



Licence Sciences et Techniques (LST)
**TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET CONTROLE DE
QUALITE**

TACCQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

Quelques procédés de traitements de surface du laiton

Présenté par :

◆ **ZOSSOUNGBO Fabrice**

◆ Encadré par :

◆ **Mr. CHNOUNI Khamar (SADF)**

◆ **Pr. BOUKIR Abdellatif (FST)**

Soutenu Le 17 Juin 2011 devant le jury composé de:

- Pr BOUKIR Abdellatif	Président
- Pr EL GHAZOUALI Ahmed	Examineur
- Pr ASSOUIK Jamal	Examineur

Stage effectué à la SADF

Année Universitaire 2010 / 2011

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION	
II.	PRESENTATION DE LA SADP	
	1. Historique	2
	2. Principaux clients	3
	3. Matière première.....	4
III.	CHAINE DE PRODUCTION	
	1. Modélisation.....	6
	2. Découpage.....	6
	3. Gravure.....	6
	4. Repoussage.....	7
	5. Fonderie.....	7
	6. Limage.....	7
	7. Soudure.....	7
	8. Décapage.....	8
	9. Finition.....	8
	10. Traitement de surface.....	8
	11. Emballage.....	9
IV.	ELECTROLYSE	
	1. Définition de l'électrolyse.....	10
	2. Loi de Faraday.....	11
	3. Equipement du bain d'électrolyse	12
	4. Schéma du procédé de traitement de surface.....	13
V.	PROCEDES DE TRAITEMENT DE SURFACE	
	1. Dégraissage.....	14
	2. Cuivrage.....	16
	3. Nickelage.....	20
	4. Pré-argentage.....	24
	5. Argentage.....	25
	CONCLUSION	
	Annexe	31

Remerciements

Avant toute chose, j'aimerais tout d'abord rendre grâce à Dieu pour m'avoir assisté tout long de mon stage et pour la réalisation de ce travail.

En premier lieu, je remercie mon encadrant Mr. BOUKIR Abdellatif pour son aide et sa disponibilité.

Je remercie aussi Mr. ABD EL RAFIE TAHIRI JOUTEI le directeur de la **SADF** pour m'avoir accueilli dans sa société et pour sa sympathie.

Je remercie également Mr. CHNOUNI Khamar responsable de mon stage à la société SADF, pour l'attention particulière qu'il m'a accordé durant ce stage.

Ma profonde et vive reconnaissance s'adresse aussi aux membres de jury: Mr. ASSOUIK Jamal et Mr. El GHAZOUALI Ahmed d'avoir bien voulu accepter sans réserve de juger ce modeste travail.

Je remercie tous les professeurs du département de chimie de la FST Fès-Saïs pour leurs formations, conseils et soutiens.

I. Introduction

La Société Des Artisans Dinandiers De Fès (**SADF**) est une société qui utilise des procédés de traitement de surface très intéressants et variés lors de la fabrication d'un article artisanal ou décoratif. Dans le but de pouvoir acquérir une expérience du monde professionnel en chimie, il m'a été permis d'effectuer un stage au sein de cette entreprise en vue d'approfondir mes connaissances en électrochimie.

Dans la première partie de ce rapport, je présente la société **SADF** et les matières premières utilisées dans la société.

Dans la seconde partie, je traite la chaîne de production qui explique toutes les procédures pour fabriquer une pièce quelconque

Et enfin dans la troisième partie, je montre les différents procédés d'électrolyse, ainsi que l'estimation de dépôt massique durant chaque procédé.

II. Présentation de la SADF

1. Historique

La création de la **Société des Artisans Dinandiers de Fès** remonte à 1982. En effet, un groupe de Maîtres-artisans avait pensé 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 réuni à la fois beauté, goût et qualité ; sans oublier la prise en considération du côté coût pour qu'il soit abordable par la plupart des clients.

Depuis sa mise en place, la **SADF** n'a pas cessé de déployer ses efforts pour apposer son empreinte sur plusieurs domaines tels que l'**argenterie** et sur d'autres articles en métal (**Luminaires, Tables, Tabourets, Miroirs, Coffrets** ou tout autre type de travaux selon modèle,...).

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.

Signalons que la **SADF** a acquis une très bonne image de marque et une notoriété assez large 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 marié au laiton, ce qui contribuera à doubler le chiffre d'affaire au niveau 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 de nouvelles activités telles que la menuiserie et la tapisserie.

A l'opposé de ce qui est connu dans l'ancienne médina de Fès, la société **SADF** a intégré un certain nombre d'artisans spécialisés dans différentes disciplines et dont l'habileté de leurs mains donne l'aspect original aux produits. En effet, elle occupe une place très importante parmi les meilleures sociétés 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

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 États-Unis.

2. Principaux clients

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

Clients nationaux	Clients internationaux
-Palais royaux	-Emirats arabes unies (foires de Dubaï et d'Abu Dhabi)
-Garde royale	-Bahreïn
-Divers ministères	-Arabie saoudite (foire de Riad)
-Les hôtels	-Tunisie (foire de Sfax, de Nabeul, Tunis, Sousa)
-Les associations	-Sultanat Oman
-Les clients particuliers	-France (foire de Bressuire)
	-Allemagne (foire de Hanover)

	-Italie (foire internationale de Milan) -Japon - Inde
--	---

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

3. 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 variables. Il peut aussi contenir d'autres métaux en dosages très faibles tels que le plomb, l'étain ou le manganèse.

Le laiton, communément appelé «bronze», est connu et utilisé depuis la préhistoire.

On distingue trois types de laiton :

- Les laitons simples (binaires) : Le laiton 1^{er} titre qui contient 36% de zinc et 64% de cuivre.
- Les laitons au plomb : Le laiton 2^{ème} titre qui contient 2% de plomb et 59% de cuivre et 39% de zinc.
- Les laitons spéciaux : ils ont pour but d'augmenter les propriétés mécaniques par l'addition d'éléments d'alliages (étain, aluminium, arsenic, manganèse, nickel, fer, silicium...).

III- CHAINE DE PRODUCTION :

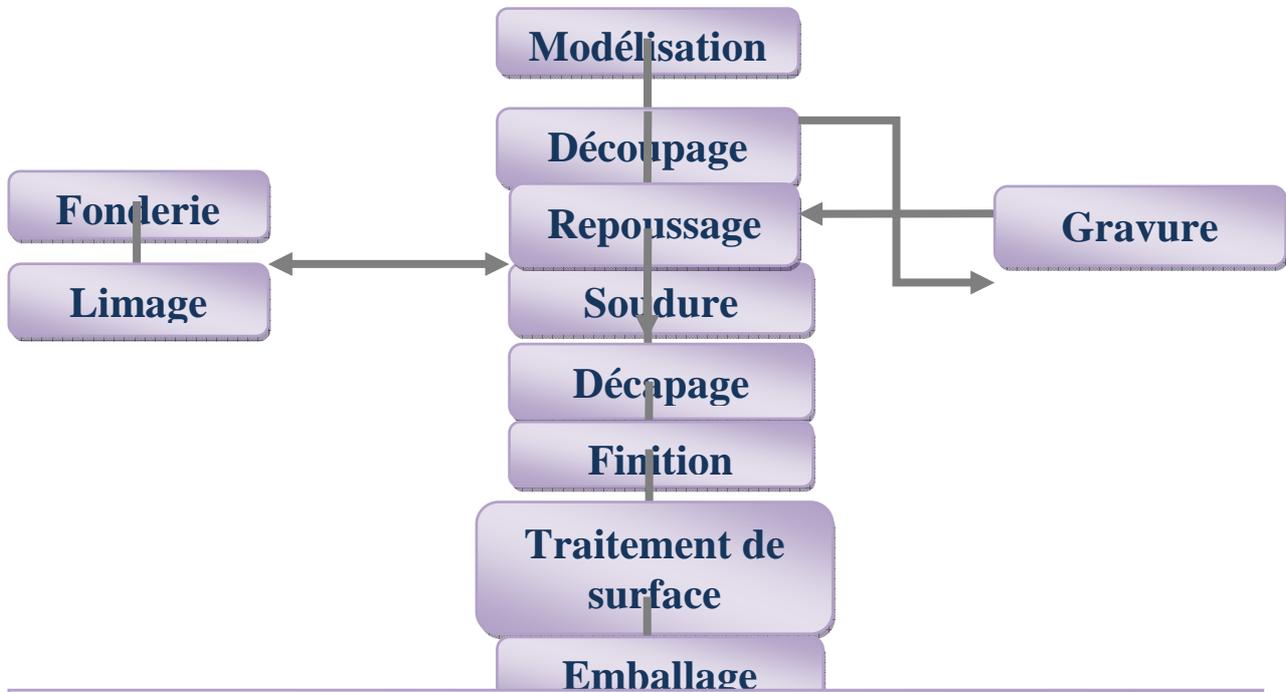


Fig.1 : Différentes étapes de fabrication d'un article

1- Modélisation :

Les pièces de l'article sont élaborées par des modélistes spécialisés sous forme d'exemplaires. Chacun de ces derniers représente la forme, les dimensions, les couleurs et les types de matières premières à utiliser pour chaque pièce. Avant la fabrication de l'article, un échantillon représentatif passe par la chaîne de la fabrication et suivi par plusieurs maitres artisans dont ils peuvent entraîner des modifications sur la forme si nécessaire jusqu'à ce qu'il prenne son aspect parfait et souhaité. Cet échantillon représente le modèle à suivre pour la chaîne de fabrication.

2- Découpage :

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

- Découpage manuel,
- Et Découpage électrique (ciseau électrique).

3- 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 trouve deux types des dessins :

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

4- Repoussage :

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.
- **Et repoussage automatique** : cette opération nécessite des moules particuliers pour les pièces plats. Elle est effectuée par une machine à presse.

5- Fonderie :

La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à couler un [métal](#) ou un [alliage](#) liquide dans un [moule](#) pour produire et 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 du sable selon les formes désirées.
- **Fondage** : 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 fabriquées. Après refroidissement, on aboutit à la formation des pièces désirées.

6- 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.

7- Soudure :

Elle consiste à assembler les différentes pièces provenant du limage et de la fonderie. Cette fixation se réalise par des soudures en étain.

8- Décapage :

Le décapage 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** : la surface de la pièce est attaquée par des acides forts et concentrés, surtout pour les pièces gravées. Les acides utilisés sont : HCl et HNO₃
- **Et décapage électrochimique** : consiste à oxyder superficiellement la surface d'une pièce placée en anode et dans un électrolyte (H₂SO₄ ou H₃PO₄).

9- Finition :

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 mal soudées, les rayures 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** : ce contrôle est fait par deux équipes (une pour les pièces plates et l'autre pour les pièces bombées), qui éliminent toutes les traces de soudure et les bordures mal définies.
- Ravivage** : c'est un polissage utilisant une pâte rouge et des machines équipées de différents diamètres granulométriques de papier abrasif, afin de donner un éclat pour l'article et rendre sa surface plus vive.

10- Traitement de surface :

Le traitement de surface est basé sur le procédé de l'électrolyse. Il a pour but de modifier, transformer la surface de la pièce dans l'objectif de lui conférer de nouvelles propriétés par exemples, résistance à la corrosion, à l'usure ou modification de l'aspect apparent.

11- L'emballage :

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

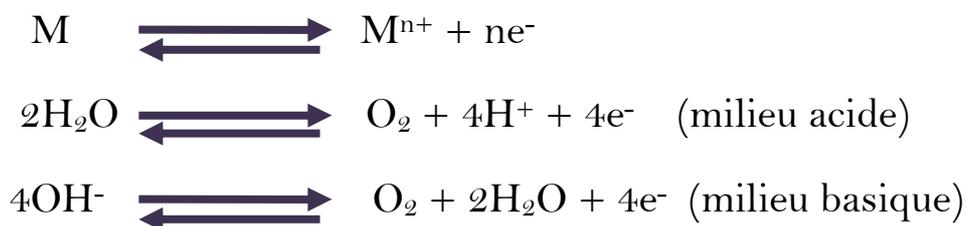
IV- L'ELECTROLYSE :

1- Définition :

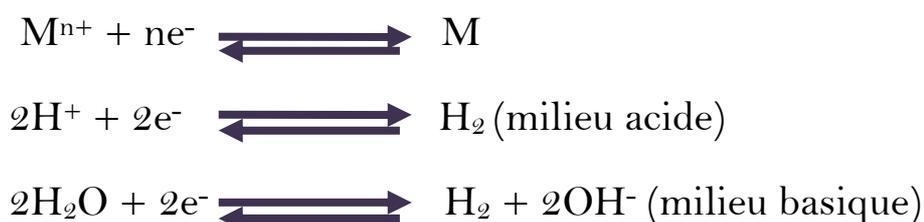
Le principe de l'électrolyse repose sur l'application d'une tension électrique entre deux électrodes plongeant dans une solution électrolytique, provoquant ainsi un transfert d'électrons entre l'oxydant et le réducteur.

On appelle **anode** l'électrode où a lieu une réaction d'oxydation (menant à la production d'électrons) par opposition à la **cathode** où se produit une réaction de réduction (menant à la consommation d'électrons).

- Les réactions possibles à l'anode sont :



- Les réactions possibles à la cathode sont :



Le pôle négatif du générateur est toujours relié à la cathode de l'électrolyseur et son pôle positif à l'anode (voir schéma d'électrolyse).

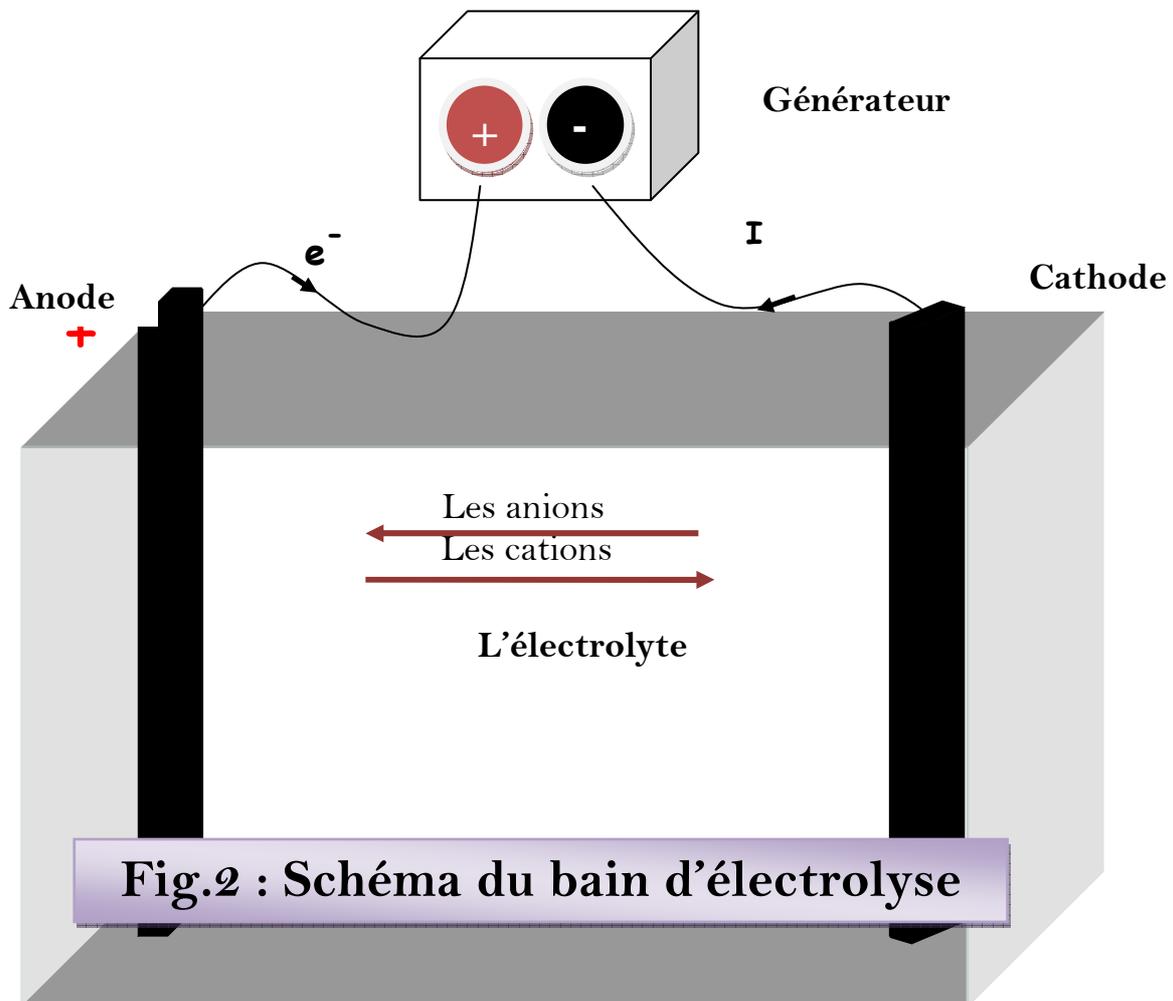
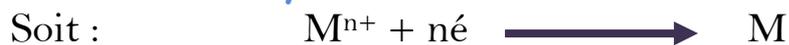


Fig.2 : Schéma du bain d'électrolyse

2- Loi de faraday :



Quand **une mole de cation** M^{n+} se réduit et se dépose en **une mole de métal** M sur une électrode, il a eu besoin **n moles** d'électrons correspondant à une quantité d'électricité Q de :

$$Q = n \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 6,02 \cdot 10^{23} = n \times F$$

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

La quantité de matière qui se forme ou qui disparaît aux électrodes est proportionnelle à l'intensité du courant I et à la durée de l'électrolyse t .

L'équation de la loi de Faraday :

$$m = \frac{I \times t \times M}{n \times F}$$

- $m =$ masse de matière déposée (g)
- $n =$ nombre d'électrons nécessaires
- $I =$ courant en ampère (A)
- $t =$ temps en seconde (s)
- $M =$ masse molaire du métal (g/mol).

3- Equipement du bain d'électrolyse :

- Cuve :** les cuves doivent comporter un revêtement en PVC étanche et résistant à la température d'emploi du bain pour être protégées contre les attaques d'électrolyte.
- Générateur :** constitue la source d'énergie qui sera transformée en énergie chimique. Dans la société SADP, on utilise le générateur de courant (galvanostat) qui permet d'imposer un courant constant.

- c. **Chauffage** : les cuves doivent être équipées 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 flottantes sur la surface du bain.
- d. **Agitation** : l'agitation permet d'assurer une meilleure dispersion de la couche à déposer sur la surface de l'article. On peut distinguer deux types :
- Une agitation mécanique,
 - Et une agitation à l'air.
- e. **Filtration** : une filtration continue sur charbon actif est indispensable afin d'obtenir une couche de métal propre et lisse déposée sur l'article.

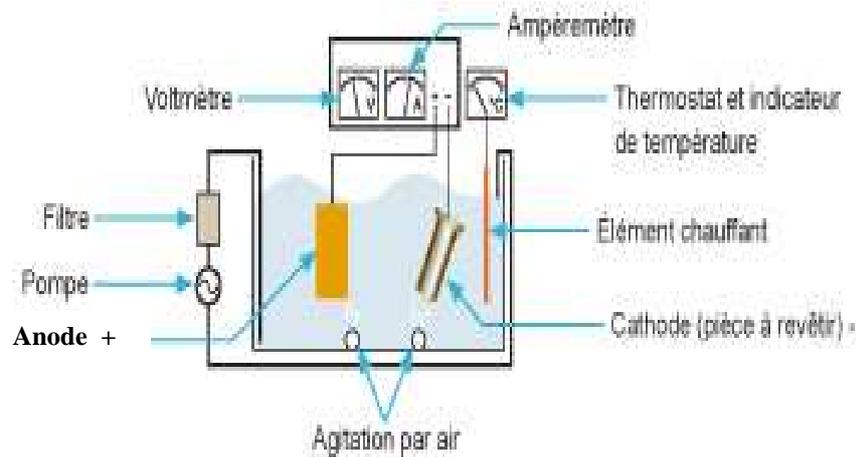
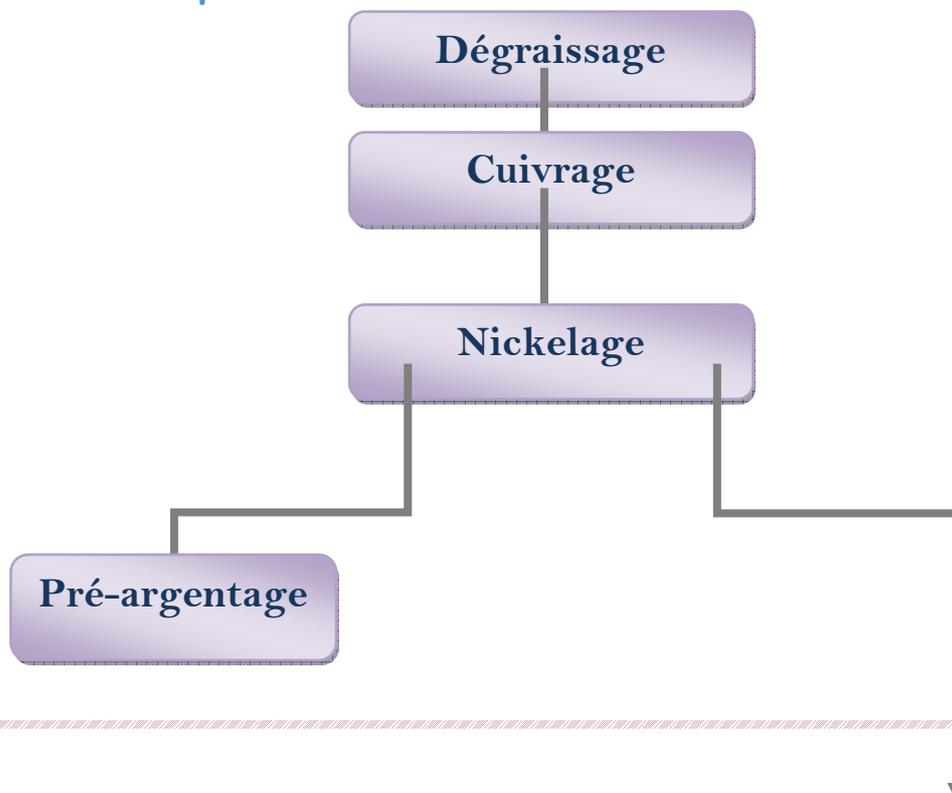


Fig.3 : Différents équipement d'un bain

4- Schéma du procédé de traitement de surface :



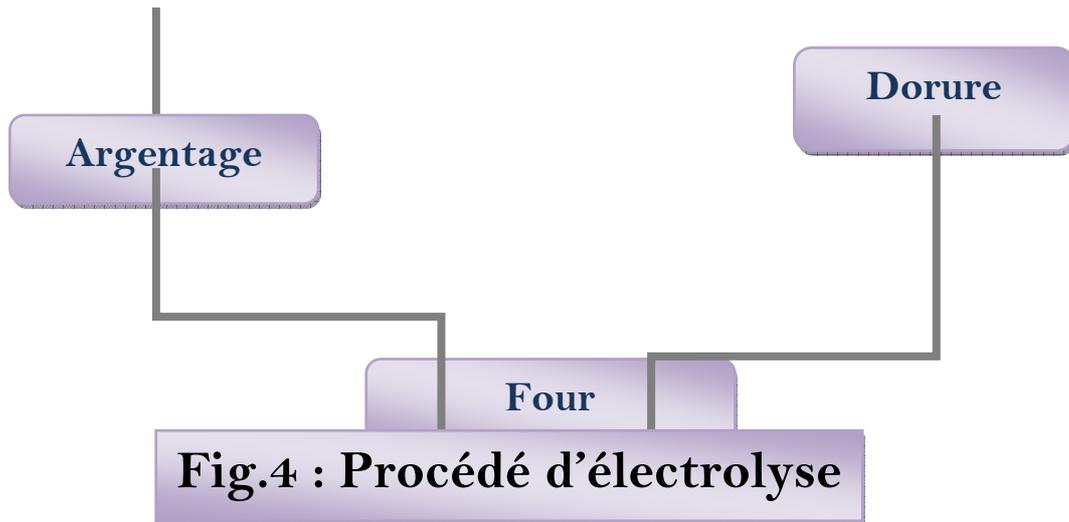


Fig.4 : Procédé d'électrolyse

V. QUELQUES PROCÉDES DE TRAITEMENTS DE SURFACE

1. Dégraissage

Pour garantir un bon dépôt, il faut que le métal passe par une étape de dégraissage dans le but de le nettoyer correctement avant son utilisation. Le dégraissage s'effectue dans un bain électrolytique.

Le bain de dégraissage a pour objectif d'éliminer le mince film gras résiduel et les couches d'oxydes qui recouvrent les pièces. Il contient différents produits chimiques comme bases et détergents (cités en dessous). Sur la pièce se produit un dégagement gazeux (oxygène) en même temps que l'oxydation de sa surface. Ce phénomène permet de nettoyer l'aspect extérieur de l'article. La société **SADF** utilise un bain de dégraissage sans cyanure et il est composé par :

- Présol 7030 (produit commercial) / Dex,
- AB 40,
- Eau déminéralisée.

Le dégraissage joue un rôle très important dans le nettoyage de la surface de l'article et l'amélioration de la qualité du produit final.

➤ Conditions du travail :

- Température normale,
- La densité de courant imposée : $25\text{A}/\text{dm}^2$ pour réaliser un polissage électrolytique.



Fig.5 : Bain de dégraissage

Il est à noter que chaque bain est accompagné d'un ou de plusieurs bains de rinçage en vue de ne pas permettre la pollution des autres bains. Cette opération permet d'assurer la purification de l'article.

2. Cuivrage

Le cuivrage est une opération de revêtement de la surface des pièces par du cuivre. Selon la composition des bains il existe deux types de bains de cuivrage : le cuivrage alcalin et le cuivrage acide.

a. Cuivrage alcalin

- Capacité 900L
- Composition du bain :
 - Cyanure de sodium (NaCN).
 - Sel N°2 (CuCN).

- Sel N°11 (Sel conducteur).
- La soude caustique.
- Des additifs (brillanteur, mouillant...)

➤ **Conditions de travail :**

- pH basique et égal à 11.
- $T = 35^{\circ}$ à 40° C
- Temps d'immersion est : $t = 2$ min
- $J = 10$ A/dm²
- Baumé* est de 14°

Ce procédé se fait par immersion dans un bain contenant du cuivre en solution mélangé à d'autres produits chimiques et soumis à un courant électrique fort. La pièce à traiter est placée dans le bain et reliée à la [cathode](#), l'[anode](#) sera en cuivre pur. Notons aussi que le temps d'immersion dans cette cuve est réduit. Ceci est dû au courant assez fort qui induit un dépôt assez important sur la pièce. Ce dépôt est en quelque sorte un pré-dépôt en vue de pouvoir rendre optimal le dépôt des métaux tels que le Nickel.

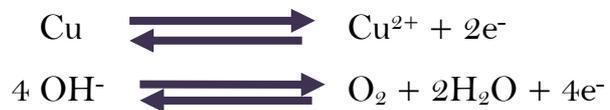
Au cours de l'électrolyse le dépôt des ions Cu^{2+} est assuré par le sel numéro 2. Le sel numéro 11 joue le rôle de conducteur à cause des ions cyanure qui assurent la conductivité des ions cuivreux jusqu'à la pièce réceptrice du dépôt.



Fig.6 : Bain de cuivre

❖ Les réactions qui se produisent dans le bain :

▪ A l'anode : les réactions d'oxydation possibles sont :



▪ A la cathode : les réactions de réduction possibles sont :



❖ Estimation de la masse de Cuivre déposée sur la pièce :

La masse théorique qui doit être déposée par dm^2 sur la pièce par l'application de la loi de faraday est :

$$M = I \times t \times M / (n \times F) = (10 \times 2 \times 60 \times 63.5) / (2 \times 96500) = 0.395 \text{ g/dm}^2$$

Afin de pouvoir vérifier cette loi de Faraday j'ai utilisé une plaque A de surface 1 dm^2 et de masse initiale $M_A = 121,62 \text{ g}$ dans les mêmes conditions de travail. (voir page 16)

La masse de la plaque A après cuivrage est de $M'_A = 121,81 \text{ g}$ soit un dépôt de $M_{\text{exp}} = 0,19 \text{ g}$. Ce qui nous permet de calculer le rendement de dépôt massique qui est de **48,1 %**

b. Cuivrage acide

➤ **Capacité du bain: 700 L**

➤ **Composition du bain :**

- Sulfate de cuivre (CuSO_4).
- Acide sulfurique (H_2SO_4).
- Anode « plaque de cuivre contenant une portion de phosphore ».
- Additifs : brillanteurs
 - Curbac base.
 - Curbac brillant.
 - Curbac nivelant.

➤ **Conditions de travail :**

- $J = 2 \text{ A/dm}^2$
- $t = 15 \text{ min}$
- $T = 40^\circ \text{ à } 45^\circ \text{ C}$
- $\text{pH} = 4.5$

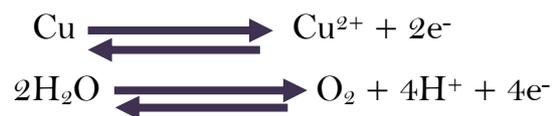
Ce procédé de cuivrage présente la particularité d'avoir la présence des brillanteurs qui donnent une coloration foncée et plus brillante au cuivre. Notons aussi que la pièce ne quitte pas directement le bain de dégraissage, mais passe par le bain de cuivre alcalin en vue de maximiser le dépôt. Le temps de l'immersion de la pièce est un peu plus long et il est dû au faible courant électrique appliqué. Le pH du bain est maintenu par la présence de l'acide sulfurique.



Fig.7 : Bain de cuivre acide et d'une pièce cuivrée

❖ Les réactions qui se produisent dans le bain :

- A l'anode : les réactions d'oxydation possibles sont :



- A la cathode : les réactions de réduction possibles sont :





Estimation de la masse théorique de Cuivre déposée sur la plaque :

La masse théorique qui doit être déposée par dm^2 sur la pièce par l'application de la loi de Faraday est :

$$M = I \times t \times M / (n \times F) = (2 \times 15 \times 60 \times 63.5) / (2 \times 96500) = 0.592 \text{ g/dm}^2$$

Afin de pouvoir vérifier cette loi, nous avons utilisé une plaque A de surface 1 dm^2 et de masse initiale $M_A = 121,47 \text{ g}$ dans les mêmes conditions de travail. (Voir page 18)

La masse de la plaque A après cuivrage est de $M'_A = 121,85 \text{ g}$ soit un dépôt de $M_{\text{exp}} = 0,38 \text{ g}$. Ce qui nous permet de calculer le rendement de dépôt massique qui est de **64,4 %**

De point de vue théorique, nous remarquons que le cuivrage acide permet un meilleur dépôt que le cuivrage alcalin. Il se manifeste aussi au niveau du rendement. Vu que la pièce est passée par le cuivrage alcalin le dépôt est maximisé. C'est pour cela que toutes les pièces qui doivent être livrées cuivrées passent toujours par le cuivrage acide.

3. Nickelage

Ce procédé permet d'obtenir des dépôts électrolytiques de Nickel sont blancs et durs. Ils offrent une bonne résistance à la corrosion et présentent une bonne tenue à l'oxydation atmosphérique et à la vapeur d'eau.

➤ **Capacité du bain : 1800 L**

➤ **Composition du bain :**

- Sulfate de nickel (NiSO_4),
- Chlorure de nickel (NiCl_2),
- Acide borique (H_3BO_3),
- Anode de Nickel,
- Additifs :

→ Fixateur,

→ Brillanteur,

- Mouillant,
- Nivelant.

Ces additifs donnent une brillance vive au dépôt réalisé sur la surface de l'article.

➤ **Les conditions de travail :**

- $J = 25 \text{ A/dm}^2$
- $T = 60^\circ \text{ C}$
- $\text{pH} = 3.8 \text{ à } 4.8$
- $t = 10 \text{ à } 15 \text{ min}$

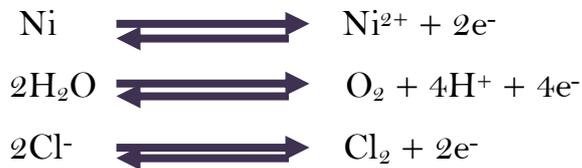
Durant le nickelage, on accroche toutes les pièces à la barre cathodique et on place à l'anode plusieurs barres du métal de nickel. Lorsque que le courant passe, les ions positifs du nickel migrent vers le pôle négatif (pièces) et se déposent sous forme de couche de métal dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion. La solution a tendance souvent à être basique. Ainsi la présence de l'acide borique a pour rôle de réguler le pH puisque tout l'hydrogène est parti sous forme de gaz traduisant ainsi un excès d' OH^- dans le mélange.



Fig.8 : bain de Nickel

❖ Les réactions qui se produisent dans le bain :

- A l'anode : les réactions d'oxydation possibles sont :



- A la cathode : les réactions de réduction possibles sont :



Fig.9 : Pièce nickelée

Estimation de la masse de Nickel déposée sur la pièce

La masse théorique qui doit être déposée par dm^2 sur la pièce par l'application de la loi de Faraday est :

$$M = I \times t \times M / (n \times F) = (25 \times 15 \times 60 \times 58.7) / (2 \times 96500) = 6.84 \text{ g/dm}^2$$

Afin de pouvoir vérifier cette loi, nous avons utilisé une plaque A de surface 1 dm^2 et de masse initiale $M_A = 121,81 \text{ g}$ dans les mêmes conditions de travail. (Voir page 21)

La masse de la plaque A après nickelage est de $M'_A = 124,41 \text{ g}$ soit un dépôt de $M_{\text{exp}} = 3,1 \text{ g}$. Ce qui nous permet de calculer le rendement de dépôt massique qui est de **45,32 %**

4. Pré argentage

Cette étape permet d'éviter toute trace d'impuretés et prépare l'article au bain d'argent. Elle ne dure quelques instants (10-20s) vu que c'est une étape de préparation.

✓ **Capacité du bain : 900 L**

✓ **Composition du bain :**

- Cyanure de potassium (KCN).
- Cyanure d'argent (AgCN).
- Anode d'Inox.
- Eau déminéralisée.

➤ **Conditions de travail :**

- Densité de courant forte égale à 200A/dm²
- t= 10 à 15 s
- filtration par charbon actif.

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

▪ **A l'anode : les réactions d'oxydation possibles sont :**



▪ **A la cathode : les réactions de réduction possibles sont :**



5. Argentage :

Les dépôts électrolytiques d'argent sont blancs, tendres, de très bonne soudabilité et de conductibilité thermique et électrique excellentes. Ils permettent d'assurer simultanément une bonne protection contre la corrosion en raison de son potentiel très électropositif par rapport à la plupart des métaux.

➤ **Capacité du bain : 900 L**

➤ **Composition du bain :**

- Cyanure de potassium.
- Cyanure d'argent.
- Anode d'Argent.
- L'eau déminéralisée.
- Les brillanters :
 - Argalux brillant.
 - Argalux base.

➤ **Conditions de travail :**

- $I = 10A/dm^2$
- $t = 10 \text{ à } 15 \text{ min}$
- Baumé : 25°

Les articles sont immergés dans un bain électrolytique de sels d'argent à faible intensité de courant électrique. Plusieurs plaques d'argent pur sont accrochées sur la barre anodique. Les pièces à argenter sont accrochées à la cathode.

Sous l'effet du courant électrique, les ions d'argent 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'électrolyse de ce bain s'effectue en même temps qu'avec une agitation mécanique et une filtration en continue par la présence du charbon actif dans un filtre. Le bain est entretenu de façon périodique toutes les 15 jours en vue de maintenir le baumé et de permettre un bon dépôt sur l'article.



Fig.10 : Bain d'argent et pièce argentée

Estimation de la masse d'Argent déposée sur la pièce

La masse théorique d'Argent qui doit être déposée par dm^2 sur la pièce, par l'application de la loi de Faraday est :

$$M = I \times t \times M / (n \times F) = (10 \times 10 \times 60 \times 107,9) / (1 \times 96500) = 6,70 \text{ g/dm}^2$$

Afin de pouvoir vérifier cette loi, nous avons utilisé une plaque D de surface 1 dm^2 et de masse initiale $M_D = 125,77 \text{ g}$ dans les mêmes conditions de travail. (Voir page 25)

La masse de la plaque D après argentage est de $M'_D = 127,5 \text{ g}$ soit un dépôt de $M_{\text{exp}} = 1,73 \text{ g}$. Ce qui nous permet de calculer le rendement de dépôt massique qui est de **25,82 %**

6. Interprétation des estimations

Au travers de ces rendements obtenus nous pouvons conclure que le dépôt de ces métaux est toujours aussi important malgré la différence entre la masse de dépôt théorique et expérimentale. Cela

peut s'expliquer la présence de réactions intermédiaires dans le bain ou lors de l'expérience les bains n'étaient pas renouvelés.

Pour terminer la chaîne de production nous avons le séchage. Les pièces traitées auparavant dans les bains d'électrolyse sont rincées puis séchées dans un four à une température adaptée de 100°C à 120°C.

V. Conclusion

Le stage au sein de cette entreprise m'a permis de comprendre l'application de l'électrolyse à l'échelle industrielle et de comprendre les traitements de surface effectués sur les métaux (Cu, Ni et Ag)

Ce stage m'a été très fructueux et 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 et d'essayer de maîtriser l'influence de certains facteurs au cours d'une réaction chimique.

Annexe :

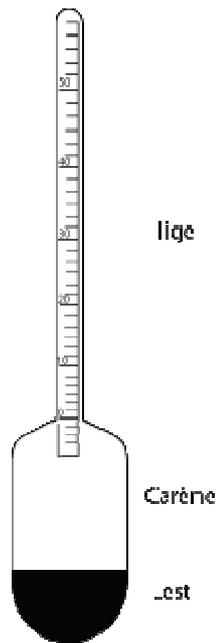
Aéromètre de Baumé : C'est un aéromètre inventé par Antoine Baumé en 1751. L'**aréomètre** est un appareil permettant de mesurer la **masse volumique** d'un liquide, la concentration d'une solution. Également nommé gravimètre, densimètre ou hydromètre, pèse-acide, alcoomètre, lactomètre, selon son usage.

Le fonctionnement de l'instrument est basé sur le **principe d'Archimède**.

Deux sortes d'instruments sont utilisés : l'**aréomètre à volume constant**, où l'on fait varier le poids de l'appareil en ajoutant ou retirant des masses sur un plateau, et l'**aréomètre à poids constant**, où l'on mesure le volume immergé, grâce à une tige graduée de faible section. Plus la tige est fine, plus l'appareil est sensible.

L'aréomètre est constitué d'une **carène** cylindrique creuse en verre surmontée d'une **tige** cylindrique creuse en verre soudé sur la carène

Un **lest** est inclus dans la partie inférieure de la carène, destiné à stabiliser l'appareil lorsqu'il est plongé dans le liquide à mesurer, et ajuster sa **masse**. La tige abrite une échelle graduée fixée à l'intérieur



Mode de fonctionnement

La **carène** est entièrement immergée dans le liquide, ainsi qu'une partie de la **tige de mesure**. Le **centre de poussée** est le centre de masse de la **partie immergée**, et la poussée est dirigée vers le haut. Le **poids** de l'appareil, dirigé vers le bas, est appliqué **au centre de masse** de l'appareil, et se trouve donc au-dessous du centre de poussée, ce qui permet la stabilité de l'équilibre du corps flottant.

Moins le liquide dans lequel l'aréomètre est plongé est dense, plus l'aéromètre s'enfonce dans celui-ci, selon le principe d'Archimède " *Tout corps plongé dans un liquide reçoit une poussée égale au poids du volume de liquide déplacé*". Le fonctionnement de l'aréomètre est en effet basé sur ce principe. Il s'agit de déterminer la concentration d'un mélange, en mesurant sa densité. L'aréomètre est donc un densimètre.

Soit : V le volume du flotteur (carène)

M la masse totale de l'appareil

μ la masse volumique du liquide

μ_e la masse volumique de l'eau (1 g/cm^3)

S la section de la tige

X la longueur de la tige immergée dans le liquide

d la densité du liquide

Sachant que le poids est égal à $M.G$, G étant la constante gravitationnelle (9,81),

A l'équilibre, la poussée d'Archimède est égale au poids de l'aréomètre:

$$M.G = \mu.(V + S.X).g$$

$$M.G = (V + S.X).g.d.\mu_e$$

$$\text{donc } d = M / (V + S.X)$$

Potentiers standard des couples redox mis en jeu lors des réactions électrochimiques

Couple redox	Equation redox	Potentiel standard en V
Ag^+/Ag	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,7996
Cu^{2+}/Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,342
H^+/H_2	$\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	-0,00
$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$	$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,828
Ni^{2+}/Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,257
$\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,229