



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

**TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET  
CONTROLE DE QUALITE  
(TACCQ)**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**Traitement de surface par voie électrolytique**

**Présenté par :**

◆ Ibn Zaïar Soufiane

**Encadré par :**

◆ Pr. Chnoui khamar (SADF)

◆ Pr. Bali Hamza (FST)

**Soutenu Le 11 Juin 2014 devant le jury composé de :**

- Pr Harrach Ahmed (FST)
- Pr El Ghadraoui El Houssine (FST)
- Pr Bali Hamza (FST)
- Pr chnoui khamar (SADF)

**Stage effectué à SADF**

**Année Universitaire 2013 / 2014**

## **Remerciement**

Au terme de ce travail de fin d'études, il m'est particulièrement agréable d'adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à mener à bien ce travail.

Je tiens à présenter mes sincères remerciements à la direction de la société SADF pour sa sensibilisation vis-à-vis des stagiaires, en leur accordant des stages.

Mes remerciements s'adressent également à Mr Chanouni khamar, mon encadreur de stage, pour son aide précieuse, ses remarquables efforts d'orientation et ses précieux conseils, je le remercie profondément.

Je tiens à remercier vivement Mr Hamza Bali et Mr Kandri Rodi Youssef de la FSTS, qui ont bien voulu assurer l'encadrement de ce travail, ils ont été généreux par leurs orientations et leurs directives, je les remercie profondément pour leur soutien.

Enfin, je voudrai rendre hommage à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

## **Dédicace**

Qu'il me soit permis de dédier ce travail de fin d'étude

*À mes chères parents*

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon grand amour, mon estime, ma reconnaissance et ma profonde affection. Je ne saurais vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour moi, et ce que vous faites jusqu'à présent. Que dieu vous garde et vous accorde longue vie, vous êtes ma première raison de rester en vie.

*À mes chères sœurs et frères*

En témoignage de mon profond respect et amour. Je vous remercie pour votre soutien moral et vos encouragements. Je vous souhaite tout le bonheur du monde, que vous soyez toujours à la hauteur.

*À tous ceux qui me sont chers et que je n'ai pas cité mais que je n'ai pas oublié.*

## Sommaire

**Introduction** .....1

**Chapitre 1 :Présentation de l'entreprise** .....2

I. Historique.....3

II. Structure de la société SADF.....3

III. Principaux clients.....4

IV. Identification de la société.....4

V. Processus de fabrication des produits.....4

1. La matière première.....5

2. La chaîne de production.....5

a) Modélisation.....5

b) Découpage.....5

c) Gravure.....5

d) Repoussage.....5

e) Fonderie.....6

f) Limage.....6

g) Soudure.....6

h) Décapage.....6

i) Polissage.....6

j) Contrôle de qualité .....6

k) Ravivage.....6

l) Emballage.....7

**Chapitre 2 : Processus de traitement de surface adopté par la SADF**.....8

I. Généralités.....9

❖ L'électrolyse.....9

❖ Principe de la galvanoplastie.....9

❖ Domaine d'application.....10

II. Equipement et procédé.....11

❖ Cuve.....11

❖ Chauffage.....11

❖ Générateur.....11

❖ Les électrodes.....11



|   |    |
|---|----|
| ❖ Agitation.....  | 11 |
| ❖ Filtration.....   | 11 |
| III. Instruments utilisés par la société.....   | 12 |
| ❖ Arèomètre.....  | 12 |
| ❖ Le <u>papier pH</u> .....   | 13 |
| ❖ Hygiene et securite.....  | 13 |
| IV. Nettoyage de surface.....   | 14 |
| ❖ Le dégraissage chimique.....  | 14 |
| ❖ Le Dégraissage électrolytique.....  | 14 |
| V. Constitution des bains d'électrolyse.....  | 15 |
| A. Bains de dégraissage.....  | 15 |
| B. Bain de cuivrage.....  | 16 |
| I. Bain Cuivrage alcalin.....   | 17 |
| II. Bain de cuivre acide.....   | 18 |
| C. Bain de Nickelage.....   | 20 |
| D. Bain de Pré-argentage.....   | 21 |
| E. Bain d'Argentage.....  | 22 |
| F. Bains de rinçage .....   | 24 |
| G. Séchage.....   | 24 |
| VI. Les lois pour calculer la masse déposée et le rendement sur des articles en laiton..... | 25 |
| A. Estimation de la masse déposée sur une plaque de laiton.....                             | 25 |
| B. Interpretation des resultats.....  | 28 |
| Conclusion .....  | 29 |

## **Introduction :**

La société des artisans dinandiers de Fès dénommée SADF dispose d'une longue expérience dans la fabrication des articles artisanaux comme les plafonniers, les lampadaires, les tables. La dite société intègre dans son processus de fabrication des procédés de traitement de surface semi-modernes lui permettant ainsi de garantir des produits de qualité, sûrs et sains destinés à tous ces marchés national et internationale.

Le traitement de la surface par électrolyse reste une étape primordiale dans le processus de fabrication des articles. La maîtrise de ce processus est un point clé pour produire des objets de qualité en conformité avec les normes de qualité et environnementales. Ce travail a été réalisé dans un contexte à réaliser certains tests de vérification de la fiabilité de processus d'électrolyse.

Dans ce rapport, mon étude va s'étendre sur la description des différentes tâches et missions réalisées au sein de l'entreprise SADF.

Pour cela, Dans une première partie, je commencerai par une présentation générale de la société SADF. Ensuite, dans une deuxième Partie, je présenterai comment le traitement de surfaces effectuée par voie d'électrolyse et une description des différents procédés d'électrolyse effectués dans la société SADF.

Enfin, je déterminerai par le Calcul de la masse déposée et du rendement sur des articles en laiton.

## **CHAPITRE 1 :**

### **PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE**

## I. Historique

La SADF, sous cette abréviation se révèle, la Société des Artisans Dinandiers de Fès. Créée en 1982, son activité principale est la fabrication d'articles de décoration à partir du métal, argent, laiton, cuivre elle s'est spécialisée dans l'art de la table, l'aménagement des résidences et hôtels en créant des luminaires, des tables, des plateaux, théiers, coffrets, etc.

Consciente que la recherche et l'innovation sont primordiales dans ce secteur d'activité, SADF s'est préoccupé de la rénovation et de la création, en préservant un cachet traditionnel marocain et en le mariant avec un style contemporain.

En effet, un groupe de maîtres artisans avait pensé de mettre 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 beauté, goût et qualité et sans oublier la prise en considération du côté coût pour qu'il soit abordable par la plupart des clients.

## II. Structure de la société SADF

La SADF est formée de 166 personnes avec 16% de femmes et 84% d'hommes. La structure de la société est représentée par l'organigramme suivant :

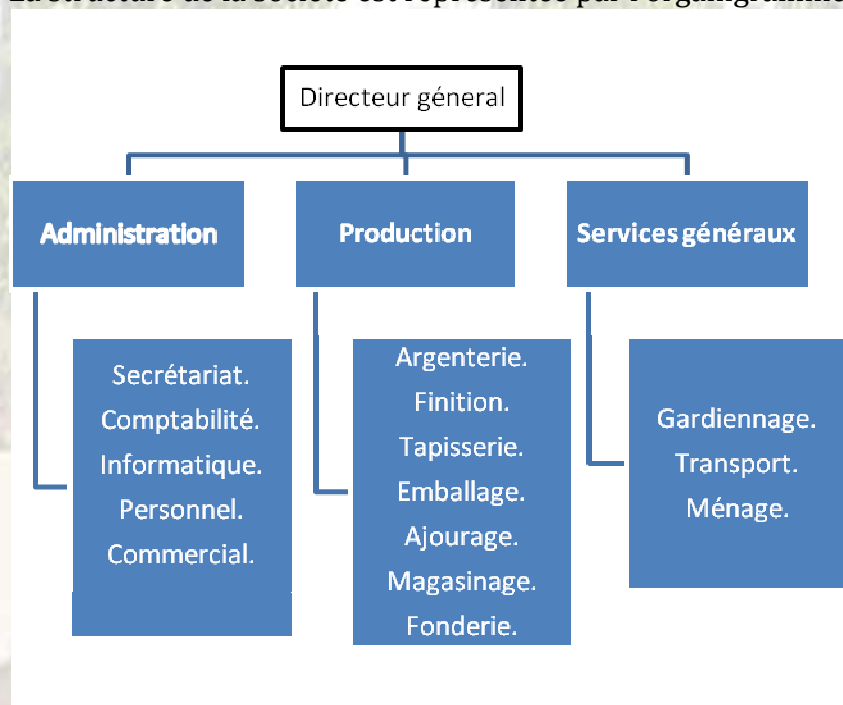


Figure1 : Organigramme de la SADF

### III. Principaux clients

Les principaux clients de la société SADF sont présentés dans le tableau suivant :

| Clients nationaux  | Clients internationaux  |
|--|---|
| -Les hôtels<br>-Palais royaux<br>-Garde royale<br>-Les associations<br>-Divers ministères<br>-Les clients particuliers | -Italie<br>-Allemagne<br>-France<br>-Sultanat Oman<br>-Tunisie<br>-Arabie saoudite<br>-Bahreïn<br>-Emirats arabes unies |

Tableaux1 : les principaux clients de SADF nationaux et internationaux

### IV. Identification de la société

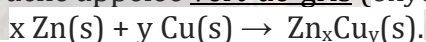
|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Dénomination Sociale        | SADF SARL                                   |
| Secteur d'activité          | Artisanat                                   |
| Date du lancement du projet | 1982  |
| Etat juridique              | société Anonyme à Responsabilité limitée    |
| Directeur de la fabrique    | TAHIRI JOUTI Abderafie                      |
| Superficie                  | 2Ha   |
| Adresse                     | 47, lot industriel Bensouda<br>Fès<br>Maroc |

### V. Processus de fabrication des produits

A la SADF et comme toute société le procédé de fabrication est l'ensemble de techniques visant l'obtention d'une pièce ou d'un objet par transformation de matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication.

#### 1. La matièrepremière.

La SADF utilise comme matièrepremière principale le Laiton(d'unalliage du cuivre 60 à 70% et du zinc 30 à 40%). La corrosion fait apparaître à la surface du laiton une couche appelée vert-de-gris (oxydation du cuivre).





Le laiton est choisi pour les propriétés suivantes :

- Très bonne résistance à la corrosion.
- Un alliage relativement malléable à chaud et à froid.

## 2. La chaîne de production :

### ➤ **Modélisation :**

A La SADF, des modélistes spécialisés élaborent un prototype pour continuer la production s'il est accepté. Le dessin de ce prototype se fait sur des feuilles qui seront collées sur les plaques en laiton brutes à traitées.

### ➤ **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 mécaniquement

### ➤ **Gravure :**

Elle s'effectue avec un appareil appelé le < Burin >. Il s'agit d'une tige d'acier trempée affûtée et fixée à un manche qui découpe nettement le métal et l'enlève sous forme de copeaux.

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

- Dessins traditionnels.
- Dessins Modernes.
- Dessins voulus par les clients.

### ➤ **Repoussage**

C'est la mise en forme des pièces à partir d'un disque de tôle. On distingue deux types de repoussage :

- Manuel.
- Automatique.

### ➤ **Fonderies :**

Les chutes de laiton provenant de différentes étapes précédentes sont conduites à la fonderie pour reproduire un article désiré.

Cette fabrication se déroule en trois étapes :

- Fabrication d'un moule approprié et c'est à partir d'un sable particulier.
- Les chutes du laiton avec quelque gramme d'aluminium, ce mélange va subir à la fonderie.
- Moulage qui consiste à couler l'alliage fondu dans les moules pour fabriquer de nouveaux articles.

NB : les pièces provenant de la fonderie ont des irrégularités qui nécessitent des corrections pour donner les formes et les décorations désirées.



➤ **Limage :**

C'est l'enlèvement manuel ou mécanique des irrégularités provenant de la fonderie.

➤ **Soudure :**

Elle consiste à assembler les différentes pièces d'un article par chalumeau ou bien des soudures en étain.

➤ **Décapage :**

C'est l'élimination, mécanique ou chimique de toutes les traces d'impuretés et des couches d'oxydes formés à la surface des objets, par les acides forts et concentrés  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et  $\text{HCl}$ .

➤ **Polissage :**

Elle sert à rendre lisse et brillant les articles par différents matériaux tournant à grande vitesse avec une pâte à polir.

➤ **Contrôle de qualité :**

Une série de contrôle est effectuée sur l'article, avant de les remettre à l'atelier de traitement des surfaces.

➤ **Ravivage :**

C'est un polissage secondaire qui donne un éclat et rend la surface de l'article plus vive par utilisation artisanale et de lui conférer un aspect visuel agréable tout en augmentant sa résistance à la corrosion.

➤ **Emballage :**

Il est réalisé par trois équipes :

- Equipe de contrôle de la qualité des articles avant son emballage. Dans le cas d'un défaut, la pièce est retournée au service de production
- Equipe de fabrication des emballages : chargée de la fabrication des différents types d'emballage en respectant la forme de l'article.
- Equipe d'emballage, chargée d'assurer un emballage adéquat pour chaque pièce. Pour protéger ces articles contre les chocs et poussières lors du transport, on utilise l'emballage spécifique, exemple : papier blanc fin, sac en plastique, carton ...

*L'image suivante présente l'une des fabrications artisanales dans la société :*



## **CHAPITRE 1 :**

**PROCESSUS DE TRAITEMENT DE SURFACE  
ADOPTÉ PAR LA SADF.**

## I. Généralités

Un **traitement de surface** est une opération mécanique, chimique, électrochimique ou physique qui a pour conséquence de modifier l'aspect ou la fonction de la surface des matériaux afin de l'adapter à des conditions d'utilisation données.

### ❖ L'électrolyse

C'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. Elle permet par ailleurs, dans l'industrie chimique, la séparation d'éléments ou la synthèse de composés chimiques.

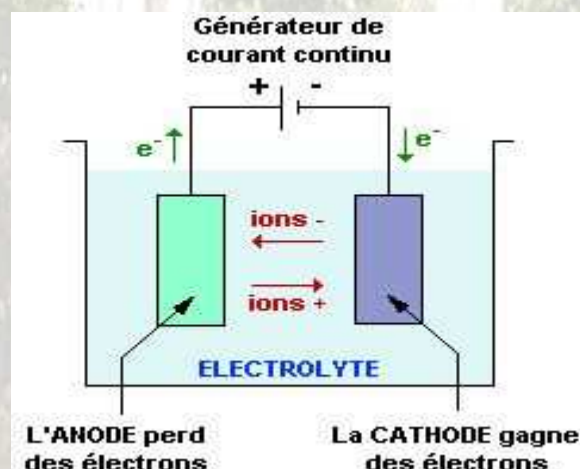
L'électrolyse est utilisée dans divers procédés industriels, tels que la production de dihydrogène par électrolyse, la production d'aluminium ou de chlore, ou encore pour le placage d'objets par galvanoplastie.

La galvanoplastie, ou placage d'objets par électrolyse, consiste à recouvrir des objets d'une mince couche régulière d'un métal généralement précieux ou d'un alliage: dorure, argenture, nickelage, chromage, cadmiage, cuivrage...

### ❖ Principe de la galvanoplastie

C'est le principe de l'électrolyse utilisé pour appliquer au moyen d'un courant électrique continu, un dépôt métallique, à la surface d'un objet, le métal étant initialement sous forme de cations en solution dans un solvant (en général l'eau). Cette technique est utilisée soit pour préserver l'objet de l'oxydation, soit pour l'embellir, soit encore pour en prendre l'empreinte.

L'image suivante résume ce principe :



### ❖ Domaine d'application



La galvanoplastie apporte des changements chimiques, physiques et modifie les propriétés mécaniques de la pièce.

➤ Changement chimique pour améliorer la résistance à la corrosion :

- [Zingage](#), industrie automobile, bâtiment, aéronautique, constructions mécaniques, visserie-boulonnerie ;
- [Nickelage électrolytique](#)
- [Cuivrage](#), avant chromage
- [Cadmiage](#)
- [Chromage](#)
- [Dorure galvanique](#), connectique en [électronique](#)
- [Galvanisation](#)

➤ Changement physique dans l'apparence extérieure :

- [Dorure galvanique](#), dans la bijouterie,
- [Chromage](#), toutes industries

➤ Changement des propriétés mécaniques dans la [résistance des matériaux](#) par amélioration de la [dureté](#) de surface des matériaux utilisés dans l'industrie.

- [Chromage](#), utilisé comme [revêtement anti-usure](#) dans l'industrie automobile et aéronautique (tige d'amortisseur, etc.)

➤ Nettoyage par électrolyse :

- [Décapage électrolytique](#)

➤ Arts :

- Réalisation de [sculptures](#) en métal à partir d'un modèle quelconque ;
- [Galvanotypie](#) : réalisation de [clichés](#) ou [stéréotypes](#) pour impression en [typographie](#) ou en [taille-douce](#).

## II. **Equipment et procédé:**

**Cuve** : les cuves doivent être revêtues intérieurement de caoutchouc, d'ébonite, de PVC ...

**Chauffage** : les cuves doivent être équipées d'un système de chauffage, avec régulation thermostatique par exemple :

- ✓ Cannes chauffantes, en silice, porcelaine, graphite ou titane.
- ✓ Eau surchauffée ou vapeur circulant dans un serpentin en titane.

**Générateur** : le redresseur d'alimentation doit être muni d'un inverseur périodique de courant.

Cette inversion périodique permet d'obtenir un dépôt à grain fin et régulier depuis le fort jus qu'à la faible densité de courant.

Elle permet également d'appliquer la densité de courant la plus élevée possible en fonction de la concentration et de la répartition des pièces sur les montages.

**Les électrodes** : on utilise des électrodes métalliques de première espèce « c'est le cas où une électrode métallique est en contact avec son ion en solution ».

Le choix des électrodes est réparti selon les bains dont aussi l'objectif de l'électrolyse doit prendre en compte. Dans certains cas on peut utiliser des électrodes d'inox et de fer.

**Système d'Agitation** : une agitation verticale ou horizontale de la barre cathode peut suffire.

L'agitation à l'air de l'électrolyte est de loin préférable et vivement conseillée.

**Système de Filtration** : une filtration en continu de l'électrolyte sur charbon actif est préconisée (le charbon actif doit être renouvelé fréquemment). Les pompes de filtre doivent être caoutchoutées intérieurement ou en matière plastique agréée.

Le filtre sera muni de papiers filtrants sur support en carton ou de toile en polypropylène.



Image d'un procédé électrolytique

### III. Instruments utilisés par la société :

#### ❖ Aréomètre

Instrument permettant de mesurer la concentration d'un liquide ou la densité d'une solution. Le principe des corps flottants régit le fonctionnement de cet appareil. Ces corps sont soumis à deux forces contraires : le poids  $P$  du corps, force exercée au centre de gravité, et la poussée d'Archimède, dirigée de bas en haut, exercée au centre de poussée. Cette poussée  $p$  est égale au poids du volume de liquide déplacé :

$$P = V_i \times a, \text{ } V_i \text{ étant le volume immergé et } a \text{ le poids spécifique du liquide.}$$

Quand ces deux forces sont égales et opposées, il y a équilibre. Afin que l'équilibre soit stable, le centre de poussée doit se situer au-dessus du centre de gravité : un lest,

placé très bas pour abaisser le centre de gravité, est surmonté d'un renflement afin d'élever le centre de poussée.

Deux sortes d'aréomètres sont utilisées : les aréomètres à volume constant et les aréomètres à poids constant. Ces derniers sont les plus utilisés pour la connaissance rapide mais peu précise qu'ils offrent de la densité ou de la concentration d'une solution. On distingue :

**L'aréomètre à volume constant.** Pour qu'un volume immergé constant soit en équilibre dans des liquides de poids spécifiques divers, il faut faire varier le poids de l'aréomètre. Celui-ci est donc surmonté d'un plateau où l'on peut poser des masses marquées. D'après le poids de ces masses, on peut déterminer le poids spécifique du liquide.

**L'aréomètre à poids constant.** Le volume immergé  $V_i$  change lorsque le poids spécifique varie. Afin d'apprécier ces variations de volume, l'aréomètre porte, sur une tige fine, des graduations. On les lit au niveau où affleure le liquide. Plus la tige est fine, plus la mesure est précise. Pour les liquides plus lourds que l'eau, le point d'affleurement dans l'eau pure est au sommet de la tige. Pour les liquides plus légers que l'eau, le point d'affleurement dans l'eau pure est à la base de la tige. Suivant la nature de leur graduation, on les appelle densimètres, pèse-acides, pèse-alcools ou alcoomètres, pèse-sels, lactomètres, etc.

**L'aréomètre Baumé.** Baumé a conçu un appareil dont la graduation, en degrés Baumé, est arbitraire, mais permet de mesurer la concentration de n'importe quelle solution avec le même appareil et la même unité.

Ces appareils sont gradués à une température déterminée. S'ils sont employés à une autre température, il est nécessaire de faire une correction, car le poids spécifique a varié avec la température, ainsi que le volume de l'aréomètre. Des tables de correction de température accompagnent ces appareils.

**Remarque : la société utilise l'aréomètre Baumé.**

❖ **Le papier pH :**

Est un papier absorbant imbibé d'un indicateur coloré universel qui permet de déterminer le pH d'une solution instantanément en fonction de sa couleur. Elle est utilisée dans la société pour contrôler l'acidité des bains d'électrolyse.

❖ **Hygiène et sécurité**

Le cyanure de sodium peut provoquer des intoxications cyanhydriques par inhalation, par ingestion accidentelle ou autre.

Il faut se méfier :

- Des plaies, des brûlures, des lésions minimales qui facilitent la pénétration interne des produits.
- Des souillures vestimentaires
- De l'acide cyanhydrique qui se forme par décomposition des cyanures en milieu acide.

Il est recommandé de se conformer avec rigueur aux consignes figurant sur l'étiquetage.



#### IV. Nettoyage de surface

Avant tout traitement, le nettoyage des surfaces est une phase essentielle qui a pour objet d'enlever les souillures existant à la surface des pièces et qui comprend deux opérations distinctes :

- Le dégraissage qui élimine les corps gras : par des actions mécaniques, chimiques, électrolytiques.
- Le décapage qui enlève toute trace de corrosion et d'oxyde qui adhèrent à la surface des pièces et qui peuvent être éliminés par une action mécanique (sablage ou grenailage), chimique ou électrolytique.

**Remarque : Ces opérations sont toujours suivies d'un rinçage.**

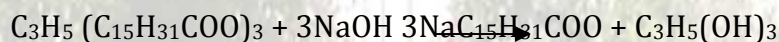
##### ❖ Le dégraissage chimique

Implique une réaction chimique qui permet d'éliminer les huiles et les graisses.

On a deux catégories de graisses :

- Corps gras d'origine végétal ou animal : combinaison d'acide gras et de glycérol ou des savons métalliques (acides gras + métal). Ces graisses sont saponifiables, c'est-à-dire décomposable à chaud par des bases. Cette décomposition libère des sels alcalins et du glycérol solubles dans l'eau.

Saponification : c'est l'action de la soude sur des triesters pour donner un sel et du glycérol :



Exception : Les savons de métaux lourds ne sont pas saponifiables ;

- Corps gras d'origine minéral : c'est un mélange d'hydrocarbures obtenus par distillation du pétrole. Ils ne sont pas saponifiables. La seule façon de les enlever est l'emulsification (mise en suspension ou dispersion du corps gras dans un liquide) ou pectisation (dispersion du corps gras dans un solide).

##### ❖ Dégraissage électrolytique :

Il s'agit d'un procédé de nettoyage de précision. Les couches de salissures ne doivent pas être trop épaisses car elles empêcheraient le flux de courant nécessaire au nettoyage. Ce procédé est surtout utilisé après un nettoyage grossier aux solvants ou en bain alcalin, comme dernière étape du nettoyage avant la galvanisation. Lors du nettoyage, la pièce joue le rôle soit d'anode, soit de cathode. Elle est placée, avec une électrode de polarité opposée, dans un bac contenant un électrolyte.

L'application d'un courant continu provoque la formation d'oxygène à l'anode et d'hydrogène à la cathode. Le gaz forme de petites bulles directement à la surface du métal, sous la couche de salissures. Ces bulles montent vers la surface, ce qui a pour effet de détacher de la surface des pièces les salissures qui sont ensuite dissoutes ou émulsifiées dans la solution de dégraissage. Toutes les pièces constituées de matériaux conducteurs peuvent être nettoyées par électrolyse. La polarité doit être définie en fonction du matériau. Le cycle de nettoyage dure généralement moins de 2 minutes.

**Remarque : cette partie de Nettoyage de surface juste pour donné une vision plus profond.**

## **V. Constitution des bains d'électrolyse :**

### **A. Bains de dégraissage :**

**Le bain contient les produits suivants :**

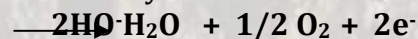
- ✓ Des tensioactifs Dex ou presol.
- ✓ AB 40.
- ✓ Eau déminéralisée.
- ✓ Cyanure de sodium et soude(NaOH).

**Les conditions de travail :**

- ✓ Température ambiante.
- ✓ Le courant de 25 A.
- ✓ temps d'immersion(5 à 10 min).
- ✓ Le PH = 12
- ✓ Baumé de 15 à 17°.

**Réactions qui se produisent dans le bain :**

A l'anode se produit une réaction d'oxydation :



A la cathode se produit une réaction de réduction :





*L'image du bain de dégraissage*

## **B. Bain de cuivrage :**

Le cuivrage est une opération de revêtement par du [cuivre](#), de la surface de pièces devant être protégées de l'oxydation ou devant recevoir un cuivrage préalable à un traitement incompatible avec la matière de la pièce.

La couche de cuivre déposée sur une surface a plusieurs usages en fonction des besoins, de la matière et des conditions électrochimiques :

- protection contre l'oxydation,
- préparation de surface avant autres traitements ([chromage](#), [nickelage](#), etc..),
- recouvrement esthétique,
- recouvrement fonctionnel.

Il y a deux procédés principaux utilisés dans la SADF l'un avant l'autre qui est respectivement le cuivrage alcalin et le cuivrage acide. Leur composition et rendement son différents.

### **I. Cuivrage alcalin :**

**La composition du bain :**



- ✓ Cyanure de cuivre.
- ✓ Cyanure de sodium.
- ✓ Sel.
- ✓ Les additifs :
  - Ultimal (brillanteur, base, Mouillant, épurateur).

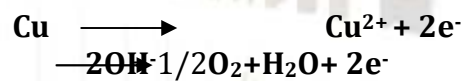
**Les conditions de travail :**

- ✓ Température de 35 à 40°C.
- ✓ I de 0.5 à 3A.
- ✓ temps d'immersion (5 à 10 min).
- ✓ pH =11.
- ✓ Baumé de 13°.

**Les Réactions qui se produisent dans le bain :**

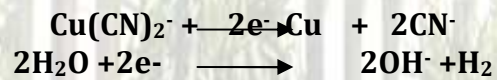
**A l'anode :**

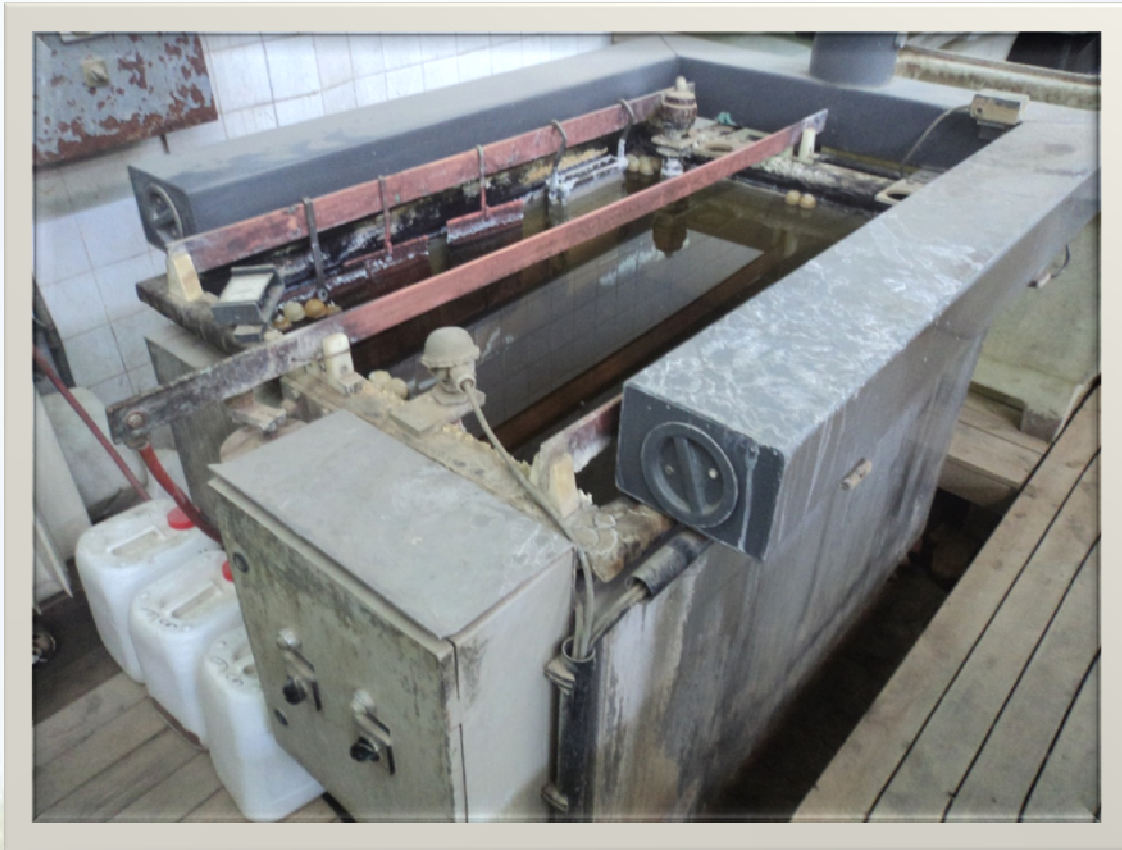
Les demi-réactions qui se passent sont les suivantes :



**A la cathode :**

Les demi-réactions qui se passent suivantes :





L'image du bain de cuivre alcalin

## II. Bain de cuivre acide :

### La composition du bain :

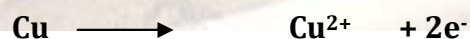
- ✓ Sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4$ ).
- ✓ Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré.
- ✓ Anode plaque de cuivre.
- ✓ Additives :
  - Ultimal (brillanteur, base, Mouillant, épurateur).

### Les Conditions de travail :

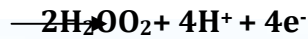
- ✓ Température ambiante.
- ✓  $I=0.15\text{A}$ .
- ✓  $t$  de 15 à 20min.
- ✓ pH de 4,5 ou moins.
- ✓ Baumé de  $19^\circ$  à  $25^\circ$ .

Les réactions qui se produisent dans le bain sont :

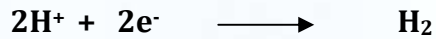
A l'anode :







A la cathode :



*L'image du bain de cuivre acide*

### **C. Bain de Nickelage.**

Le nickelage électrolytique est une des applications de [galvanoplastie](#) qui consiste en un [dépôt électrolytique](#) de solutions aqueuses de différents sels sur un matériau pour en améliorer ses qualités mécaniques, pour le protéger de la corrosion ou pour améliorer son esthétique.

#### **La Composition du bain :**

- ✓ Sulfate de nickel ( $\text{NiSO}_4$ ).
- ✓ Chlorure de nickel ( $\text{NiCl}_2$ ).
- ✓ Acide borique ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ).
- ✓ Additifs :



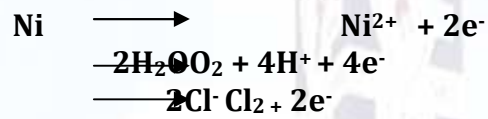
- Brillanteur.
- Mouillant.
- Nivelant.

**Les Condition de travail :**

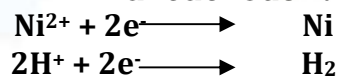
- ✓ T de 60 à 70°C.
- ✓ I de 3 à 5 A.
- ✓ pH de 3,6 à 5,5.
- ✓ t de 10 à 15 min.
- ✓ Baumé de 26° à 30°.

Les Réactions qui se produisent dans le bain :

**A l'anode :**



**A la cathode :**



*L'image du bain de nickel*

**D. Bain de Pré-argentage :**

Il est utilisé pour déposer une faible couche d'argent pour éviter toute transmission des impuretés au bain d'argentage plus facilite le dépôt d'argent.

**Les compositions du bain :**

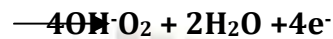
- ✓ Cyanure de potassium.
- ✓ Cyanure d'argent.
- ✓ Anode inox.
- ✓ Eau déminéralisé.

**Les conditions de travail :**

- ✓ Température ambiante
- ✓ Courant très fort.
- ✓ t de 10 à 15 seconds.
- ✓ filtration sur charbon actif.
- ✓ Baumé de 14°.

*Les Réactions qui se produisent dans le bain :*

**A l'anode :**



**A la cathode :**



## L'image du bain d'après-argent

### E. Bain d'Argentage :

Les objets à traiter sont immergés dans un bain électrolytique de sels d'argent à faible intensité de courant électrique. L'anode est une plaque d'argent pur et la cathode est constituée par les pièces à argenter.

Sous l'effet du courant électrique, les atomes d'argent, en dissolution dans le bain, se déposent sur les pièces à traiter (cathode). Ce phénomène physicochimique demande un entretien constant du bain et de sa teneur en sel d'argent.

L'épaisseur du dépôt dépend du temps d'immersion et de la surface à traiter et de sa forme géométrique.

#### La Composition du bain :

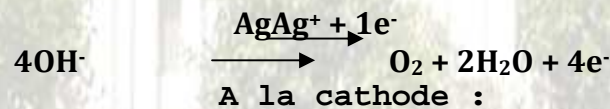
- ✓ Cyanure de potassium.
- ✓ Cyanure d'argent.
- ✓ Anode d'argent pur avec des anodes d'inox.
- ✓ Eau déminéralisée.
- ✓ Additif :
  - Silverlium brillanteur.
  - Silverlium base.
  - Epurateur.

#### Les Conditions de travail :

- ✓ Courant de 0,5 à 1A.
- ✓ t de 10 à 15 min.
- ✓ T=60°C.
- ✓ filtration sur charbon actif.
- ✓ Baumé de 25.

Les Réactions qui se produisent dans le bain :

#### A l'anode :







*L'image du Bain d'argent*

#### **F. Bains de rinçage :**

Le rinçage est une opération obligatoire après le traitement de surface des pièces. Il se fait dans des bains pleins d'eau de robinet.

#### **G. Séchage :**

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

### **VI. Les lois pour Calculer la masse déposée et le rendement sur des articles en laiton :**

Le calcul de la masse théorique vient de la 1<sup>ère</sup> loi de Faraday : La quantité de substance libérée lors de l'électrolyse à une électrode est proportionnelle au temps et au courant électrique.

$$Q = n \cdot F \cdot M_{th} / M ;$$

$$M_{th} = Q \cdot M / n \cdot F ;$$

On sait que :  $i = dq/dt$   $\Rightarrow Q = \int_0^t i dt = I \cdot t$  car le courant est continue on le considère constant donc :

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

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).

**La masse expérimentale se calcule par :**

$$M_{ex} = \text{masse après dépôt} - \text{masse avant dépôt}$$

**Le rendement se calcule par :**

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

#### A. Estimation de la masse déposée sur une plaque de laiton :

On a utilisé comme échantillon les plaques du laiton qui ont une surface de 0.6 dm<sup>2</sup> et 1mm d'épaisseur après avoir effectué le polissage et le dégraissage. Ces plaques sont pesées au préalable.

##### ❖ Plaque au Cuivre Alcalin :

On a immergé cette plaque pendant **10 minutes** dans le bain de cuivre alcalin avec une densité de 5 A/dm<sup>2</sup>.

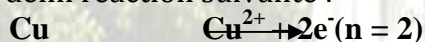
**La masse expérimentale** obtenue est :

$$M_{ex} = \text{masse après dépôt} - \text{masse avant dépôt}$$

$$M_{ex} = 86,30 - 86,19 = 0,11 \text{ g.}$$

**La masse théorique obtenue par :**

La masse molaire de cuivre est de M = 63.5 g/mol et le nombre d'électrons est déterminé de la demi réaction suivante :



On sait que :  $M_{th} = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F}$  ;

$$\text{A.N: } M_{th} = 5 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 63.5 / 2 \cdot 96500$$

$$M_{th} = 0.98 \text{ g.}$$

**Le rendement de cette opération :**

$$R = \frac{M_{ex} \cdot 100}{M_{th}}$$

A.N:

$$R = 11.22\%.$$

##### ❖ Plaque au Cuivre d'Acide :

On a immergé cette plaque pendant **15 minutes** dans le bain de cuivrage acide avec une densité de 5A/dm<sup>2</sup>.

**La masse expérimentale obtenue est :**

$$M_{ex} = 92 - 89 = 0.3 \text{ g.}$$

**La masse théorique :**



La masse molaire de cuivre est de  $M = 63.54 \text{ g/mol}$  et le nombre d'électron est déterminé selon la demi réaction suivante :



Donc :  $M_{th} = 5 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 63.54 / 2 \cdot 96500;$   
 $M_{th} = 1.48 \text{ g.}$

**Le rendement:**

$$R = 20\%.$$

#### ❖ **Plaque de Nickel :**

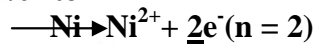
On a immergé cette plaque pendant **15 minutes** dans le bain de nickelage à une densité de  $5 \text{ A/dm}^2$ .

**La masse expérimentale obtenue est :**

$$M_{ex} = 88 - 84 = 0.4 \text{ g.}$$

**La masse théorique :**

La masse molaire de Nickel est de  $M = 58.7 \text{ g/mol}$  et le nombre d'électrons est déterminé de demi réaction suivante :



Donc  $M_{th} = 5 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 58.7 / 2 \cdot 96500;$   
 $M_{th} = 1.36 \text{ g}$

**Le rendement est :**

$$R = 36\%.$$

#### ❖ **Plaque d'argent :**

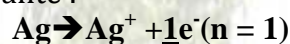
On a immergé cette plaque pendant **10 minutes** dans le bain d'argentage avec un courant  $0.13 \text{ A/dm}^2$ .

**La masse expérimentale obtenue est :**

$$M_{ex} = 8.5 - 8.3 = 0.2 \text{ g.}$$

**La masse théorique :**

La masse molaire d'argent est de  $M = 107.9 \text{ g/mol}$  et le nombre d'électron est déterminé de demi réaction suivante :



Donc  $M_{th} = 0.13 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 107.9 / 1 \cdot 96500;$

$$M_{th} = 0.087 \text{ g}$$

**Remarque:** on a la masse théorique plus petite que la masse expérimentale donc le calcul de rendement sera incorrect.

**Le rendement :**

$$R = !!!\%.$$

### **B. Interprétation du résultat :**

Pour les plaques de cuivre et de Nickel les résultats sont conformes avec les normes de la société.

Pour la plaque d'argent les résultats obtenus ne sont pas conformes ceci est dû probablement au fait qu'on ne contrôle pas avec certitude l'intensité de courant donc la Masse théorique de métal déposé.





**Conclusion :**

Pendant tout la durée de stage j'ai compris pour avoir un bon dépôt, il faut respecter les paramètres suivant : le pH, la température, le temps et densité de courant, le baumé.

Ce stage m'a été très bénéfique en plusieurs points car il m'a permis de m'initier à la vie de l'entreprise, il m'a aussi permis de stimuler mon ouverture d'esprit et ma curiosité.

Ceci m'a encouragé pour acquérir une véritable expérience professionnelle et de découvrir des domaines variés.

Cette expérience m'a aidé à m'adapter et à m'intégrer au sein d'une équipe qui m'a donné l'opportunité de mieux comprendre la notion de responsabilité, de l'hierarchie et du respect de cette dernière.



## **Bibliographie :**

- Le livre de chimie (Auteur : j.lamirand et M.joyal).
- [www.youscribe.com](http://www.youscribe.com).
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

