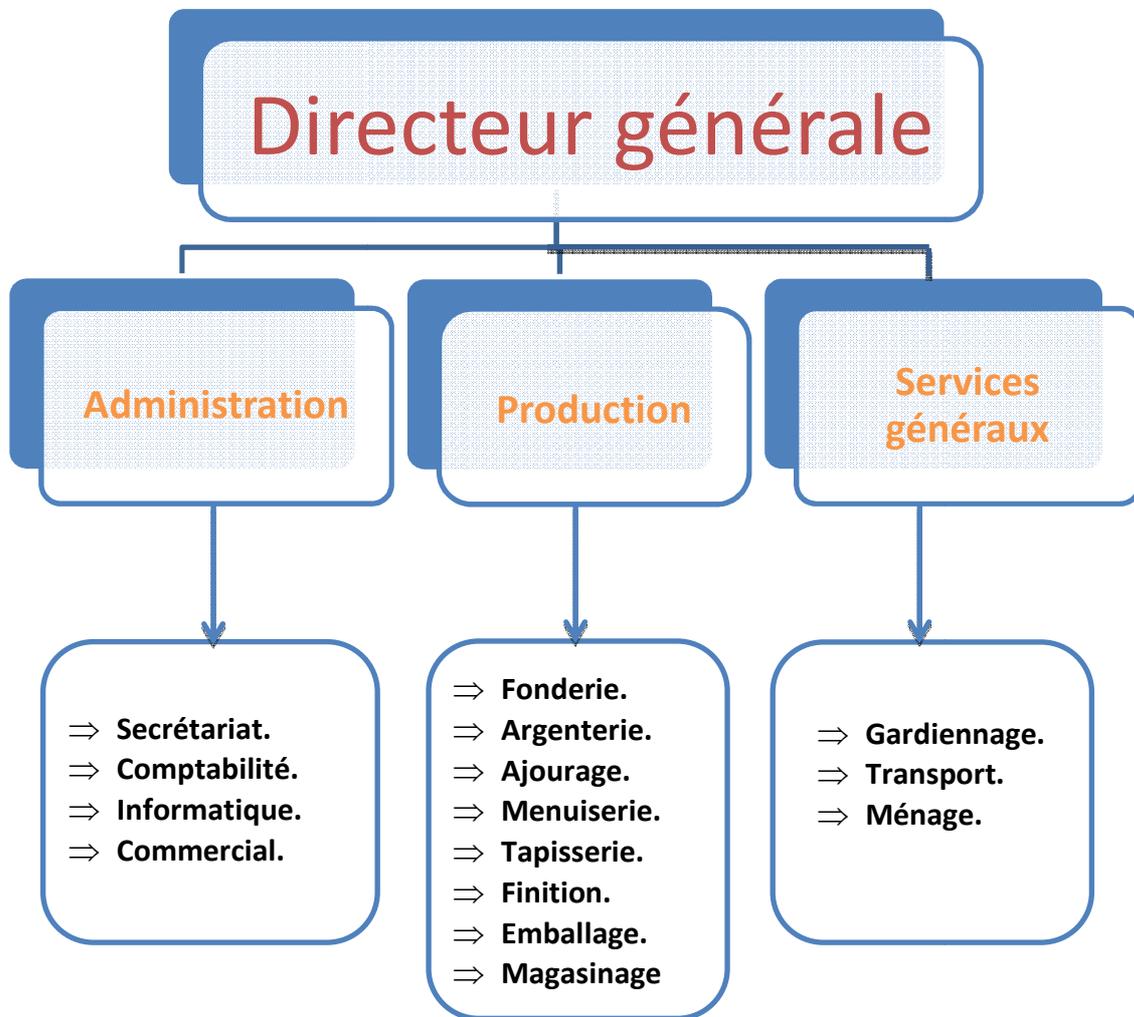
Aujourd'hui la société SADF continue dans la voie qu'elle s'est tracée à savoir la voie de la recherche et de l'innovation continue avec comme une mission de développement de l'artisanat marocain en termes de qualité et d'image de marque.

### 1.2) Produit :

La stratégie adoptée par la société SADF consiste à offrir une large gamme de produits pour satisfaire tous les goûts en évitant toute standardisation excessive. En effet, tout article produit par SADF est un chef-d'œuvre unique d'idée aux clients parce que tout client est considéré comme unique pour la société.

### 1.3) Organigramme :

L'organigramme de la société SADF est représenté par la fig. 1, son personnel est de 166 personnes. Avec 16% de femme et 84% hommes.



*Figure 1: organigramme de la société SADF.*

# Chapitre 2 : procédé de fabrication

A la SADF et comme toute société le procédé de fabrication est l'un des principaux objectifs qu'il faut tenir compte lors de la production. Ce procédé dépend étroitement de deux éléments à savoir :

- La matière première.
- La chaîne de production.

## I. Matière première:

- La matière première et de la chaîne de production.

SADF utilise le laiton comme leur matière première. Les laitons sont des alliages composés essentiellement de **cuivre** et de **zinc**, aux proportions variables. Selon les propriétés visées ils peuvent contenir d'autres éléments d'additions comme le **plomb**, l'**étain**, le **nickel**, le **chrome** et le **magnésium**.

- Les laitons sont parfois improprement appelés cuivre jaune. Selon leurs compositions, ils peuvent être appelés : **Tombac**, **Archal**, **Bronze florentin**. Exemple, le Bronze florentin (ou Bronze vénitien) est composé de 85 % de cuivre et 15 % de zinc.

On choisit le laiton grâce aux propriétés suivantes :

- Très bonne résistance à la corrosion et ductilité donne une bonne surface à travailler.
- Un alliage relativement malléable, peut être travaillé à chaud aussi bien qu'à froid.
- Pas ou peu d'oxydation, couche protectrice

Les propriétés physiques de l'alliage dépendent fortement de sa composition.

Par exemple pour un laiton contenant 90 % de cuivre et 10 % de zinc, la masse volumique est  $8800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , la conductivité thermique est environ  $121 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , et la température de fusion est environ  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Il existe trois catégories de laiton :

- ❖ **Les laitons simples (binaires)** : ils ne contiennent que du cuivre et du zinc. L'ajout de zinc abaisse la température du point de fusion de l'alliage ainsi que la conductivité électrique, mais en augmente la dureté et la résistance mécanique.

- ❖ **Les laitons au plomb** (environ 57à60 % de cuivre, 37à40 % de zinc, 1à 3 % de plomb) : le plomb amélioré l'usinabilité en se disséminant en fins globules qui permettent une meilleure fragmentation des copeaux.
- ❖ **Les laitons spéciaux** : ils ont pour but d'augmenter les propriétés mécaniques par l'addition d'éléments d'alliage, le nickel est utilisé dans les pièces de monnaie ou pour le plaquage du laiton, en raison de sa résistance à l'oxydation et à la corrosion.

## **II. Chaîne de production :**

### **a. Découpage:**

Les différents types de prototype sont tracés sur les plaques de laiton, en tenant compte de leurs caractéristiques. Ensuite ces plaques sont découpées soit manuellement ou électriquement.



***Photo 1 : Machine  
découpage***

### **b. Gravure:**

S'effectue avec un appareil appelé le burin, il s'agit d'une tige d'acier trempé affûté et fixée dans un manche qui découpe nettement le métal et l'enlève sous forme de copeaux.

Il est important de remarquer que ce procédé se repose sur l'habileté des maîtres artisans qui exécutent des motifs décoratifs.

- Dessin traditionnel
- Dessin moderne
- Dessin voulu par les clients



*Photo 2 : Dessin traditionnel  
et dessin moderne*

### **c. Repoussage :**

Le procédé de mise en forme des pièces produits à partir de d'un disque de tôle. Ceci a pour le but de fabriquer les articles des formes géométriques voulus et désirés.



*Photo 3 : Machine du  
repoussage*

### **d. Fonderies:**

Les chutes de laitons provenant des différentes étapes précédemment sont conduites aux fonderies, Cette fabrication se déroule en trois étapes:

- a. Fabrication d'un moule approprié et c'est partir d'un sable particulier.
- b. Fendage des chutes de laitons avec quelques grammes d'aluminium.
- c. Moulage qui consiste à couler l'alliage fondu dans les moules ayant la forme pour fabriquer les pièces de formes souhaitées après refroidissement.



*Photo 4 : Four de fendage des chutes du laiton particulier*

### **e. Limage:**

Les pièces provenant de la fonderie contiennent des irrégularités qui nécessitent des corrections à l'aide d'une machine pour donner aux bords de la pièce la forme demandée.



*Photo 6 : Machine de limage*

### **f. Soudure :**

Elle consiste à assembler les différentes pièces d'un article. Cette fixation est réalisée par des soudures en étain.



*Photo 7 : Une soudure réalisée avec un chalumeau*

### g. Décapage :

C'est l'élimination mécanique ou chimique des toutes les traces d'impuretés ainsi que les couches d'oxydes formées à la surface des objets. Cette attaque est faite par deux moyens:

- **Électrochimique** : pour oxyder la surface d'une pièce, placée en anode dans un électrolyse en présence H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- **Chimique**: surface attaqué par les acides fortes et concentrés.

Le décapage des laitons, appelé dérochage dans certaine industries lorsqu'il est suivi le brillantage s'effectue généralement à l'acide sulfurique dilué 10à15% d'acide sulfurique à densité ( $d=1.84$ ) dans l'eau à des températures ne dépassant pas 30à40°C.

La durée de décapage est de quelques minute pour des pièces ayant subi un usinage seul. En revanche, pour des pièces qui aurone subi une opération de matriçage, ledécapage peut demander plusieurs heur et nécessiter une action mécanique complémentaire (grattage, brossage, eau sous pression).

Après décapage, les pièces sont rances soigneusement, à l'eau courant de préférence, puis séchés immédiatement par un procédé approprié (air chaud, sciure de bois...).

### h. Polissage :

Sert à rendre lisse et brillant les articles par des différents matériaux tournant à grande vitesse avec une pate à pâlir.



*Photo 8 : machine de polissage*

### i. Ravivage:

C'est un polissage secondaire qui donne un éclat de l'article et rend sa surface plus vive et par utilisation d'une pate rouge et des machines équipées de papier abrasif.

## j. Contrôle de qualité:

Une série de contrôle et effectuer afin d'avoir une qualité désirée avant de les remettre à l'étalier de traitement des surfaces.

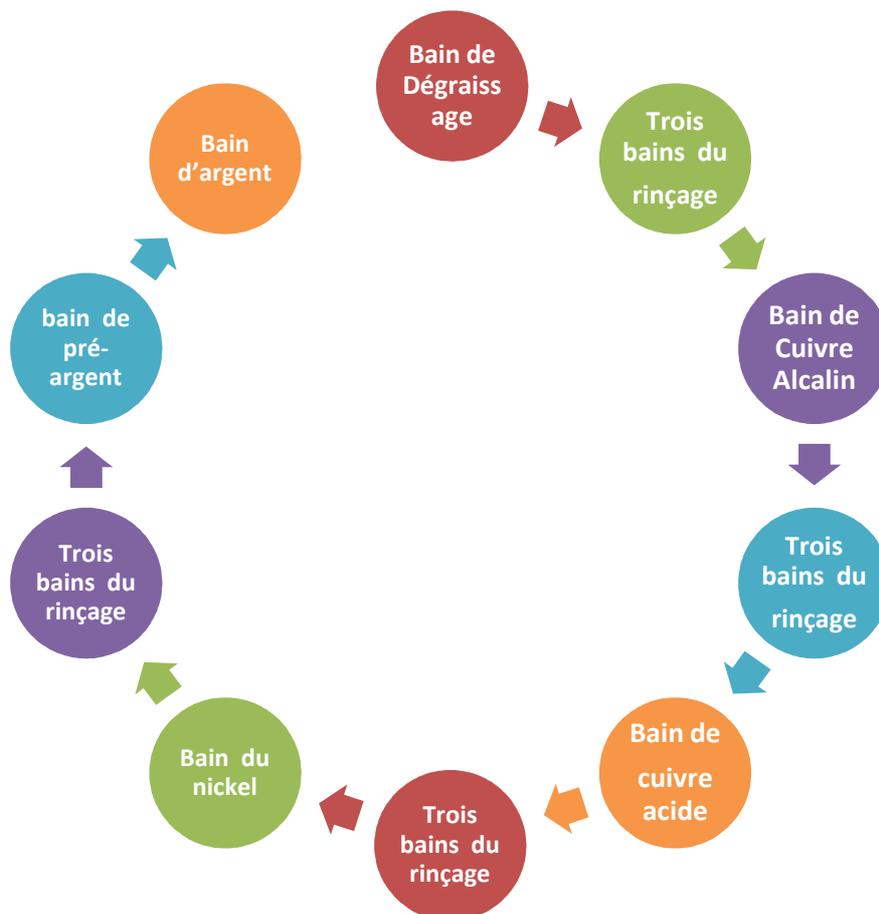


***Photo 9 : Contrôle de qualité par des spécialistes***

## k. Traitement de surface :

Le procédé de traitement de surface utilisé par le SADF, c'est basé sur le principe de l'électrolyse, il consiste à déposer une couche d'un métal sur un article artisanal et de lui conférer un aspect visuel agréable tout augmentant sa résistance à la corrosion et l'usure.

Les pièces fabriquées par la SADF passant dans plusieurs bains:





***Photo 10 : Bains de traitement de surface***

### **1. Emballage:**

L'emballage se fait en trois étapes:

1. Equiper de fabrication des emballages chargés de la fabrication des différents types d'emballage en respectant la forme de l'article.
2. Equiper de contrôle de la qualité des articles avant son emballage. Dans le cas d'un défaut, la pièce est retournée au service de production.
3. Equiper d'emballage, chargé d'assurer un emballage adéquat pour chaque pièce. Pour protéger ces articles contre les chocs et poussières lors de la transportation, on utilise l'emballage spécifique, exemple papier fin, sac en plastique, cartons...



***Photo 11 : Emballage en cartons***

# Chapitre 3 : traitement de surface par revêtement métallique par voie électrolytique

## 1. Electrolyse :

### a. Définition :

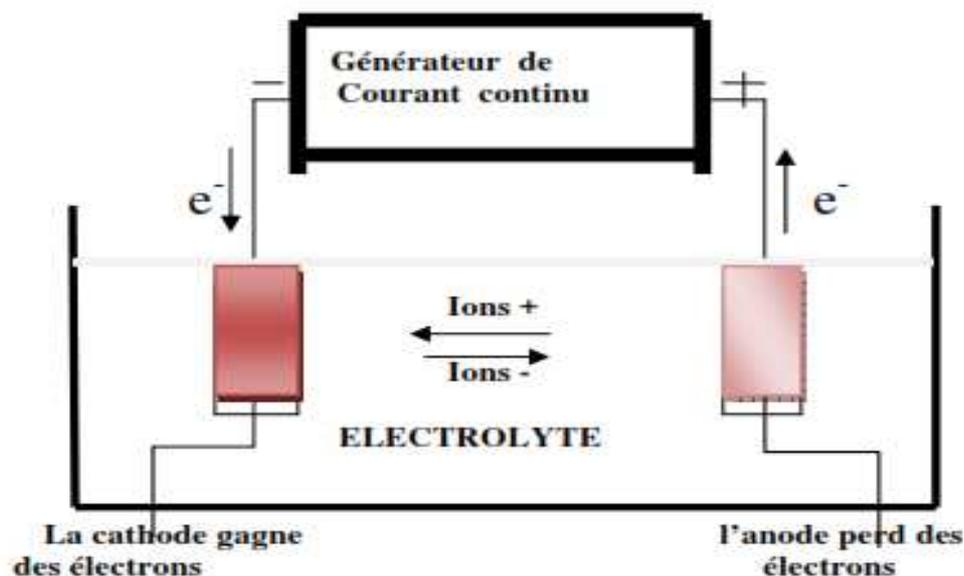
L'électrolyse est une méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. C'est le processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique.

### b. Principe :

L'électrolyse se réalise dans une cuve contenant un électrolyte dans lequel sont plongées deux électrodes reliées aux bornes d'un générateur de courant continu.

L'électrode positive (anode) aussi siège de phénomène d'oxydation et l'électrode négative (cathode) siège de réduction.

Lors du passage d'un courant **électrique continu**, les électrodes attirent à elles les **ions** de charge opposée.



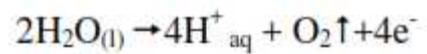
*Figure 2 : principe de l'électrolyse*

### c. Les paramètres influençant sur l'électrolyse :

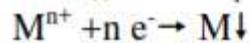
- ❖ **La température et le temps** : ils améliorent le rendement de dépôt du métal.
- ❖ **Surface de la pièce** : plus la surface d'échange est grande plus l'intensité du courant est élevée.
- ❖ **Le baumé (concentration)** : les proportions des composants doit être sur les normes pour donné une bonne forme de dépôt.
- ❖ **La vitesse de dépôt** : elle est proportionnelle avec la densité du courant traversant la pièce à plaquer.

#### En solution acide :

Réaction à l'anode :

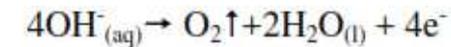


Réaction à la cathode :

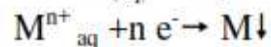


#### En solution alcaline:

Réaction à l'anode :



Réaction à la cathode :



### d. Equipement du bain d'électrolyse

- ❖ **Cuve**: sont protégée contre les attaques de certains électrolytes par un revêtement intérieur de caoutchouc, d'ébonite ou polychlorure de vinyle (pvc).
- ❖ **Générateur**: constitue la source d'énergie qui sera transformé en énergie chimique. Dans la société SADF on utilise le générateur potentiostat qui permet d'imposer un courant constant.



***Photo 12 : Générateur***

- ❖ **Chauffage**: les cuves sont équipées d'un système de chauffage assuré par les thermoplongeurs avec une régulation thermostatique. Pour réduire l'échange d'énergie avec milieu extérieur on utilise les boules en plastique flottantes sur les surfaces du bain.

- ❖ **Agitation** : se fait soit mécaniquement ou par air.
- ❖ **Filtration**: se fait par une filtration continue sur le charbon actif est indispensable afin d'obtenir une couche de métal propre et lisse déposée sur l'article.



*Photo 13 : Appareil de filtration*

## 1. Dégraissage :

### ❖ Définition générale du dégraissage:

**Dégraissage** : Traitement chimique ou électrolytique qui a pour rôle de rendre la surface physiquement propre afin d'assurer le bon déroulement des opérations ultérieures. Donc on peut dire que le dégraissage est une opération nécessaire dans le procédé de fabrication et que tous les métaux sans exception doivent être passés par cette opération.

### ❖ Les différents types du dégraissage :

Les différents types de dégraissage sont :

- **Un dégraissage chimique** : suivi ou non d'un traitement électrolytique, réalisé en milieu aqueux et destinés à détruire le résidu huileux de faible épaisseur.
- **Dégraissage électrolytique** : formulation des bains sensiblement identique à ceux de dégraissage chimique avec l'application de courant électrique.

À l'anode :



À la cathode:



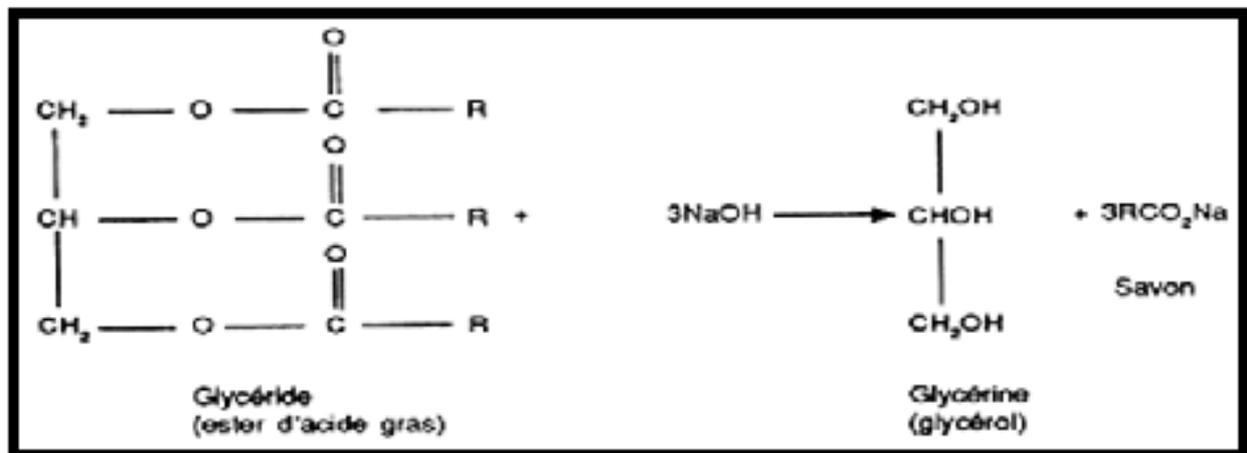
### A. Le dégraissage chimique :

On utilise des produits chimiques pour nettoyer l'aspect extérieur de la pièce. Ce dégraissage se fait par voie aqueuse dont on note la présence des solutions alcalines, neutres, émulsionnable etc. ...

#### 1. Le principe de dégraissage chimique :

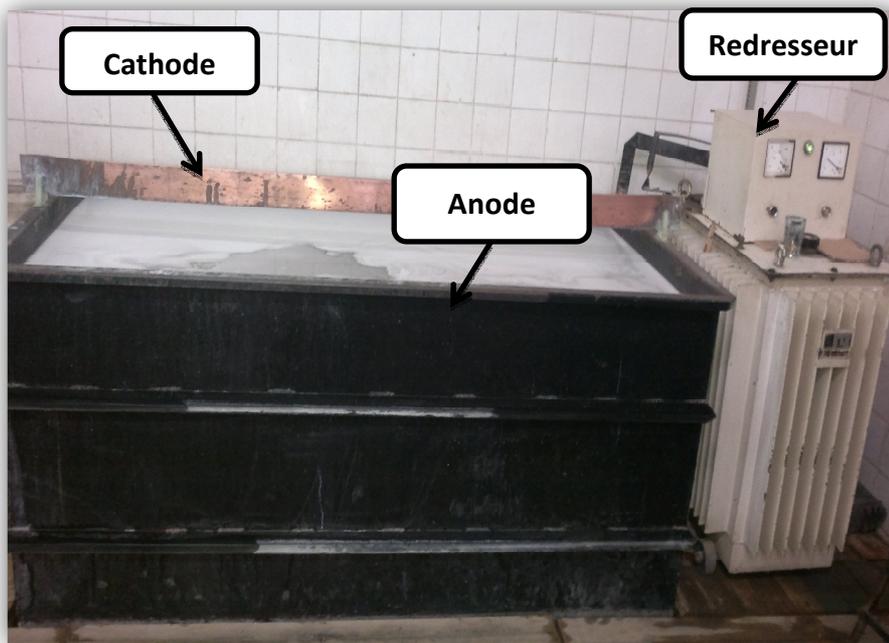
Le principe est simple, quand une pièce en métal couverte d'huile, de graisse, etc. est trempée dans une solution alcaline, il y a dans un premier temps un processus de saponification, c'est-à-dire formation d'un savon par réaction d'une huile avec une base. Dans un deuxième temps, un agent émulsifiant entre en jeu et entraîne une dispersion de l'huile en fine gouttelettes. Le nettoyage est complété par un rinçage à l'eau.

#### a) La réaction de saponification :



*Figure 3 : Réaction de saponification*

## B. Le dégraissage électrolytique :



*Photo 14 : Bain de dégraissage Article dégraissé*

Le principe de dégraissage électrochimique est le même que le dégraissage chimique. On utilise les mêmes produits mais on impose une densité de courant constante par un générateur de courant continu, à la solution par des électrodes.

La pièce est immergée dans la solution alcaline et aménagée de façon à constituer une des électrodes, le plus souvent la cathode. Dans ce dernier cas, on utilise un courant de  $10 \text{ A/dm}^2$ .

Lors du processus, il y a une quantité considérable d'hydrogène libérée. Ceci crée une agitation qui se combine à l'action chimique de la solution et active le nettoyage.

### Composition de bain

- **Cyanure de sodium.**
- **La soude caustique.**
- **Carbonate de sodium.**
- **Phosphate trisodique.**

### Condition de travail

- **Température ambiante.**
- **Le courant de  $10 \text{ A/dm}^2$ .**
- **Temps d'immersion ( $t=5 \text{ mins}$ ).**
- **PH=12.**
- **Degré baumé :  $15^\circ$  à  $17^\circ$ .**

## 2. Bain de rinçage :



*Photo 15 : Les baigns de rinçage*

Les opérations de rinçages se situent entre chaque opération de bain actif. Les pièces traitées aux baigns de dégraissage sont rincées trois fois successifs afin d'assurer leur traitées aux baigns de dégraissage sont rincées trois fois successifs afin d'assurer leur purification.

**But:** consiste à éviter d'amener les traces d'ions provenant du bain précédent qui peuvent altérer les contenus de bain suivant.

## 3. Cuivrage :

Le cuivrage est une opération de revêtement par du cuivre, de la surface des pièces devant être protégées de l'oxydation, en utilisant électrolyse dans des baigns ou les anodes sont à base de cuivre. Il y a deux procédés principaux utilisés en SADP l'un avant l'autre qui sont respectivement le cuivrage alcalin et le cuivrage acide. Leurs compositions et rendements son différents.

## a. Cuivre alcalin :



*Photo 16 : le bain de cuivrage alcalin Article cuivré*

### Composition de bain

- Cyanure de sodium.
- Cyanure de cuivre.
- Sel N°11.
- Soude caustique.
- Les additifs :
  - Ultimal brillanteur
  - Ultimal base
  - Mouillant
  - Epurateur

### Condition de travail

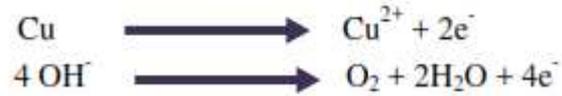
- Température (  $T = 35\text{ °C}$  à  $40\text{ °C}$  )
- pH = 11
- baumé est de 14°.
- temps d'immersion (  $t = 5$  à  $10$  mins )
- Intensité de courant (  $I = 0.5$  à  $3\text{ A/dm}^2$  )

Au cours de l'électrolyse le dépôt des ions  $\text{Cu}^{2+}$  est assuré par le sel  $\text{CuCN}_2$ , le sel N°11 joue le rôle de conducteur, à cause des ions cyanure qui assurent la conductivité des ions cuivreux jusqu'à la pièce réceptrice du dépôt.

Les réactions qui se produisent dans ce bain sont :

❖ **A l'anode :**

L'anode se dissocie en donnant du cuivre II et en libérant des électrons dans la solution riche en cations  $\text{Cu}^{2+}$ . Cette anode a pour but de régénérer les pertes de ces cations en solution et de fermer le circuit en conduisant le courant, selon les demi-réactions suivantes :



❖ **A la cathode:**

De même les articles du laiton jouent le rôle de la cathode, les cations métalliques en solution gagnent les électrons imposés par le courant (borne négative) et son degré d'oxydation doit se réduire selon les demi-réactions suivantes :



**b. Cuivre acide :**



***Photo17 : Bain du cuivre acide***

## Composition de bain

- Sulfate de cuivre  $\text{CuSO}_4$ .
- Acide sulfurique .
- Additifs :
  - CUBRAC brillant.
  - CUBRAC nivelant.
  - CUBRAC base.
  - Mouillant.
- Anodes du cuivre contenant une portion du phosphore ensachées en paniers.

## Condition de travail

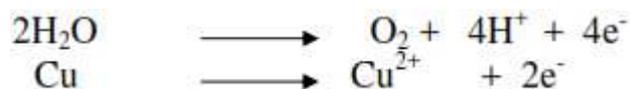
- Température Ambiante.
- Temps de traitement : 15 à 20 min.
- $\text{PH} \leq 4,5$
- Degré baumé : 19 à 25.
- Densité de courant : 0,5 à 3  $\text{A/dm}^2$ .

Le dépôt du cuivre dans ce milieu est effectué de la même manière que celle du milieu basique. Sauf qu'ici, l'anode est constituée d'une grosse plaque métallique, composée d'une grande quantité de cuivre et d'une portion de phosphore, ce dernier favorise la formation des grains très fines. Pour le temps dont chaque pièce doit passer dans le bain du cuivrage est généralement de 15 à 20 min. Mais, Pour avoir une coloration foncée et plus brillante au cuivre il faut la présence des brillanters dans l'électrolyte.

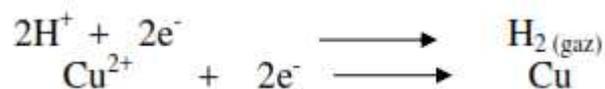
Il est conseillé dans tous les cas d'utiliser une agitation à air et de filtrer continuellement par le charbon actif afin d'assurer un dépôt pur et lisse.

Les réactions qui se produisent dans le bain sont :

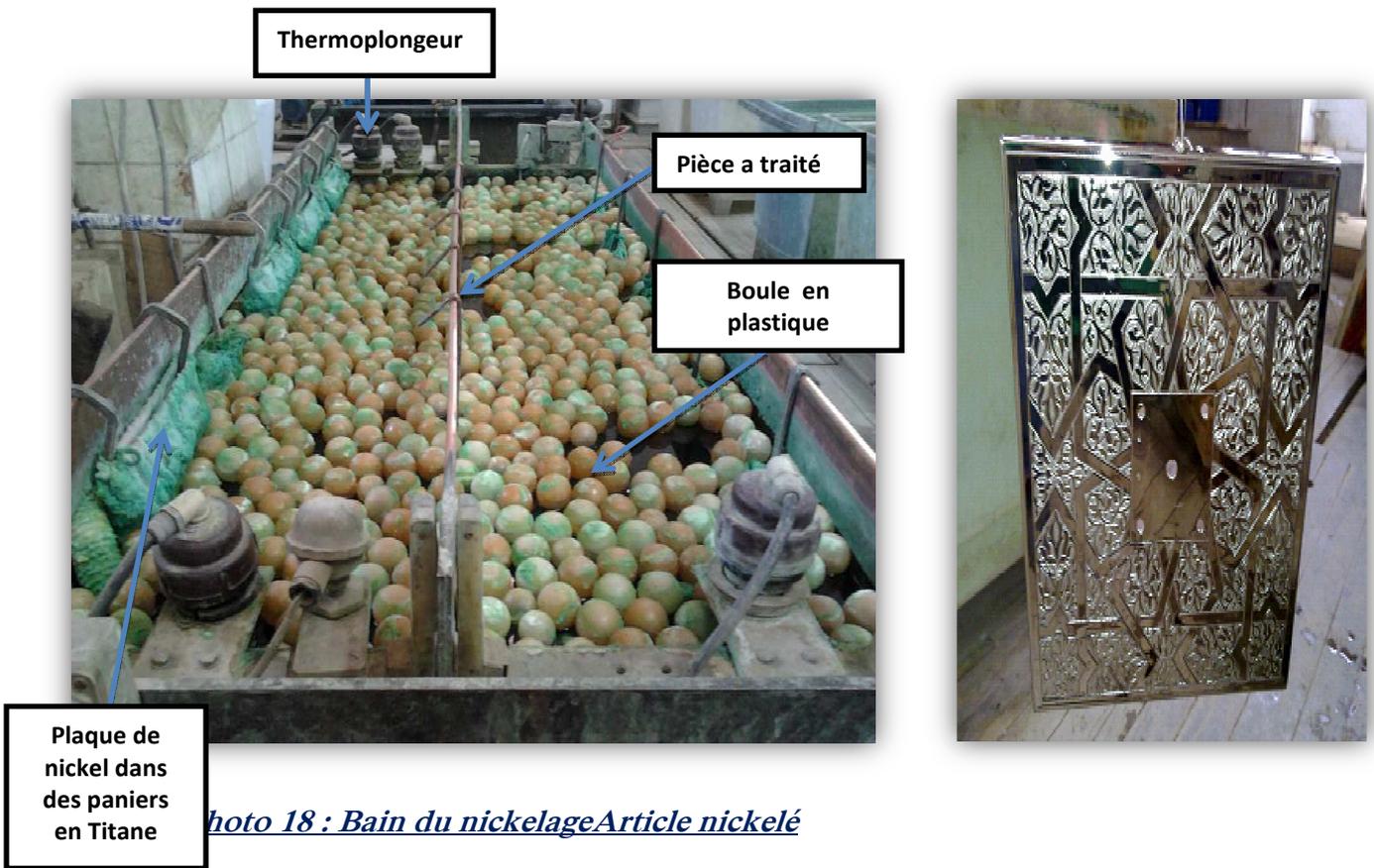
❖ A l'anode :



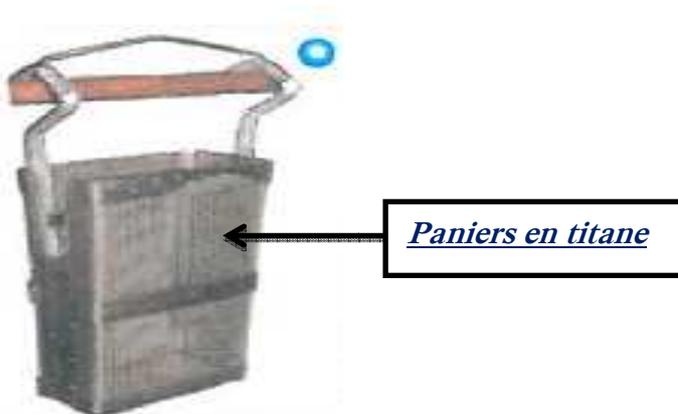
❖ A la cathode:



#### 4. bain de Nickelage :



**NB :** Les anodes sont souvent constituées de paniers en Titane platiné contenant des morceaux de Nickel qui vont s'oxyder. Pour éviter que des bouts d'anode détachés migrent dans la solution et contaminent le dépôt, on place les paniers dans des sacs qui vont retenir ces débris tout en permettant la circulation des ions.



## Composition de bain

- Sulfate de nickel  $\text{NiSO}_4$ .
- Chlorure de nickel  $\text{NiCl}_2$ .
- Acide borique (45 à 55 g/L).
- Additifs :
  - brillanteur.
  - Mouillant.
  - Nivelant.
  - Purificateur.
  - Fixateur.
- Anodes du nickel ensachées en sacs.

## Condition de travail

- Température : 60°C à 70°C
- Temps de traitement : 10 à 15 min.
- PH : 3,8 à 4,8.
- Degré baumé : 25 à 30.
- Densité de courant : 3 à 5 A/dm.
- Agitation mécanique.

Durant le nickelage, on accroche toutes les pièces à la barre cathodique et on place à l'anode plusieurs barres du métal de nickel. Lorsque le courant passe, les ions positifs du nickel migrent vers le pôle négatif (article) et se déposent sous forme de couche de métal dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion.

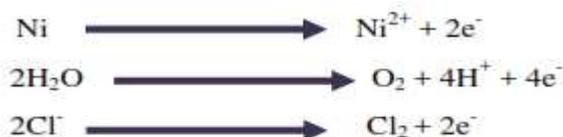
Le nickel est dans l'électrolyte sous forme d'ions nickel nécessaire à la réaction :



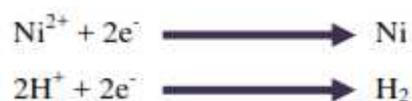
Sa teneur détermine la densité du courant maximum admissible. Sa concentration se maintient par dissolution anodique et par addition de sel de nickel, la source principale d'ions nickel est sulfate de nickel, le chlorure de nickel fournit des ions chlorures qui assurent une bonne dissolution anodique et augmentent la conductivité de l'électrolyte.

L'acide borique joue un rôle de tampon du pH, il limite le dégagement d'hydrogène à la cathode et contribue à l'amélioration de la brillance.

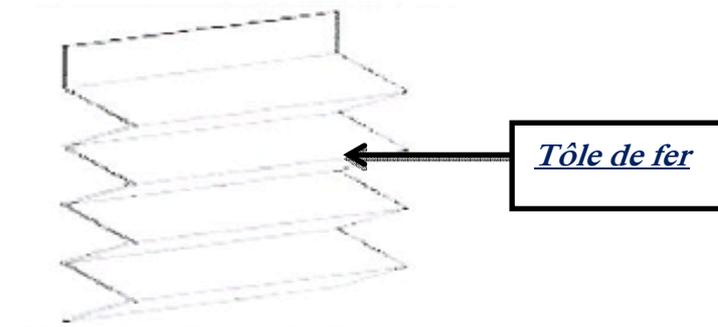
### ❖ A l'anode :



### ❖ A la cathode:



**NB :** Certaines impuretés métalliques peuvent être présentes par exemple dans le bain de nickelage, pour l'éliminer il faut réaliser une électrolyse sélective. Cette opération a pour but d'éliminer ces impuretés métalliques présentes. Celles-ci ont la faculté à se co-déposer à très faible densité de courant cathodique sur une tôle ondulée de fer pendant la période de repos.



## 5. bain de Pré-argent :



*Photo 19 : Le bain de pré-argentage*

C'est une étape qui dure entre 5 à 10 secondes. Elle a pour but de déposer une faible couche d'argent pour éviter toute transmission des impuretés au bain d'argentage.

## Composition de bain

- Cyanure de potassium.
- Cyanure d'argent.
- Anode inox.
- Eau déminéralisé.

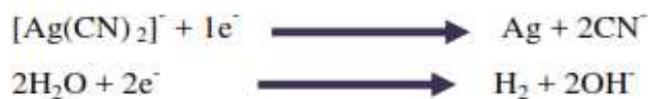
## Condition de travail

- Température ambiante.
- Courant très fort.
- t=5 à 10 seconds.
- filtration sur charbon actif.
- Baume=14.

❖ A l'anode :



❖ A la cathode:



## 6. bain d'argent :



*Photo 20 : Le bain d'argentageArticle argenté*

Les dépôts électrolytique d'argent sont blancs, tenders de très bonnes soudabilités, de conductibilité thermique et électrique excellentes. Il permet d'assure simultanément une bonne protection contre la corrosion.

Les réactions sont les mêmes que celles qui se produisent en pré-argentage, sauf qu'à l'anode, on aura en plus, l'oxydation des plaques d'argent. La réaction mise en jeu est :



### Composition de bain

- Cyanure de potassium.
- Cyanure d'argent.
- Anode d'argent pur avec les anodes d'inox.
- Eau déminéralisé.
- Les additifs :
  - SELVRIUM brillanteur.
  - SELVRIUM base.
  - Epurateur d'argent R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>.

### Condition de travail

- Température ambiante.
- Filtration sur charbon actif.
- PH = 3.8 à 5.5 .
- Baumé est de 25 .
- Temps d'immersion(au choix)
- Courant 0.5 à 1 A/dm<sup>2</sup>.
- Agitation mécanique.

## 7. Séchage :

Les pièces bien traitées sont rincées puis séchées à des températures allant jusqu'à 130°C.



*Photo 21 : machine de séchage à air chaud*

# Chapitre 4 : Application de traitement de surface sur les plaques de laiton :

## 1. Rendement électrolytique :

Le calcul du rendement permet de déterminer l'efficacité d'une synthèse chimique. L'intérêt du chimiste sera de déterminer la condition opératoire permettant de l'optimiser pour s'approcher le plus près possible de 100%. Les pertes de rendement peuvent avoir diverses origines : réactions parasites, pertes lors des diverses étapes de la synthèse (filtration, agitation...)

Dans cette partie de pratique on a utilisé comme échantillon 5 plaques de laiton ont une surface de  $25\text{cm}^2$  après avoir effectué le polissage et le dégraissage, ces plaques sont pesées au préalable.

## 2. Estimation :

Le dépôt dans la galvanoplastie dépend de la quantité d'électricité imposée dans les bains qui est déterminée en appliquant la loi de Faraday :

$$Q = \frac{n \cdot F \cdot M_{th}}{M} \quad \text{donc} \quad M_{th} = \frac{Q \cdot M}{n \cdot F} \quad (1)$$

$$\text{On sait que : } i = \frac{dq}{dt} \quad \text{donc} \quad Q = \int_0^t i dt = I \cdot t \quad (2)$$

Car le courant est continu, on le considère constant : et d'après (1) et (2) on obtient :

**Avec :**

**I** : intensité de courant en (A).

**t** : temps d'immersion en seconde.

**M<sub>th</sub>** : masse théorique en (g).

**n** : nombre d'électrons.

**F** : constante de Faraday 96500 C/mol.

**M** : masse molaire du métal en solution g/mol.

Et le rendement se calcule par :

$$R = \frac{M_{exp}}{M_{th}} \times 100.$$

Avec :  $M_{\text{expérimentale}}$  = la masse de l'article après le dépôt - la masse de l'article avant le dépôt.

### 3. Plaque de cuivre alcalin :

On a immergé cette plaque pendant 10 mn dans le bain de cuivre alcalin à un courant de 4A/dm<sup>2</sup> la masse expérimentale obtenue est :

$$M_{\text{exp1}} = 8.65\text{g} - 8.38\text{g} = 0.27\text{g}.$$

**La masse théorique est :**

On sait que La masse molaire de cuivre est de **M= 63.54 g/molet** le nombre d'électron est déterminer de la demi réaction suivante :



$$M_{\text{th}} = \frac{I.t.M}{n.F}$$

$$\text{A.N : } M_{\text{th1}} = (4 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 63,54) / (2 \cdot 96500)$$

$$M_{\text{th1}} = 0,79 \text{ g}.$$

$$\text{Rendement : } R_1 = (0.27/0.79) \cdot 100$$

$$R_1 = 34\%$$

### 4. Plaque de cuivre acide :

On a immergé cette plaque pendant 20 mn dans le bain de cuivrage acide à un courant de 4A/dm<sup>2</sup> la masse expérimentale obtenue est :

$$M_{\text{exp2}} = 8.93 \text{ g} - 8.46\text{g} = 0.47 \text{ g}.$$

**La masse théorique est :**

On sait que La masse molaire de cuivre est de **M= 63.54 g/molet** le nombre d'électron est déterminer de la demi réaction suivante :  $n= 2$ .

$$M_{\text{th}} = \frac{I.t.M}{n.F}$$

$$\text{A.N : } M_{\text{th2}} = (4 \cdot 20 \cdot 60 \cdot 63,54) / (2 \cdot 96500)$$

$$M_{\text{th2}} = 1,58 \text{ g}.$$

$$\text{Rendement : } R_2 = (0.47/1.58) \cdot 100$$

$$R_2 = 30\%$$

## 5. Plaque de nickel

On a immergé cette plaque pendant 15 mn dans le bain de nickelage à un courant de 5A/dm<sup>2</sup> la masse expérimentale obtenue est :

$$M_{\text{exp}3} = 8.59 \text{ g} - 8.39\text{g} = 0.20 \text{ g.}$$

**La masse théorique est :**

On sait que La masse molaire de Nickel est de **M= 58.7 g/mol** et le nombre d'électron est déterminer de demi réaction suivante :



$$M_{\text{th}} = \frac{I.t.M}{n.F}$$

$$\text{A.N : } M_{\text{th}3} = (5 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 58.7) / (2 \cdot 96500)$$

$$M_{\text{th}3} = 1.37 \text{ g.}$$

Rendement :

$$R_3 = (0.20 / 1.37) \cdot 100$$

$$R_3 = 14\%$$

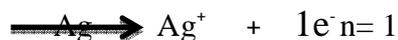
## 6. Plaque d'argent :

On a immergé cette plaque pendant 15 mn dans le bain d'argentage à un courant de 0.5A/dm<sup>2</sup> la masse expérimentale obtenue est :

$$M_{\text{exp}4} = 8.68 \text{ g} - 8.49\text{g} = 0.19\text{g}$$

**La masse théorique est :**

On sait que La masse molaire d'argent est de **M= 107.9g/mol** et le nombre d'électron est déterminer de demi réaction suivante :



$$M_{\text{th}} = \frac{I.t.M}{n.F}$$

$$\text{A.N : } M_{\text{th}4} = (0.5 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 107.9) / (1 \cdot 96500)$$

$$M_{\text{th}4} = 0.50 \text{ g.}$$

Rendement :

$$R_4 = (0.19 / 0.5) \cdot 100 = 38\%$$

## 7. Interprétation des résultats :

Les résultats sur les rendements semblent logiques car ils sont influencés par les paramètres suivants :

- Perte des ions métalliques au niveau des crochets qui lient les articles à la cathode.
- L'effet de la concentration dans la solution pendant l'électrolyse.
- La température, le pH, l'agitation, la filtration...
- Le temps de la migration des ions dans la solution.

Pour améliorer les résultats il faut tenir compte d'autres facteurs :

- les bains électrolytiques doivent être nettoyés complètement par filtrations en continu au charbon actif.
- Les impuretés doivent être oxydées par  $H_2O_2$  et  $KMnO_4$ .
- Que l'eau utilisée doit être parfaitement déminéralisée.

Donc on peut dire qu'un bon dépôt électrolytique dépend de plusieurs facteurs comme la concentration, la propriété du métal, le pH de l'électrolyte, la température, la densité de courant, de la solution et l'ajout des sels et des brillanters.

## Conclusion

Le stage que j'ai effectué au sein de la société SADF, m'a permis d'appliquer quelques procédés d'électrolyse à l'échelle industrielle et de comprendre le phénomène de traitement de surface.

Ce stage m'a été très fructueux, il m'a permis de comprendre le fonctionnement de cette entreprise et de confronter mes connaissances scientifiques et théoriques à la réalité pratique du monde de l'industrie.

## Références :

<http://www.wikipedia.com>

<http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/dico/d/physique-electrolyse-339/>

<http://www.ma.auf.org/corrosion/Galva.html>

<http://www.webpeda.ac-montpellier.fr>

[Rapport destage deELALAMI Mohammed](#)