



Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### TRAITEMENT DE SURFACE PAR ELECTROLYSE

#### Présenté par :

- ◆ **Abdulai MBEMAH**

#### Encadré par :

- ◆ **Mr Khamar CHNOUNI (S.A.D.F)**
- ◆ **Pr Sqalli OUAFAE (FST)**

**Soutenu Le 7 Juin 2017 devant le jury composé de :**

- **Pr O. SQALLI**
- **Pr C.H. AMEZIANE**
- **Pr S. SABIR**
- **Mr K. CHNOUNI**

**Stage effectué à SADF**

**Année Universitaire 2016 / 2017**

## REMERCIEMENTS

CE TRAVAIL RÉSULTE DE LA CONTRIBUTION DE PLUSIEURS PERSONNES, QUE CE SOIT D'UN POINT PROFESSIONNEL M'APPORTANT DES CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE.

TOUT D'ABORD, JE TIENS À REMERCIER LA SOCIÉTÉ DES ARTISANS DINANDIERS DE FÈS SADF POUR LE RÔLE QU'ELLE JOUE DANS L'INTÉGRATION DES STAGIAIRES AU SEIN DE LA SOCIÉTÉ.

ALORS, J'AIMERAI REMERCIER TOUTES PERSONNES AYANT CONTRIBUÉ AU BON DÉROULEMENT DE MON STAGE À LA SOCIÉTÉ SADF.

JE REMERCIE MON ENCADRANT MME SQALLI **OUAFAE** POUR SON AIDE ET DISPONIBILITÉ.

JE REMERCIE AUSSI **MR TAHIRI JOUTI ABDERRAFI** LE DIRECTEUR DE LA SADF POUR SON ACCUEIL CHALEUREUX, SA CONFIANCE ET SON AIDE PRÉCIEUSE APPORTÉ AU COURS DE STAGE.

MES REMERCIEMENTS VONT ÉGALEMENT **MR KHAMAR CHNOUNI** RESPONSABLE DE MON STAGE À LA SOCIÉTÉ SADF, POUR L'ATTENTION PARTICULIÈRE QU'IL M'A DONNÉE DURANT CE STAGE.

MA PROFONDE ET VIVE RECONNAISSANCE S'ADRESSE AUSSI AUX MEMBRES DE JURY D'AVOIR BIEN VOULU ACCEPTER SANS RÉSERVÉ DE JUGER CE MODESTE TRAVAIL.

FINALEMENT, JE REMERCIE TOUS LES PROFESSEURS DE DÉPARTEMENT DE CHIMIE DE LA FST- FÈS POUR LEURS FORMATIONS, CONSEILS ET SOUTIENS.

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA SOCIETE SADF</b>	
<b>I. Historique</b>	2
<b>II. Structure de la SADF</b>	3
<b>III. Clients de la SADF</b>	4
<b>Chapitre 2 : PROCEDE DE LA FABRICATION</b>	
<b>I. Matière première</b>	6
<b>II. Chaîne de production</b>	7
a. Modélisation	8
b. Découpage	
c. Gravure	9
d. Repoussage	10
e. Fonderie	
f. Limage	
g. Soudure	11
h. Décapage	
i. Polissage	
j. Finition	12
k. Emballage	13
<b>III. Electrolyse</b>	
a. Définition	
b. Loi de Faraday	14
c. Equipement du bain électrolytique	15

## **CHAPITRE 3 : GALVANOPLASTIE A LA SADF**

<b>I. Définition</b>	16
<b>II. Principe</b>	
<b>III. Schéma du procédé de galvanoplastie</b>	17
a. Dégraissage	18
b. Rinçage	19
c. Cuivrage	
d. Nickelage	23
e. Pré-argentage	25
f. Argentage	26
g. Séchage	
<b>IV. Masse déposée et rendement</b>	27
<b>V. Traitement de rejets</b>	29
<b>CONCLUSION</b>	30

## INTRODUCTION

L'objectif du projet de fin d'études effectuée au sein de la **Société des Artisans Dinandiers de Fès, SADF** est de suivre les procédés de traitement de la surface des articles en métal.

Les dépôts par électrolyse (galvanoplastie) sont effectués au sein de la SADF en utilisant des bains électrolytiques selon une chaîne bien déterminée, avec des contrôles des bains pour répondre aux normes générales données dans des fiches techniques.

Dans ce rapport, je présente :

La SADF

Procédure utilisée par la SADF pour les fabrications d'un article quelconque.

Procédé d'électrolyse, et les différents bains électrolytiques utilisés par la SADF.

Enfin, je décris les méthodes utilisées par la SADF pour traiter les effluents cyanurés, basiques ou acides avant leur rejet dans le milieu urbain.

## CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA SADF

### I. HISTORIQUE

La société des artisans dinandiers de Fès SADF est une société dont l'objet dépose toute considération économique. En 1982 un groupe de maitres artisans ont eu l'idée de créer une unité industrielle au vrai sens du terme regroupant tout le processus de fabrication permettant ainsi la préservation du produit artisanal avec touche marocaine tout en améliorant et innovant dans ce sens.

#### a. objectif :

L'objectif de la SADF toujours était d'occuper la place de pionnier dans l'artisanat marocain en général et dans la dinanderie en particulier, la SADF a brillamment accompli. Aujourd'hui la SADF continue dans la voie qu'elle s'est tracée à savoir la voie de la recherche et de l'innovation continue avec comme mission le développement de l'artisanat marocain en terme de qualité et d'image de marque.

#### b. production et produit :

La stratégie adoptée consiste à offrir une gamme de produits pour satisfaire tous les goûts en évitant toute standardisation excessive. Tout article produit est un chef œuvre unique dédié à un client parce que tout client est considérée comme unique pour la société. Quelques produits fabriqués par SADF sont : les luminaires, des tables, des plateaux, coffrets, théières etc.



Photos 1 : quelques produits de la SADF

## II. STRUCTURE DE LA SADF :

La figure ci-dessous représente l'organigramme de la société SADF 166 employés représentant le personnel dont 84% sont des hommes et 16% sont des femmes.

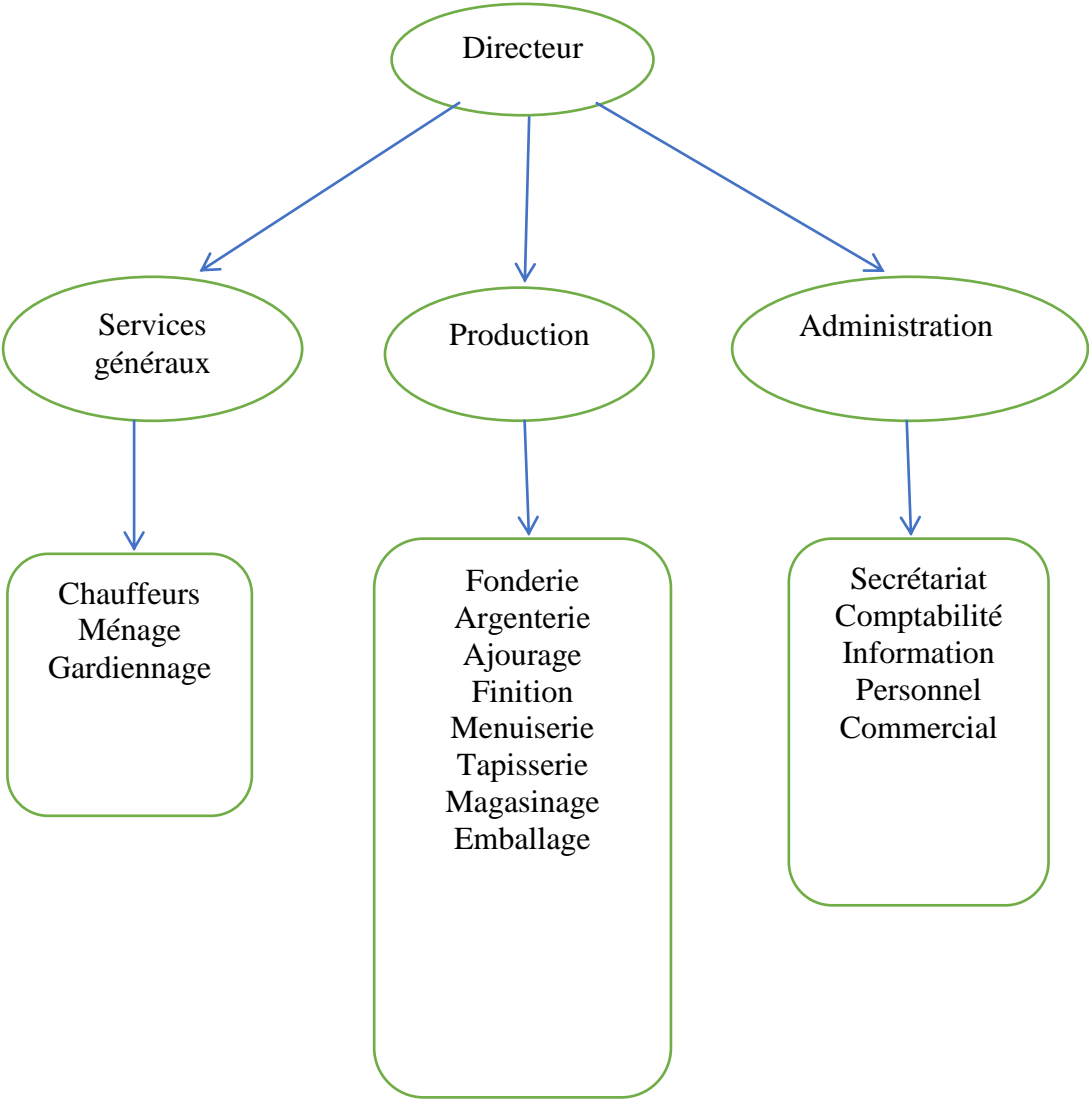


Fig.1 : organigramme de la société de SADF

### III. CLIENT DE LA SADF:

La SADF a changé de segment de clientèle ces dernières années en s'intéressant plus à l'art décoratif ce qui a donné naissance à une nouvelle clientèle composée essentiellement d'hôtels nouvellement ouverts ou rénovés des Ryad des villes de particuliers sans parler des établissements d'état. Dans ce cadre, la SADF a développé un réseau de collaboration avec des clients

- Nationaux : établissement étatique, palais royaux
- Internationaux tels que JLA studios, Saïd Berrada architecte DESA, Jonathan Amar.

Les principaux clients de la société SADF nationaux et à l'étranger sont présentés dans le tableau suivant.

Clients nationaux	Clients internationaux
-Palais royaux -garde royale -divers ministères -les hôtels -les associations -les clients particuliers	-Emirats arabes unies (foire de Dubaï) -Bahreïn -Arabie saoudite (foire de Riad) -Tunisie (foire de Sfax, Tunis, Sousa) -France (foire de Bressuire) -Sultanat Oman -Allemagne (foire de Hanover) -Inde -Japon -Italie (foire internationale de milan)

#### Tableau.1 : principaux clients nationaux et internationaux de la société SADF

Ce réseau a permis à la SADF de s'accaparer d'un ensemble de marchés d'envergure tels que : le stand du Maroc à l'exposition internationale « Aichi 2005, l'exposition internationale « Hanovre, Musée de sa Majesté le Roi Hassane 2 de la garde royale, hôtel Zagaie, parc Palace Fès, Hôtel Menzel Dalian Meknès, Hôtel Pals, Sofitel Maroc. Lors de ce projet la SADF prenait en charge tout ce qui relevé des produits en argent, cuivre, laiton et fer forgé.



Signalons que la SADF a acquis une bonne image de marque et une notoriété pour pouvoir augmenter sa part de marché dans ce segment. Pour cela la SADF a vu qu'il est temps d'élargir sa gamme de produits en offrant des produits en bois mariés de laiton, ce qui contribuera à doubler le chiffre d'affaire de ce segment. Ainsi, on pourra prendre en charge l'ensemble des articles de décoration.

En optant pour ce choix, la SADF s'est trouvée face à deux stratégies, soit la sous-traitance, soit l'intégration des nouvelles activités telles que la menuiserie et la tapisserie.

A l'opposé de ce qui est connu dans l'ancienne Medina de Fès, la société de SADF a intégré un certain nombre des artisans spécialisés dans différentes disciplines et dont l'habileté de leurs mains donne l'aspect original du produit. En plus des dirigeants, la SADF contient environ de 166 employés (voir l'organigramme). Elle a donné une chance aux jeunes de la région à apprendre de métier de dinandier grâce à des méthodes pratiques et d'apprentissage.

La société SADF a réussi grâce à sa clairvoyance de gagner la confiance des clients et d'imposer sa marque. En effet elle occupe une place très importante parmi la meilleure société dans son domaine susceptible de représenter et d'honorer le produit artisanal marocain. Elle a donc participé remarquablement à plusieurs manifestations et foires. Elle a obtenu plusieurs titres d'honneur. Parmi ces titres obtenus, on cite celui de Fès, Casablanca, Rabat, Marrakech, Agadir, Séfrou...

L'activité de la société n'est pas limitée à l'échelle nationale mais elle représente le Maroc dans le Maghreb arabe, dans le Moyen orient, en Europe et aux Etats unis.

## CHAPITRE 2 : PROCEDE 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 de deux éléments à savoir : la matière première et la chaîne de production.

### I. Matière première

La société utilise comme matière première le métal <laiton>, Le laiton est un alliage de cuivre et de zinc dans des proportions très variable. Il peut aussi contenir d'autres métaux en dosage très faible tel que le plomb, l'étain ou le manganèse.

#### Type de laiton

On distingue trois types de laiton :

**Les laitons simples:** contient (30% à 40%) de zinc et (60% à 70%) de cuivre.

**Les laitons au plomb:** contient 2% de plomb, 59% de cuivre et 39% de zinc.

**Les laitons spéciaux:** type de laiton produit par l'addition d'éléments d'alliages (étain, aluminium, arsenic, manganèse, nickel, fer, silicium) qui ont pour but d'augmenter les propriétés mécaniques.

**Les SADF utilise le laiton comme matière primaire, pour les propriétés suivant :**

Très bonne résistance à la corrosion.

Ductilité qui permet au métal de prendre plusieurs formes sans rupture.

Alliage relativement malléables, qui peut être travaillé à chaud aussi bien qu'à froid.



Photo 2 : matière première

## II. Chaine de production

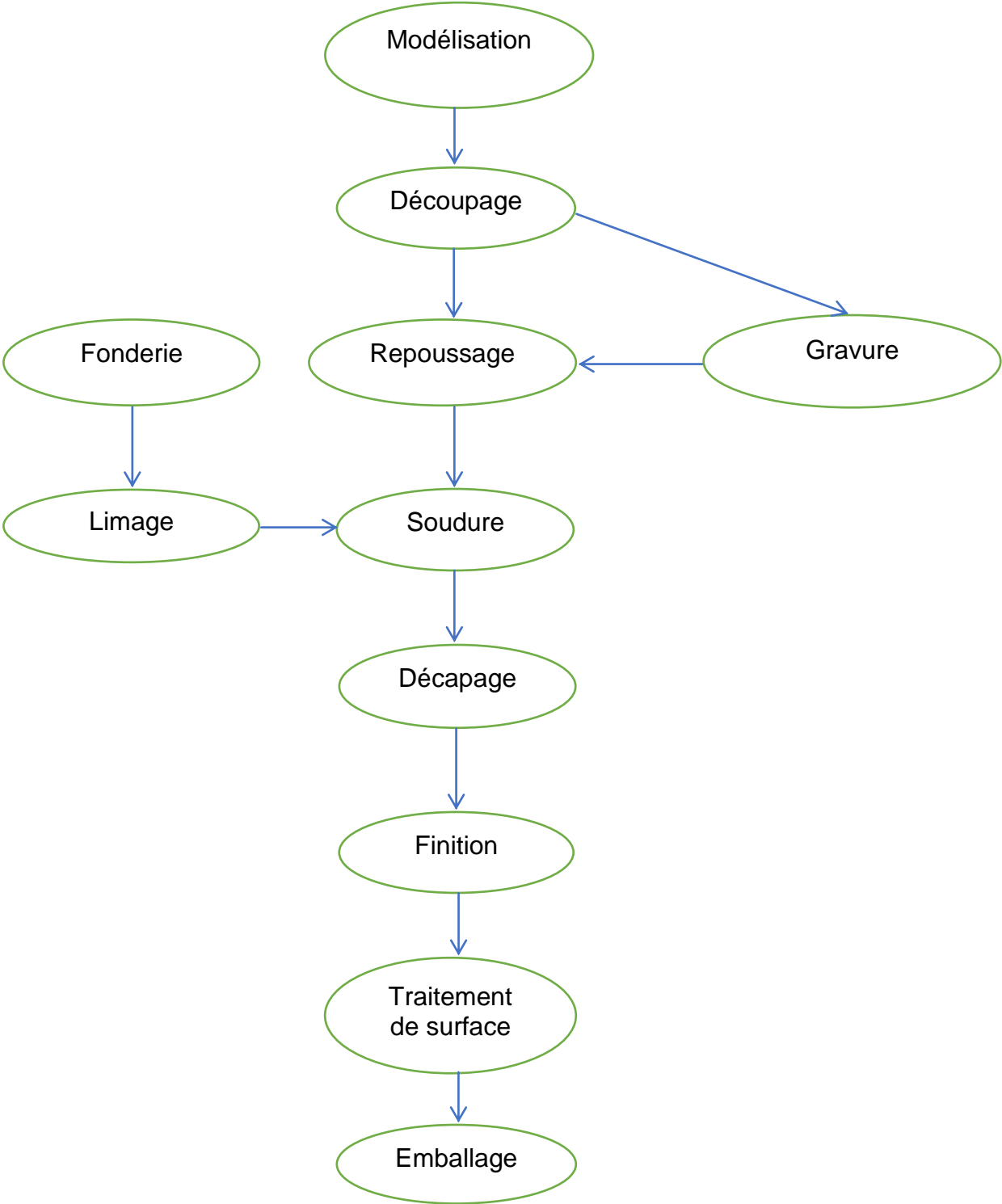


Fig. 2 : schéma de fabrication

### **a – modélisation :**

Dans la SADF, la pièce de l'article est élaborée par des modélistes spécialisées sous forme d'exemplaires. Chacun de cette dernière représente la forme, la dimension, la couleur et la type de matière première à utiliser pour la fabriquer. Avant la fabrication de l'article, un échantillon représentatif passe par la chaine de la fabrication et suivi par plusieurs maitres artisans dont ils peuvent entrainer des modifications sur la forme si nécessaire jusqu'à ce qu'il prenne son aspect parfait et souhaité. Cet échantillon représente le modelé à suivre pour la chaine de fabrication.

### **b – découpage :**

Les formulaires requis de différentes pièces de l'article sont tracés sur les plaques de laiton de différent épaisseur en tenant compte des dimensions mentionnées sur l'exemplaire. Ensuite ces plaques sont découpées soit par :

- ✓ **Découpage manuel**
- ✓ **Découpage électrique**



**Photo 3a : découpage manuel**



**Photo 3b : machine de découpage**

### c - gravure :

La gravure repose sur la compétence des maitres artisans qui exécutent des motifs décoratifs dessinés sur les surfaces de plaque de laiton. Ces décoratifs présentent la beauté et l'originalité des produits artisanaux marocains. On trace deux types des dessins :

- ✓ **Dessins traditionnels** : les motifs décoratifs sont achevés par les maitres artisans en se reposent sur leurs innovation.
- ✓ **Dessins modernes** : ces dessins sont effectués par des machines avec un style moderne et un temps plus court.



**Photo 4a : dessin moderne**



**Photo 4b : dessin traditionnelle**

## **d – repoussage :**

Il est le procédé de mise en forme des pièces produites à partir d'un disque de tôle. Ceci a pour but de fabriquer les articles sous des formes géométriques désirées. On distingue deux types de repoussage :

- ✓ **Repoussage manuel** : l'opération est réalisée à l'aide des moules pour que les pièces découpées prennent leurs formes souhaitées. Elle est facilitée par un chauffage à haute température et un effort humain important.
- ✓ **Repoussage automatique** : cette opération nécessite des moules particuliers pour les pièces plates. Elle est effectuée par une machine à pressé.



**Photo 5 : machine du repoussage**

## **e – fonderie :**

Elle est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à couler un métal ou un alliage liquide dans un moule pour reproduire un article désiré. La pièce obtenue (forme intérieure et extérieure) est pratiquement achevée afin de limiter les travaux ultérieurs de finition. Cette fabrication se déroule suivant les trois étapes :

- ✓ **Fabrication des moules** : cette étape permet de créer d'autres éléments par les techniques de moulage. Elle se fait par un type particulier de sable selon les formes désirées.
- ✓ **Fendage** : on fond le reste des alliages du laiton provenant de différentes étapes de fabrication avec quelques grammes d'aluminium.
- ✓ **Moulage** : l'alliage fondu est coulé dans les moules déjà fabriqués. Après refroidissement, on aboutit à la formation des pièces désirées.

### **f – 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. L'enlèvement manuel ou mécanique des irrégularités provenant de la fonderie est appelé ; *limage*.

### **g – soudure :**

Elle consiste à assembler les différentes pièces du limage. Cette fixation se réalise par des soudures en étain.



**Photo 6 : soudure par étain**

### **h – décapage :**

C'est l'élimination mécanique ou chimique de toutes traces d'impureté et les couches d'oxydes formées à la surface d'un objet. On distingue deux voies d'attaque de la surface de la pièce :

- ✓ **Décapage chimique** : les surfaces de pièces sont attaquées par des acides fort et concentré, surtout pour les pièces gravées. Les acides utilisés sont HCl et HNO<sub>3</sub>.
- ✓ **Décapage électrochimiques** : consiste à oxyder superficiellement la surface d'une pièce placée en anode et dans un électrolyte (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).

### **i – polissage :**

Il rend l'article lisse et brillant par des différents matériaux tournant à grande vitesse avec une pâte à pâlir.

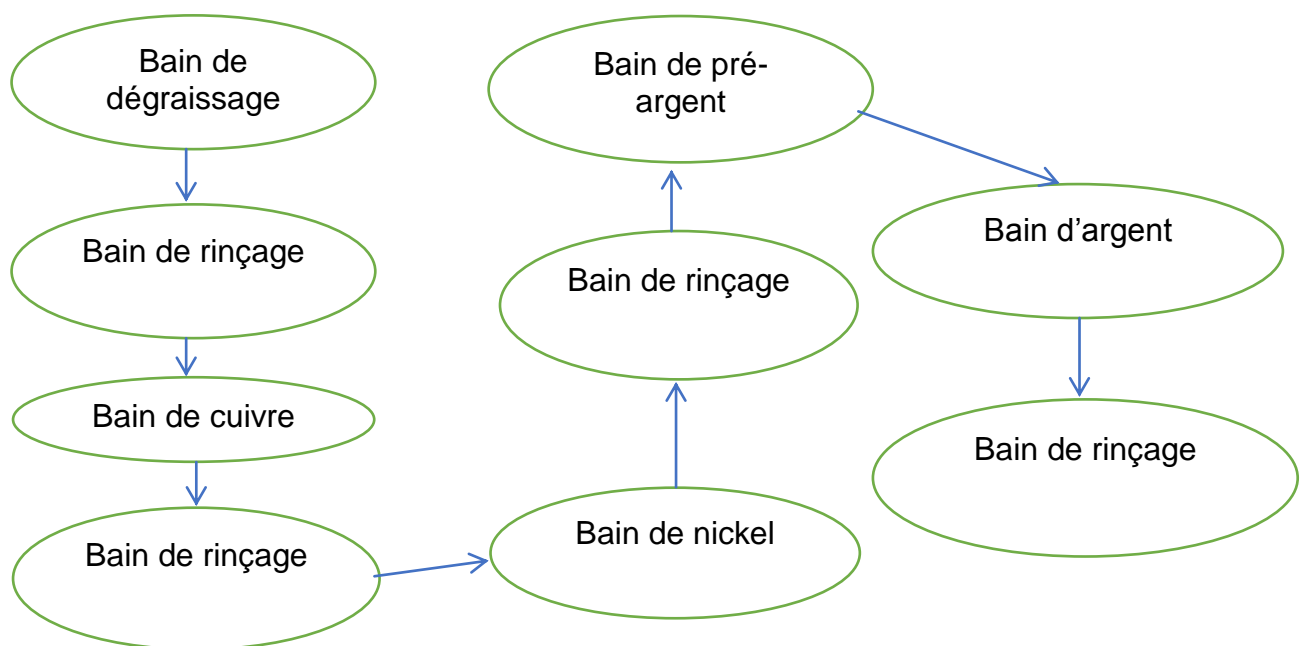
### j – finition (contrôle de qualité) :

Une série de contrôle est effectuée pour avoir une bonne qualité de la pièce et de préparer l'article à l'étape de traitement de surface.

- ✓ **Premier contrôle** : consiste à éliminer les parties malles soudées, la rayure et les trous se trouvant dans la pièce par une première équipe.
- ✓ **Elimination des défauts** : cette étape permet de corriger tous les défauts de fabrication par soudage et polissage.
- ✓ **Deuxième contrôle** : il est fait par deux équipes (une pour les pièces plats et l'autres pour les pièces bombée) qui élimine toutes les trace de soudures et les bordures mal définis.
- ✓ **Ravivage** : c'est un polissage utilisant une patte rouge et des machines équipées de différent diamètre granulométrie de papiers abrasifs, afin de donner un éclat pour l'article et rend sa surface plus vive.

### k - traitement de surfaces :

C'est basé sur le procédé d'électrolyse. Son principe consiste à déposer une couche d'un métal sur un article artisanal. Il a pour but de modifier, transformer la surface de la pièce dont l'objectif est de lui conférer des nouvelles propriétés par exemples, résistance à la corrosion, à l'usure ou modification de l'aspect apparent.



**Fig.3 : chaîne de traitement électrolytique par SADF**



## I – emballage :

Au cours du stockage et du transport, les pièces métalliques peuvent être exposées au phénomène d'oxydation, au choc poussières ...donc pour protéger les articles, on utilise des emballages spécifiques (papier blanc fin, sacs en plastique, carton...) ayant comme matière première des feuilles de cartons et des bandes de plaques de polystyrène.



Photo 7 : emballage en cartons

## III. ELECTROLYSE

### a – définition :

Décomposition chimique de certaines substances sous l'effet d'un courant électrique. Elle se réalise dans une cuve contenant un électrolyte dans lequel sont plongées deux électrodes reliées aux bornes d'un générateur de courant continu.

**Anode** : l'électrode est le siège d'une réaction d'oxydation.

**Cathode** : l'électrode est le siège d'une réaction de réduction.

**La réaction possible à l'anode :**



La réaction possible à la cathode :

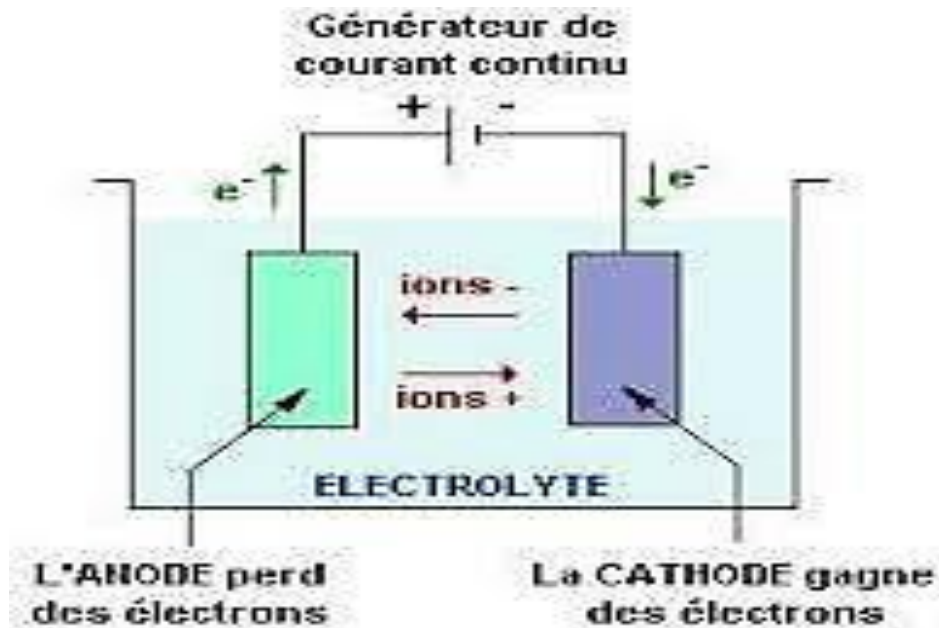


Fig.4 : schéma du bain d'électrolyse.

### b - loi de faraday

La loi de faraday dit, la quantité de substance libérée lors d'électrolyse d'une électrode est proportionnelle au temps et au courant électrique.

Soit :  $A^{n+} + ne^{-} \longrightarrow A$  lorsque une mole de cation  $A^{n+}$  se réduit et se dépose en une mole de métal A sur une électrode, il a eu n moles d'électrons qui est équivalent à une quantité d'électricité, Q.

$$Q = n \times e \times N = n \times F$$

- Q : quantité d'électricité en coulomb C
- n : nombre d'électrons
- N : nombre d'Avogadro =  $6,02 \cdot 10^{23}$
- F : constant de Faraday = 96500 C/mol
- e : charge d'un électron =  $1,6 \cdot 10^{-19}$

L'équation de la loi de Faraday s'écrit :

✓ 
$$n = \frac{Q}{zF} = \frac{I t}{zF}$$

✓ 
$$m = \frac{I t M}{z F}$$

- m : masse de substance déposée en gramme(g)
- I : courant électrique en Ampère(A)
- t : temps en seconde(s)
- M : masse molaire (g/mol)
- z : valence

### **c – équipement du bain d'électrolyse :**

#### **1. cuve :**

La cuve est un récipient où a lieu la réaction d'électrolyse. Elle peut être fabriquée en acier inoxydable, doit comporter un revêtement en PVC étanche et résistant à la température d'emploi du bain pour empêcher les attaques électrolytiques.

#### **2. générateur :**

C'est un dispositif qui permet de produire de l'énergie électrique à partir d'une autre forme d'énergie. A la SADF, on utilise le générateur idéal de courant (Galvanostat), le courant produit est constant quel que soit la tension demandée et la charge à alimenter.

#### **3. chauffage :**

La cuve doit être équipée d'un système de chauffage assuré par des thermoplongeurs avec régulation thermostatique. Pour éviter l'échange d'énergie thermique avec le milieu extérieur, on utilise des boules en plastique flottant sur la surface du bain.

#### **4. Electrode :**

En général, on utilise des électrodes métalliques de première espèce. Le choix des électrodes dépend des bains dont l'objectif de l'électrolyse doit prendre en compte.

#### **5. Agitateur :**

C'est un élément d'une unité de procédé ayant pour but d'assurer l'homogénéisation d'un milieu (homogénéisation du point de vue des composants du milieu et/ou de la température). L'agitation assure une meilleure dispersion de la couche à déposer sur la surface de l'article. On peut distinguer deux types d'agitation.

- Agitation mécanique
- Agitation à l'air

#### **6. Filtration :**

Une filtration en continu de l'électrolyte sur charbon actif est préconisée afin d'obtenir un placage de métal propre et lisse déposé sur l'article (Le charbon actif doit être fréquemment renouvelé).

## **Chapitre 3 : GALVANOPLASTIE A LA S.A.D.F**

### **I. Définition :**

C'est ensemble des procédés permettant de déposer, par électrolyse, une couche d'un métal sur un support métallique.

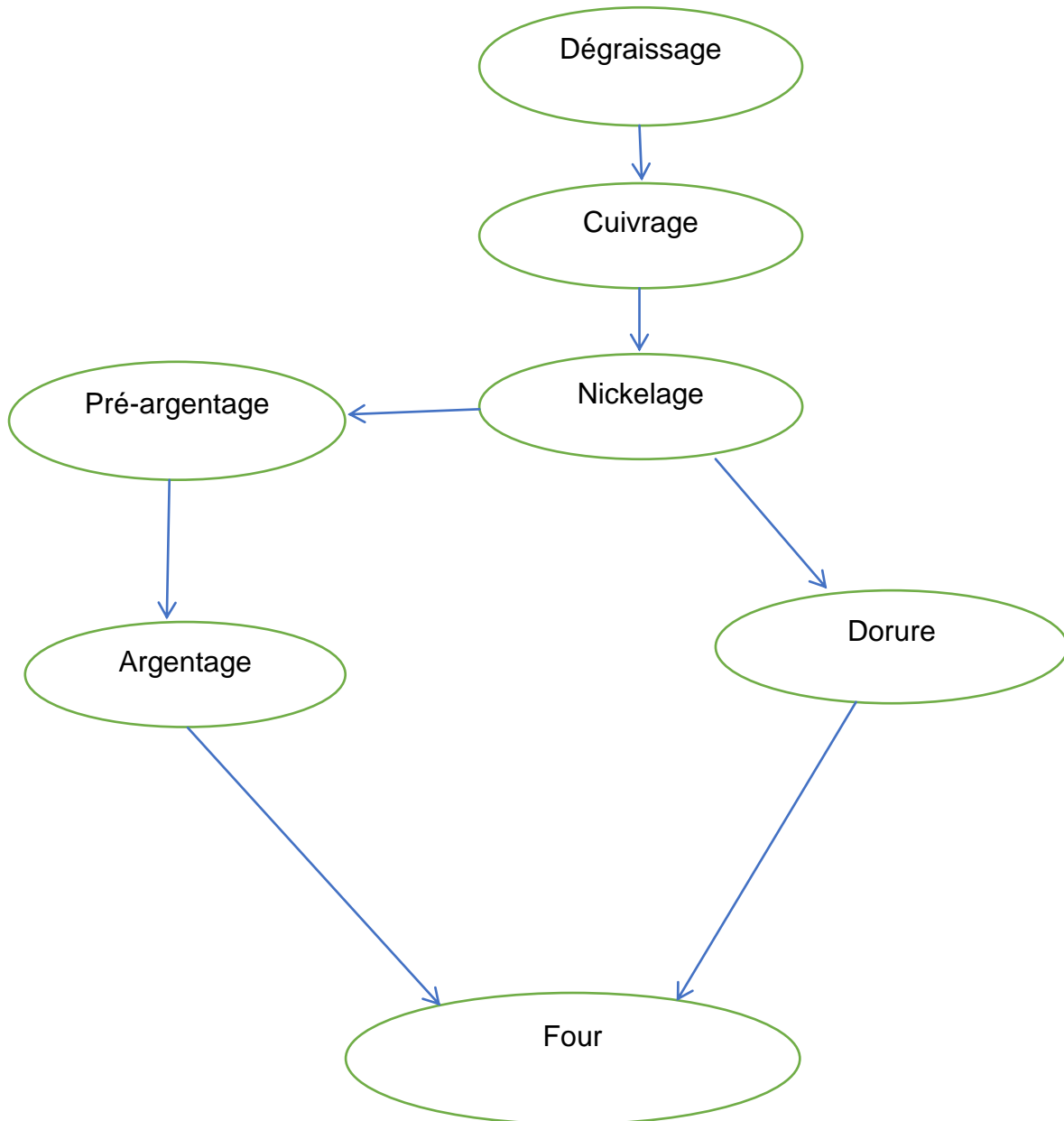
### **II. Principe :**

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). Et sous l'effet du courant, la pièce à plaquer gagne des électrons et attire les ions de métal qui adhèrent à la surface. Le placage est en marche.

Le phénomène électrolytique est favorisé par un certain nombre de facteurs variables qu'il convient de bien maîtriser pour obtenir le résultat souhaité.

- Concentration du bain
  
- Surface de la pièce à plaquer
  
- Puissance du courant (agissant sur la vitesse du dépôt)
  
- Température
  
- pH

### III. Schéma du procédé de galvanoplastie :



**Fig.5 : procédé de traitement de surface**

## **a. Dégraissage :**

Le dégraissage est le fait d'enlever les traces de graisse d'un autre élément. Le dégraissage est une étape préparatoire indispensable à une opération de traitement de surface. Pour garantir une bonne adhérence du revêtement, il faut que la pièce soit impérativement propre et bien dégraissée. Le dégraissage s'effectue dans un bain électrolytique.

Le bain a pour objectif d'éliminer le mince film gras résiduel et les couches d'oxydes qui recouvrent la pièce. Il contient différents produits chimiques (base et détergent). Sur la pièce se produit un dégagement gazeux en même temps que l'oxydation de sa surface. Ce phénomène permet de nettoyer l'aspect extérieur de l'article. Le dégraissage donc joue un rôle très important dans le nettoyage de la surface et l'amélioration de la qualité du produit final.

### **Paramètre de dégraissage :**

Les paramètres suivants influent sur la qualité de dégraissage :

Type de dégraissant (ou de détergent)

Température du bain (ou du produit de dégraissant)

Concentration du bain

Le temps de traitement

L'effet /action mécanique (agitation ou pression d'aspersion)

### **Composition du bain de dégraissage (à la SADF) :**

Présol 7030 /DEX

AB40

μEau déminéralisée

Soude caustique NaOH

Cyanure de soude, NaCN

### **Conditions de travail :**

Température : ambiante

Temps d'immersion : 5 – 10 min

Densité de courant : 25 A/dm<sup>2</sup>

Degré baumé : 6



**Photo 8 : bain du dégraissage**

### **b. bain de rinçage :**

Les opérations de rinçage se situent entre chaque opération de bains actifs. Le rôle de rinçage est d'éviter d'amener les traces d'ions provenant du bain précédent afin de limiter la pollution du bain suivant. La pièce traitée après chaque actifs doit être rincée dans trois bains successifs afin d'assurer leur purification.



**Photo 9 : bain de rinçage**

### **c. Cuivrage**

Opération de revêtement d'une surface par une couche de cuivre. La couche de cuivre déposée sur une surface a plusieurs usages en fonction des besoins.

- protection contre l'oxydation
- préparation de surface avant autres traitements
- recouvrement esthétique
- recouvrement fonctionnel



## **Type du bain de cuivrage :**

La SADF utilise deux types du bain de cuivrage. Leurs compositions et rendements sont différents. Ils sont :

- bain de cuivre alcaline
- bain de cuivre acide

### **i. Bain de cuivre alcaline : 900L**

Ce type de cuivrage s'effectue par immersion dans le bain, des pièces à cuivrer. Elles sont reliées à la cathode. L'anode est en cuivre pur. Ce bain peut être particulièrement destiné comme une sous-couche pour nickelage à la SADF. Et servir à obtenir des faibles dépôts du cuivre sur les pièces.

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

- cyanure de cuivre,  $\text{CuCN}$
- cyanure de sodium ou potassium,  $\text{NaCN}$ ,  $\text{KCN}$
- soude caustique
- des additifs (brillant, mouillant, ...)
- sel n°11 et sel n°2 (sel conducteur)
- anode de plaque en cuivre

#### **Condition du travail :**

- température :  $35^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$
- pH : 11
- temps d'immersion : 2 – 5min
- degré baumé : 13
- densité de courant : jusqu'à  $2 \text{ A/dm}^2$
- agitation mécanique



**Photo 10 : bain de cuivre alcalin**

Les réactions qui se produisent dans le bain:

**A l'anode:**



**A la cathode :**



## **ii. Bain de cuivre acide : 700L**

Le dépôt du cuivre dans ce milieu s'effectue la même manière que le bain du cuivre alcalin sauf qu'ici, l'anode est constituée de grosse plaque métallique de composition d'une grande quantité de cuivre et d'une partie de phosphore. Ce dernier joue un rôle de catalyseur dans la réaction électrolytique. On cherche à déposer une grande quantité du cuivre. Il est conseillé dans tous les cas d'agiter les pièces de cathode mécaniquement, et filtrer continuellement par le charbon actif afin d'assurer un dépôt pur et lisse.

### Composition du bain :

- Sulfate de cuivre,  $\text{CuSO}_4$
- Acide sulfurique,  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Anode de cuivre contenant une portion de phosphore.
- Additifs
  - Brillanteur
  - Curbac base
  - Curbac brillant
  - Curbac nivelant

### Conditions de travail :

- Temps d'immersion : 15 – 20min
- pH : 4,5
- densité de courant :  $0,15 \text{ A/dm}^2$
- degré baumé : 23
- température :  $40^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}$



Photo 11 : bain du cuivre acide

Les réactions qui se produisent dans le bain :

#### A l'anode :



### A la cathode :



### d. Nickelage : 1800L

Le nickelage électrolytique s'emploie dans bien des cas comme base pour favoriser le dépôt d'un autre métal. Le nickelage électrolytique permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques, esthétiques d'un matériau et de le protéger de la corrosion. Lors du nickelage, la pièce est accrochée à la barre cathodique. L'anode est composée des plaques en nickel logé dans des paniers en titane. Lorsque le courant passe, les ions (+) du nickel migrent vers le pôle (-) de la pièce et se déposent sous forme de couche de métal (nickel) dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion.

### Composition du bain :

- sulfate de nickel,  $\text{NiSO}_4$
- chlorure de nickel,  $\text{NiCl}_2$
- acide borique,  $\text{H}_3\text{BO}_3$
- anode de nickel logé dans des paniers
- additifs
  - brillanteur
  - mouillant
  - nivelant
  - purificateur
  - fixateur

Ces additifs donnent une brillance vive au dépôt réalisé sur la surface de la pièce.

**Condition de travail :**

Température : 60°C – 70°C

pH : 3,8 – 4,8

Temps d'immersion : 10 – 15min

Densité de courant : 3 – 5 A/dm<sup>2</sup>

Degré baumé : 28

Agitation mécanique et filtration par charbon actif



**Photo 12 : bain du nickel**

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

**A l'anode :**



**A la cathode :**



### e. Pré-argentage : 900L

Pour obtenir une bonne adhérence, un aspect uniforme et brillant du dépôt, il est nécessaire de préparer correctement les pièces à argenter. Donc on réalise un pré-argentage des articles pour préparer sa surface, et afin d'éviter toute transmission des impuretés au bain d'argent.

#### Compositions du bain :

- cyanure de potassium, KCN
- cyanure d'argent, AgCN
- Eau déminéralisée
- anode d'inox

#### Conditions de travail :

- Température : ambiante
- Temps d'immersion : 10s – 15s
- pH : 11
- Degré baumé : 19
- Densité de courant : très fort, (200 A)
- Filtration par charbon actif



Photo 12 : bain du pré-argent

## Les réactions qui se produisent dans le bain

### A l' anode:



### A la cathode:



### f. Argentage: 900L

Les dépôts électrolytiques d'argent sont blancs, tendres, de très bonne soudabilité. Ils permettent d'assurer une bonne protection contre la corrosion en raison de son potentiel très électropositif par rapport à la plupart des métaux et présente une bonne tenue à l'oxydation atmosphérique et à la vapeur d'eau. Pour réaliser en générale les dépôts électrolytiques d'argent, il faut d'abord cuivrer et nickeler la pièce (l'argent se dépose facilement sur le nickel). L'anode est des plaques en argent. L'électrolyse de ce bain s'effectue en même temps qu'avec une agitation mécanique et une filtration en continue par le charbon actif dans un filtre.

### Compositions du bain :

- Cyanure d'argent
- Cyanure de potassium
- Anode d'argent
- Eau déminéralisée
- Additifs
  - Selvrium brillanteur
  - Selvrium base
  - Selvrium d'argent

### Conditions de travail :

- Température : ambiante
- Temps d'immersion : 10 – 15 min
- Degré baumé : 35
- Densité de courant : 0,5 – 1 A/dm<sup>2</sup>



**Photo 13 : bain d'argent**

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

**A l' anode:**



**A la cathode:**



**g. Séchage :**

Les articles traités auparavant dans les bains sont rincées puis séchées dans un four à une température adaptée jusqu'à 130°C.

#### **IV. masse déposé et rendement**

En utilisant comme échantillon trois plaques du laiton après avoir effectué le polissage, celle-ci sont pesées au préalable. A l'objectif d'étudier sur la qualité de chaque bain, on a effectué le dépôt électrolytique dans ;

- Le bain du nickel
- Le bain du cuivre acide
- Le bain d'argent



Conditions	Temps de traitement (min)	Densité de courant (A/dm <sup>2</sup> )	Température (°C)
Bains			
Nickel	10	12	60
Cuivre acide	10	1	30
Argent	10	0,5	ambiante

**Tableau 2 : Conditions opératoire suivi par les trois plaques du laiton dans chaque bain.**

D'après l'équation de la loi de Faraday ;  $m$  (masse théorique) =  $\frac{I \times t \times M}{z \times F}$  et

l'équation du calcul de rendement ;  $R = \frac{\text{masse expérimentale}}{\text{masse théorique}} \times 100\%$ , on a trouvé les

résultats ci-dessous

Plaques	1 (bain du nickel)	2 (Bain du cuivre)	3 (bain d'argent)
masses			
Masse avant dépôt (g)	20,5541	21,3466	21,5139
Masse après dépôt (g)	21,5286	21,4089	21,6908
Masse déposé (exp) = (masse après) – (masse avant) (g)	0,9745	0,0623	0,1769
Mass théorique (g)	2,1898	0,1975	0,3354
Rendement (%)	44,50	31,54	52,74

**Tableau 3 : rendement des bains**

Les résultats des rendements semblent logique car, le rendement est influencé par les paramètres suivants :

- L'effet de la concentration dans la solution pendant l'électrolyse.
- Perte des ions métalliques au niveau des crochés qui lie les articles à la cathode.
- La température, le pH, l'agitation, la filtration, ....
- Le temps de la migration des ions dans la solution.
- La succession d'immersion entre des bains mélange les différentes solutions.

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

- Que l'eau utilisée doit être déminéralisée et désinfectée par l'eau de javel.
- Que le choix de l'ampérage doit prendre en considération le domaine de stabilité thermodynamique du métal en solution.
- Que les bains électrolytiques doivent être nettoyés. Un nettoyage complet par filtrations en continu au charbon actif et d'oxyder des impuretés par  $\text{KMNO}_4$  et  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

## **V. traitement de rejets à la S.A.D.F**

Les traitements et surtout les revêtements de surface utilisent des bains très acides ou basiques, presque toujours chargés de produits hautement toxiques comme les cyanures, les métaux lourds, ...

Les effluents liquides générés par la SADF sont épurés avant d'être rejetés dans le milieu naturel ou les stations d'épuration urbaines.

### **Traitement des cyanures dans les rejets :**

La méthode pratiquée à la SADF pour traiter les effluents contenant cyanure est la destruction par chloration. La SADF utilise l'hypochlorite de sodium  $\text{NaOCl}$  (pH basique  $\geq 11$ ) qui oxyde partiellement le cyanure en cyanate (moins toxique) Ou complètement en dioxyde de carbone et en azote.



## **CONCLUSION**

**La société des artisans dinandiers de Fès, SADF** effectue des traitement de la surface des articles pour obtenir une surface d'aspect, de couleur et de propriété bien déterminés selon les besoin des clients. Ces caractéristiques peuvent variées en fonction de la chaine de production et des modifications des propriétés physicochimiques.

Au cours de cet étude, il s'est avéré qu'un bon dépôt électrolytique dépend de plusieurs facteurs ; la propriété de la surface du métal, la concentration, le pH de l'électrolyte, l'ajout des sels et des brillanters, ...

Enfin on peut conclure que la galvanoplastie apporte des changements chimiques, physiques, et modifie les propriétés mécaniques. Donc, en utilisant des matériaux de précisions et sophistiques, et un laboratoire de contrôle, on peut surement avoir des résultats satisfaisants.

Et aussi, la SADF a réussi dans la protection de l'environnement par le traitement des effluents liquides générés avant d'être rejetés dans le milieu naturel ou les stations d'épuration urbaines.

References bibliographies:

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-electrolyse-339/>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Cuivrage>

Des fiches techniques de la Société des



