



Licence Sciences et Techniques (LST)
Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité
(TACQ)

PROJET DE FIN D'ETUDES

**TRAITEMENT DE SURFACE DU LAITON :
REVETEMENT METALLIQUE PAR VOIE
ELECTROLYTIQUE**

Présenté par :

◆ **SBAI Najib**

Encadré par :

- ◆ **Pr. LHASSANI Abdelhadi (FST)**
- ◆ **Mr. CHNOUNI Khammar (Société)**

Soutenu Le 09 Juin 2016 devant le jury composé de:

- **Pr. LHASSANI Abdelhadi**
- **Pr. HAUDI Amal**
- **Pr. WAHBI Hamid**

Stage effectué à société des artisans dinandiers de Fès

Année Universitaire 2015 / 2016

Remerciement

Au terme de ce travail de fin d'étude, 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 le rôle qu'elle joue dans l'intégration des stagiaires.

Monsieur **CHNOUNI Khammar** mon encadrant de stage, pour son intérêt aux activités des stagiaires ainsi pour ses encouragements et ses conseils fructueux depuis ma première journée à la société.

Monsieur **TAHIRI JOUTI Abderrafie** le directeur de la société des artisans dinandiers de Fès, très particulièrement pour son accueil chaleureux, ainsi que tout le personnel de la société pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt dont ils m'ont fait part durant la période de stage.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à mon encadrant de le FST monsieur le Professeur **LHASSANI Abdelhadi** d'avoir m'encadrer dans ce projet de fin d'étude, et me guider tout au long du déroulement de ce stage, je le remercie pour tous les efforts et les orientations qu'il a mis à ma disposition pour l'encadrement, la rédaction, la présentation, et la mise au point du présent travail.

J'ai aussi le plaisir de remercier tous Les Membres de jury *Pr* **HAUDI Amal**, et *Pr* **WAHBI Hamid** d'avoir accepté de juger ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
I : Présentation de SADP	2
1-Historique.....	2
2-Production et produit	2
3-Structure de la société	2
4 -Matière première.....	3
5-Chaine de production.....	4
5-1 Découpage de matière première	4
5-2 Gravure.....	4
5-3 Repoussage.....	5
5-4 Fendage.....	5
5-5 Limage.....	6
5-6 Soudure.....	6
5-7 Décapage.....	6
5-8 Polissage.....	7
5-9 Ravivage.....	7
5-10 Contrôle de qualité:	7
5-11 Traitement de surface.....	8
5-12 Emballage.....	8
II : Traitement de surface par voie électrolytique.....	9
1 Mécanisme d'électrolyse :.....	9
2 Types des bains d'électrolyse utilisés dans la société SADP:.....	11
Equipement du bain d'électrolyse.....	12

2.1-Dégraissage.....	13
•Type de dégraissage.....	14
a) dégraissage chimique.....	14
b) dégraissage électrochimique.....	15
2.2-Rinçage.....	16
2.3-Cuivrage.....	16
a) Cuivrage alcalin.....	16
b) Cuivrage acide.....	18
2.4- Nickelage.....	19
2.5- Pré-argent.....	21
2.6- Argenture.....	22
- Séchage.....	23
III : Application de traitement de Surface sur les plaques de laiton.....	24
Rendement électrolytique.....	24
Interprétation des résultats.....	26
Les additifs.....	27
Conclusion.....	28
Références.....	29

Liste des images

Image 2 : la matière première.....	3
Image 3 et 4 : image de découpage.....	4
Image 5 : gravure.....	4
Image 6 : machine du repoussage	5
Image 7 : différents étapes de fonderie.....	5
Image 8 : limage.....	6
Image 9 : soudure.....	6
Image 10 : image des articles polis.....	7
Image 11 : contrôle visuel des articles.....	7
Image 12 : emballage.....	8
Image 13 : schéma du bain d'électrolyse	10
Figure 14 : types des bains d'électrolyse.....	11
Image 15 et 16 : les instruments de mesures.....	12
Image 17 : bain de dégraissage.....	13
Image 18 : composition et action des tensioactifs.....	15
Image 19 : trois bains de rinçages	18
Image 20 : bain de cuivrage alcalin.....	18
Image 21 : bain de cuivrage acide.....	20
Image 22 : bain de nickelage.....	19
Image 23 : bain de pré argentage.....	21
Image 24 : bain d'argentage.....	22
Image 24 : machine de séchage à air chaud	23

Listes des symboles et abréviation

I : intensité de courant en (A)

G : générateur électrique

m (exp) : masse expérimentale en (g)

m (th) : masse théorique en (g)

t : temps d'immersion dans le bains en (s)

tdé : temps de dégraissage en (min)

tc.alc : temps d'immersion dans le cuivre alcalin en (min)

tc.ac : temps d'immersion dans le cuivre acide en (min)

tnick : temps d'immersion dans le bains de Nickel en (min)

tAg : temps d'immersion dans le bain de l'argent en (min)

INTRODUCTION

La Société Des Artisans Dinandiers De Fès (SADF) est une société qui utilise des procédés de traitement de surface du laiton par voie électrolytique 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.

On désigne par l'électrochimie, la réaction qui mis en jeu un processus de diffusion c'est-à-dire le transfert de masse et de charge dans un milieu entraînant une augmentation de la conductivité de la solution. Cette conductivité est due à la présence des ions en solution (cations et anions), qui vont participer dans le dépôt électrolytique.

Le but de stage sera la vérification de la méthode (électrolyse) en termes de masse déposée et le rendement en fonction de la différente composition des bains électrolytiques.

Dans la première partie de ce rapport, je présente la société SADF et la matière première utilisée pour le traitement de surface des articles, ainsi que je traite la chaîne de production qui explique toutes les étapes pour fabriquer une pièce quelconque.

Dans la seconde partie, je présente les différentes techniques d'électrolyse utilisées par la SADF.

Enfin, on s'intéresse au calcul de la masse déposée et du rendement sur les plaques du laiton en discutant les paramètres influençant sur la qualité de dépôt.

I- Présentation de la SADF

1-Historique

La SADF a été créée à partir de 1982, un ensemble de maîtres ont décidé de mettre en place une unité de production en globalisant tout le processus de fabrication, cela leur permettrait de préserver le produit artisanal, de le développer et de lui donner l'aspect qui réunit à la fois la beauté, le goût et la qualité avec un coût considérable pour qu'il soit souhaité et désiré par la majorité des clients. Depuis sa naissance la SADF a beaucoup réussi par ses efforts continus afin d'imposer son empreinte sur les articles en métal lumineux, tables, tabourets, miroirs et autres types.

2-Production et produit

La stratégie visée par la SADF offre une large gamme de produits pour satisfaire tous les goûts en évitant toute standardisation excessive. En effet tout produit est considéré comme un article d'excellence et unique pour valoriser et augmenter l'efficacité de production.

3-Structure de la société

La SADF contient environ 166 employés, avec 16% femmes et 84% des hommes.

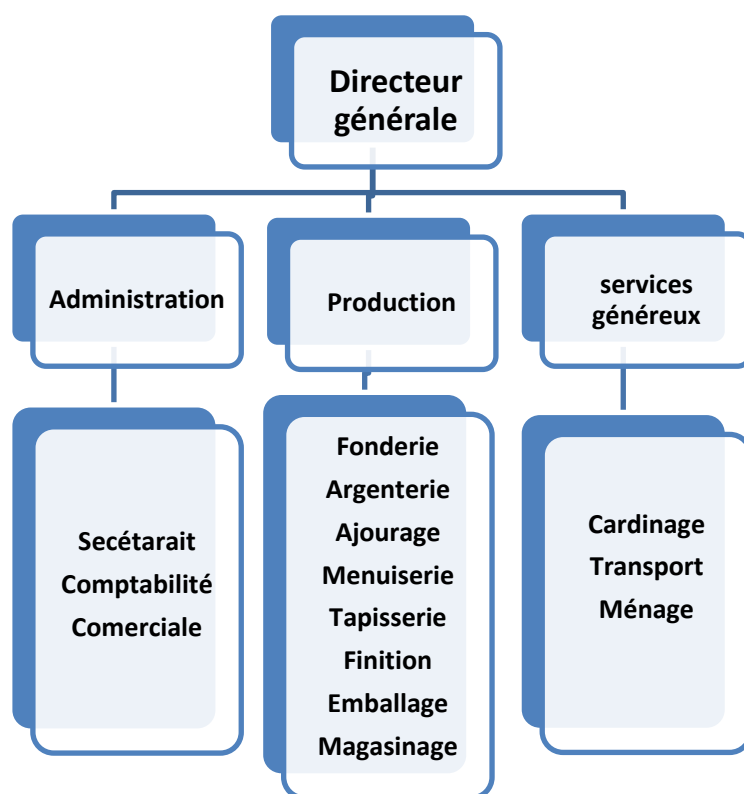


Fig 1 : Organigramme de la société SADF

A l'instar de toute industrie, le procédé de fabrication dépend de deux éléments à savoir

- La matière première.

- la chaîne de production.

4. Matière première



Image 2: la matière première

La SADF utilise comme matière première principale le laiton .les laitons sont des alliages composés essentiellement de cuivre (60 à 70%) et de zinc (30à 40%), et il peut contenir d'autres éléments d'addition tels que: le plomb, l'aluminium, le nickel..., ces éléments sont ajoutés en faible proportion pour améliorer certaines propriétés.

Le laiton est choisi pour les propriétés suivantes:

- Très bonne résistance à la corrosion.
- Le laiton est un alliage relativement malléable qui peut être travaillé à chaud comme à froid.
- Sa résistance à la corrosion ainsi que sa ductilité lui donne un aspect de surface agréable.

5- la chaîne de production

5.1- Découpage :

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



Image 3: Découpage manuel



Image 4: Découpage électrique

5.2- Gravure :

La gravure repose principalement sur les compétences des maîtres artisans qui fabriquent des motifs.

La gravure désigne un ensemble de techniques utilisées en art pour reproduire un dessin, le principe consiste à graver une matrice.



Image 5: Gravure sur dessin traditionnel

5.3-Repoussage :

Le repoussage est un procédé de mise en forme des pièces produites à partir d'un disque de tôle pour but de fabriquer des articles sous des formes géométriques voulues et désirées. Alors on distingue deux types de repoussage :

- repoussage manuel.
- repoussage automatique.



Image 6: Machine du repoussage automatique

5.4- La fendage :

Les chutes du laiton provenant de différentes étapes de fabrication sont conduites aux Fonderies, Cette fabrication se déroule en trois étapes :

- fabrication d'un moule approprié à partir d'un sable particulier.
- Fendage des chutes du laiton avec quelque gramme d'aluminium.
- Moulage qui consiste à couler l'alliage fondu dans les moules pour fabriquer des pièces de formes souhaitées.



Image 7: Différentes étapes de fonderie

5.5- Limage :

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



Image 8: Limage manuelle

5.6-Soudure :

Elle consiste à assembler les différentes pièces d'un article provenant du limage et de la fonderie, cette fixation se réalise par des soudures en étain en utilisant des chalumeaux.



Image 9: Pièces après soudure

5.7-Décapage :

C'est l'opération qui consiste à éliminer chimiquement toutes les traces d'impuretés et des couches d'oxydes formées à la surface des objets, à l'aide des acides forts et concentrés, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique...

5.8-Polissage :

Sert à rendre lisses et brillants les articles par des différents matériaux tournant à grande vitesse avec une pâte à polir.



Image 10: Comparaison des articles polies et non polies

5.9-Ravivage :

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

5.10-Contrôle de qualité :

C'est une série de contrôle effectué sur l'article pour avoir une bonne qualité et pour préparer l'article à l'étape de traitement de surface.



Image 11: Contrôle visuel des articles

5.11- Traitement de surface :

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

Les pièces fabriquées vont passer par plusieurs bains :

- Bain de dégraissage.
- Bain de cuivrage alcalin.
- Bain de nickelage.
- Bain de pré argentage.
- Bain d'argentage.

5.12-Emballage :

La section d'emballage se fait en trois étapes :

- équipe de fabrication des emballages chargés de la fabrication de différents types d'emballages en respectant la forme de l'article.
- équipe de contrôle de la qualité des articles avant son emballage, dans le cas d'un défaut la pièce est retournée au service de production.
- équipe d'emballage qui assure un emballage adéquat pour chaque pièce, en utilisant du papier blanc fin, sacs en plastiques, cartons...



Image 12: Emballage des articles

II- TRAITEMENT DE SURFACE PAR REVETEMENT METALLIQUE PAR VOIE ELECTROLYTIQUE

Généralité

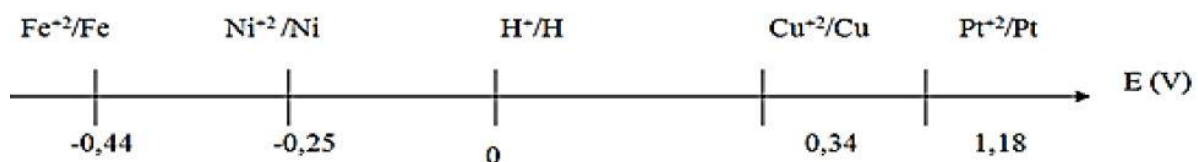
1-Mécanisme d'électrolyse

◆Définition:

L'électrolyse est une méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. C'est le processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique, Cette technique a pour but de protéger la pièce contre les attaques corrosives.

• Pourquoi la SADF préfère le dépôt électrolytique ?

➤ Par voie chimique simple : Le dépôt se base sur la différence du potentiel standard des Couples d'oxydo-réduction, Un couple redox E° (Ox/Red) donne oxyde ceux dont le potentiel est inférieur au sien, et réduit ceux dont le potentiel est supérieur au sien (réaction spontanée).



➤ Par voie électrolytique (utilisé dans la SADF) : Une électrolyse est une réaction chimique d'oxydo-réduction qui se produit dans le sens inverse de son sens spontané, c'est une transformation forcée par un courant électrique imposé par un générateur.

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

L'électrode positive est aussi nommée **ANODE** car elle est le siège d'un phénomène d'oxydation.

L'électrode négative est aussi nommée **CATHODE**, car elle est le siège d'un phénomène de réduction.

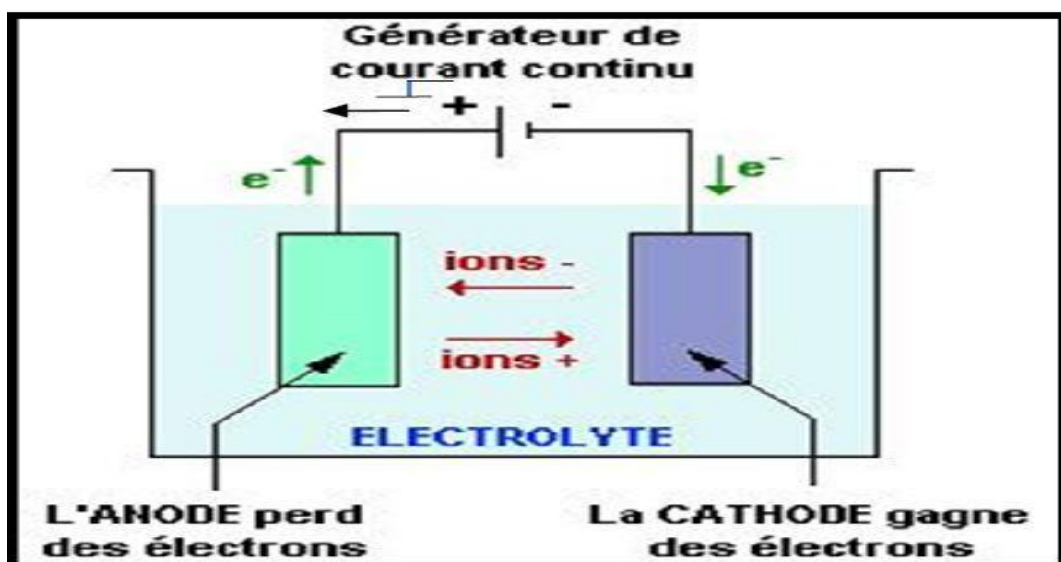
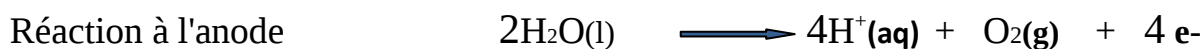


Image 13: Schéma du bain d'électrolyse

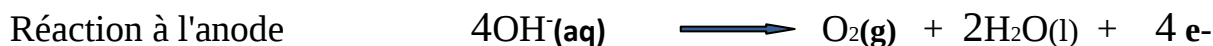
- Le courant électrique entre dans le système chimique par l'électrode reliée à la borne(+) du générateur. Dont lequel le système chimique cède des électrons. Il s'y produit donc une oxydation, c'est une anode (siège d'oxydation).
- Le courant électrique sort du système chimique par l'électrode reliée à la borne (-) du générateur. Dont lequel le système chimique capte des électrons. Il s'y produit donc une réduction, c'est une cathode (siège de réduction).

Les cations se déplacent vers la cathode c'est-à-dire Le métal se déplace, tandis que Les anions se déplacent vers l'anode.

En solution acide :



En solution alcaline:



⇒ L'anode peut être constituée du matériau à déposer mais en général, celui-ci est sous forme de sels dissouts dans le bain.

Les cellules électrolytiques peuvent être classées en fonction de quatre paramètres principaux:

- La géométrie des cellules électrolytiques
- La densité de courant
- Le type de bain électrolytique
- Le type d'anode

Deux types d'anode sont disponibles : {I}

- **Les anodes solubles** : qui ont deux fonctions fournir des ions métalliques au bain électrolytique et repousser les ions positifs vers le substrat. L'anode est consommée au cours du traitement et doit être remplacée régulièrement pour maintenir l'efficacité de la solution.
- **Les anodes insolubles** : qui ont une seule fonction repousser les ions positifs vers la cathode. Elles sont fabriquées en matériaux conducteurs qui ne participent pas à la réaction de la solution.

2. Types des bains d'électrolyse utilisés dans la SADF

Les pièces fabriquées par la SADF passent dans plusieurs bains :

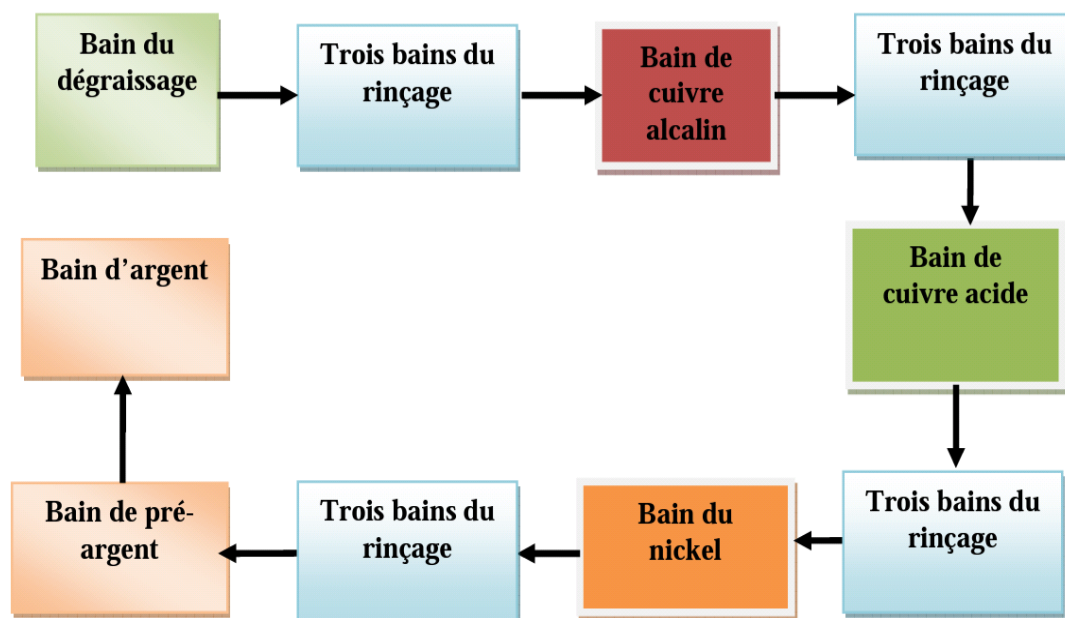


Figure 14: Types des bains d'électrolyse

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 SADF, on utilise le générateur de courant qui permet d'imposer un courant constant.
- **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.
- **Agitation** : l'agitation permet d'assurer une meilleure dispersion de la couche à déposer sur la surface de l'article.
- **Filtration** : une filtration continue sur charbon actif est indispensable afin d'obtenir une couche de métal propre et lisse déposée sur l'article.

NB :

L'utilisation d'un densimètre dans les bains permet de mesurer la densité et la concentration de solution, aussi bien l'utilisation de papier pH pour déterminer le pH de solution.



Image 15: Mesure de concentration

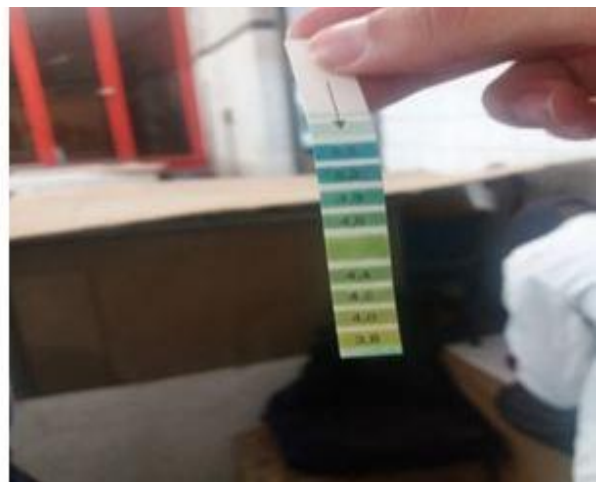


image 16: Mesure de pH

2-1 Dégraissage

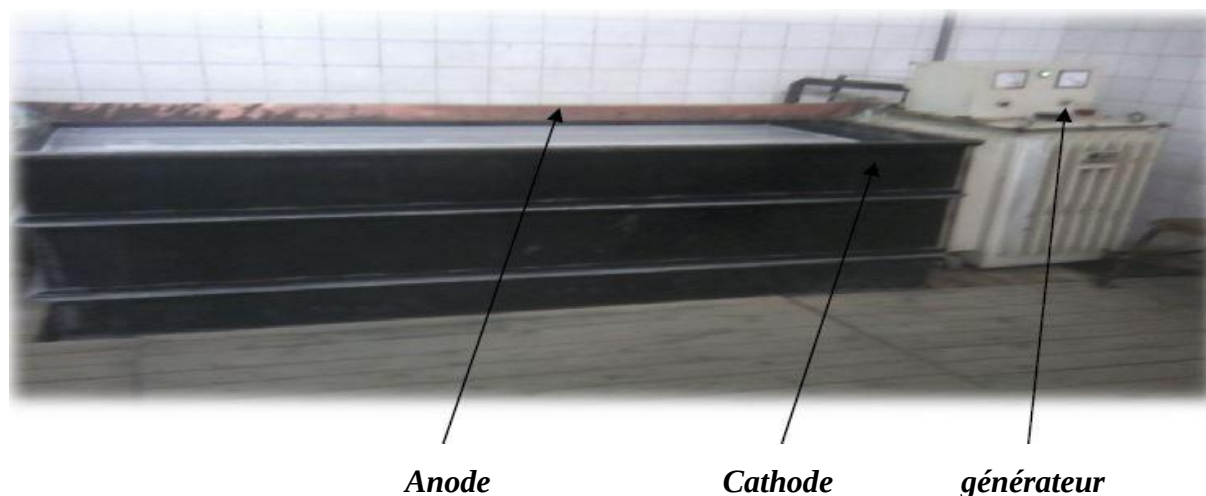


Image 17: Bain de Dégraissage

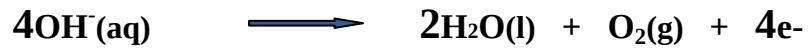
Pour garantir un bon dépôt, il faut que le métal passe par une étape de dégraissage dans le but de le nettoyer correctement avant son utilisation. Le dégraissage s'effectue dans un bain électrolytique. Il contient différents produits chimiques comme bases et détergents (cités en dessous). Sur la pièce se produit un dégagement gazeux (oxygène) en même temps que l'oxydation de sa surface. Ce phénomène permet de nettoyer l'aspect de l'article et l'amélioration de la qualité du produit final.

Les compositions et conditions opératoires sont présentées au tableau suivant :

Compositions	Conditions
» AB40 » la soude caustique +phosphate tri sodique » eau douce » cyanure de sodium » carbonate de soude	» Température ambiante » Le courant 25 A » pH=11 » Degré baumé:15° à 17° » Temps de traitement= 5 à 10 min

Ce bain sert à éliminer les souillures organiques: les graisses, les huiles présentes sur la surface des pièces.

- Dans le bain du dégraissage la pièce à traiter est reliée à l'**anode** siège d'oxydation.



➤ **A la cathode:**



Le Dégraissage c'est un Traitement chimique ou électrolytique qui a pour rôle de rendre la surface physiquement propre afin d'assurer le bon déroulement des opérations ultérieures et par la même de garantir en plus la qualité du produit fini.

•**Type de dégraissage :**

a)Le dégraissage chimique

Implique une réaction chimique qui permet d'éliminer les huiles et les graisses, leur principe consiste à immerger les pièces d'un produit dégraissant dont l'action repose sur les paramètres suivants:

- Une température élevée qui permet de fluidifier les huiles.
- Une base minérale alcaline capable de transformer les graisses et huiles en savon solubles dans l'eau.

Ce dégraissage met en jeu les réactions de saponification et le phénomène de tensioactif.

Équation bilan de saponification :



Le but de saponification : décomposition de la pellicule grasseuse et sa transformation en savon.

Action de tension active :

Dans cette étape les tensions-actives ont pour objectif de migrer vers l'interface contaminant, Ils permettent une grande mouillabilité des surfaces métalliques par l'eau et favorisent par conséquent le décollement des contaminants organiques. Le tensio-actif est composée d'une extrémité hydrophobe se fixe facilement sur les graisses et hydrophile reste en contact avec l'eau de solution.

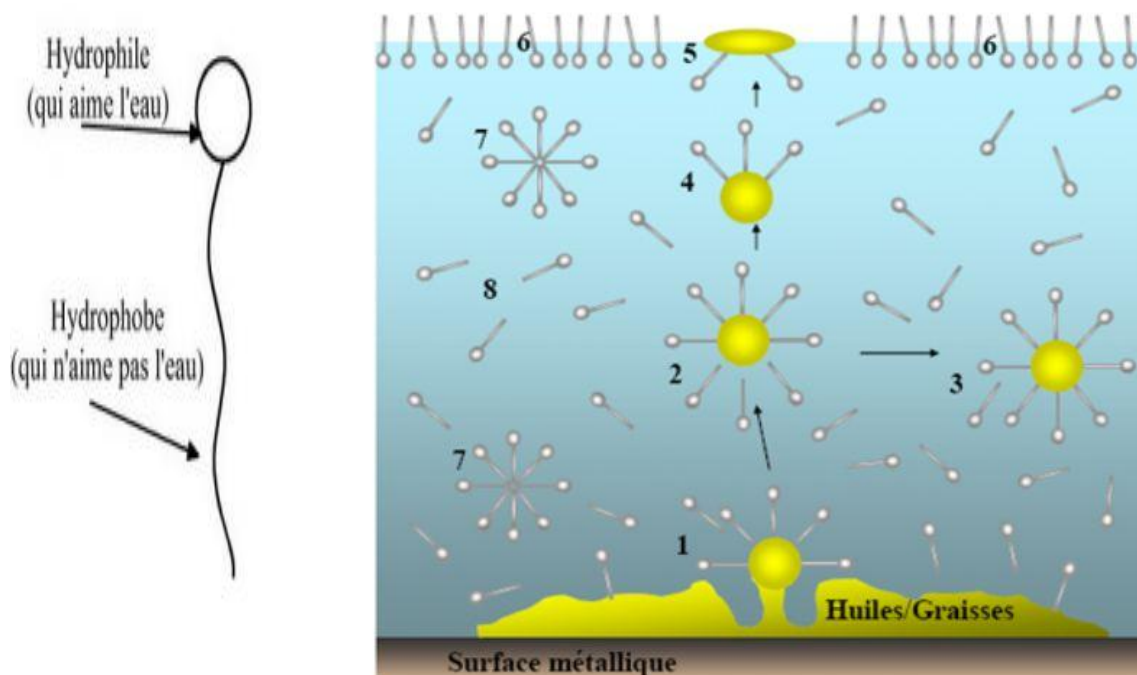


Image 18 : Composition et actions des tensio-actifs

Le but de tensio-actif : formation des micelles entre la molécule lipophile et hydrophobe

b) Le dégraissage électrochimique :

Dégraissage électrochimique est le même que le dégraissage chimique.

On utilise les mêmes produits mais on impose une densité de courant constante par un générateur de courant continu à la solution par des électrodes. La densité de courant favorise l'élimination des graisses et des huiles présentes sur la surface des pièces.

L'objectif de ce dernier est du nettoyage et d'activer la surface du métal. L'activation est habituellement obtenue en employant le nettoyage électrochimique en courant inversé (anodique). Toutes les pièces sans exception doivent être immergées dans ce bain.

2-2 Bains de rinçage

Les opérations de rinçages se situent entre chaque opération de bain actif afin d'assurer leur purification. Le but de ce dernier consiste à éviter la pollution de bain suivant avec la solution du bain précédent.



Image 19 : Trois bains de rinçages

2-3 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 en solution alcaline



Image 20 : Bain de cuivrage alcalin

Dans ce bain du cuivre La pièce à traiter est reliée à la cathode, l'anode sera en cuivre pur. Notons aussi que le temps d'immersion dans cette cuve est réduit. Ceci est du 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^+ 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.

Les compositions et conditions opératoires sont présentées au tableau suivant :

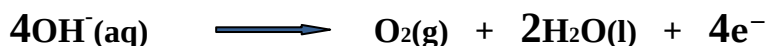
Composition de bain	Condition opératoire
Cyanure de Sodium Na CN (sel numéro 11)	T = Ambiante
Cyanure de cuivre Cu CN (sel numéro 2)	Temps =10 min
Additifs :	Tension de courant : 0,5 à 3 A/dm ²
Ultinal brillant	Baumé=14°B
Ultinal base	pH=11.
Volume=900 L	

Dans les bains de cuivrage alcalins cyanurés, le cuivre se trouve sous forme monovalente Cu^+ , alors que dans les électrolytes acides, le cuivre est à l'état divalent Cu^{2+} .

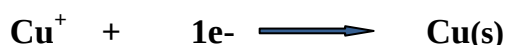
Le cyanure libre a plusieurs rôles dans ce bain, il facilite la décomposition de sel de cuivre, et facilite la dissolution des anodes. Mais il faut limiter la quantité excédentaire de cyanure libre, La Température augmente la conductivité et alors la vitesse de déposition augmente pour pouvoir diminuer le temps de séjours des pièces dans les bains.

L'anode est du cuivre pur se dissocie en donnant du cuivre monovalent :

➤ **A l'anode :**



➤ **A la cathode :**



b) Cuivrage en solutions acides



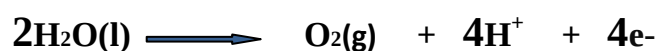
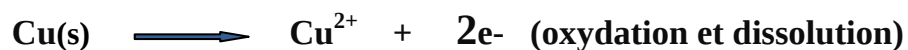
Image 21: bain de cuivrage acide

Les bains de cuivrage acides et les bains acides en générale sont caractérisés par une vitesse de dépôt incomparablement plus élevés.

Les compositions et conditions opératoires sont présentées au tableau suivant :

Composition du bain	Conditions opératoires
Sulfate de cuivre CuSO_4 Acide sulfurique H_2SO_4 Volume=600L Additifs : CUBRAC brillant. CUBRAC nivelant. CUBRAC base. Mouillant.	Température : Ambiante. Temps de traitement : 15 à 20 min. $\text{pH} \leq 4,5$ Degré baumé ; 19 à 25 Densité de courant : 2A/dm^2 .

A L'anode :



A la cathode :



Le dépôt de cuivre dans ce milieu est effectué de la même manière que celle du milieu basique. Ici l'anode est constituée de grosse plaque de cuivre avec une portion de phosphore (jusqu'à 7%) qui favorise la formation des grains très fins et de ce fait influence favorablement sur la brillance final.

→ L'Acide sulfurique est indispensable pour la qualité du dépôt, il accroît la conductivité de l'électrolyte par libération des protons H^+ .

Remarque :

On utilise le milieu acide pour déposer une grande quantité de cuivre sur les articles et le milieu basique pour des faibles dépôts.

2-4 Nickelage



Plaque de nickel

Thermoplongeur

Pièce a traite

boule en plastique

Image 22: Bain de 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.

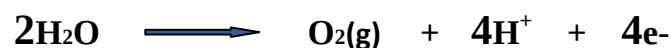
Les compositions et conditions opératoires sont présentées au tableau suivant :

Composition de bain	Condition de travail
Sulfate de nickel (NiSO ₄) 300 g/l. Chlorure de nickel (NiCl ₂) 80 g/l. Acide borique (H ₃ BO ₄) 48 g/l. Les additifs : Brillanteur Fixateur. Mouillant. Nivelant. Purificateur R1 et R2.	Température (T = 60 à 70 °C) pH = 3,8 à 5,5. baumé est de 26 à 30. temps d'immersion (t =10 à 15 min) intensité de courant (I = 3 à 5 A/dm ²)

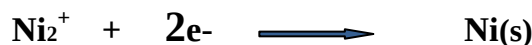
Durant le nickelage, on accroche toutes les pièces à la barre cathodique et on place à l'anode plusieurs barres du métal de nickel. Lorsque que le courant passe, les ions positifs du nickel migrent vers le pôle négatif (pièces) et se déposent sous forme de couche de métal dont l'épaisseur dépend du temps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

Les réactions qui se produisent dans le bain :

A l'anode :



A la cathode :



Remarque :

On remarque qu'il existe une certaine coloration verte, cette coloration provient d'une précipitation d'hydroxyde de nickel Ni(OH)₂. Si le pH augmente, on ajoute l'acide sulfurique ou bien l'acide borique .Ce dernier réduit le pH.

2-5 Pré argentage



Image 23: Bain de 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.

Les compositions et conditions opératoires sont présentées au tableau suivant :

Composition du bain	Conditions opératoires
Cyanure d'argent (2 à 3g/l) Cyanure de potassium (90 à 110g/l) Anode d'acier inox Eau déminéralisée Plaques d'inox	Température : ambiante Temps de traitement : 10 à 15s pH = 11 degré baumé : 14° densité de courant : 4 à 5A/dm ²

Les réactions qui se produisent dans la solution :

➤ à l'anode :



➤ à la cathode :



2-6 Argenture



Image 24: Bain d'argent

Les dépôts électrolytiques d'argent sont blancs, 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.

L'argent est déposé essentiellement sous forme d'argent pur, Les articles sont reliés sur la plaque cathodique à faible intensité de courant électrique.

L'anode est composée de plusieurs plaques (pur) d'argent pour augmenter la concentration des ions d'argent dans la solution et des plaques d'inox pour imposer un bon dépôt.

Le mode opératoire de bain d'argent est décrit comme suivant:

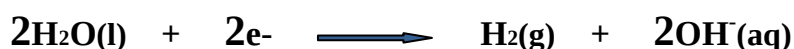
Compositions	Conditions
Cyanure d'argent (30 à 40g/l) Cyanure de potassium (150 à 170g/l) Anode d'argent + Anode d'acier inox Additifs : Brillanteur, Nivelant, Base Eau déminéralisée	Température : ambiante Temps de traitement : 5 à 10min pH = 12 degré baumé : 26 à 32° densité de courant : 1,5 à 5A/dm ²

Les réactions qui se produisent dans la solution :

➤ À l'anode :



➤ À la cathode:



Séchage



Image 25: machine de séchage à air chaud

C'est une étape qui suit le traitement de surface des articles, après le rinçage on séchant les pièces aux températures allant jusqu'à 130 °c.

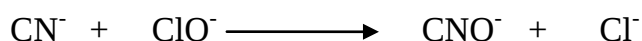
Remarque :

Comment se fait le traitement de cyanure ?

L'utilisation de cyanure qui est un composé très toxique dans les bains nécessite un traitement de cette solution après l'utilisation. Pour détruire les cyanures, il faut tout d'abord éviter de travailler en milieu acide.

En présence d'acides, une solution de cyanure produit de l'acide cyanhydrique HCN qui est volatil, et qui donc s'évapore facilement. Le gaz HCN est l'un des pires toxiques connus. Afin d'éviter tout risque d'acidification, on commence par ajouter NaOH.

Mais ensuite on ajoute de l'hypochlorite de sodium NaClO. Cette substance forme des ions hypochlorite ClO⁻ qui oxyde les ions cyanures selon l'équation :



Il se forme des ions cyanates CNO⁻ qui ne sont pas toxique. La SADP utilise l'eau de Javel qui est un mélange de solutions de NaOH ,NaClO pour détruire le cyanure.

III- Application de traitement de Surface sur les plaques de laiton

Rendement électrolytique

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

Nous avons travaillé sur six plaques de 0,5 dm² de surface et 1mm d'épaisseur chacune va être immergé dans des bains différents pour avoir le rendement de chacune

Donc, on applique la deuxième loi de Faraday, on calcule la masse théorique qu'il faut appliquer dans chaque bain en utilisant les conditions opératoires mentionnées dans les tableaux précédents.

La loi de Faraday :

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

I : intensité de courant en (A)

t : temps d'immersion en seconde

m th : masse théorique en (g)

n : nombre d'électrons

F : constante Faraday 96500 c/mol

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

Et le rendement se calcule par : $R = \frac{m_{ex}}{m_{the}} * 100$

La masse expérimentale : $M (ex) = m (après\ dépôt) - m (avant\ dépôt)$.

Avec : m (th) : masse déposé théoriquement (g).

$$Q = n F m / M \quad (\text{Avec : } Q = I t)$$

$$I t = n F m / M$$

Donc : $m_{th} = (I * t * M) / (n * F)$

Le tableau suivant résume les masses des plaques expérimentales dans les différents bains et les masses théoriques et le Rendement des dépôts électrolytiques :

Traitement	Conditions opératoire	m(exp) en g	m(th) en g	Rendement
Plaque (A) Cuivrage alcalin	• $t_{dé}=5min$ • $t_{c.alc}=10min$ • $T= Ambiante$ • $I=3A/dm^2$	0.269	1.185	22.70%
Plaque (B) Cuivrage acide	• $t_{dé}=5min$ • $t_{c.alc}=20min$ • $T=Ambiante$ • $I=2A/dm^2$	0.419	0.79	53.04%
Plaque (C₁) Nickelage	• $t_{dé}=5min$ • $t_{nick}=15min$ • $T=70^{\circ}C$ • $I=5A/dm^2$	0.886	1.368	64.77%
Plaque (C₂) Nickelage	• $t_{dé}=5min$ • $t_{nick}=15min$ • $T=60^{\circ}C$ • $I=5A/dm^2$	0.703	1.368	51.38%
Plaque (D₁) Argenture	• $t_{dé}=5min$ • $t_{Ag}=10min$ • $T=Ambiante$ • $I=1,5A/dm^2$	0.394	1.006	39.17%
Plaque (D₂) Argenture	• $t_{dé}=5min$ • $t_{Ag}=15min$ • $T=Ambiante$ • $I=1,5A/dm^2$	0.648	1.49	43.48 %

Interprétation des résultats

Les six plaques du laiton de $0,5 \text{ dm}^2$ de surface et 1 mm d'épaisseur ont été immergées dans différents bains pour suivre le rendement et la qualité du dépôt des métaux.

On observe que le dépôt de cuivre acide est plus fort que celui de cuivre alcalin,

Et l'augmentation de la température et la densité de courant augmente le dépôt électrolytique, c'est à dire le rendement électrolytique augmente.

Dans le cas de traitement de surface de nickel nous avons jouée sur la T qui augmente la masse déposée (m_{ex}), et qui est influence favorablement sur le rendement cathodique.

Et pour les deux plaques D1 et D2 dans le bain d'argent nous avons jouée sur le temps d'immersion qui augmente la masse expérimentale et aussi la masse théorique, c'est à dire le rendement électrolytique augmente.

On obtient des dépôts avec des rendements insuffisants, ceci due :

- Pertes des ions métalliques au niveau des crochés qui lient les articles à la cathode.
- La diminution de la concentration de la solution pendant l'électrolyse.
- La variation de La température et le pH au cours du processus du dépôt.
- La mauvaise précision des générateurs en termes de courant imposé.

Pour améliorer la qualité et le rendement il faut :

- Immerger suffisamment les articles dans le bain de dégraissage.
- les solutions doivent êtres propres et parfaitement agitées à une température maintenue constante.
- Faire des mesures précises de la masse et du volume des produits.
- Contrôler les bains au fur et à mesure par l'utilisation des techniques récentes.
- Faire des entretiens des bains en respectant les normes exigées.
- Les générateurs soient automatiques et équipés par des afficheurs électroniques et D'indicateurs d'approximation.

Pour trouver des résultats satisfaisants il faut :

- déminéraliser l'eau utilisée et la désinfecter par l'eau de javel.
- la concentration du cyanure (dans les bains alcalins) libre doit être bien respectée.
- nettoyer les bains électrolytiques par filtrations en continu au charbon actif.
- Prendre en considération des produits purs de brillanters, fixateurs et Conducteurs.

❖Les additifs :

➤ Agent mouillant :

L'ajout d'un agent mouillant pour diminuer la tension superficielle du liquide en particulier à l'anode ce qui facilite le dégagement d'hydrogène en diminuant la taille des bulles et le risque de piqûration (trou).

➤ Nivelant :

Cet agent permet d'augmenter le pouvoir nivelant de l'électrolyte c'est-à-dire compensé les irrégularités de surface du substrat

Exemple d'agent nivelant : La coumarine, La thio-urée.

➤ Brillanteur :

En général, les Brillanters provoquent un affinement de la taille de grain de métal déposé en créant de nombreux sites de germination.

Conclusion

Ce stage effectué au sein de la société SADP m'a permis de suivre l'application du procédé d'électrolyse à l'échelle industrielle et de comprendre le phénomène de traitement de surface, il m'a permis aussi de comprendre le fonctionnement de cette entreprise et de confronter mes connaissances scientifiques et théoriques à la réalité pratique du monde de l'industrie.

Lors de ce stage nous avons étudié les différents facteurs influencent sur le dépôt électrolytique à savoir : pH de la solution, Température, densité du courant, l'ajout des brillanters, le temps d'immersion et la concentration de l'électrolyte.

Les résultats de cette étude sont montrés que l'unité de traitement électrochimique de surface connait différents problèmes de différente nature.

Références

- Livre : Electrochimie physique et analytique : Hubert Girault(Chemiser)
- Livre : trémillon (tome 1 et 2) {I}.
- [http:// www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- <http://DEGRAISSAGE ELECTROCHIMIQUE.ppt>
- [http://www. 5_traitements.pdf](http://www.5_traitements.pdf)
- <http://www.cuivrage.com>
- [http://www.cuivre.org/contenu/does/doe/pdf/metallurgie/03_laitons.p
df](http://www.cuivre.org/contenu/does/doe/pdf/metallurgie/03_laitons.pdf)
- Fiche technique interne de la SADP