



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

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

PROJET DE FIN D'ETUDES

***Études de traitement de la surface du laiton par
électrolyse***

Présenté par :

◆ ELALAMI Mohammed

Encadré par :

◆ Pr .Chnoui khammar (SADF)

◆ Pr .A.Oulmekki (FST)

Soutenu Le 11 Juin 2009 devant le jury composé de:

- Pr. A.Zeroual
- Pr. A.Meliani
- Pr. A.Oulmekki

Stage effectué à la Société des Artisans Dinandières de Fès

Année Universitaire 2013 / 2014

INTRODUCTION :

L'ARTISANAT généralement est une certaine forme d'ART populaire, c'est un ART collectif, un ART né dans un milieu donné et si fortement adapté à la mentalité et aux besoins de ce milieu. L'artisanat c'est l'ART populaire au Maroc.

Le dinandier : C'est une des spécialités de la ville de Fès. Les artisans font fondre et couler le cuivre, puis le martèlent ou le cisèlent pour fabriquer des plateaux ronds "Soigni", des bouilloires, des théières, des boîtes à thé et sucre, des chandeliers, les casseroles ou des fontaines en cuivre comme en Auvergne, ou encore les moules. **Le dinandier fabrique des objets utilitaires et décoratifs** par martelage à partir d'une feuille de cuivre, d'étain ou de fer-blanc.

Gravé, ciselé, ajouré ou moulé, le métal offre à l'imagination du maâlem un large panel d'expressions. De ses doigts agiles, naissent des théières, porte bougies, photophores ou lampes, heurtoirs de porte, chaudron une multitude d'objets utiles ou pour la décoration.

SADF, sous cet acronyme se révèle, la Société des Artisans Dinandiers de Fès. Créée en 1982, son activité principale est la fabrication d'articles de décoration à partir du métal, argent, aluminium, laiton, cuivre et s'est spécialisée dans l'art de la table, l'aménagement des résidences et hôtels en créant des luminaires, des tables, des plateaux, théières, coffrets, etc. Consciente que la recherche et l'innovation sont primordiales dans ce secteur d'activité, **SADF** s'est préoccupé de la rénovation et de la création, en préservant un cachet traditionnel marocain et en le mariant avec un style contemporain.

Chapitre I : Présentation de la société SADF

HISTORIQUE :

La dinanderie, secteur d'activité de l'artisanat traditionnel dans la médina de Fès vivait jusqu'en 1986-87 au gré de commandes de particuliers pour les fêtes de mariages et des achats de touristes étrangers. En effet, une étude sur le secteur élaborée par une équipe d'universitaires de Fès pour la restructuration des métiers anciens de la médina indique que le travail des dinandiers se faisait uniquement et depuis toujours sur commande afin de constituer un seul petit stock pour le mois d'août, période de vacances. L'étude qui précise que le marché de la dinanderie avait une structure équilibrée et stable ne pouvait plus toutefois à partir du début des années 90 satisfaire une demande de plus en plus exigeante qui demandait une livraison immédiate.

C'est ainsi que ce secteur submergé se voit perdre sa production de qualité par la pénétration de nouveaux artisans à la qualification médiocre ou inexistante.

La création de la **Société des Artisans Dinandiers de Fès** remonte à 1982. En effet, un groupe de Maîtres-artistes 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 réunit 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 l'argenterie et sur d'autres articles en métal (luminaires, tables, tabourets, miroirs coffrets ou toutes autres types de travaux selon modèle,...)

La découverte de nouvelles compétences et l'apprentissage des techniques de la dinanderie aux générations futures restent parmi les objectifs fondamentaux de la **SADF**.

SADF a fait de grands pas que ce soit sur le plan artistique que sur le plan de la recherche. Elle a été toujours en tête dans la rénovation et la création, pour substituer ce qui est Traditionnel - Traditionnel par ce qui est Traditionnel - Contemporain. Aussi, elle a gardé, l'authenticité comme tradition, et le Style comme Contemporain. Elle s'efforce toujours à satisfaire les goûts de ses clients aussi bien Marocains qu'Etrangers, et ce malgré la concurrence acharnée des industries modernes.

A l'opposé de ce qui est connu dans l'ancienne médina de Fès, SADF a intégré un certain nombre d'artisans spécialisés dans différentes disciplines et dont l'habileté de leurs mains donne l'aspect original du produit.

Aujourd'hui la société SADF continue dans ce domaine d'artisans avec des marches très vite vers le développement et l'innovation de secteur artisanal marocain en termes de la qualité, d'image de marque et ceci grâce au savoir faire indéniable de sa main d'œuvre qualifiée.

L'entreprise dispose de maalems artisans et des apprentis artisans. Elle dispose d'un groupe de Maitres-artisans qui pilote les unités de production et de fabrication de l'entreprise. La force de sa main d'œuvre lui permet de préserver le produit artisanal, de le développer. SADF a intégré un certain nombre d'artisans spécialisés dans différentes disciplines et dont l'habileté de leurs mains donne l'aspect original du produit.

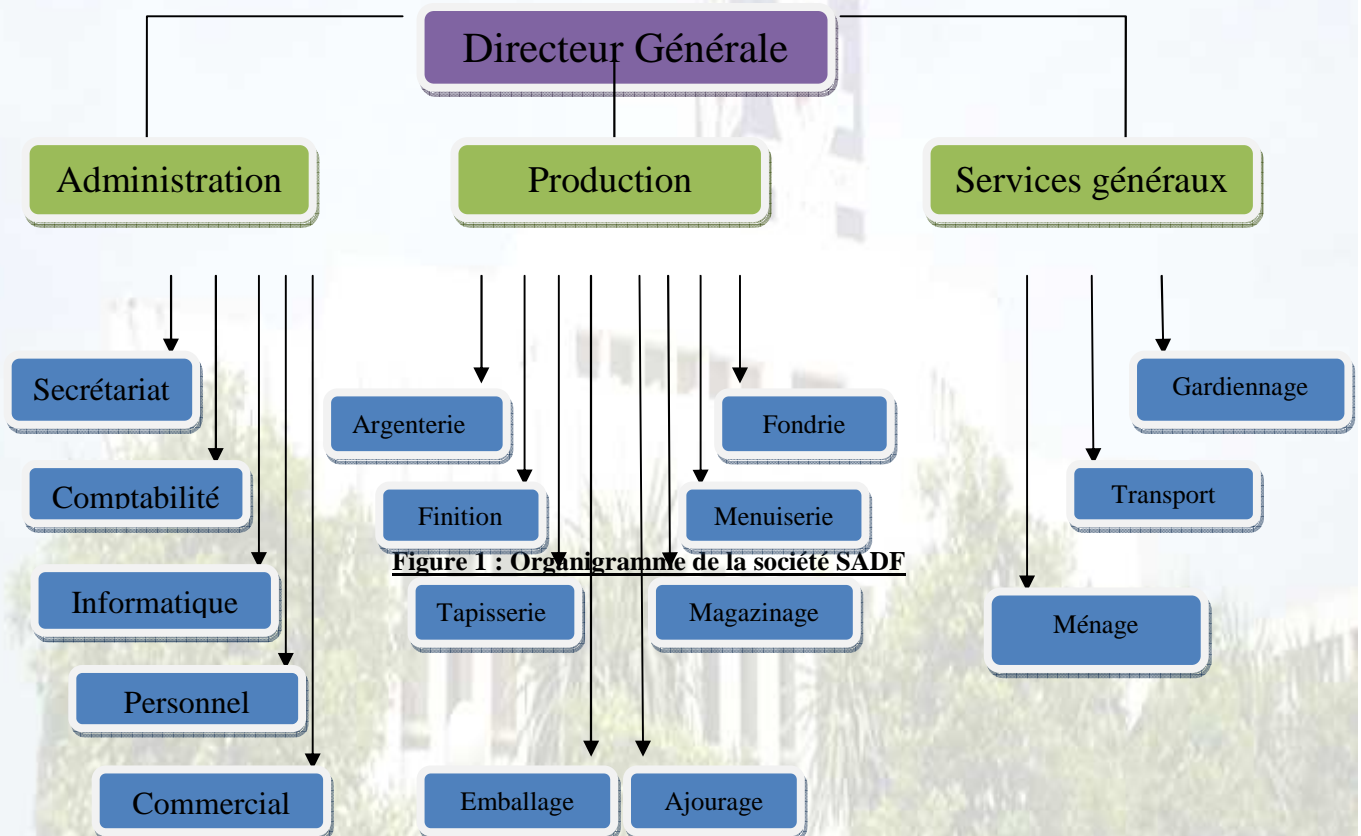
Principaux clients :

Les produits de la société SADF ne sont pas connus seulement sur le plan national, mais aussi sur le plan international et c'est le directeur générale qui assure l'action commerciale et la promotion des produits de l'entreprise a l'étranger.

<u><i>Clients nationaux</i></u>	<u><i>Clients internationaux</i></u>
<ul style="list-style-type: none"> _ Palais Royaux _ Garde Royale _ Divers Ministères _ Divers Embrassades _ Les Hotels (Palais Jamai à Fès __ Jnane Palace a Fès __ Zalagh Parc Palace __ LA MAMOUNIA a Marrakech) _ Les associations _ Les clients Particuliers 	<ul style="list-style-type: none"> _ Emirates Arabes Unies (Foires de Dubaï) _ Bahreïn _ Arabie Saoudite (foires de Riyad) _ Tunisie (Foires de Nabeul ,Sfax ,Tunis ,Sousa) _ Sultanat Oman _ France (Foires de Bressuire) _ Allemagne (Foire de Hanovre) _ Italie (foire de Milan)

Structure :

L'organigramme de la Société SADF est représenté par la figure n° 1. Son personnel comprend actuellement 166 personnes.



Chapitre II : Procédé de fabrication :

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

Matière première :

– La matière première et de la chaîne de production

SADF utilise comme matière première le laiton .en effet il contient du cuivre (60 a 70%) et de zinc (30a 40%), et éventuellement d'autres éléments tels que : le plomb, l'aluminium, le nickel..., qui sont ajoutés en faible proportions afin d'améliorer certaines propriétés.

Il s'agit d'un alliage communément appelé <<bronze>> ayant une température de fusion de 90°C.

Par ailleurs, le laiton est durci pour ses propriétés remarquables à savoir :

- Très bonne résistance à la corrosion.
- Le laiton est un alliage relativement malléable peut être travaillé a chaud comme a froid.

- Sa résistance a la corrosion ainsi que sa ductilité lui donne un aspect de surface agréable.

La chaîne de production utilisée à SADF fait appel a une dizaine de procédés, comme le montre la figure n°2.

Chaîne de production :

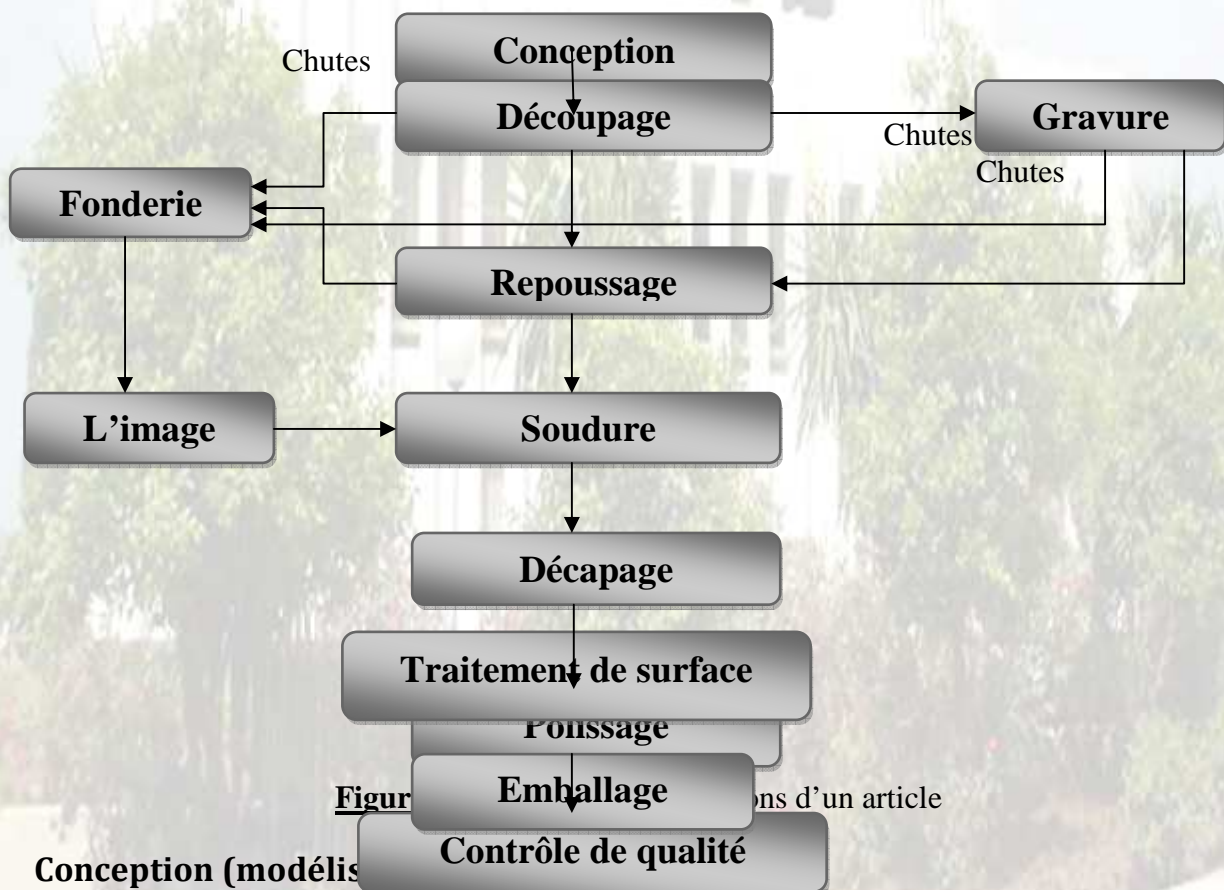


Figure 2 : Chaîne de production des articles

Conception (modélis

La conception des articles est élaborée par des modélistes spécialisés sous forme d'exemplaires. Chaque exemplaire est transmis à un service de fabrication. Les dimensions, les couleurs etc. le modèle est transmis a service de fabrication. Le modèle est examiné par plusieurs maitres artisans ces derniers, peuvent exiger des modifications, si nécessaire, et donne ainsi tous les critères à

suivre au cours de la fabrication. Avant de passer à la fabrication, un échantillon représentatif de l'article passe par la chaîne de fabrication ou il sera modifié jusqu'à ce qu'il prenne sa forme idéale. Cet échantillon représente le modèle à suivre pour la chaîne de fabrication.

Découpage :

Les formes souhaitées des différentes pièces de l'article sont tracées sur des plaques en laiton de différentes épaisseurs en tenant compte des dimensions mentionnées sur l'exemplaire. En suite ces plaques sont découpées soit manuellement, soit avec un ciseau électrique.



Figure N° 3 : Découpage électrique

Gravure :

La gravure s'effectue avec un appareil appelé <<**burin**>>. Il s'agit d'une tige d'acier trempé, affûtée et fixée dans un manche, qui découpe nettement le métal et l'enlève sous forme de copeaux.



Figure N°4 :Gravure par machine .et traditionnelle

Par ailleurs, la gravure repose l'habilité des maitres artisans qui exécutent des motifs décoratifs dessinés sur les surfaces de la plaque de laiton. Ces motifs relatent présentent la beauté et l'originalité des produits artisanaux marocain. On trouve deux types de dessins :

Dessins traditionnels :

Les maitres artisans réalisent des dessins originaux, qui reposent sur leur créativité.

Dessins modernes :

Ils se réalisent par des machines avec un style plus moderne en un temps plus court.

Repoussage et fabrication des moules :

Le repoussage est un procédé de mise en forme de pièces produites à partir d'un disque de tôle.

Il y a deux types de repoussage :

Repoussage manuel :

A l'aide des moules, les pièces découpés prennent la forme souhaitée d'une façon progressive. Cette opération est facilitée par un chauffage à haute température et nécessite un effort humain important.

Repoussage automatique :

Cette technique utilise des moules spéciaux pour les articles plats. Elle est réalisée à l'aide d'une machine à presse.

Fonderie :

C'est une opération qui permet la fabrication de certaines parties de l'article désiré (pieds, anses, becs...). Elle se déroule en trois étapes à savoir :



Figure N°5 : Fabrication des moules

- ✚ **Fabrication des moules** : les moules sont fabriqués par un type spécial de sable selon la forme souhaitée.
- ✚ **Fendage** : dans cette étape, il y a formation d'un alliage constitué par le reste du laiton provenant des autres étapes de fabrication tels que, le zinc et quelques grammes d'aluminium.
- ✚ **Moulage** : l'alliage fondu est déposé dans des moules, puis par refroidissement, on aboutit à la formation de la pièce.

Limage :

Les pièces provenant de la fonderie présentent des irrégularités qui nécessitent des corrections pour donner à l'objet sa forme désirée.

Le limage fait appel à une lime. Il peut être exécuté par un ajusteur, un serrurier, et ce manuellement, ou à l'aide d'une machine.

Soudure :

Elle consiste à assembler les différentes pièces d'un article. Cette fixation est réalisée par des soudures en étain.

Décapage :

Le décapage est l'élimination, mécanique ou chimique, de toutes les traces d'impuretés ainsi que les couches d'oxydes, formées à la surface des objets. L'attaque de la surface de la pièce est obtenue par l'un de deux voies suivantes :

- **Décapage chimique :** la surface de la pièce est attaquée par des acides forts et concentrés, surtout pour les pièces gravées. Les acides utilisés sont : l'acide chlorhydrique (HCl), et l'acide nitrique (HNO₃).
- **Décapage électrochimique :** pour oxyder la surface d'une pièce, placée en anode dans un électrolyte (H₂SO₄, H₃PO₄).

Polissage :

Le polissage est l'action de polir, de rendre lisse et éventuellement brillant par des disques de différents matériaux tournant à grande vitesse, avec une pâte à polir.

Contrôle de qualité :

Une série de contrôle est effectuée pour vérifier la qualité des articles avant de la remettre à l'atelier de traitement de surface.

Dans un premier temps, une équipe est chargée de déceler les défauts dans chaque article. Ensuite une seconde équipe est chargée de corriger tous les défauts décelés précédemment.

Ravivage :

C'est un polissage secondaire qui donne un éclat à l'article et rend sa surface plus vive, et ce par utilisation d'une patte rouge et des machines équipées de papier abrasif. A la fin de cette étape, l'article sera prêt pour le traitement de la surface.

Traitement de surface :

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

Emballage :

La section d'emballage se compose de plusieurs équipes :

- ✓ **Equipe de fabrication des emballages :** cette équipe est chargée de la fabrication de différentes sortes d'emballage en respectant les critères comme la forme de l'article. Elle utilise comme matière première des feuilles de cartons de différentes épaisseurs, des bandes de plastique, de la colle et des agrafes.
- ✓ **Equipe de contrôle et du montage :** les pièces de chaque article passent par un contrôle de qualité qui détecte les différents défauts (rayures, mauvaise soudure, article troués, mauvais dépôt...). Dans le cas de la présence de rayures par exemple, la pièce revient en polissage, afin de rendre la surface de l'objet plus lisse et brillante. Après, la pièce passe par la finition assurée, elle passe par le montage qui rassemble les différentes pièces, afin de donner à l'article sa forme finale prête pour l'emballage.
- ✓ **Equipe d'emballage :** pour protéger l'article contre les chocs, les poussières, l'oxydation..., et pour présenter l'article convenablement, cette équipe utilise des emballages spécifiques pour chaque article (un papier blanc fin, sacs en plastique, cartons...)

Chapitre III : traitement de surface

1. Généralité :

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

Grace à monsieur Faraday qui a défini les bases de l'électrolyse en 1833 il est devenu possible de procéder simplement à des dépôts métalliques sur de nombreuses surfaces. Depuis cette date beaucoup d'applications industrielles ont été développées son principe est basé sur des réactions électrochimiques, qui se produisent aux électrodes (anode, cathode), les pièces traitées sont plongées dans une solution appelée électrolyte. On définit l'électrolyse comme ensemble des phénomènes accompagnant le passage du courant en solution, ou réaction redox non naturelle nécessitant un apport d'énergie sous forme d'énergie électrique.

A l'anode pôle positive (+)

On observe l'oxydation soit

- Du métal de l'électrode
- Des ions négatifs

A la cathode pôle négative (-)

On observe la réduction soit

- Des molécules
- Des ions positifs

Cette technique a pour but de protéger la pièce contre les attaques corrosives, d'améliorer leur aspect extérieur, et de modifier leur caractéristique superficielle. Pour avoir un dépôt métallique de bonne qualité, il faut jouer sur les facteurs suivants :

- La composition de l'électrolyte.
- La densité de courant.
- La tension du potentiel appliqué.
- La température.
- Le temps d'immersion.

2. Equipement du bain d'électrolyse :

1) Les cuves

Les cuves doivent être protégées contre les attaques de certaines solutions par un revêtement intérieur de caoutchouc, d'ébonite ou de polychlorure de vinyle.

2) Générateur

Constitue une source d'énergie qui sera transformée en énergie chimique.

3) Chauffage

Les cuves doivent être équipées d'un système de chauffage avec régulation thermostatique par exemple, thermoplongeurs, en silices, porcelaine, graphite ou titane. Pour éviter l'échange d'énergie thermique avec le milieu extérieur, on utilise des boules en plastique flottantes sur la surface de la solution.

4) Agitation

Elle est de type mécanique, joue rôle très important. Elle permet d'éliminer les bulles d'hydrogène, renouvelé la solution, distribué les dépôts d'une façon uniforme sur tout la surface de l'article. L'absence de l'agitation peut causer des défauts graves difficiles à gérer.

5) Filtration

Une filtration en continu de l'électrolyte sur charbon actif est préconisée (le charbon actif doit être renouvelé fréquemment). Les pompes de filtration doivent être plastifiées ou caoutchoutées intérieurement.

3. PROCEDE ELECTROLYTIQUE

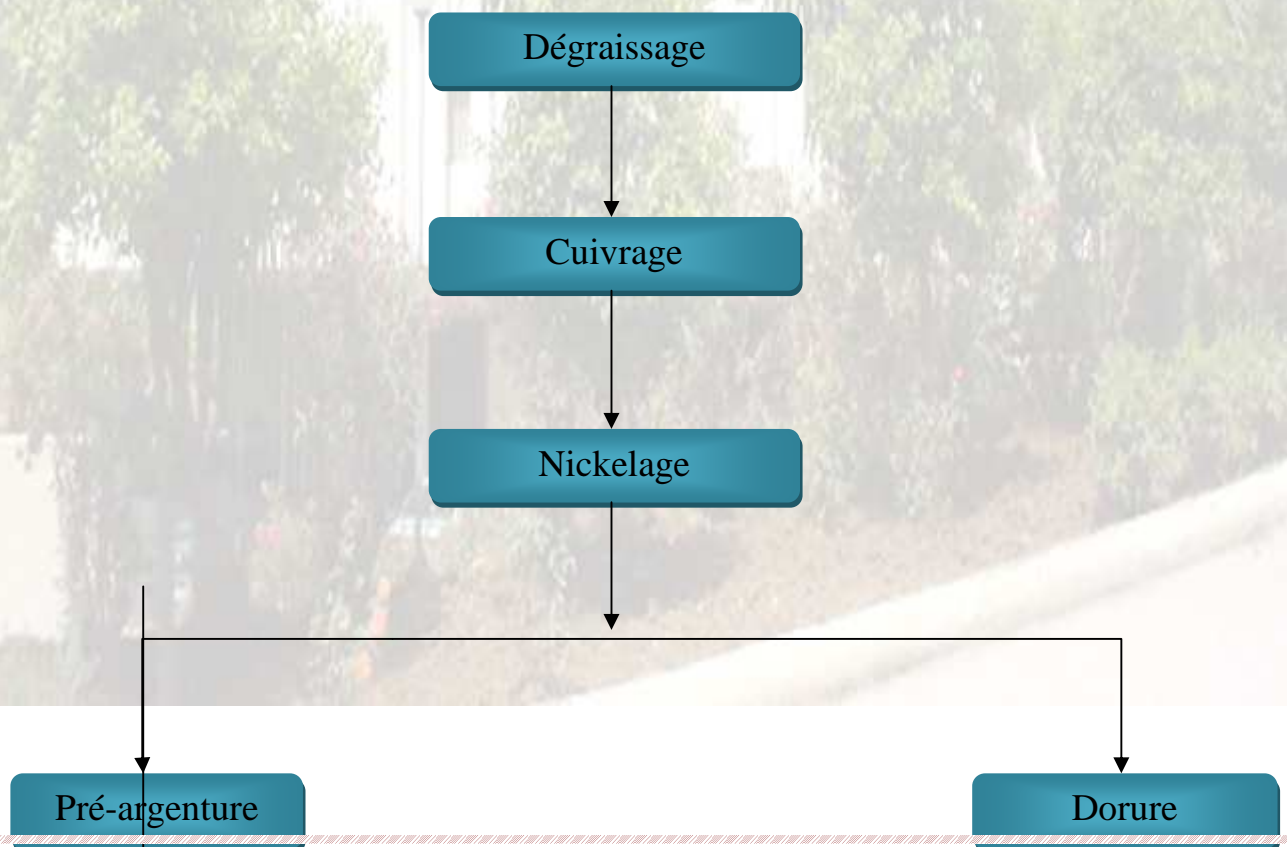


Figure n°6 : procédé de traitement de surface

1. Dégraissage

Au cours des étapes de fabrication, les matériaux métalliques sont sujets à une modification en profondeur ou superficielle de leur microstructure entraînant une transformation physico-chimique de l'interface métallique. Cette évolution résulte des nombreuses interactions entre la surface et son environnement : huiles de lubrification, matrice de frappe, atmosphères de four... la surface d'une pièce industrielle est toujours souillée par différents polluants : les souillures organiques (huiles, graisses...) et les composés métalliques (oxydes, nitrures, carbures...) qu'il s'agit d'éliminer afin de conférer à l'interface le caractère hydrophile souhaité.

Un matériau métallique non traité, est généralement oxydé et couvert d'huiles ou de graisses. Il faut donc procéder à un nettoyage préalable, au sens large du terme, afin de passer d'une interface souillée, et généralement hydrophobe, à une interface physiquement et chimiquement propre, apte à recevoir convenablement le traitement de surface.

Chaque article doit passer par les dégraissages afin d'éliminer toutes les impuretés existant sur la surface de la pièce, ou d'une autre manière le dégraissage a pour rôle de rendre la surface physiquement propre afin d'assurer le bon déroulement des opérations ultérieures et par là même, de garantir la qualité du produit fini.

Composition du bain de dégraissage :

SADF utilise un bain de dégraissage de capacité de 1800 litre, les paramètres de fonctionnement sont indiqués comme ça :

- ❖ Présol 7030
- ❖ AB 40
- ❖ Eau déminéralisée

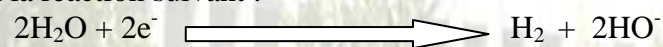
Conditions opératoires :

- ❖ Température : Ambiante
- ❖ Temps de traitement : 5 à 10 min
- ❖ pH : 12
- ❖ graduation de l'Aéromètre baumé : 17
- ❖ densité du courant : 25 A/dm²



Figure N° 7 : bain de dégraissage

Les articles à traiter sont reliés à la cathode dans lesquelles ils subissent une réaction de réduction selon la réaction suivant :



La forte alcalinité (HO^-) exerce un effet saponifiant et émulsifiant, ainsi l'hydrogène dégagé réduit les oxydes présents à la surface des articles.

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



2. Les bains de rinçage

Une ligne de traitement de surface est une succession des opérations de traitements, séparés par des rinçages. L'intérêt du rinçage consiste à éliminer les traces d'ions provenant des bains, d'une autre manière débarrasser les pièces de leur pellicule d'entraînement du bain après immersion ; le rinçage joue aussi le rôle de barrière antipollution entre deux opération consécutives. Ce qui lui donne un rôle indispensable pour préserver la qualité des bains d'électrolyses intacte.



Figure N° 8 : bains de rinçages

3. Cuivrage

Chez SADF, il existe deux procédés de bain de cuivrage, leurs compositions, leurs rendements cathodiques, leurs vitesses de dépôt sont différentes.

a) Bain de cuivrage alcalin

A un rendement cathodique de 45% pour une température comprise entre 35° et 40°C, et une densité de courant comprise entre 0.5 et 3 A/dm² pour un temps de traitement de 5 à 10 min et une électrode de cuivre pur.

- ✓ Composition du bain cuivrage alcalin
 - Cyanure de cuivre **$CuCN_2$**
 - Cyanure de sodium **$NaCN$**
 - Soude caustique **$NaOH$**
 - Anode de cuivre
 - Sel N°11 (sel conducteur)
 - Agent brillanteur et mouillant (sélénite ou sodium)

Au cours de l'électrolyse le dépôt des ions Cu^{2+} est assuré par le sel $CuCN_2$, le sel joue le rôle de conducteur à cause des ions cyanure qui assurent la conductivité des ions cuivreux jusqu'à la pièce réceptrice du dépôt.



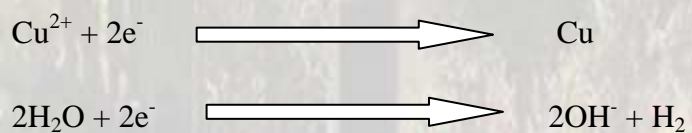
Figure N°9 : bain de cuivre alcalin

✓ Les réactions qui se produisent dans le bain

➤ A l'anode :



➤ A la cathode :



b) Bain de cuivrage acide

A un rendement cathodique supérieur, il est d'environ 60% pour une température ambiante, une densité du courant de 0.15 A/dm^2 pour un temps de traitement de 15 – 20 min

et une électrode de cuivre mélanger avec une portion de phosphore qui jouent le rôle d'un catalyseur de la réaction électrolytique.

Afin d'améliorer la qualité du produit par formation d'une couche de cuivre plus épaisse, la société SADF préfère le bain du cuivrage acide vu son rendement cathodique supérieur.

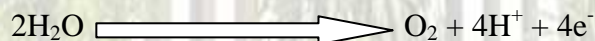
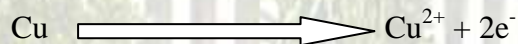
✓ Composition du bain cuivrage acide

- Sulfate de cuivre (CuSO_4)
- Acide sulfurique (H_2SO_4)
- Anode <<plaques de cuivre contenant une portion de phosphore>>
- Additifs : brillanters, nivelant, cuprac acide brillant, copra base.

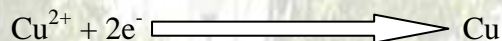
Le cuivrage acide est effectué de la même manière que le cuivrage alcalin sauf qu'ici, l'anode est constituée d'une grosse plaque métallique, composée d'une grande quantité de cuivre et d'une portion de phosphore. Ce dernier joue un rôle de catalyseur dans la réaction électrolytique. Le temps dont chaque pièce doit passer dans le bain du cuivrage dépend de la qualité souhaitée, il est compris généralement entre 2 et 5 min. Mais, dans quelques exceptions il peut aller jusqu'à 10 min pour les produits de haute qualité. Pour avoir une coloration foncée et plus brillante au cuivre il faut la présence des brillanters dans l'électrolyte.

✓ Les réactions qui se produisent dans le bain :

➤ A l'anode :



➤ A la cathode :



✓ Préparation du bain :

- _ Remplir la cuve à moitié avec de l'eau déminéralisée.
- _ Ajouter le sulfate de cuivre en agitant jusqu'à dissolution totale.
- _ Ajouter l'acide sulfurique ou la soude caustique avec précaution
- _ Pour les bains brillants, il convient l'addition des brillanters de traiter au charbon actif.
- _ Les sacs à anodes doivent séjourner au préalable dans une solution d'acide sulfurique diluée.

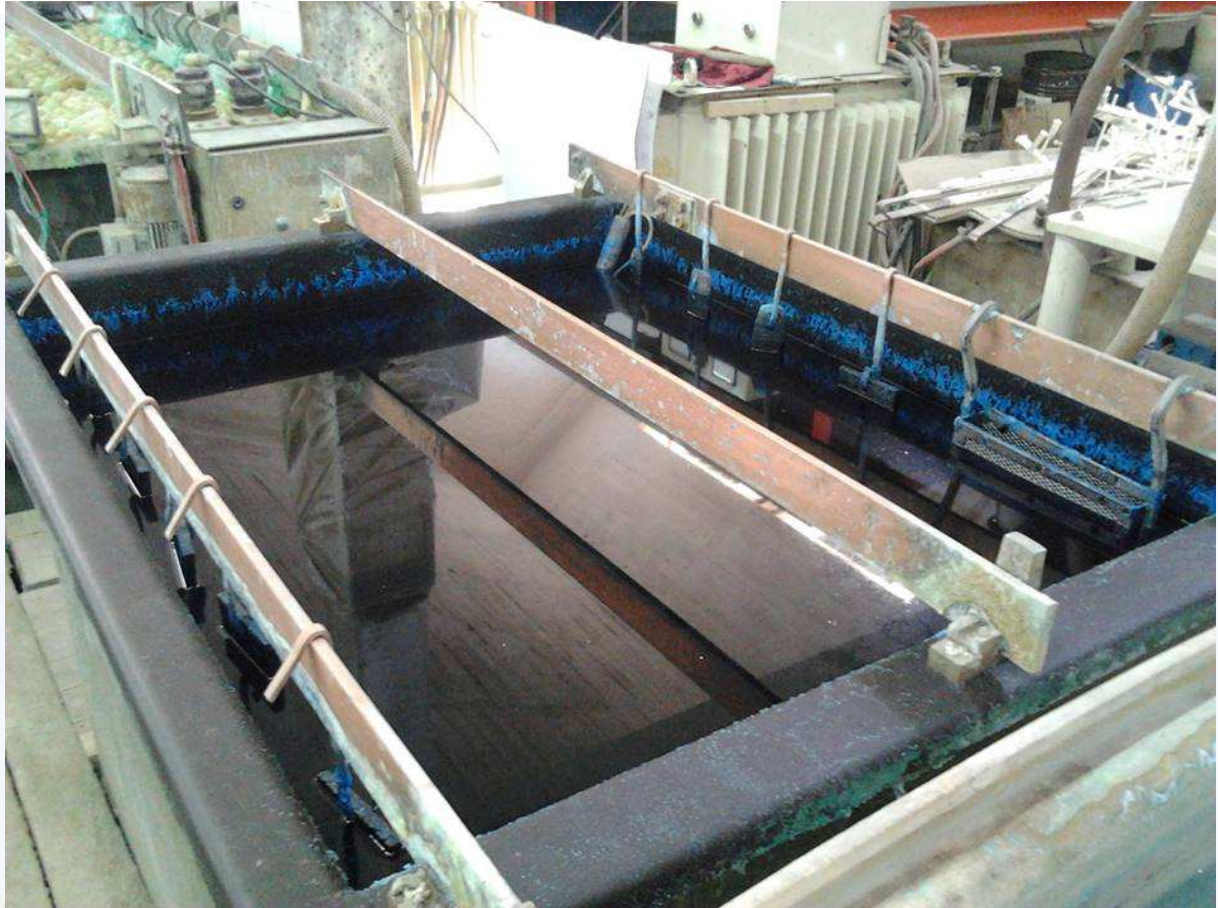
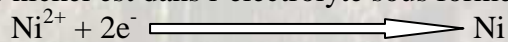


Figure N° 10 : bain de cuivre acide

4. Nickelage

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 le courant passe, les ions positifs du nickel migrent vers le pôle négatif (article) et se déposent sous forme de couche de métal dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion.

Le nickel est dans l'électrolyte sous forme d'ions nickel nécessaire à la réaction :



Sa teneur détermine la densité du courant maximum admissible. Sa concentration se maintient par dissolution anodique et par addition de sel de nickel, la source principale d'ions nickel est sulfate de nickel, le chlorure de nickel fournit des ions chlorures qui assurent une bonne dissolution anodique et augmentent la conductivité de l'électrolyte.

L'acide borique joue un rôle de tampon du pH, il limite le dégagement d'hydrogène à la cathode et contribue à l'amélioration de la brillance et de la ductilité des dépôts, sa teneur ne devrait pas être inférieure à 40g/l.

Ce procédé permet d'obtenir des dépôts électrolytiques de nickel 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.

✓ Composition du bain

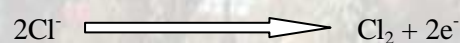
- Sulfate de nickel (NiSO_4) (300g/l)
- Chlorure de nickel (NiCl_2) (60-70g/l)
- Acide borique (H_3BO_3) (45g/l)
- Anode de nickel
- Fixateur
- Brillanteur
 - **Brillant niamond 101 E** : c'est le brillanteur principal de nivellement et d'éclat
 - **Brinil 55 S** : il permet d'élargir la plage de la densité du courant utilisable et donne aussi une bonne ductilité et une bonne pénétration du dépôt.
 - **Sulfact 46 M** : il facilite l'agitation mécanique et abaisse la tension superficielle de l'électrolyte et contribue à la tolérance du bain vis-à-vis des impuretés organique.
- Mouillant
- Nivelant
- Purificateur

✓ Conditions opératoires

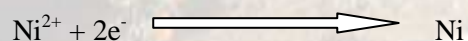
- Température : 60°C
- Temps de traitement : 10 à 15 min
- pH : 3.8 à 4.8
- Graduation de l'Aéromètre baumé : 26 à 30
- Densité de courant : 3 à 5 A/dm²

✓ Les réactions qui se produisent dans le bain

❖ A l'anode :



❖ A la cathode :



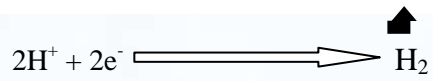


Figure N°11 : bain de nickelage

5. Pré Argentage

C'est une phase qui dure entre 10 à 30 s permet de déposer une très faible couche. Le rôle de cette étape est d'éviter la contamination directe du bain d'argent par les impuretés et la préparation pour l'argentage.

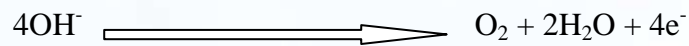


Figure N° 12 : bain de pré-argentage

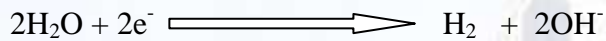
- ✓ Composition du bain
 - Cyanure de potassium KCN
 - Cyanure d'argent AgCN
 - Eau déminéralisée
 - Anodes d'acier inox

- ✓ Condition opératoire
 - Température : ambiante
 - Temps de traitement : 15s
 - pH : 11
 - graduation de l'Aéromètre baumé : 14
 - densité du courant : 4 à 5 A/dm²

- ✓ Les réactions qui se produisent dans le bain
 - ❖ A l'anode :



❖ A la cathode :



6. Argentage

Les dépôts électrolytiques d'argent sont blancs, tendre, 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.

- ✓ La composition du bain
 - Cyanure de potassium KCN
 - Cyanure d'argent AgCN
 - Eau déminéralisée
 - Anode d'argent
 - Brillanteurs

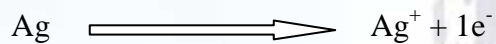
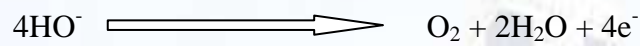


Figure N° 13 : bain d'argentage

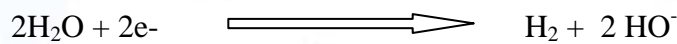
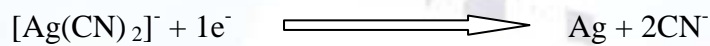
- ✓ Conditions opératoire
 - Température : ambiante
 - Temps de traitement : 5min

- pH : 12
- graduation de l'Aéromètre baumé : 27
- densité du courant : 1.5 à 5 A/dm²
- ✓ Les réactions qui se produisent dans le bain d'argent :

❖ A l'anode :



❖ A la cathode :



7. Four

Le four muni d'un ventilateur, permet le séchage des pièces à une température comprise entre 50 à 100 °C.

Chapitre IV : Interprétation des résultats :

I. Résultats

On a fait des expériences pour chaque bain sur des plaques en laiton de volume = 1 dm² afin d'appliquer la loi de faraday et on a fait des estimations de masses de dépôt tout en appliquant la loi de faraday.

L'expression générale de cette loi est :

Pour réduire ou oxyder X mole d'un ion portant la charge n, il faut faire circuler Q coulombs ou La masse de la substance formée à la cathode ou à l'anode est proportionnelle à la quantité d'électricité qui a servi à la réalisation de l'électrolyse.

$$Q = I.t = X.n.96500$$

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

m : masse du produit
 n : nombre d'électrons
 M : masse molaire
 F : le faraday égal

t : durée de l'électrolyse (en seconde)

I : intensité du courants (en ampères)

Q = I.t : quantité d'électricité qui a circulé ; noté q (en coulombs)

1. Cuivre alcalin :

- ✓ La réaction nécessaire dans le bain



- ✓ Estimation de masse du dépôt de cuivre alcalin

On a immergé cette plaque pendant 10min dans le bain de **cuivre alcalin** à un courant de 5A/dm².

La masse expérimentale mesurée par balance avant et après le dépôt :

$$m_{\text{th}} = \frac{I \cdot t}{n \cdot F} \quad \begin{matrix} m_{\text{ex.}} = 8.6 - 8.5 = 0.1 \text{ g} \\ m_{\text{th}} = 0.987 \text{ g} \end{matrix}$$

$$R = \frac{m_{\text{ex.}}}{m_{\text{th}}} * 100 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{R = 10,13 \%}}$$

2. Cuivre acide :

- ✓ La réaction nécessaire dans le bain



- ✓ Estimation de masse du dépôt de cuivre acide

On a immergé cette plaque pendant 15min dans le bain de **cuivre alcalin** à un courant de 5A/dm².

La masse expérimentale mesurée par balance avant et après le dépôt :

$$m_{\text{ex.}} = 8.6 - 8.5 = 0.1 \text{ g}$$

$I \cdot t \cdot M$

$$m_{\text{ex.}} = 8.7 - 8.5 = 0.2 \text{ g}$$

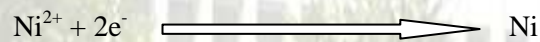
$$m_{\text{th}} = \frac{\quad}{n \cdot F}$$

$$m_{\text{th}} = 1.48 \text{ g}$$

$$R = \frac{m_{\text{ex.}}}{m_{\text{th}}} * 100 \quad \rightarrow \quad R = \underline{\underline{13.51 \%}}$$

3. Nickel

✓ Les réactions qui se produisent dans le bain



✓ Estimation de masse du dépôt de nickel

On a immergé cette plaque pendant 15min dans le bain de **nickel** à un courant de 5A/dm².
La masse expérimentale mesurée par balance avant et après le dépôt :

$$m_{\text{ex.}} = 8.8 - 8.5 = 0.3 \text{ g}$$

$I \cdot t \cdot M$

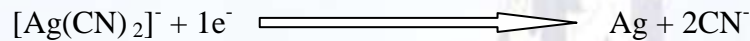
$$m_{\text{th}} = \frac{\quad}{n \cdot F}$$

$$m_{\text{th}} = 1.598 \text{ g}$$

$$R = \frac{m_{\text{ex.}}}{m_{\text{th}}} * 100 \quad \rightarrow \quad R = \underline{\underline{18,86 \%}}$$

4. Argentage

- ✓ Les réactions qui se produisent dans le bain



- ✓ Estimation de masse du dépôt d'argent

$$m_{\text{ex.}} = 8.65 - 8.5 = 0.15 \text{ g}$$

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

$$m_{\text{th}} = 0.33 \text{ g}$$

$$R = \frac{m_{\text{ex.}}}{m_{\text{th}}} * 100 \quad \rightarrow \quad \underline{R = 45,45 \%}$$

5. La cinquième plaque notée :

Est une plaque qui a été immergée dans tous les bains avec les mêmes conditions et aussi les mêmes temps d'immersion.

La masse expérimentale obtenue est :

$$m_{\text{ex.}} = 9.6 - 8.5 = 1.1 \text{ g}$$

$$I \cdot t \cdot M$$

$$M_{\text{th}} = M_{1\text{th}} + M_{2\text{th}} + M_{3\text{th}} + M_{4\text{th}}$$

$$m_{th} = \frac{\quad}{n \cdot F}$$

$$R = \frac{m_{ex.}}{m_{th}} * 100 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{R = 25.23 \%}}$$

II. Interprétation des résultats.

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

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

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

- les bains électrolytiques doivent être nettoyés complètement par filtrations en continu au charbon actif.
- Et l'oxydation les impuretés par $KMnO_4$ et H_2O_2 .
- Que le choix de l'ampérage doit prendre en considération le domaine de stabilité thermodynamique du métal en solution.
- Que l'eau utilisée doit être parfaitement déminéralisée et désinfectée par l'eau de javel.

Donc on peut dire qu'un bon dépôt électrolytique dépend de plusieurs facteurs comme la concentration, la propreté du métal, le pH de l'électrolyte, la température, la densité de courant, de la solution et l'ajout des sels et des brillanters.

Conclusion

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du stage que j'ai eu au sein de la société des artisans dinandières de Fès. Durant cette période de stage, j'ai pu découvrir le monde de travail et cela grâce au contact pratique que j'ai eu à côté du personnel de cette société.

En effet, cette période constitue le moyen d'acquérir l'expérience, le niveau désiré et comprendre à quel point un stage professionnel est nécessaire dans un établissement aussi importante que SADF.

Enfin, le stage reste nécessaire, obligatoire pour assurer le développement et la mutation du stagiaire d'un milieu d'étude au milieu du travail.

Sommaire

INTRODUCTION :.....	2
Chapitre I : Présentation de la société SADF	2
HISTORIQUE :.....	2
Principaux clients :.....	3
Structure :.....	4
Chapitre II : Procédé de fabrication :	4
Matière première :	4
Chaine de production :	5
Conception (modélisation) :	5
Découpage :.....	6
Gravure :.....	6
Dessins traditionnels :	7
Dessins modernes :.....	7
Repoussage et fabrication des moules :	7
Repoussage manuel :	7
Repoussage automatique :.....	7
Fonderie :.....	7
Limage :.....	8
Soudure :	8
Décapage :.....	8
Polissage :.....	9
Contrôle de qualité :	9
Ravivage :.....	9
Traitement de surface :.....	9
Emballage :.....	9
Chapitre III : traitement de surface.....	10
1. Généralité :	10
2. Equipement du bain d'électrolyse :	10
1) Les cuves	10
2) Générateur	10
3) Chauffage	11
4) Agitation.....	11
5) Filtration.....	11
3. PROCEDE ELECTROLYTIQUE.....	11

1. Dégraissage	12
Composition du bain de dégraissage :	12
2. Les bains de rinçage	13
3. Cuivrage	14
4. Nickelage.....	17
5. Pré Argentage.....	19
6. Argentage	21
7. Four	22
Chapitre IV : Interprétation des résultats :	22
I. Résultats	22
1. Cuivre alcalin :	23
2. Cuivre acide :	23
3. Nickel	24
4. Argentage	25
5. La cinquième plaque notée :	25
II. Interprétation des résultats.....	26
Conclusion.....	27