



Licence Sciences et Techniques (LST)

Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité

TACQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Traitement de surface : revêtement métallique par
voie électrolytique**

Présenté par :

- ◆ CHFIRA Imane

Encadré par :

- ◆ Mr CHNOUNI khammar (SADF)
- ◆ Pr BOUAYAD Abdelouahed (FST)

Soutenu Le 17 Juin 2015 devant le jury composé de:

- Mr CHENOUNI khammar
- Pr BOUAYAD Abdelouahed
- Pr KANDRI RODI Youssef
- Pr CHAKROUNE said

Stage effectué à société des artisans dinandiers de Fès

Année Universitaire 2014 / 2015

Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1:Présentation général de l'entreprise	
1-Historique.....	3
2-Produit	
3-Titre d'honneur	
4-les principaux clients de la société	
5-structure de SADF	4
Chapitre 2: Procédé de fabrication	
A/ La matière première.....	6
B/ La chaîne de production	
1-Modélisation	
2-Découpage	
3- Gravure	
4-Repoussage de disque de tôle.....	8
5-Fonderie	
6-Limage.....	9
7-Soudure.	
8-Décapage	
9-Polissage	
10-Ravivage	
11-Contrôle de qualité.....	10
12-Traitement de surface	
13-Emballage.....	11
Chapitre 3:Processus de traitement de surface adopté par SADF	
1/ Généralité.....	13
2/ Traitement de surface par voie électrolytique	
2-1/ Principe de l'électrolyte	
2-2/ Constitution du bain d'électrolyse.....	14
3/ Procédés et techniques appliqués généralement à SADF.....	16
4/ Types d'électrolyse utilisée à SADF	
1-4/ Dégraissage	
1/ Dégraissage chimique.....	17
A/Saponification.....	18
B/Action des tensio-actifs.....	19
2/Le dégraissage électro chimique	
2-4/Le rinçage.....	21
3-4/Cuivrage	
A/ Cuivre alcalin	
B/Bain de Cuivre acide.....	22

4-4/ Nicklage.....	23
5-4/Argenture.....	25
A/Bain de pré-argent	
B/Bain d'argent.....	26
6-4/Séchage.....	27
Chapitre 4: Application de traitement de surface sur les plaques de laiton	
1- Rendement électrolytique.....	29
2-Application.....	30
3-Défaut et remèdes	32
Conclusion.....	31

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 **BOUAYAD abdelouahed** 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.

Je remercie également les membres de jury **Pr BOUAYAD abdelouahed, Pr CHAKROUNE said, Pr KANDRI RODI Youssef, et Mr CHENOUNI khammar** d'avoir accepter de juger ce travail

Introduction

Pour développer les expériences d'un étudiant, il est primordial d'effectuer un stage au sein d'une entreprise afin d'amener ce dernier à se confronter des situations réelles, d'élargir sa formation dans le domaine pratique, et d'avoir une idée sur la vie professionnelle.

Mon stage de projet de fin d'étude était effectué au sein de la société des Artisans Dinandier de Fès, et qui a comme objectif de suivre les processus de traitement de la surface des articles avec un revêtement métallique par voie électrolytique.

On désigne par l'électrolyse, toute substance qui mise en solution dans un solvant entraîne une augmentation de la conductivité de la solution. Cette conductivité est due à la présence des ions en solution, des ions positifs appelés des cations, et des ions négatifs appelés des anions, alors ce qui va donner des dépôts sur le laiton par électrolyse (galvanoplastie), la galvanoplastie en général est une méthode intelligible pour transformer et améliorer l'aspect d'une surface métallique.

Le but de stage sera la vérification de cette méthode en termes de masse déposée et le rendement, en donnant l'intention à la différente composition des bains électrolytiques et leurs constitutions utilisées dans cette société, ainsi le rôle des produits utilisés.

CHAPITRE 1

Présentation général **de l'entreprise**

1. historique

La création de la Société des Artisans Dinandiers de Fès remonte à 1982 .en effet, un groupe de Maîtres_ artisans avaient pensés de mettre en place une unité de production renfermant tout le processus de fabrication. cela leurs permettrait de préserver le produit artisanal, de le développer et de lui donner l'aspect qui réuni à la fois la beauté, le goût et la qualité en prenant en considération le côté coût pour qu'il soit adorable par la plupart des clients

SADF a réussi de gagner la confiance des clients et d'imposer sa marque, alors elle occupe une place très importantes, et se considère comme concurrent international des différents entreprises spécifiés de fabriquer le produit artisanal.

2. produit

SADF n'a pas cessé de déployer des efforts pour son empreinte sur l'argenterie et sur d'autres articles en métal par exemple : Luminaires, Tables, plateaux coffrets ou tout autre type d'article selon le choix préférée par le client.

En effet, la stratégie adaptée par SADF c'est que tout article produit est une chef d'œuvre unique dédiée aux clients parce que tout client est considéré comme unique pour la société.

2. titre d'honneur

la société SADF continue dans la voie qu'elle s'est tracée à savoir la voie de la recherche et de l'innovation continue comme une mission de développement de l'artisanat marocain en terme de qualité et d'image de marque .en effet elle n'a pas raté l'occasion de participer à plusieurs manifestation et foires.

Ses participations ont été couronnées par plusieurs titres d'honneur à Fès, Casablanca, Rabat, Agadir...

4. les principaux clients

les clients de la société SADF sont aussi bien des marocains que des étrangers:

☆clients nationaux: établissement étatique, palais
Royaux...

☆clients internationaux: émirat Arabies(Dubaï),
Arabie saoudite...

5. structure de SADF

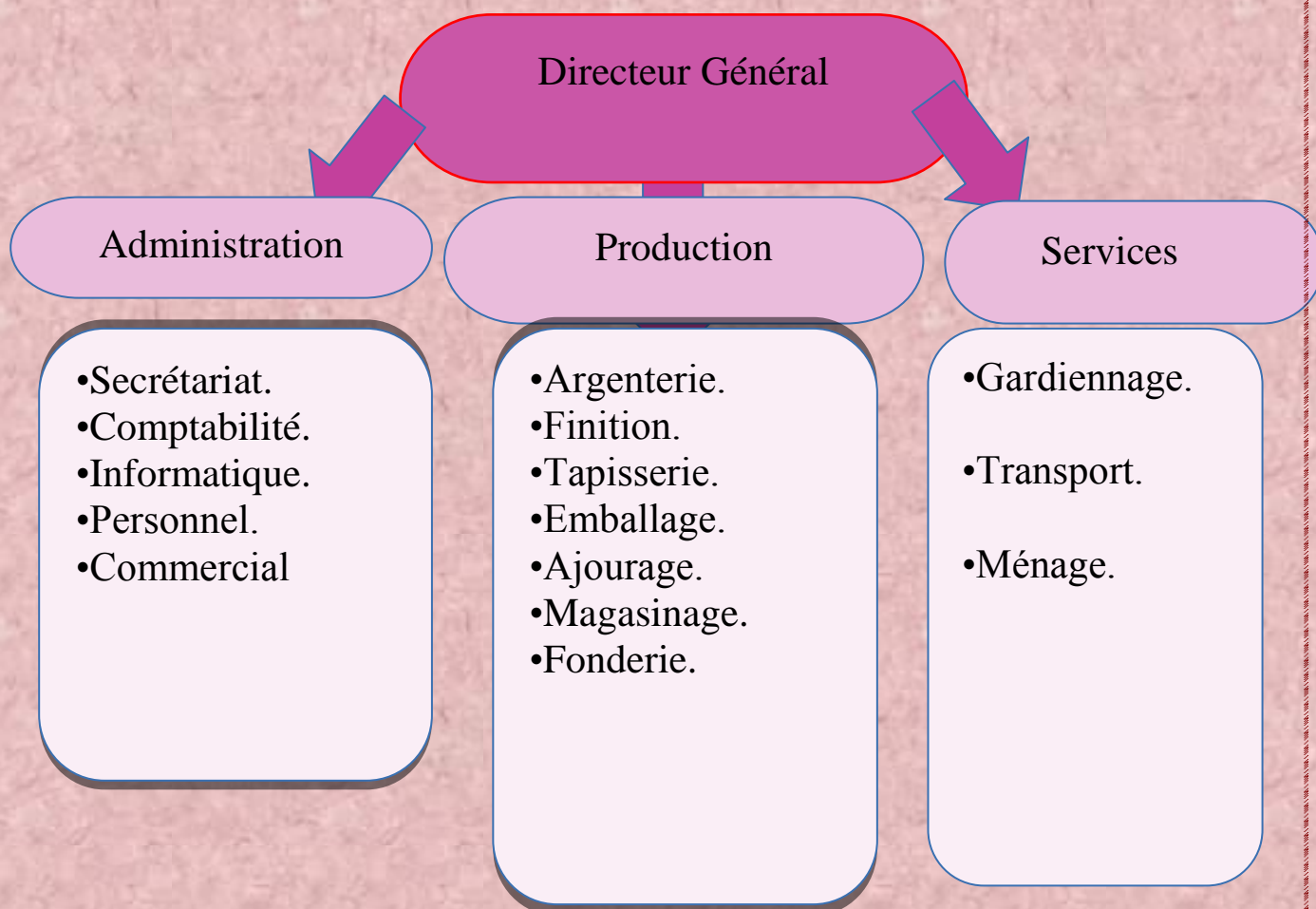


Figure 1:organigramme de la société SADF

Chapitre 2

Procédé de fabrication des articles

La SADF est comme toutes autres entreprises, leur procédé de fabrication dépend de deux éléments à savoir:

- » La matière première.
- » La chaîne de production.

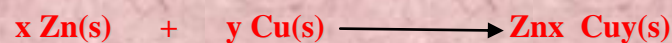
A. la matière première.

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.



Image 1: la matière première

Le laiton est obtenu par fusion du cuivre et du zinc à une température de fusion de 900°C, selon l'équation suivante:



⇒les proportions de cuivre et de zinc peuvent varier d'un laiton à un autre, on a trois catégories :

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

* **les laitons au plomb** (environ 60%de cuivre, 40% du zinc ,et 1 à 3%de plomb):

Le plomb améliore l'usinabilité en se disséminant en fins globules qui permettent une meilleure fragmentation des copeaux.

* **les laitons spécieux:** ils ont pour but d'augmenter les propriétés mécaniques par l'addition d'éléments d'alliage(étain, aluminium, arsenic ,nickel, magnésium...).le nickel est utilisé dans les pièces de monnaie ou pour le plaquage du laiton, en raison de sa résistance à l'oxydation et à la corrosion.

Le laiton est choisit pour les propriétés suivantes:

- très bonne résistance à la corrosion et Ductile qui donne une bonne surface à travailler;
- un alliage relativement malléable à chaud et à froid.
- absence ou faible oxydation,couche protectrice.

B. la chaîne de production

1. Modélisation:

Dans la société SADF, des modélistes spécialisés élaborent un prototype pour continuer la production ,s'il est demandé .le dessin de ce prototype se fait sur des feuilles qui seront collé sur des plaques en laiton brutes à traitées.

2. Découpage:

Les formulaires requis de différentes pièces de l'article sont tracés sur les plaques de laiton en tenant compte les dimensions mentionnées sur l'exemplaire .Ensuite ces plaques sont découpées soit manuellement ou bien par machine.



Image 2: Machine de découpage



image 3:exemples de pièces

3.Gravure:

En effet,la gravure repose principalement sur les compétences des maitres artisans qui fabriquent des motifs La gravure désigne un ensemble de technique utilisées en art pour reproduire un dessin. le principe consiste à graver une matrice, qui est transposée après encrage sur un support tel que le papier.

décoratifs dessinés sur les surfaces de plaque de laiton .on trouve deux types des dessins:

- Dessins traditionnels** ; les motifs décoratifs se reposent principalement sur l'innovation des maitres artisans.

- Dessins modernes** ; ces dessins sont effectués par des machines avec un style moderne dans une courte durée.



Image :4 Gravure sur dessin traditionnel

4.Repoussage du disque de tôle:

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.

5.Fonderie:

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

Cette opération se déroule en trois étapes:

- ◇ Fabrication d'une moule approprié à partir d'un sable particulier
- ◇ Fonder les chutes du laiton avec quelques grammes d'aluminium.
- ◇ Moulage qui consiste à couler l'alliage fondu dans les moules pour fabriquer des nouveaux articles souhaitées.



Image 5:Les moules d'un sable particulier



Image 6:Four de fendage

6.Limage:

Les pièces provenant de la fonderie contiennent des irrégularités qui nécessitent des corrections à l'aide d'une machine pour obtenir finalement la forme demandée.

7.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.

8.Décapage:

C'est l'opération qui consiste à éliminer mécaniquement ou 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...

9. Polissage:

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



Image 7: pièce polie



Image 8: la différence entre pièce polie et non polie

10. Ravivage.

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



Image 9: les deux pates de ravivage



Image 10: méthode de travail

11. Contrôle de qualité:

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

12. Traitement de surface:

Le procédé de traitement de surface utilisé par le SADP 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.

13.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 11: emballage en carton



Image 12: emballage en plastique

Chapitre 3

Processus de traitement De surfaces adoptées Par SADF.

1. Généralité:

Les traitements et revêtements de surface constituent actuellement un des moyens essentiels pour améliorer les propriétés fonctionnelles des métaux.

Les opérations de traitement et de revêtement des métaux donnent à des produits métalliques ou composites des spécificités fonctionnelles visant à les protéger, en modifier les propriétés physiques ou les décorer en utilisant une multitude de techniques. Cette activité permet d'accroître la durabilité, la protection contre la corrosion, la conductibilité électrique ou les caractéristiques de glissement. C'est un passage obligé dans le processus de production de bon nombre de pièces en métal.

Parmi les différents procédés de traitements de surface, il est possible de distinguer quatre familles : les traitements de transformation structurale, les traitements de diffusion ou thermochimiques, les traitements de conversion et les revêtements. Les principaux secteurs d'activité sont l'automobile, le bâtiment, les travaux publics, la mécanique, l'aéronautique, le matériel électrique et le biomédical...

Alors un revêtement métallique est déposé par voie électrolytique ou chimique. ce procédé comprend trois phases principales:

- Le dégraissage ou décapage des supports métalliques .
- Le traitement proprement dit (dépôt des métaux ,galvanisation).
- Le rinçage de la pièce (final ou entre chaque phase afin d'éliminer l'excès de produit).

3. Traitement de surface par voie électrolytique.

2. 1 principe de l'électrolyse:

L'électrolyse est utilisée pour déposer une ou plusieurs couches métalliques sur une surface de métal. Le principe de réalisation d'un dépôt électrolytique est simple : la pièce à recouvrir est placée dans un bac à électrolyse pour jouer le rôle d'une cathode sur laquelle viennent se déposer des ions métalliques. L'électrolyte est choisi en fonction du dépôt désiré. La couche obtenue a bien évidemment des caractéristiques précises qui dépendent des différents paramètres du mécanisme électrolytique et cela, aussi bien en ce qui concerne sa structure que ses propriétés. Cette opération a pour but de conférer au métal certaines propriétés de surface dont la résistance à la corrosion.

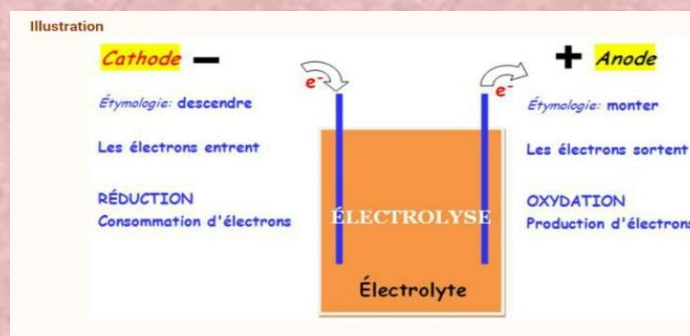
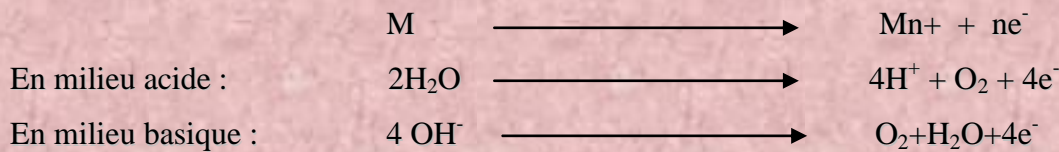


Figure 2: schéma d'un bain électrolytique

Les anodes sont en général en métal souhaité à recouvrir à ce stade, le métal s'oxyde selon la réaction suivante :



Les articles sont eux mêmes considérés comme des cathodes en laiton. Les ions de métal en solution se réduisent sur les pièces tout en se transformant en une petite couche sur les pièces selon la réaction suivante :



Deux types d'anode sont disponibles:

◇ **Les anodes solubles:** qui ont deux fonction :fournir des ions métalliques au bain électrolytique et repousser les ions positifs vers le substrat. L'anode est consommé au cours du traitement et doit être remplacé régulièrement pour maintenir l'efficacité de la solution.

◇ **Les anodes insolubles,** qui ont une seule fonction: repoussé les ions positifs vers la cathode. Elles sont fabriquées en matériaux conducteurs qui ne participent pas à la réaction de la solution. Elles sont utilisées dans les traitements électrochimiques auxquels les matériaux de l'anode ne participent pas tels que le dégraissage électrolytique.

2.2. Constitution des bains d'électrolyse:

Cuve: qui est protégée contre tous les attaques corrosives de certains électrolytes car il est revêtu par de caoutchouc, d'ébonite ou Polyvinyle de Chlorure (PVC), les volumes de ces cuves varient de l'un à l'autre selon plusieurs conditions.

Générateur: est la source d'énergie électrique en courant continu (Juste pour avoir des charges positive et négative aux bornes de ce redresseur, car ces charges dirigent les ions en solution par la migration : déplacement des ions sous l'effet d'un champ électrique « potentiel électrique », qui sera transformée en énergie chimique.

Les électrodes: en général, on utilise des électrodes métalliques de première espèce « c'est le cas où une électrode métallique en contact avec son ion en solution ». Le choix des électrodes est réparti selon les bains.

Chauffage: dans cette technique il est nécessaire de chauffer car la température agit aussi sur le rendement des réactions électrochimiques qui se font en solution. Pour cela les cuves de la SADF sont équipées d'un système de chauffage réalisé par des thermoplongeurs avec une régulation thermostatique.

Agitation: Une agitation verticale ou horizontale de la barre cathode(4 à 5 fois par minute) peut suffire, l'agitation à l'air de l'électrolyte est de loin préférable et vivement conseillé.

Filtration: on filtre la solution par une pompe qui contient le charbon actif pour éliminer les traces des impuretés que ce soit les poussières, des micro-organismes etc..., une filtration continue sur le charbon actif est indispensable afin d'obtenir une couche de métal propre et lisse déposée sur l'article.

3. Procédés et techniques appliqués généralement à SADF:

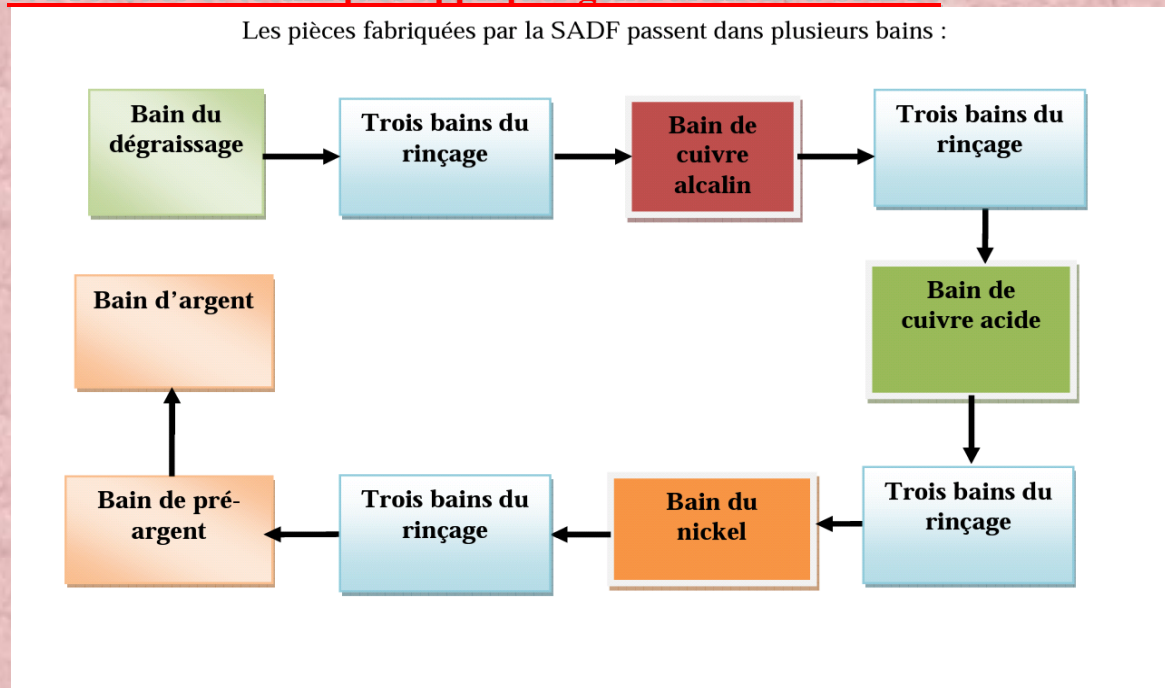


Figure3:Les étapes de traitement de surface utilisées par SADF

4.Types d'électrolyse utilisée à la société SADF.

1.4 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 thermique ou de traitement de surface telle que le nickelage et la phosphatation.

Un dégraissant est un produit permettant d'enlever toutes traces de graisses (et d'huiles) d'une pièce. les graisses sont insolubles dans l'eau. pour les éliminer, on peut les dissoudre (opération de dissolution), en utilisant un solvant, les transformer en savons solubles dans l'eau en utilisant des produits fortement basiques comme la soude, la potasse ou les silicates de sodium. les graisses ont été saponifiées, les décoller et les empêcher de se redéposer, en utilisant des tensioactifs, pour former une émulsion.

Le solvant est un composé organique volatil (paraldéhyde, trichloroéthane...), les solvants sont de moins en moins utilisés en industrie en raison de leur toxicité ou de leur inflammabilité.

En effet ,le dégraissage élimine les corps gras :par des actions mécaniques, chimiques ,électrolytiques ,alors que le décapage enlève toute trace de corrosion et d'oxyde qui adhèrent à la surface des pièces .ces opérations sont toujours suivies d'un rinçage.

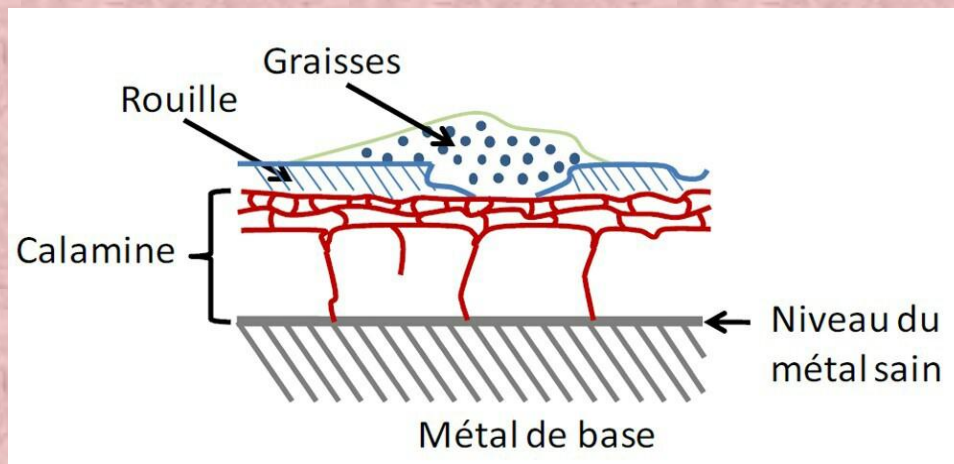


Figure 4: Surface d'un métal brut

Il y a 2 types de dégraissage:

- _chimique.
- _électrochimique.

1/ Le dégraissage chimique.

Ce dégraissage se fait par voie aqueuse ou semi aqueuse dont on note la présence des solutions alcalines, neutres, émulsionnable etc. ... Ce dégraissage met en jeu les réactions de saponification et les phénomènes tensioactifs.

Le détergent alcalin le plus fréquemment utilisé possède les propriétés suivantes:

- Il doit constituer une réserve d'alcalinité suffisante, plus ou moins importante selon la nature de la souillure à éliminer.
- Il doit être soluble et possède une tension superficielle faible, un bon pouvoir mouillant, émulsionnant, et dispersant.
- Il doit être stable et résistant aux températures d'utilisation.
- Il doit être insensible aux eaux dures et pour cela, il complexera ou inhibera les sels alcalino-terreux et notamment Mg^{2+} et Ca^{2+} de la dureté. Facile au rinçage après l'opération de nettoyage en éliminant la combinaison "souillure -détergent" pour laisser un film résiduel d'eau.

A-Saponification:

La saponification est une réaction exothermique, se produit en présence d'une base forte(soude ou potasse)chaude et donne alors naissance à la glycérine et à un sel alcalin d'acide gras (savon),produits solubles dans l'eau.



La soude (comme le potasse ou le carbonate de sodium) sera donc utilisée dans l'élimination des graisses naturelles qu'elle saponifie en formant des savons qui viennent renforcer l'action détergente du produit et aussi trop souvent le pouvoir moussant.

Contact de la soude avec quelque métaux :

Aluminium	Attaque et dissolution
Zinc (galvanisé)	" "
Etain	" "
Cuivre	Légère oxydation en présence de o2
Fer	Protection, passivation ph>10
Inox	Protection

Les utilisateurs ont remarqués que le vieillissement du bain était propice à un meilleur dégraissage des pièces, ceci est dû à la présence du sel de l'acide gras dans le bain , en plus un autre aspect de dégraissage avait été ainsi mis en évidence ,c'est l'action des agents tensioactifs, dont le plus anciennement connu est le savon ,sel alcalin d'acide gras.

B-Action des tensioactifs:

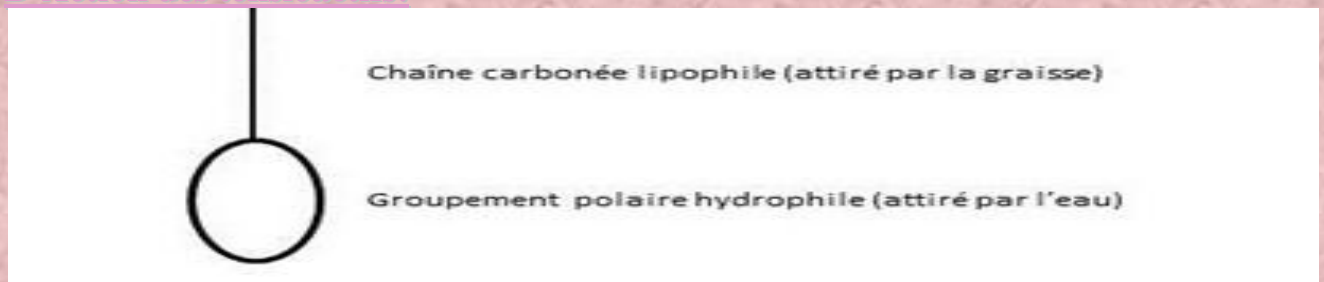


Figure 6: Structure tensio-actif du savon

Cette structure, va leur permettre de se placer aux interfaces eau/graisse ce qui va créer un phénomène d'adsorption .Leur partie lipophile s'immergeant dans le corps gras et leur partie hydrophile dans l'eau. Ils vont entourer la partie grasseuse et l'emprisonner. Ces agrégats de molécules de tensioactifs ainsi formés s'appellent des micelles

- Toutefois à partir d'une certaine concentration en tensio-actif, appelée concentration micellaire critique, la surface du liquide étant saturée de molécules tensio-actives, celles-ci se regroupent entre elles dans le liquide en formant des micelles.
- Il y a un pouvoir mouillant entre (eau+ tensio-actif) qui dû à la tension superficielle a baissé ,moins de cohésion, le liquide s'étale et donc l'obtention d'un mouillage meilleur.

2/ Le dégraissage électrochimique:

Formulation des bains sensiblement identique à ceux de dégraissage chimique, mais cette fois on impose une densité de courant constante arrivée d'un générateur de courant continu et entre dans la solution par des électrodes « anode de d'inox. Dans la SADF tout le bain est utilisé comme anode de fer et les pièces à traiter sont la cathode. » Qui a comme rôle de favoriser l'élimination des graisses et des huiles présentes sur la surface des pièces. Toutes les pièces sans exception doivent être immergées dans ce bain qui peut avoir un volume de 1620 litres.



Image 13: Bain de dégraissage

Les compositions et les conditions des bains de dégraissage utilisés dans SADE.

COMPOSITIONS	CONDITIONS
<ul style="list-style-type: none"> » AB40 » la soude caustique +phosphate trisodique » eau ordinaire » cyanure de sodium » carbonate de soude 	<ul style="list-style-type: none"> » Température ambiante » Le courant 25 A » Ph=11 » Degré baumé:15° à 17° » Temps de traitement= 5 à 10 min

A la cathode:

Les articles à dégraisser liés à la cathode subissent une réaction de réduction selon la réaction suivante:



La formation des ions hydroxydes ainsi qu'un important dégagement de gaz hydrogène qui réduit l'oxyde présent sur la pièce. La forte alcalinité qui entoure la pièce exerce une puissante action de saponification et émulsifiante.

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



2.4-Rinçage.

Les opérations de rinçages se situent entre chaque opération de bain actif afin d'assurer la purification des pièces.



Image 14: Les baignoires de rinçage

3.4/ Cuivrage:

C'est une opération de revêtement de la surface des pièces par le cuivre. Le dépôt électrolytique de cuivre qu'il soit brillants ou mats, ont des utilisations décoratives ou techniques.

En raison de sa couleur (métal rouge) de la facilité de son polissage et des patines possibles, le cuivre devient un revêtement attrayant. Il existe deux procédés de cuivrage. Leur composition et rendement sont différents

A/ cuivre alcalin:

Le mode opératoire du cuivre alcalin utilisé par SADF est décrit dans le tableau suivant:

COMPOSITIONS

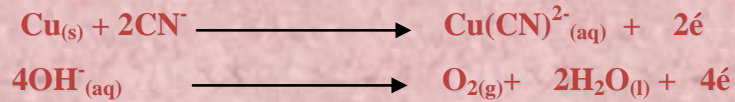
- » Cyanure de sodium
- » Cyanure de cuivre
- » La soude caustique
- » Sel N°11
- » Additifs: ULTINAL brillanteur, ULTINAL base, ULTINAL mouillant, ULTINAL épurateur
- » Anode en cuivre ensachées en paniers

CONDITIONS

- » Température : 35 à 40 c°
- » Courant : 2A/dm²
- » Degré baumé: 14°
- » Le temps: 2 à 3 min
- » Ph : 11

-A l'anode :

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



- A la cathode :

Les articles de laiton jouent le rôle de la cathode. Les cations métalliques en solution captent les électrons imposés par le courant, selon les demi-réactions suivantes :



B/ Bain de cuivre acide:

Le dépôt de cuivre dans ce milieu est effectuée de la même manière que celle du milieu basique, pour le bain de cuivre acide l'anode est constituée de grosse plaque de cuivre à une portion de phosphore qui joue le rôle de catalyseur dans les réactions électrolytiques.



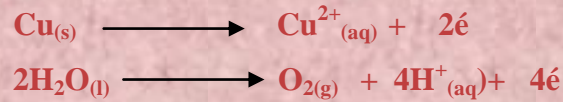
Image 16: Bain de cuivre acide

Le mode opératoire de cuivre acide utilisé par SADF est décrit dans le tableau suivant:

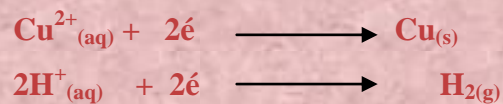
COMPOSITIONS	CONDITIONS
<ul style="list-style-type: none">» Sulfate de cuivre» Acide sulfurique» Additifs: CUBRAC base, CUBRAC nivelant, CUBRAC mouillant» Anode de cuivre avec proportion de phosphore	<ul style="list-style-type: none">» Température ambiante» Courant: 0,5 à 3 A/dm²» Degré baumé: 19° à 25°» Le temps: 15 à 20 min» Ph: 2» Filtration par charbon actif

Il est conseillé dans tous les cas d'agiter mécaniquement les plaques de cathode et de filtrer continuellement par le charbon actif afin d'assurer un dépôt pur et lisse .les réactions qui se produisent dans le bain sont :

- A l'anode:



- A la cathode :



Remarque: la différence entre les deux bains c'est que le bain de cuivre acide vient dans le cas d'avoir un bon dépôt, en revanche le cuivre alcalin donne un dépôt plus faible.

4.4 / Nickelage:

Pour réaliser en général le dépôt d'argent sur un acier, il faut cuivrer et nickeler la pièce auparavant. l'argent se dépose facilement sur le nickel, car il donne une bonne adhérence sur le cuivre, alors une bonne résistance à la corrosion et bonne protection contre l'oxydation atmosphérique et à la vapeur d'eau.



Image 17: Bain de nickel

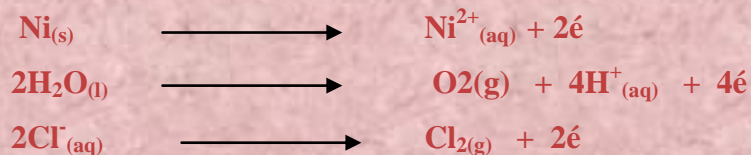
Le mode opératoire de bain de nickel utilisé par SADE :

COMPOSITIONS	CONDITIONS
» Sulfate de nickel	» Température: 60 à 70 C°
» Chlorure de nickel	» Courant: 3 à 5 A/dm ²
» Acide borique	» Degré baumé: 25 à 30
» Additifs: Brillanteur, mouillant,nivelant,fixateur,purificateur	» Ph: 3,8 à 4,4
»Anodes de nickel ensachées dans des sacs	» Le temps: 10 à 15 min
	» Agitation mécanique
	» Filtration par charbon actif

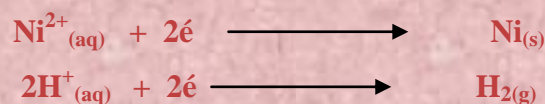
Le nickelage peut s'effectuer en fixant les pièces à traiter sur la barre cathodique. Les anodes sont des plaques grosses de nickel pur pour compenser les pertes des ions de Ni²⁺ déposés, s'accompagner d'une agitation mécanique .une filtration s'effectue en continue de l'électrolyte sur le charbon actif avant ou après le traitement.

Lorsque le courant passe, les ions positifs du nickel migrent vers le pole négatif et se déposent sous une forme de couche du métal dont l'épaisseur dépend du temps

- A l'anode :



- A la cathode :



5.4 / Argenture:

Le bain d'argenture permet l'obtention s'un dépôt brillant dans une gamme d'épaisseurs allant du flash aux dépôts très épais.

Le revêtement d'argent devient le plus important à cause de son coût cher et aussi la couche superficielle pour la plupart des articles.

A/ Bain de pré argent:

Le mode opératoire est décrit dans le tableau suivant:

COMPOSITIONS	CONDITIONS
» Cyanure de potassium	» Température ambiante
» Cyanure d'argent	» Degré de baumé: 14°
» Anodes d'inox	» Le temps: 10 à 15s
» Eau déminéralisée	» Courant : 80 à 100 A
	» Filtration par charbon actif

Dans certains cas le temps est variable, peut changer selon l'indice de baumé.

Cette étape est pour but de déposer une faible couche d'argent pour éviter toute transmission des impuretés au bain d'argent.

- A l'anode:



- A la cathode :



B/ Bain d'argent:

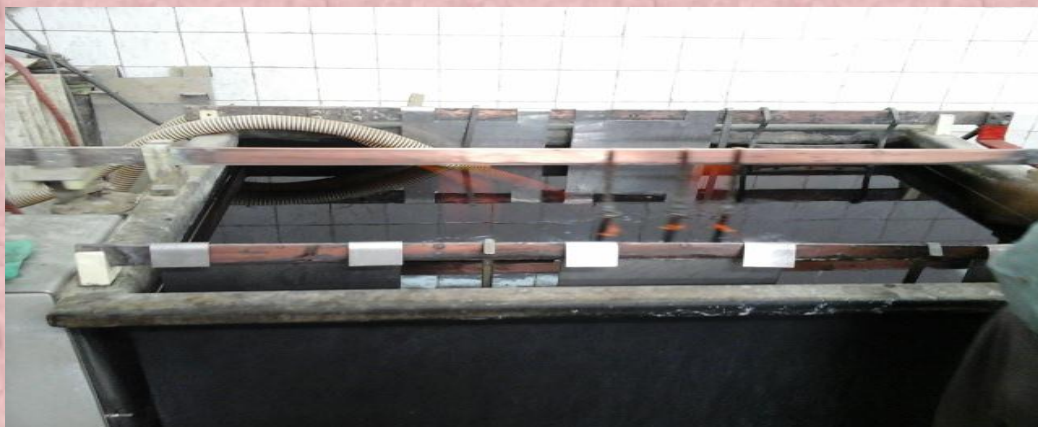


Image 18: Bain d'argent

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

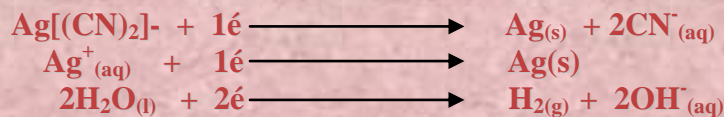
COMPOSITIONS	CONDITIONS
» Cyanure d'argent	» Température ambiante
» Cyanure de potassium	» Temps de traitement: selon le client
» Additifs: Brillanteur d'argent, Base ,Nivelant,Argent mouillant,épurateur	» Densité de Courant: 0,1 A
» Anode d'inox+ anode d'argent	» Baumé :35°
» Eau déminéralisée	» Filtration par charbon actif
	» Agitation mécanique»

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 composé 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.

- A l'anode:



- A la cathode :



6.4 / Séchage

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



Image 19: machine de séchage à air chaud

Chapitre 4

Application de **traitement de** **Surface sur les plaques** **de laiton**

1-Rendement électrolytique :

Le calcul du rendement permet de déterminer l'efficacité d'une synthèse chimique. L'intérêt du chimiste sera 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...)

On a travaillé sur cinq plaques de 0.25 dm² 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

$$m_{thé} = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F}$$

Avec :

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 :

$$R = \frac{m_{ex}}{m_{thé}} \times 100$$

Avec :

m expérimentale = la masse de l'article après le dépôt -- la masse de l'article avant le dépôt

m théorique = la masse calculé à partir de la loi de Faraday

2-Application :

Traitement	Masse de la plaque avant dépôt(g)	Masse de la plaque après dépôt(g)	Masse théorique(g) $m = \frac{I.t.M}{n.F}$	Rendement %
Cuivre alcalin	8,5383	8,7937	0,4343	58 ,80
Cuivre acide	8,5383	8,7753	0,3257	72,92
Nickel	8,5364	8,8240	0,4562	63,04
Argent	8,5426	8,5611	0,1006	68,09

Resultat :

On remarque que le dépôt de cuivre acide est plus fort que celui de cuivre alcalin .

Si on augmente le temps d'immersion de la plaque dans le bain d'argent, le dépôt d'argent va augmenter en respectant le degré de baumé et l'intensité de courant.

Cas de traitement de surface de nickel avec changement des paramètres qui influence sur le dépôt électrolytique :

Traitement	m_{ex} avant dépôt (g)	m_{ex} après dépôt (g)	Masse théorique(g) $m = \frac{I.t.M}{n.F}$	Température	I	Rendement %
Nickelage N : 1	8.5	8.85	1.09	60°C	4 A	31.99
NickelageN : 2	8.25	8.54	0.729	60°C	4 A	39.78
Nickelage N : 3	8.89	9.35	1.095	65°C	4 A	42.01
Nickelage N : 4	8.39	9.75	2.189	65°C	8 A	62.12

3. Défauts et remèdes :

Défauts	Causes	Remèdes
Manque d'adhérence	1/dégraissage insuffisant	1/contrôler le bain de dégraissage
Partie non recouverte	1/préparation de surface défectueuse	1/contrôler la préparation
Dépôt taché poreux teinte irrégulière	1/Préparation de surface défectueuse 2/pollution minérale 3/pollution organique	1/contrôler la préparation 2/traitement de charbon actif
Dépôt mat brulé aux arêtes	1/densité de courant trop élevée	1/contrôler et régler la densité de courant
Dépôt faible mauvais rendement	1/impureté métallique jouent le rôle d'inhibiteur	1/remplacer le bain

Solution :

Pour améliorer la qualité et le rendement il faut :

- Immerger suffisamment les articles dans le bain de dégraissage.
- les solutions doivent être propres et parfaitement agitées à une température maintenue constante.
- Faire des mesures précises de la masse et du volume des produits²
- Contrôler les bains au fur et à mesure de l'utilisation par des techniques récentes.
- Faire des entretiens des bains en respectant les normes exigées.
- Les redresseurs soient automatiques et équipés par des afficheurs électroniques et d'indicateurs d'approximation
- Le nettoyage et la filtration doit être en continue le long de la galvanoplastie .

Conclusion

L'unité de traitement électrochimique de surface connaît différents problèmes de différentes natures, la courte durée du stage que j'ai fait ainsi que le manque de moyens n'ont pas permis d'établir une étude approfondie sur les différents problèmes rencontrés, les autres obstacles que j'ai affrontés sont les noms commerciaux des produits, et les normes suivies pour les montages des bains qui sont plus au moins non respectés.

L'étude de rendement que j'ai faite reste toujours pas précise à cause de la concentration du bain et les densités de courant posées qui ne sont pas strictes, même si les redresseurs sont de l'ordre de 20 A tandis que j'ai besoin seulement de 5 A au maximum. Les valeurs du courant sont proportionnelles à la surface des pièces à traiter. Si ces surfaces sont petites ces redresseurs n'affichent pas les valeurs précises de courant.

Et finalement, je veux dire que ce stage était une bonne expérience pour découvrir la vie professionnelle, les méthodes de travail des entreprises ainsi qu'avoir des idées sur la fabrication des articles quelque soit argenté ou bien cuivré.