



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

TRAITEMENT DE SURFACE PAR VOIE ELECTROLYTIQUE

Présenté par :

◆ Mr. Yassine El mastour

Encadré par :

◆ Mr. Lkhmmar Chnnouni (SADF)

◆ Pr . Abdelhadi Lhassani (FSTFès)

Soutenu Le 17 Juin 2015 devant le jury composé de:

- Pr. Abdelhadi Lhassani (FSTFès)

- Pr. Amal Haoudi (FSTFès)

- Pr Hamid Wahbi (FSTFès)

Stage effectué à SADF

Année Universitaire 2014 / 2015

Remerciements

Tout d'abord, je remercie la Société des Artisans Dinandiers de Fès Pour le rôle qu'elle joue dans l'intégration des stagiaires.

Mes remerciements iront à l'endroit de :

*Monsieur le Directeur **TAHIRI JOUTI Abderrafie** pour son accueil Chaleureux, sa confiance.*

*Monsieur **CHNOUNI Lkhammar** mon maître du stage, pour son Intérêt aux activités des stagiaires ainsi pour ses encouragements et ses conseils fructueux depuis ma première journée à la société.*

Tout le personnel de la Société des Artisans Dinandiers de Fès pour L'enthousiasme et l'attention qu'ils ont manifestés à mon égard et pour leur participation active à la réussite de ce stage.

*Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à mon encadrant de FST Pr. **Abdelhadi Lhassani** pour son aide précieuse, ses remarquables efforts d'orientation, je le remercie profondément.*

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

Enfin, je voudrai rendre hommage à toutes les personnes qui ont contribué à la Réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

INDRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : Présentation de l'entreprise	
1. Historique.....	2
2. Produit et production	2
3. Clients	2
4. Structure de la SADF.....	2
CHAPITRE 2: Procédé de fabrication des Articles de décoration	
I. matière première.....	5
II. chaîne de production:	
II -1. Découpage de matière première	5
II-2. Gravure.....	6
II-3. Repoussage.....	6
II -4.Dendage.....	7
II-5. Limage.....	8
II-6. Décapage.....	8
II-7. Polissage.....	8
II-8. Ravivage.....	9
II-9. contrôle visuel articles	9
II-10. traitement de surface.....	9
II-11. Emballage	10
CHAPITRE 3 : Traitement de surface par voie électrolytique	
I. Mécanisme d'électrolyse :	
Définition.....	11
Pourquoi La SADF préfère le dépôt électrolytique ?.....	11
II. types des bains d'électrolyse utilisée dans la société SADF:	
II-1- Dégraissage	13
♦ Type de dégraissage.....	13
a)dégraissage chimique.....	14
b)dégraissage électrochimique.....	16
II-2-Rinçage.....	16
II-3-cuivrage.....	17

a)cuivrage alcalin.....	18
b)cuivrage acide.....	19
II-4-Nickelage.....	20
II-5- Pré-argent.....	22
II-6- Argenture.....	23
II-7 - Séchage.....	24

CHAPITRE 4 (Partie Pratique) : Application et influence des paramètres sur le dépôt

1 principaux problématiques rencontré lors de l'électrolyse	26
2) Paramètres influençant le dépôt électrolytique.....	27
3) Rendement électrolytique.....	29
Conclusion.....	31

LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1	: Organigramme de la société SADF.....	31
Figure 2	: Chaine de traitement électrolytique par SADF.....	10
Figure 3	: Etapes de traitement électrolytique	21
Tableau 1	: Rendement cathodique sur une plaque de laiton de 0,5 dm ²	27

LISTES DES SYMBOLES ET ABRÉVIATION

- I : intensité de courant en (A)
- G : générateur électrique
- E° : Potentiel Standard en (V)
- E : potentiel en équilibre en (V)
- U : différence de potentielle en (V)
- n : état d'oxydation (nombre des électrons échangés)
- [Ox] : concentration en oxydant dans la solution en (mol /l)
- [Red] : concentration en réducteur dans la solution en (mol/l).
- R : constante des gaz parfaits en ($J.mol^{-1}.K^{-1}$)
- T : température de l'électrolyte en ($^{\circ}K$)
- F : constante de Faraday en (coulomb. mol)
- m (exp) : masse expérimentale en (g)
- m (th) : masse théorique en (g)
- t : temps d'immersion dans le bains en (s)
- $t_{dé}$: temps de dégraissage en (min)
- $t_{c.alc}$: temps d'immersion dans le cuivre alcalin en (min)
- $t_{c.ac}$: temps d'immersion dans le cuivre acide en (min)
- t_{nick} : temps d'immersion dans le bains de Nickel en (min)
- t_{Ag} : temps d'immersion dans le bain de l'argent en (min)

INTRODUCTION

Dans le cadre de ma formation en licence de génie chimique au sein de la Faculté des Sciences et des Techniques de Fès, j'ai réalisé mon projet de fin d'études au sein de la Société des Artisans Dinandiers de Fès depuis le 13 avril jusqu'au 24 mai 2015.

La Société Des Artisans Dinandiers De Fès (SADF) est une société qui utilise des procédés de traitement de surface par voie électrolytique très intéressants et variés lors de la fabrication d'un article artisanal ou décoratif.

Dans ce rapport mon étude va s'étendre sur la description de différentes tâches et missions réalisé au sein de l'entreprise.

Dans le 1^{er} chapitre de ce rapport, je présente la société SADF.

Dans le 2^{ème} chapitre, je parle de la matière première et je traite la chaîne de production qui explique toutes les procédures pour fabriquer une pièce quelconque.

Dans le 3^{ème} chapitre, je montre les différents procédés d'électrolyse dans la société, ainsi la qualité de dépôt et l'aspect décoratif d'une pièce métallique.

Enfin, je détermine par le calcul de la masse déposée et du rendement sur des articles en laiton en discutant les paramètres influençant sur la qualité de dépôt.

Chapitre 1 :

Présentation de la société SADF

1. Historique :

La création de SADF remonte en 1982, en effet, un groupe de maître artisan avait mis en place une unité de production renfermant tout le processus de fabrication ,cela leur Permettraient de préserver le produit artisanal, de le développer et de lui donner l'aspect qui Réunit à la fois la beauté, et la qualité sans oublier la prise en considération du coût pour qu'il soit abordable par la plupart des clients. Par ailleurs, depuis sa mise en place la SADF n'a pas cessé de déployer ses efforts pour imposer son empreinte sur les articles en métal luminaire, tables, tabourets, miroirs ou autre types.

2. Production et Produit :

La stratégie adaptée par la société SADF offre une large gamme de produits pour satisfaire Tous les goûts en évitant toute standardisation excessive. En effet, tout article produit par SADF est un chef d'œuvre unique dédié aux clients parce que tout client est considéré comme unique pour la société.

3. Clients de la SADF :

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

- Clients nationaux : établissement étatique, palais royaux....
- Clients internationaux : émirat Arabie(Dubaï), Arabie saoudite....

4. Structure de la SADF :

La figure 1représente l'organigramme de la société SADF 166 personnes représentent le personnel dont 16% sont des femmes et 84% des hommes.

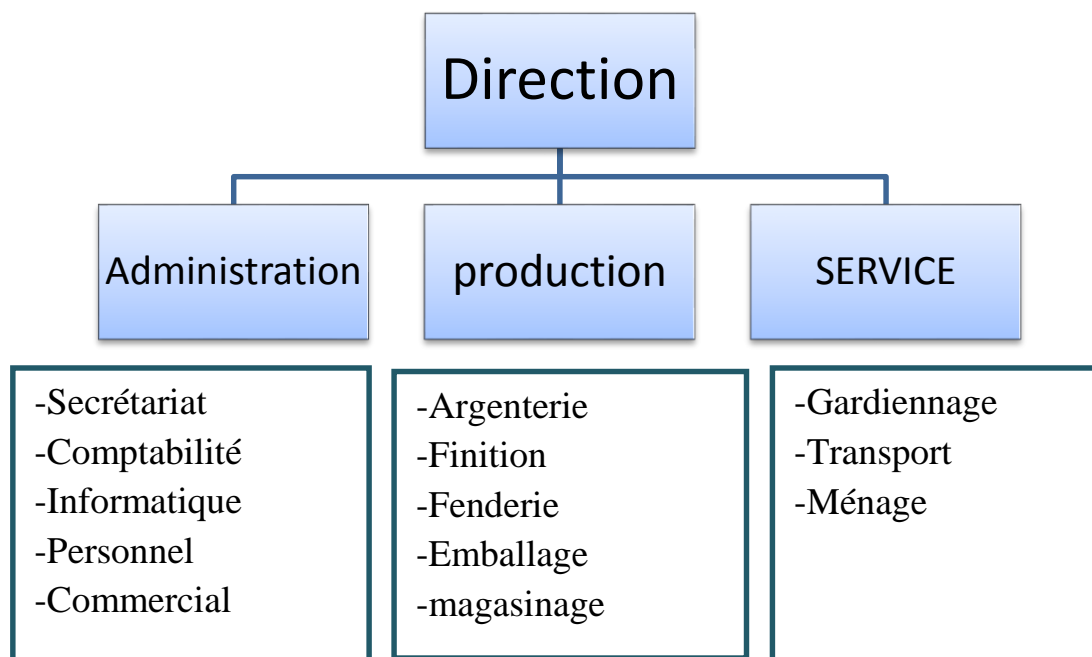


Figure 1 : organigramme de la société SADF.

Chapitre 2

Procédé de fabrication des articles de décoration

I- La matière première

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

- ✓ la matière première.
- ✓ la chaîne de production



La matière première

Le laiton est un alliage de cuivre (de 60 à 70%) et du zinc (de 30 à 40%), il peut contenir d'autres éléments métalliques comme l'Aluminium, Plomb, et nickel qui sont ajoutés afin d'améliorer la qualité.

- ❖ La SADF utilise le laiton comme matière première, pour les propriétés suivantes :
 - Très bonne résistance à la corrosion et une ductilité qui permettent au métal de prendre plusieurs formes sans rupture.
 - un alliage relativement malléable, qui peut être travaillé à chaud aussi bien qu'à froid.

II –Chaîne de production

II -1- Découpage :

Les différents prototypes sont tracés sur les plaques du laiton, en tenant compte de leurs caractéristiques. Ensuite ces plaques sont découpées soit manuellement ou électriquement.



Découpage manuel

II -2-Gravure :

La gravure désigne un ensemble de techniques 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, l'œuvre finale ainsi obtenue s'appelle une estampe.



Gravure sur dessin traditionnel

II -3- Repoussage :

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

- Manuel.
- Automatique.



Machine du repoussage

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



Les chutes du laiton



Fente des chutes de laiton



les moules d'un sable particulier

II -5- Limage :

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



L'image manuel

II -6- Décapage :

Le décapage est l'élimination mécanique ou chimique de toutes les traces des impuretés et des couches d'oxydes formées à la surface des objets, ce procédé peut être réalisé par des acides concentrés (acide nitrique ou acide sulfurique).

II -7- Polissage :

Le polissage rend les articles lisses et brillants par des différents matériels tournant à grande vitesse avec une pâte à pâlir.



Comparaison des articles polies et non polis

II -8- Ravivage :

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

II -9- Contrôle de qualité :

Une série du contrôle des pièces articles fabriqués est effectuée avant de les remettre à l'atelier du traitement des surfaces.



Contrôle visuel des articles

II -10- Traitement de surface :

L'électrolyse est le procédé de traitement de surface utilisé par la SADF, son principe 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 l'usure.

Les pièces fabriquées par la SADF passent dans plusieurs bains :

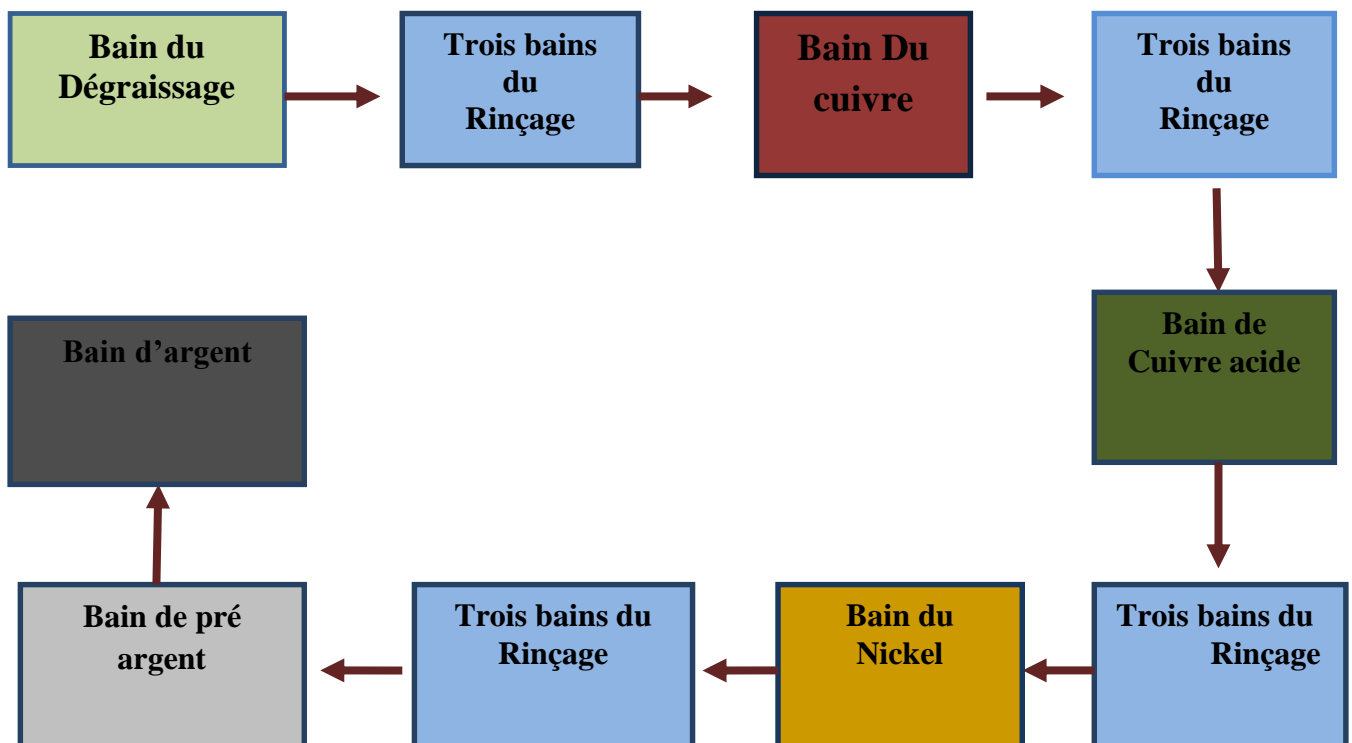


Figure2 : Etapes de traitement électrolytique

II- 11- Emballage des articles finis:

L'emballage se fait en trois étapes :

- équipe de fabrication des emballages chargée de la fabrication de différents types d'emballage en respectant la forme de l'article.
- Équipe du 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, chargée d'assurer un emballage adéquat pour chaque pièce. Pour protéger ces articles contre les chocs et poussières lors transportation, on utilise l'emballage Spécifique, exemple papier fin, sac en plastique cartons....

Conclusion :

Chaque opération a un rôle bien définie, et sûrement conditionnent la qualité de produit final surtout l'aspect des articles qui est une dimension très important pour la société de **SADF**.

Chapitre 3

Traitement de surface des métaux par voie électrolytique

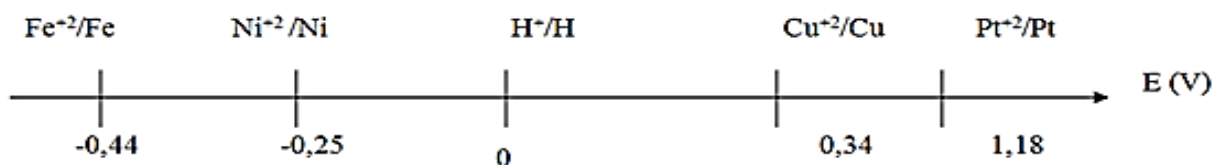
I- Mécanisme d'électrolyse :

◆ Définition:

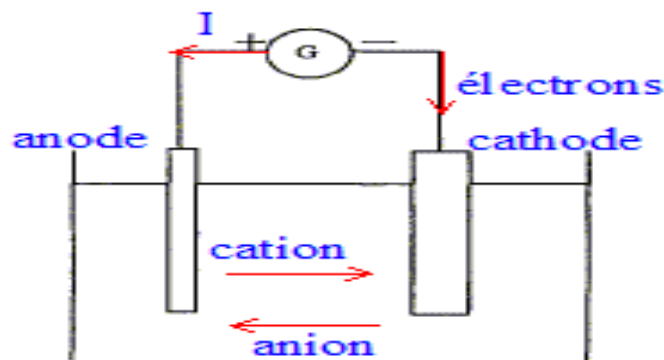
L'électrolyse est une méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. C'est le processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique.

◆ 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, c'est une transformation forcée par un courant électrique imposé par un générateur.



- Le courant électrique entre dans le système chimique par l'électrode reliée à la borne (+) du générateur. Donc le système chimique cède des électrons. Il s'y produit donc une oxydation, c'est donc une anode.
 - Le courant électrique sort du système chimique par l'électrode reliée à la borne (-) du générateur. Donc le système chimique capte des électrons. Il s'y produit donc une réduction, c'est donc une cathode (siège de réduction).
- ⇒ L'anode peut être constituée du matériau à déposer mais en général, celui-ci est sous forme de sels dissouts dans le bain.

Normalement, on crée une différence de potentiel entre les deux électrodes :

$$[U = E_{cathode} - E_{anode}]$$

Le potentiel imposé dépend de la concentration de [Ox] et [Red] car le potentiel d'équilibre dépend de leurs concentrations selon la **loi de NERNST** :

$$E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[ox]^a}{[Red]^b}$$

II. Types des bains d'électrolyse utilisés dans la SADF :

II-1- Dégraissage:



Pièce relié à la cathode

Anode en acier

BAIN DU DEGRAISSAGE

<i>Composition de bain</i>	Conditions opératoire
<ul style="list-style-type: none"> • Cyanure de sodium. • La soude caustique. • Carbonate de sodium. • Phosphate trisodique + des tensioactifs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Température ambiante. • Le courant de 10 A ou plus. • Temps d'immersion : 5 min ou plus

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

Le rôle de ces bains est primordial car il conditionne la qualité de traitement final.

◆ Types de dégraissage:

Définition:

- ❖ Le dégraissage 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 garantir la qualité de produit final.

a) Dégraissage chimique:

On utilise des produits chimiques pour nettoyer l'aspect extérieur de la pièce dont on note la présence des solutions alcalines, neutres, émulsionnables..., ce dégraissage met en jeu les réactions de saponification et les phénomènes tensioactifs.

. La SADF utilise principalement des détergents alcalins.

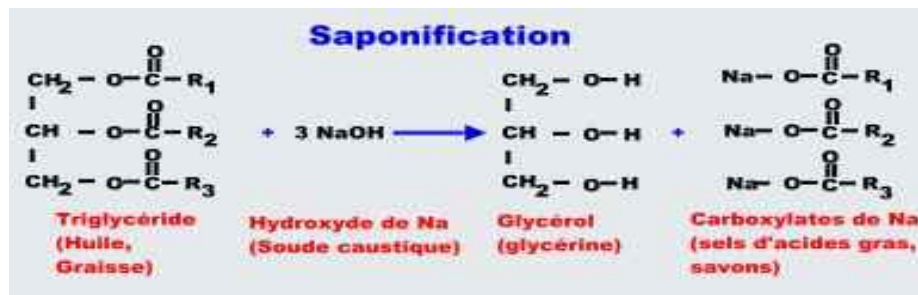
Le détergent alcalin le plus fréquemment utilisé possède les propriétés suivantes:

- ♦ Il doit constituer une réserve d'alcalinité suffisante, plus ou moins importante selon la nature de la souillure à éliminer, le pH doit être maintenu constant malgré la saponification des graisses.
- ♦ Il doit être soluble et possède une tension superficielle faible, un bon pouvoir détergent, émulsionnant, et dispersant.
- ♦ 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.

❖ les principaux phénomènes s'effectuent lors de dégraissage :

- La réaction de saponification :

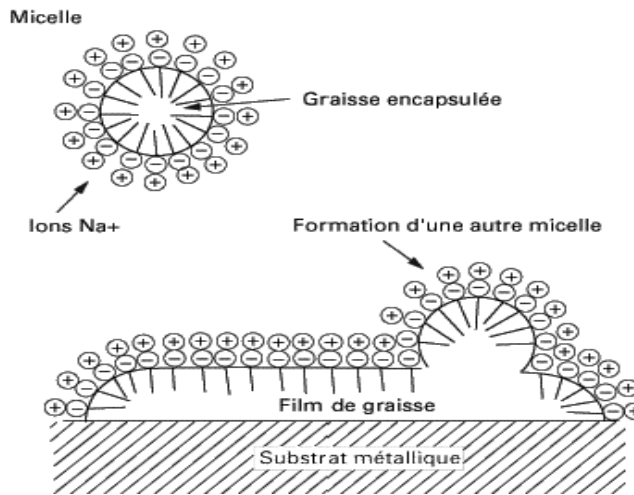
Équation bilan de saponification



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

- Produits : glycérine et un sel alcalin d'acide gras (savon) qui est soluble dans l'eau.
- Vieillessement du bain propice à un meilleur dégraissage → plus de fabrication de savon

- Mécanisme de détergence :



MECANISME DE DETERGENCE

LE BUT : Décoller les souillures graisseuses de surface métallique.

Soit une surface métallique encrassée par des gouttes d'huile ou de graisse plongée dans un liquide de nettoyage (savon, autres tensioactifs, NaOH..), une tension s'exerce entre deux phases par les forces d'hydratation et de solvation des deux solvants (les molécules organique hydrophobes solvatent la goutte d'huile et l'eau hydrate les molécules polaire hydrophiles..).

➤ **Les principaux rôles des produits chimiques:**

produit	rôle
Soude caustiques (NaOH)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ matière première de l'alcalinité. ✓ pouvoir saponifiable, agent émulsifiant.
Carbonate de Sodium(Na₂CO₃)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Facilite le Rinçage. ✓ Agent tensioactif
Phosphate tri sodique Na₃PO₄	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agent Emulsifiant. ✓ Complexations ou élimination des Seles alcalino-terreux.

Dégraissage électrochimique :

Le principe de 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.

Dans le SADF tout le bain est utilisé comme anode d'acier inoxydable et les pièces à traiter comme cathode. *La densité de courant* favorise l'élimination des graisses et des huiles présentes sur la surface des pièces.

Généralement la pièce à dégraisser est relié à **la cathode** siège de réduction.



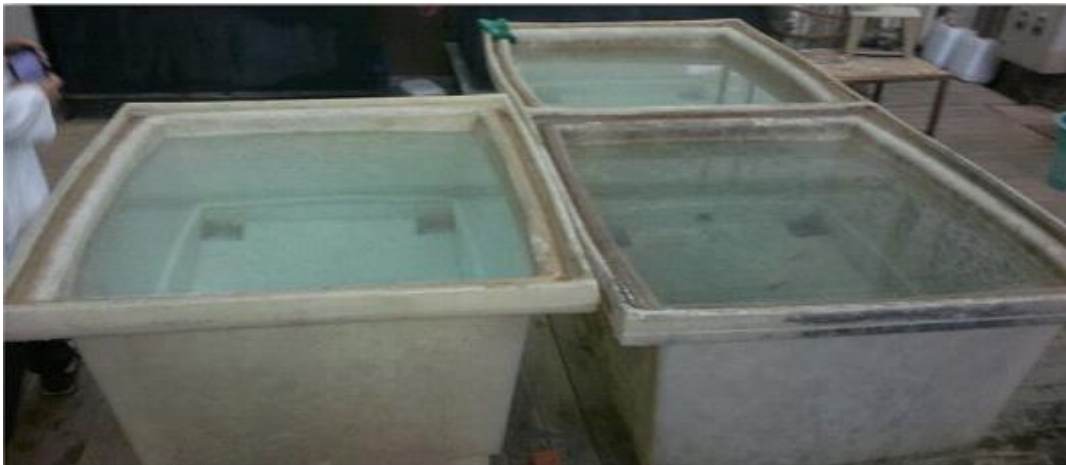
La formation des ions hydroxydes ainsi qu'un important dégagement de gaz hydrogène qui réduit l'oxyde présent sur la pièce. La forte alcalinité qui entoure la pièce exerce une puissante action saponifiable et émulsifiante.

À l'**anode** se produit une réaction d'oxydation:



II -2- Rinçage:

Les opérations de rinçages se situent entre chaque opération, les pièces qui sont traitées aux bains de dégraissage sont rincées trois fois successifs afin d'assurer leur purification.



BAIN DE RINÇAGE

⇒ **But** : diluer la pellicule de solution restante sur la surface du matériau, et éviter la pollution de bain suivant avec la solution du bain précédent.

II -3- cuivrage :

a) cuivrage en solution alcalin :



Plaque de cuivre

Pièce traité reliée à la cathode

BAIN DE CUIVRAGE ALCALIN

Composition de bain	Condition opératoire
✓ Cyanure de Sodium Na CN	✓ $T^{\circ}=35^{\circ}\text{C}$ à 40°C
✓ Cyanure de cuivre Cu CN	✓ Temps =10 min
✓ Sel : n ^o =11 (sel conducteurs)	✓ Tension de courant : 0,5 à 3 A/dm ²
✓ Additifs :	✓ Baumé=14°B
Ultinal brillant	✓ PH=11.
Ultinal base	.
✓ Volume=900 L	

NB : Aréomètre Baumé :

Instrument permettant de mesurer la concentration d'un liquide ou la densité d'une solution, dont l'unité de mesure est le degré de Baumé.

- Dans les bains de cuivrage alcalins cyanurés, le cuivre se trouve sous forme monovalente Cu^+ (CuCN), alors que dans les électrolytes acides (le bain suivant) 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, les spécialistes en galvanoplastie déterminent cette quantité par $2 \text{ NaCN}/1 \text{ CuCN} = 1,095$ (rapport massique) pour ne pas influencer négativement sur le rendement cathodique.

⇒ La Température augmente la conductivité et alors la vitesse de déposition pour pouvoir diminuer le temps de séjours des pièces dans les bains.

3-2) cuivrage acide :

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

Composition du bain	Conditions opératoires
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sulfate de cuivre CuSO_4 ✓ Acide sulfurique H_2SO_4 ✓ Volume=600L Additifs : <ul style="list-style-type: none"> ✓ CUBRAC brillant. ✓ CUBRAC nivelant. ✓ CUBRAC base. ✓ Mouillant. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Température : Ambiante. ✓ Temps de traitement : 15 à 20 min. ✓ $\text{PH} \leq 4,5$ ✓ Degré baumé ; 19 à 25 ✓ Densité de courant : $2\text{A}/\text{dm}^2$.

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 à une portion de phosphore (jusqu'à 7%) qui favorise la formation des grains très fins et de ce fait influence favorablement la brillance final, ces solutions sont désormais le choix habituel pour le cuivrage acide, grâce à leur excellent pouvoir nivellent.

L'acide sulfurique est indispensable pour la qualité du dépôt, il accroît la conductivité de l'électrolyte par libération des protons H^+ et réduit par conséquent la polarisabilité des électrodes.

L'anode et la cathode donnent en effet lieu à des réactions symétriques:

À l'anode: $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ (oxydation et dissolution)

À la cathode: $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ (réduction et dépôt)

Les teneurs en agents d'addition sont habituellement contrôlées empiriquement, par l'aspect de dépôt de cuivre effectué en cellule.

Ces agents d'addition ont pour fonction d'affiner le grain, d'accroître le nivellement, la dureté, la brillance du dépôt de cuivre et limite la densité de courant.

II -4- Nickelage:



Plaque de nickel dans
Des sacs de termovyl

Thermoplongeur

Pièce a traité

poule en
plastique

BAIN DE NICKELAGE

Composition du bain	Conditions opératoires
Sulfate de nickel NiSO ₂ Chlorure de nickel NiCl ₂ Acide borique H ₃ BO ₄ Additifs : brillanteur. Mouillant. Nivelant. Purificateur. Fixateur. Anodes du nickel ensachées en sacs	Température : 60°C à 70°C Temps de traitement : 10 à 15 min PH : 3,8 à 5. Degré baumé : 25 à 30. Densité de courant : 3 à 5 A/dm ² . Filtration par charbon actif. Agitation mécanique.

Le Nickel offre une bonne résistance à la corrosion et présente une bonne tenue à l'oxydation atmosphérique et à la vapeur d'eau.

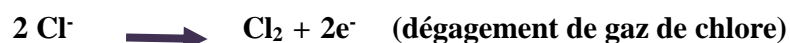
La source principale d'ions nickel est le sulfate de nickel, le chlorure de nickel fournit des ions De chlorure qui assurent une bonne dissolution des anodes et augmente la conductivité de l'électrolyte (la vitesse de déposition).

L'acide borique joue un rôle de tampon du pH, et contribue à l'amélioration de la ductilité en diminuant la surtension de dépôts, sa teneur ne devrait pas descendre en dessous de 40g/l dans ce bain.

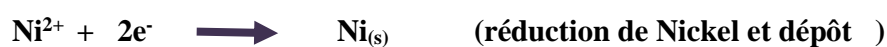
➤ **Explication de processus de nickelage :**

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

À l'anode s'effectue les réactions suivantes :



La cathode est le siège de réduction :



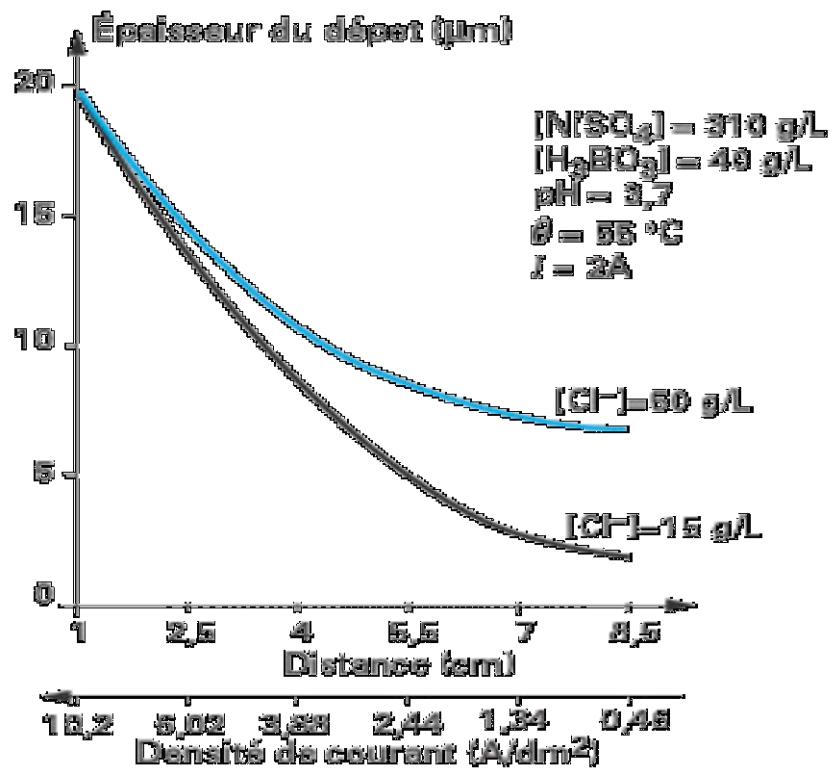


Figure 3: Influence des différents paramètres sur le dépôt de Nickel

II 5- pré-Argentage :



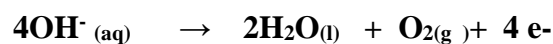
Bain de pré-argentage

Composition de bain	Condition opératoires
Cyanure d'argent Cyanure de potassium Anode d'acier inox <i>Eau déminéralisée</i>	Température: Ambiante Temps de traitement: 10 à 15 s pH=11 Degré baumé : 14° à 17° Densité de courant: 4 à 5 A/dm ²

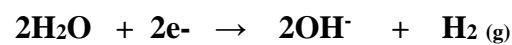
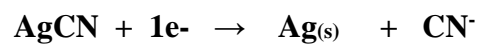
- ❖ Pour éviter le déplacement de l'argent sur les objets à traiter, on utilise un bain pré-argenté à faible teneur en argent et forte teneur en cyanure libre pour former une couche très mince à la surface des articles.

Les réactions s'effectuent dans le bain de pré-argentage :

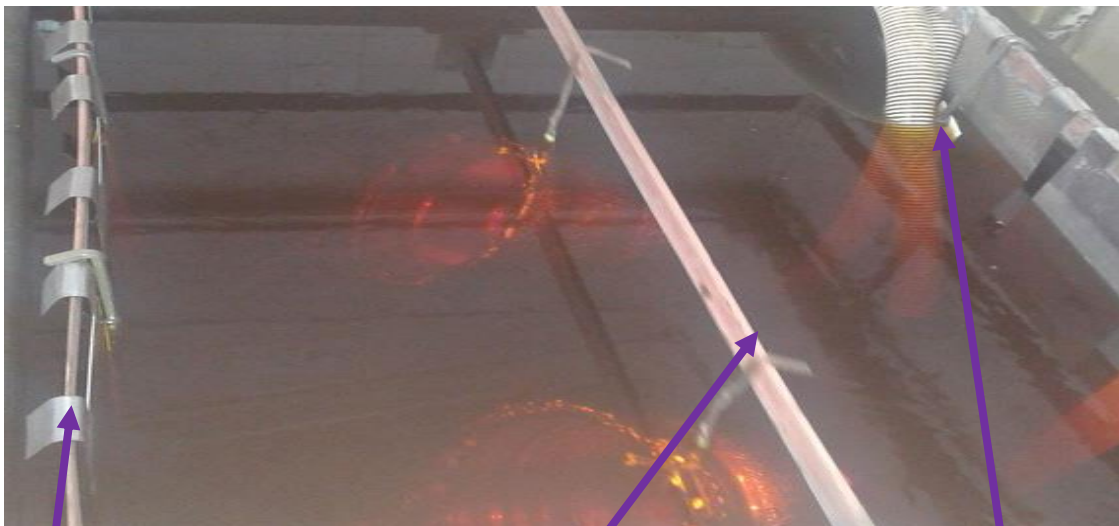
À l'anode:



À la cathode:



II -6- Argenture:



Plaque d'inox

Plaque relié à la cathode

Plaque en argent relié à l'anode

Bain d'argentage

Composition de bain	Condition opératoire
Cyanure d'argent Ag CN Cyanure de potassium KCN Anodes d'argent + anodes d'acier inox Additifs : SELVRIUM brillanteur. SELVRIUM base SELVRIUM d'argent. EPURATEUR d'argent R1. EPURATEUR d'argent R2. Eau déminéralisée	Température : ambiante. Temps de traitement : 5 à 10 min. pH=12. Degré baumé : 26 à 35. Densité de courant : 1.5 à 5 A/dm ² . filtration Charbon actif

Le revêtement d'argenture a plus d'importance dans la société à cause de son coût cher et aussi par ce qu'elle est la couche superficielle pour la plupart des articles, et pour éviter toute contamination dans le bain d'argenture où elle utilise des anodes d'argent purs et de concentration élevée de sel d'argent.

L'argent est déposé essentiellement sous forme d'argent pur, le bain utilisé est très alcalins à base de cyanure double d'argent et de potassium $KAg(CN)_2$.

Les sels de potassium apportent une meilleure conductivité électrique et permettent donc d'utiliser des densités de courant plus élevées sans bruler le dépôt.

Dans la majorité de cas, on utilise des anodes solubles en argent et les bains contiennent alors du cyanure libre. La présence de cyanure libre favorise la dissolution des anodes et améliore la qualité des dépôts en affinant les grains.

II -7- Séchage :

En générale, les pièces après l'argentage sont rincés trois fois successif et sécher dans un four à une température de 130 °C.



Séchage des pièces

Conclusion :

En générale, la composition de tous les bains (sauf le dégraissage) contient :

- Un sel générateur de métal des sels simples (le bain acide) et les sels complexes à base de cyanure (les bains alcalins)
- Des composés libres des anions facilitent la corrosion des anodes pour compenser les pertes d'ions.
- Un ou plusieurs conducteurs.
- Des additifs pour améliorer l'aspect de dépôt.

La concentration en ces éléments dépend des résultats qu'on pourrait obtenir plus les conditions opératoires.

NB :

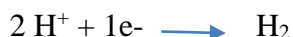
Il est de notoriété publique que les cyanures de sodium comme les cyanures de potassium et les cyanures métalliques sont particulièrement nocifs pour la santé humaine.

Chapitre 4

Partie Pratique : Application et influence des paramètres sur le dépôt

1) principaux problèmes rencontrés lors de l'électrolyse :

- ◆ **Le décharge des ions H^+ et alors le dégagement de H_2 (dans les bains acides) :**



On a le potentiel à l'équilibre $E = -0,06 \text{ pH}$, si on prend le cas de Nickel où le $\text{pH} = 4,8$

$$\Rightarrow E = -0,06 \times 4,8 = -0,29$$

Tout potentiel d'équilibre est inférieur à cette valeur ne peut pas électrodeposer sans dégagement de l'hydrogène, on peut assurer leur dégagement dans le bain de Nickel car le pH est entre (3,8 et 5) dont notre mission est de minimiser ce dégagement.

Les inconvénients de dégagement de l'hydrogène :

- ✓ La fragilisation de métal
- ✓ La perte de rendement (une partie de courant sert à dégager l'hydrogène et non à réduire le métal)

- ◆ **polarisation ou surtension des électrodes:**

Au cours de l'électrolyse, la concentration au niveau des électrodes a changé à cause des phénomènes de **diffusion** (gradient de concentration entre le cœur de l'électrolyte et l'entour des électrodes) et **migration** (déplacement des ions sous l'effet de courant électrique), alors cette différence de concentration provoque la modification de potentiel résultante entre les électrodes en appliquant la loi de Nernst, on appelle ça **la polarisation ou Surtension des électrodes**.

Ceci présente un problème lors de l'électrolyte car il est impossible de monter plus haut en potentiel par ce que l'électrode est saturé en produit ce qui influence défavorablement sur l'aspect de dépôt et assure la consommation excessive des sels métallique et les plaques des anodes.

On ne peut pas éliminer ce phénomène mais on arrive à la diminuer par la présence : d'un système d'agitation, d'ions de conductivité important, et des agents mouillant qui diminuent la tension superficielle du bain.

2) Paramètres influençant le dépôt électrolytique :

La qualité, la structure de couches déposées est en fonction de nombreux paramètres

➤ **La différence de potentiel (ddp) :**

La tension qui fait la différence lorsque la réaction est non spontanée de point de vue chimique.

- Si la tension est trop faible : la réaction ne s'effectue pas.
- Si la tension est trop forte : des phénomènes parasites peuvent s'effectuer.

➤ **La densité de courant :**

De point de vue industriel, l'objectif est de déposer le maximum en minimum de temps, alors que le courant est le seul paramètre sur lequel on agit pour déposer une masse importante (c'est pourquoi il faut maximiser le courant).

Si le courant est très élevé : le dépôt est spongieux et la surface était brûler, car la vitesse très élevée de déposition empêche les ions de circuler dans tous le bain pour déposer uniformément sur la surface de la pièce.

➤ **Température :**

La Température facilite la réaction et la mobilité des ions ce qui traduit l'augmentation de courant possible durant la réaction.

⇒ Température très élevés susceptible pour détruire les additifs sensibles.

➤ **L'agitation :**

La concentration de l'électrolyte au niveau de la cathode (catholyte) diminue. Il est nécessaire de maintenir une certaine agitation pour uniformiser les concentrations afin d'obtenir un dépôt continu et régulier. En outre, cela facilite la diffusion des ions et s'oppose à l'épuisement de la couche de diffusion.

⇒ C'est un facteur important qui diminue la polarisation des électrodes.

- L'agitation se fait par 2 méthodes :
 - L'agitation mécanique.
 - L'agitation par des bulles d'air.

➤ **Concentration de l'électrolyte :**

Si la concentration augmente, le nombre des ions devient plus grand, la vitesse de leur décharge croît et cela favorise le dépôt des grains fins, Néanmoins, lorsque la concentration dépasse une limite déterminée, les germes ne peuvent grossir et le dépôt devient spongieux et caviteux.

- Il existe d'autres paramètres qui influencent ou améliorent la qualité de dépôt :
 - ✓ La surface des anodes et la distance entre l'anode et la cathode.

- ✓ La filtration continue par charbon actif.
- ✓ L'ajout des additifs (nivelant, épurateur, conducteur, mouillant) : selon les résultats qu'on pourrait obtenir.

❖ 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.

➤ Nivelant :

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

Exemple d'agent nivelant : La coumarine, La thiourée.

➤ Brillanteur :

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

3) Rendement électrolytique :

Le calcul de rendement permet de déterminer l'efficacité d'une synthèse chimique, l'intérêt du chimiste sera de déterminer les conditions opératoires pour s'approcher le plus près possible de 100%. Les pertes de rendement peuvent avoir divers origines: réaction parasites, présence des impuretés...

Pour pouvoir calculer le rendement, on a traité une plaque de laiton de 0.5 dm² de surface chaque bain de traitement.

La masse expérimentale : $m(\text{exp}) = m(\text{après dépôt}) - m(\text{avant dépôt})$

La masse du revêtement mise en solution par électrolyse est donnée par la loi de Faraday :

$$m(\text{th}) = (I * t * M) / (n * F)$$

.Le rendement :

$$R = m(\text{exp}) / m(\text{th}) \times 100$$

➤ APPLIICATION :

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 opératoires	M_{exp} en (g)	M_{th} en (g)	Rendement
Plaque(A) Cuivrage alcalin	<ul style="list-style-type: none"> • t_{dé}=5min • t_{c.alc}=10min • T°=ambiante • I=4A 	0,79	1,58	50%
Plaque(B) Cuivrage acide	<ul style="list-style-type: none"> • t_{dé}=5min • t_{c.ac}=20min • T°=Ambiante • I=2,5A 	0,987	1,64	60,1%
Plaque(C) Nickelage	<ul style="list-style-type: none"> • t_{dé}=5min • t_{nick}=15min • T°=60°C • I=2,5A 	0,68	1,094	62,1%
Plaque(D) argenture	<ul style="list-style-type: none"> • t_{dé}=5min • t_{Ag}=15min • T°=Ambiante • I=0,065A 	0,065	0,14	46,59%
Plaque (E)		8,483	14,18	59,51%

Tableau1 : Rendement cathodique sur une plaque du laiton de 0,5dm².

⇒ **La plaque E est traitée dans tous les bains en appliquant sur elle les mêmes conditions opératoires des plaques précédentes.**

⇒ Interprétation des résultats

Les cinq plaques du laiton de 0,5 dm² de surface et 1mm d'épaisseur ont été immergées dans différents bains pour suivre le rendement et la qualité du dépôt des métaux.

On obtient des dépôts avec des rendements insuffisant, ceci due au :

- ✓ Pertes des ions métalliques au niveau des crochés qui lies les articles à la cathode.
- ✓ L'effet que la concentration de la solution qui diminue pendant l'électrolyse
- ✓ l'utilisation d'agitation est rare dans la société de SADF
- ✓ La température et le pH varient au cours du processus du dépôt.
- ✓ Utilisation d'un matériel archaïque
- ✓ Les redresseurs utilisés ne sont pas contemporain, ils affichent les intensités de courant et les différences de potentiel entre leurs bornes avec des graduations à grande échelle. De l'ordre de 10 à 20 A.

➤ *Pour trouver des résultats satisfaisants il faut :*

- ✓ nettoyer les bains électrolytiques par filtrations en continu au charbon actif.
- ✓ Oxyder les impuretés par KMnO₄ et H₂O₂.
- ✓ déminéraliser l'eau utilisée et le désinfecter par l'eau de javel.
- ✓ la concentration du cyanure (dans les bains alcalins) libre doit être bien respecté.
- ✓ Prendre en considération des produits purs de brillanceurs, fixateurs et Conducteurs.

La qualité du revêtement est très satisfaisante de point de vue brillance, couleur, et résistance à la corrosion en milieu humide.

→ Pour améliorer la qualité et le rendement il faut :

- ✓ Immerger suffisamment les articles dans le bain de dégraissage.
- ✓ Que les solutions soient propres et parfaitement agitées à une température Maintenu constante.
- ✓ Faire des mesures précises de la masse et du volume des produits.
- ✓ 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.
- ✓ Le nettoyage et la filtration doit être en continue le long de la galvanoplastie.

Conclusion

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

Cette expérience au sein de l'entreprise sur les traitements de surface m'a montré que plusieurs facteurs influencent sur le dépôt électrolytique tels que : pH de la solution, Température, densité du courant, l'ajout des brillanters, le temps d'immersion et la concentration de l'électrolyte.

Bibliographie :

- <http://www.ma.auf.org/corrosion/Galva.htm>
- <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k881471v/f15.image>
- https://books.google.co.ma/books?id=dUXvAQAAQBAJ&pg=PA136&lpg=PA136&dq=traitement+de+surface%3A+rev%C3%AAtement+m%C3%A9tallique+par+voie+%C3%A9lectrolytique&source=bl&ots=s9cHdjeVvp&sig=9BBw5-wlHNw_DfgAe1aA_CciFuQ&hl=en&sa=X&ei=T6wxVYqrN8vQ7Ab0moHoAQ&redir_esc=y#v=onepage&q=traitement%20de%20surface%3A%20rev%C3%AAtement%20m%C3%A9tallique%20par%20voie%20%C3%A9lectrolytique&f=false
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Nickelage_%C3%A9lectrolytique