



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

TRAITEMENT DE SURFACE DU LAITON : REVETEMENT METALLIQUE PAR VOIE ELECTROLYTIQUE

Présenté par :

- ◆ BOUAICHE Zakaria

Encadré par :

- ◆ Pr. BOUKIR Abdellatif (FST)
- ◆ Mr. CHNOUNI Khammar (Société)

Soutenu Le 07 Juin 2016 devant le jury composé de:

- ◆ Pr. BOUKIR Abdellatif
- ◆ Pr. ALILOU El Houssine
- ◆ Pr. TOUZANI Hanane

Stage effectué à la société des artisans dinandiers de Fès

Année Universitaire 2015 / 2016

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à exprimer mes sincères remerciements et témoignage de ma grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet, et leur exprimer ma gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils m'ont généreusement accordés.

Mes remerciements s'adressent spécialement à Monsieur TAHIRI JOUTI Abderrafie, Directeur de SADF de m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage au sein de son entreprise.

J'adresse mes remerciements à Monsieur CHNOUNI Khammar , mon encadrent de stage , pour sa disponibilité, ses conseils malgré ses préoccupations.

Que mon professeur BOUKIR Abdellatif, avec qui j'ai eu l'honneur de collaborer pendant la durée de stage et auprès duquel j'ai énormément appris et progressé tant sur le plan professionnel que sur le plan humain trouve ici mes sincères remerciements.

Mes remerciements les plus chers s'adressent aux membres de jury Monsieur ALILOU El Houssine et Madame TOUZANI Hanane qui m'ont honoré en acceptant de juger ce modeste travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Procédé de fabrication

I- Matière première.....	2
II –Chaîne de production.....	2
II -1- Découpage.....	3
II -2-Gravure	3
II -3- Repoussage	3
II -4- Fonderie	4
II -5- Limage	4
II -6- Soudure	5
II -7- Décapage	5
II -8- Polissage	6
II -9- Ravivage.....	6
II -10- Contrôle visuelle.....	6
II -11- Traitement de surface.....	7
II- 12 Emballage.....	8
Conclusion :.....	8

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I : Traitement de surface du laiton par voie électrolytique

INTRODUCTION.....	9
I. Électrolyse	9
1. Définition.....	9
2. Principe.....	9
3. Équipement de bain	11

II. Différentes types de bain d'électrolyse utilisés dans le SADF

1. Dégraissage	12
a. Mécanisme de dégraissage	12
b. Types de dégraissage	13
2. Rinçage.....	14
3. Cuivrage	14
a. En milieu alcalin	14
b. En milieu acide.....	16
4. Nickelage	18
5. Pré-argenteure	20
6. Argenture.....	21
7. Séchage.....	23

Chapitre II : Application de traitement de surface du laiton par voie électrolytique

I. Rendement électrolytique.....	25
II. Application.....	27
III. Interprétation des résultats	29
Conclusion générale	30
Références	

Liste des figures

Figure 1 : Étapes de traitement de surface	7
Figure 2 : Schéma d'un bain d'électrolyse.....	10
Figure 3 : Étapes de dégraissage chimique.....	12
Figure 4 : Mécanisme de saponification.....	13
Figure 5 : Mécanisme de tensio-actif.....	13
Figure 6 : Paniers en titans	19

Liste des tableaux

Tableau 1 : Mode opératoire du dégraissage.....	14
Tableau 2 : Conditions opératoire du bain de cuivre alcalin	15
Tableau 3 : Conditions opératoires du bain de cuivre acide	17
Tableau 4 : Conditions opératoires du bain de nickel.....	18
Tableau 5 : Conditions opératoire du bain de pré-argent	20
Tableau 6 : Conditions opératoires du bain d'argent	21
Tableau 7 : Rendement cathodique sur les quatre plaques du laiton.....	26

Liste des images

Image 1 : Matière première	2
Image 2 : Découpage automatique et manuelle	3
Image 3 : Gravure de dessins traditionnels et modernes	3
Image 4 : Appareil de repoussage	4
Image 5 : La fonderie	4
Image 6 : Limage manuelle et avec machine.....	5
Image 7 : Soudure avec un chalumeau.....	5
Image 8 : Machine de polissage.....	6
Image 9 : Contrôle visuelle.....	6
Image 10 : Emballage.....	8
Image 11 : Différents équipement de bain	12
Image 12 : Bain de dégraissage.....	14
Image 13 : Bain de rinçage.....	15
Image 14 : Bain de cuivre alcalin.....	16
Image 15 : Bain de cuivre acide.....	18
Image 16 : Bain de nickel.....	19
Image 17 : Bain de pré-argenture	20
Image 18 : Bain d'Argenture.....	21
Image 19 : Mesure de concentration et de pH.....	22
Image 20 : Étuve utilisé dans la SADP	23
Image 21 : Plaque de laiton.....	25

Liste des symboles et abréviation

°B : Degrés baumé

F : constante de Faraday en (coulomb. mol)

I : intensité de courant en (A)

m (exp) : masse expérimentale en (g)

m (th) : masse théorique en (g)

n : état d'oxydation (nombre des électrons échangés)

PVC : Polyvinyle de Chlorure

T : température de l'électrolyte en (°C)

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

t_{Ag} : temps d'immersion dans le bain de l'argent en (min)

t_{cu.ac} : temps d'immersion dans le cuivre acide en (min)

t_{cu.alc} : temps d'immersion dans le cuivre alcalin en (min)

t_{dé} : temps de dégraissage en (min)

t_{Ni} : temps d'immersion dans le bains de Nickel en (min)

INTRODUCTION

Les traitements ou les dépôts de surface métallique comprend deux types :

- Dépôts par voie humide (**électrolytiques**, chimiques, par immersion et peintures)
- Dépôts par voie sèche (projection thermique de métaux, Application de vernis spéciaux)

Le traitement de surface du laiton par voie électrolytique consiste à appliquer un dépôt sur les pièces à traiter. Cette méthode permet de modifier sur une surface et avec une faible variation de poids, soit les caractéristiques mécaniques d'un produit (conductibilité, anticorrosion, protection inoxydable,...), soit ses propriétés esthétiques (dépôt d'argent, nickelage, cuivrage,...).

Le but de ce stage est de traiter les procédés ainsi que les différentes étapes du traitement des surfaces métalliques par voie électrolytique effectué au sein de la société SADF.

La première partie du manuscrit traite la matière première utilisée au sein de la société SADF ainsi que la chaîne de production qui explique toutes les procédures pour fabriquer une pièce quelconque.

La seconde partie montre les différents procédés d'électrolyse (cuivrage alcalin, cuivrage acide, nickelage et argenture) dans la société ainsi que le calcul de la masse déposée sur les quatre plaques en laiton avec le rendement de chaque pièce.

Et enfin on termine avec une conclusion générale.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

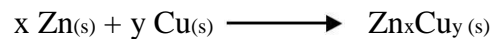
CHAPITRE I

PROCEDES DE FABRICATION

I- Matière première

La SADF utilise comme matière première principale le laiton .Il s'agit d'un alliage du cuivre (60 à 70 %) et du zinc (30 à 40 %) et d'autres éléments tels que : le plomb, l'aluminium, le nickel..., ces éléments sont ajoutés en faible proportion pour améliorer certaines propriétés.

Le laiton a une température de fusion de 900 °C selon la réaction :



Ce laiton est caractérisé par :

- Une très bonne résistance à la corrosion
- Un alliage relativement malléable à chaud et à froid.

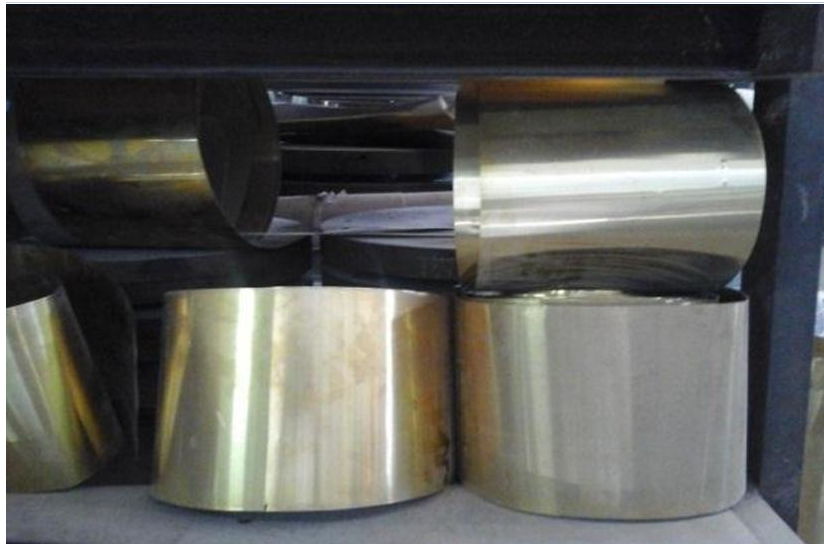


Image 1 : Matière première

II –Chaîne de production

Le procédé de fabrication est l'ensemble des opérations de fabrication nécessaires, à la réalisation d'un produit manufacturé, des matières premières jusqu'à la mise sur le marché. Les opérations de fabrication de la SADF sont les suivantes :

II -1- Découpage

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



Image 2 : Découpage automatique et manuelle

II -2-Gravure

Gravure désigne un ensemble de techniques utilisées en art pour reproduire un dessin.



Image 3 : Gravure de dessins traditionnels et modernes

II -3- Repoussage

Le repoussage est le procédé de mise en forme des pièces produites à partir d'un disque de tôle. Ceci à pour but de fabriquer les articles sous des formes géométriques désirées. Il peut être réalisé soit manuellement soit automatiquement.



Image 4 : Appareil de repoussage

II -4- Fonderie

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

- Fabrication de moule approprié à partir d'un sable particulier.
- Fendage des chutes de laiton avec quelques grammes d'aluminium.
- Moulage qui consiste à couler l'alliage fondu dans les moules pour fabriquer des pièces de formes souhaitées après refroidissement.



Image 5 : Fonderie

II -5- Limage

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



Image 6 : Limage manuel et avec machine

II -6- Soudure

Elle consiste à associer les différentes pièces d'un article par chalumeau ou bien des soudures en étain.



Image 7 : Soudure avec un chalumeau

II -7- 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 -8- Polissage

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



Image 8 : Machine de polissage

II -9- 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 -10- Contrôle visuelle

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



Image 9 : Contrôle visuelle des articles

II -11- Traitement de surface

L'électrolyse est le procédé de traitement de surface utilisé par la SADF, 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.

Les pièces fabriquées passent dans plusieurs bains :

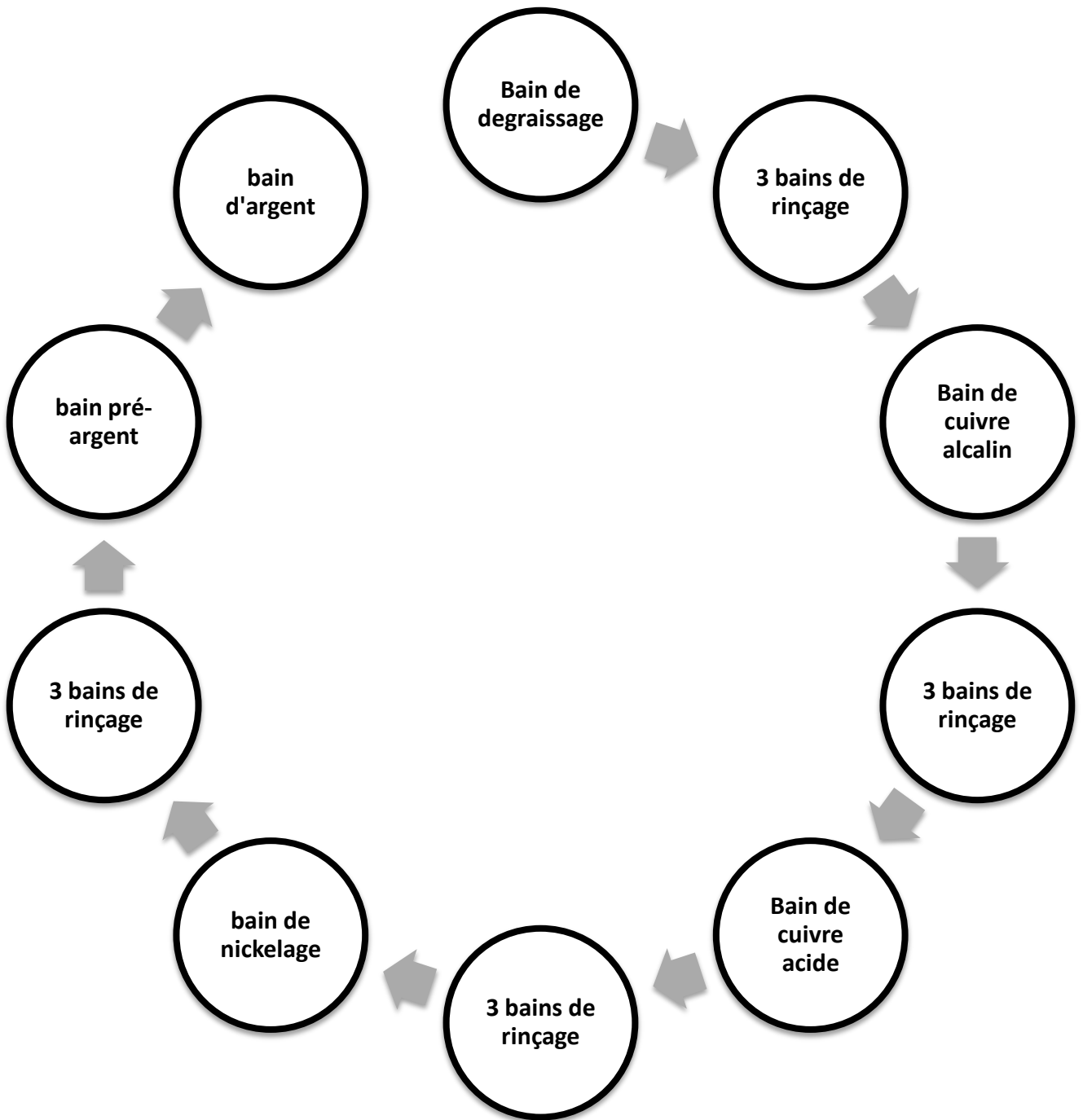


Figure 1 : Etapes de Traitement de surface

II- 12 Emballage

L'emballage se fait en trois étapes :

- Equipe 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 du transport, on utilise un emballage spécifique, exemple papier fin, sac en plastique, cartons....



Image 10 : Emballage

Conclusion

Chaque opération a un rôle bien défini, et sûrement conditionne la qualité du produit final surtout l'aspect des articles qui est une dimension très importante pour la société de SADF.

PARTIE
EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

TRAITEMENT DE

SURFACE DU

LAITON PAR VOIE

ELECTROLYTIQUE

INTRODUCTION

En électrochimie on étudie les phénomènes engendrés lorsqu'un milieu électrolytique est en interaction avec un circuit électrique. On distingue deux systèmes importants :

- **Les piles ou cellules galvaniques** : elles transforment l'énergie chimique en énergie électrique.
- **L'électrolyse** : l'énergie électrique sert à provoquer des réactions électrochimiques.

La SADF utilise le dépôt électrolytique. Le principe de l'électrolyse utilise pour appliquer au moyen d'un courant électrique continu, un dépôt métallique, à la surface d'un objet. Cette technique permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. C'est le processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique.

I. Electrolyse

1. 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.

Une électrolyse est utilisée lorsque les réactifs de départ ne peuvent évoluer spontanément pour former les produits souhaités. Ce type de réaction permet de faire évoluer un système dans le sens contraire de son sens d'évolution spontané.

2. Principe

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

On appelle anode l'électrode reliée à la borne positive du générateur et cathode celle reliée à la borne négative du générateur.

Lorsqu'on allume le circuit du générateur, dans la cellule du dépôt électrolytique, les cations (dans l'exemple, Mn^{+} et H^{+}) se déplacent vers la cathode (-) où on a placé la pièce. Le métal se dépose, tandis que l'hydrogène est régénéré en tant que réaction cathodique secondaire. Les anions (exemple OH^{-}) se déplacent vers l'anode (+).

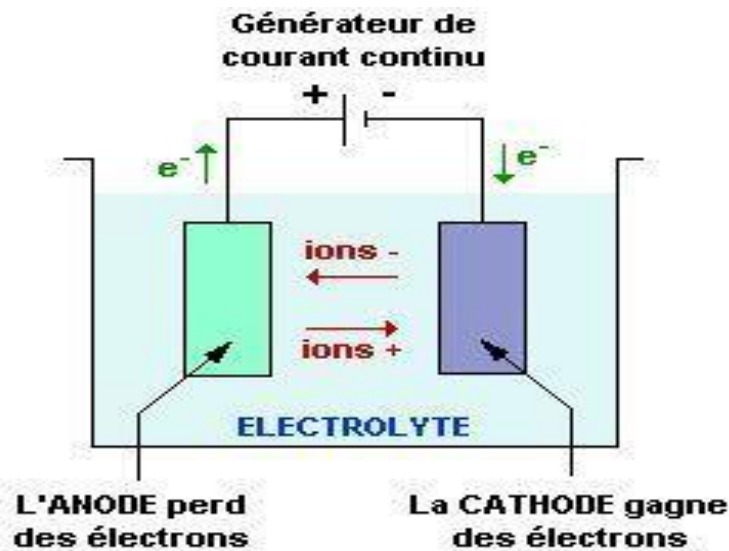
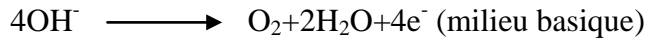
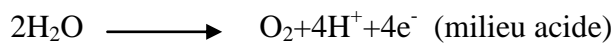
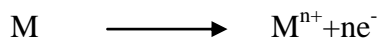
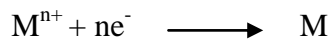


Figure 2: Bain d'électrolyse

- **Les réactions possibles à l'anode :**



- **Les réactions possibles à la cathode :**



Lors de l'électrolyse :

- L'anode est le siège d'une réaction d'oxydation.
- La cathode est le siège d'une réaction de réduction.

N.B :

La différence entre système de pile et système d'électrolyse c'est que l'anode n'a pas le même signe dans le fonctionnement en électrolyseur que dans le fonctionnement en pile. Mais on a toujours : oxydation à l'anode et réduction à la cathode.

3. Equipment de bain

- **Cuve** : qui sert à protéger contre toutes les attaques corrosives de l'électrolyte car il est revêtu par le caoutchouc, d'ébonite ou Polyvinyle de chlorure (PVC). Les volumes de ces cuves varient suivant leur utilisation.
- **Chauffage**: les cuves doivent être équipées d'un système de chauffage, avec régulation thermostatique, pour que la température reste constante au niveau de bain.
- **Electrodes** : en général, on utilise des électrodes métalliques de première espèce. Le choix des électrodes est réparti selon les bains. Dans certains cas on peut utiliser des électrodes d'inox et de fer.
- **Générateur** : est la source d'énergie électrique en courant continu, cette énergie sera transformé en énergie chimique. Dans la SADF, on utilise le générateur potentiostat qui permet d'imposer un courant constant.
- **Agitation** : l'agitation permet d'assurer une meilleure dispersion de la couche à déposer sur la surface de l'article.
- **Filtration** : la filtration se fait grâce à une pompe qui contient le charbon actif pour éliminer les traces des impuretés que ce soit les poussières, des micro-organismes. Cette filtration donne une couche de métal propre et lisse déposée sur l'article.



Image 11 : Différents équipement d'un bain

II. Différentes types de bain d'électrolyse

1. Dégraissage

a. Mécanisme de dégraissage

Le mécanisme de dégraissage est constitué de 2 étapes principales :

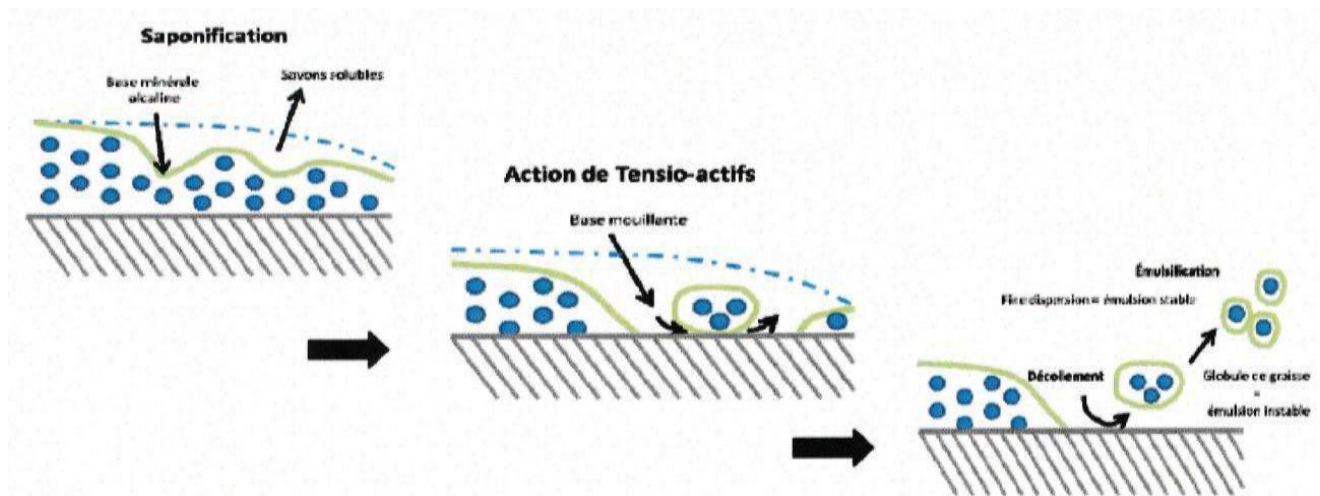


Figure 3 : Etapes de dégraissage chimique

- **Saponification**

C'est l'action de la soude caustique sur des triglycérides (huile, graisse) pour donner un sel (Savon) et du glycérol, c'est la décomposition de la couche graisseuse et sa transformation en savon .



Figure 4 : Mécanisme de saponification

- **Détergence**

Dans cette étape, les tensio-actifs sont des composé qui permettent la dispersion des corps gras dans l'eau ce qui aboutit à la formation des micelles. Chaque tensio-actifs constitue de deux parties : partie hydrophile reste en contact avec l'eau de solution et partie lipophile se fixe facilement sur les graisses.

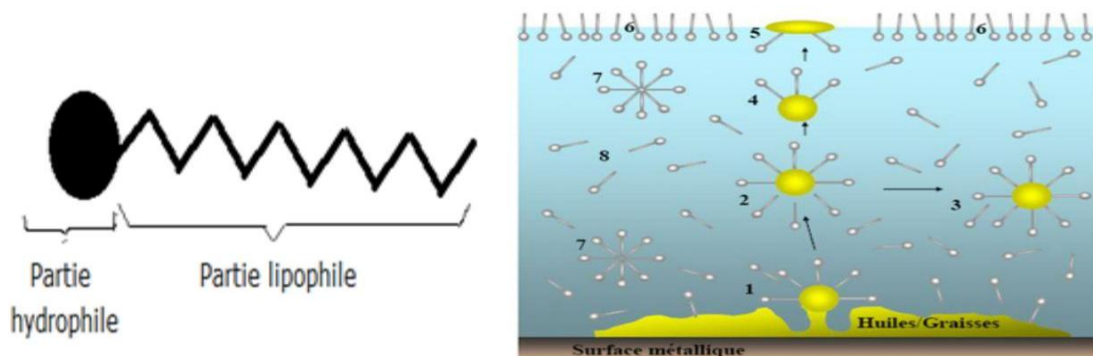


Figure 5 : Mécanisme de tensio-actif

b. Types de dégraissage

- **Dégraissage chimique**

Ce type de dégraissage destiné à éliminer le résidu d'huile de faible épaisseur, mais pour la composition est identique par rapport au dégraissage électrolytique.

- **Dégraissage électrolytique**

Le dégraissage électrolytique à pour but de rendre le substrat particulièrement actif.

Généralement la pièce à traiter est reliés à la cathode : $2\text{H}_2\text{O}+2\text{e}^- \rightarrow 2(\text{OH}^-)+\text{H}_2$

Il y a formation des ions OH^- ainsi qu'un important dégagement d'hydrogène qui réduit les oxydes présents sur la pièce. La forte alcalinité qui entoure la pièce exerce une puissante action saponifiante et émulsifiante.

La réaction au niveau d'anode: $4(\text{OH}^-) \rightarrow \text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}+4\text{e}^-$

Il y a formation de l'eau ainsi qu'un dégagement de l'oxygène

Tableau 1 : Mode opératoire de bain de dégraissage

Composition de bain	Condition de travail
Cyanure de sodium NaCN Soude caustique NaOH Carbonate de sodium Na_2CO_3 Phosphore tri-sodique Na_3PO_4	Température = ambiante Densité de courant = 10 A/dm^2 Temps d'immersion : 5 min ou plus Baume de 15 à 17 °B pH=11



Image 12 : Bain de dégraissage

2. Rinçage

Le rinçage consiste à éviter d'amener les traces d'ions provenant du bain précédent qui peuvent altérer le bain suivant.

Ces opérations de rinçage se situent entre chaque opération de bain actif. Les pièces traitées aux bains de dégraissage sont rincées trois fois successives afin d'assurer leur purification.



Image 13 : Les Trois bains de rinçages

3. Cuivrage

C'est une opération de revêtement de la surface des pièces par du cuivre. Il existe deux types de bain de cuivrage. Leur composition et leur milieu sont tout à fait différents où l'un est acide et l'autre est alcalin.

a. En milieu alcalin

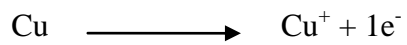
Dans ce bain le cuivre se trouve sous forme monovalente Cu^+ (CuCN), par contre dans le milieu acide le cuivre est à l'état divalent Cu^{2+} .

Tableau 2 : Mode opératoire du bain de cuivre alcalin

Composition de bain	Condition de travail
Cyanure de sodium NaCN Cyanure de cuivre CuCN Additif : <ul style="list-style-type: none">• Ultinale brillante• Ultinale base	Température =35 à 40°C Temps =10 min Densité de courant : 0,5 à 3 A/dm ² Degré baumé=14°B pH=11.

- Les réactions qui se produisent dans la solution :

L'anode:



La cathode:

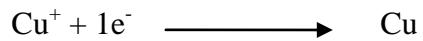


Image 14 : Bain de cuivrage alcalin

b. En milieu acide

La réalisation du dépôt de cuivre en milieu acide est opérée de la même façon que le bain du cuivre alcalin sauf qu'ici, l'anode est constituée d'une épaisse plaque métallique composée d'une grande quantité de cuivre et une portion de phosphore. Ce dernier est le responsable de la brillance finale.

Tableau 3 : Mode opératoire du bain de cuivre acide

Compositions de bain	Conditions de travail
Sulfate de cuivre CuSO_4 Acide sulfurique H_2SO_4 Additif : ❖ Cubrac (brillant, nivelant, base) ❖ Mouillant Anode de phosphore (anode de cuivre contenant une portion « 0,02 à 0,04 %P » de phosphore)	Température : Ambiante Temps de traitement : 15 à 20 min $\text{pH} \leq 4,5$ Degré baume 19 à 25°B Densité de courant $2\text{A}/\text{dm}^2$

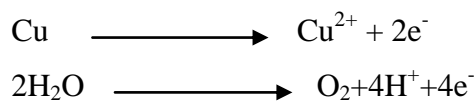
Remarque :

Les additifs sont des substances ajoutées en petites quantités dans des bains d'électrolyse afin d'améliorer ou de modifier certaines propriétés du revêtement durant sa fabrication, son stockage, son transport ou ses applications.

Les agents additifs ont pour rôle de purifier les grains, d'accroître la dureté et la brillance du dépôt de cuivre.

- Les réactions qui se produisent dans la solution :

L'anode :



La cathode:

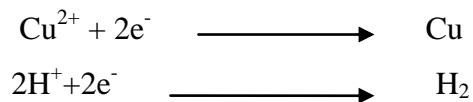




Image 15 : Bain de cuivrage acide

Remarque

On remarque l'existence d'une coloration bleue provient d'une précipitation du hydroxyde de cuivre $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

4. Nickelage

Dans ce bain en accroche tous les articles décoratifs 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 (articles décoratifs) et se déposent sous forme de couche de métal dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion.

Tableau 4 : Mode opératoire du bain de nickel

Composition de bain	Condition de travail
Sulfate de nickel NiSO_2 Chlorure de nickel NiCl_2 Acide borique H_3BO_3 Additifs : Brillanteur Mouillant Nivelant Purificateur Fixateur	Température : 60 à 70 °C Temps de traitement : 10 à 15 min pH : 3,8 à 5 Degré baume : 25 à 30°B Densité de courant : 3 à 5 A/dm ² Filtration par charbon actif Agitation mécanique

- Les réactions qui se produisent dans la solution :

L'anode:



La cathode:

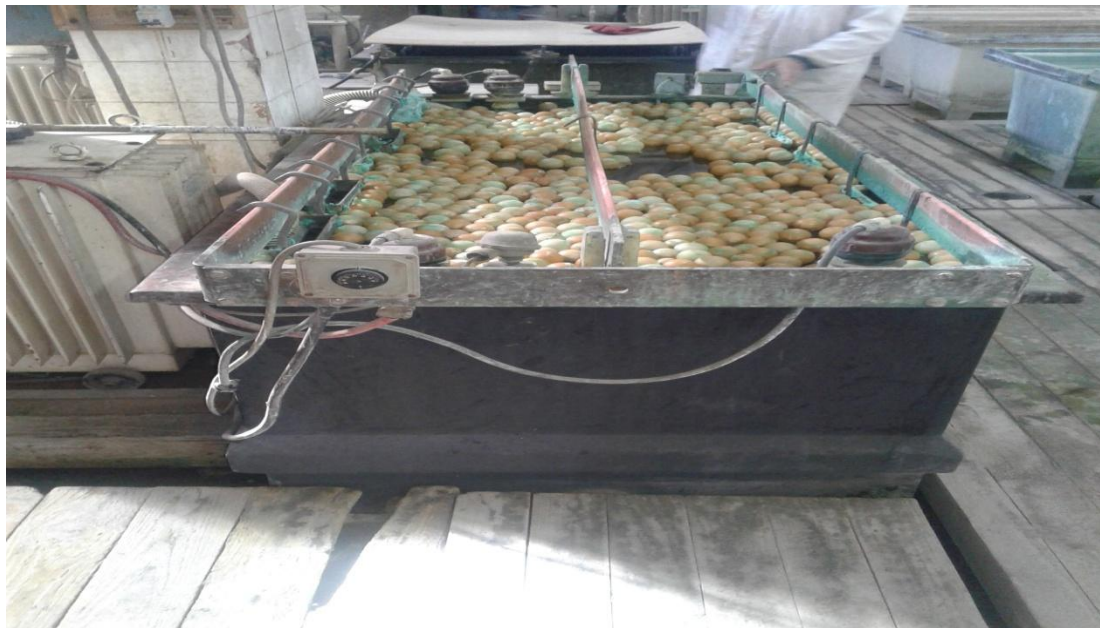
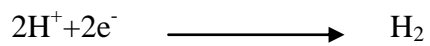
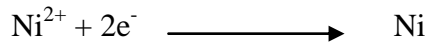


Image 16: Bain de nickelage

Remarque:

Les anodes sont constituées de panier en titane contenant des morceaux de nickel, pour empêcher que des bouts d'anode détachés migrent dans la solution et contaminent le dépôt. On place les paniers dans des sacs qui vont retenir ces restes tout en permettant la mobilité des ions.



Figure 6 : Paniers en Titane

On remarque l'existence d'une coloration verte provient d'une précipitation du hydroxyde de nickel $\text{Ni}(\text{OH})_2$.

Les boules serrent à garder la chaleur et même à garder la mauvaise odeur du dichlore Cl_2 .

5. Pré-argenture

Ce bain est utilisé pour déposer une faible couche d'argent pour éviter toute transmission des saletés au bain d'argentage et en plus faciliter le dépôt d'argent.



Image 17 : Bain de pré argentage

Tableau 5 : Mode opératoire du bain de pré argentage

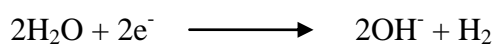
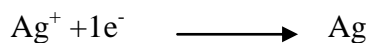
Composition de bain	Condition de travail
Cyanure d'argent AgCN Cyanure de potassium KCN Eau déminéralisé Anode d'acier inox	Température : ambiante Temps de traitement : 10 à 15 s $\text{pH} = 11$ Degré baume : 14 a 17°B Densité de courant : 4 à 5 A/dm^2

- Les réactions qui se produisent dans la solution :

L'anode :



La cathode:



6. Argenture

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. Pour éviter toute contamination dans le bain d'argenture on utilise des anodes d'argent purs et de concentration élevée de sel d'argent.

Ce bain d'argenture permet l'obtention d'un dépôt brillant et très épais, donc la pièce doit être cuivrée et nickelée auparavant, l'argent est caractérisé par une bonne résistance à la corrosion.



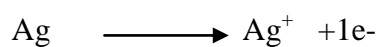
Image 18 : Bain d'argent

Tableau 6 : Mode opératoire du bain d'argent

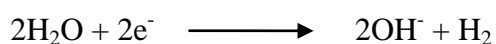
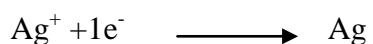
Composition de bain	Condition de travail
Cyanure d'argent AgCN Cyanure de potassium KCN Eau déminéralisée Additifs : ❖ Selvrium brillanteur ❖ Selvrium base	Température : ambiante Temps de traitement : 5 à 10 min pH=12 Degré baume : 26 a 35°B Densité de courant : 1.5 à 5 A/dm ² Filtration Charbon actif

- Les réactions qui se produisent dans la solution :

L'anode :



La cathode:



Remarque

Les anions SO_4^{2-} , Cl^- , CN^- , OH^- et les cations Na^+ et H^+ sont ajoutés dans les bains pour conduire le courant électrique dans les bains alcalins ou acides en raison de leurs conductivités équivalentes limites qui sont très élevées.

L'utilisation d'un densimètre ou baumé dans tous les bains permet de mesurer la densité et la concentration de la solution. On utilise aussi du papier pH pour déterminer le pH de solution.



Image 19 : Mesure de concentration et de pH

7. Séchage

Les pièces bien traitées sont rincées puis séchées à des températures allant jusqu'à 130°C dans le four.



Image 20 : Etuve utilisé dans la SADF

Remarque :

Comment se fait le traitement de cyanure ?

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

En présence d'acides, une solution de cyanure produit de l'acide cyanhydrique HCN qui est volatil, et qui donc s'évapore facilement. Le gaz HCN est l'un des pires produits toxiques. Pour éviter tout risque d'acidification, on commence par ajouter NaOH, ensuite on ajoute de l'hypochlorite de sodium NaClO. Cette substance forme des ions hypochlorite ClO⁻ qui oxydent les ions cyanures selon l'équation : $CN^- + ClO^- \longrightarrow CNO^- + Cl^-$

Il se forme des ions cyanates CNO⁻ qui ne sont pas toxiques.

Et aussi on détruit les cyanures CN^- par oxydation avec de l'eau de Javel. Plusieurs types de réactions peuvent intervenir. Et pour éviter la formation de chlorure de cyanogène intermédiaire CNCl , très toxique, il faut utiliser un large excès d'hypochlorite ClO^- . Si on va jusqu'au bout du processus d'oxydation il se forme du carbonate CO_3^{2-} et de l'azote N_2 .

On peut également utiliser le procédé d'oxydation catalytique à l'air humide ou oxydation par voie humide qui est capable de transformer tout composé contaminant de façon ultime en dioxyde de carbone et en eau, et peut également détruire des composés inorganiques oxydables, tels que le cyanure.

La SADF utilise l'eau de Javel qui est un mélange de solutions de NaOH , NaClO pour détruire le cyanure.

CHAPITRE II

APPLICATION DE

TRAITEMENT DE

SURFACE DU

LAITON PAR VOIE

ELECTROLYTIQUE

I. Rendement électrolytique

Le calcul du 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: réactions parasites, présence des impuretés...

Pour pouvoir calculer le rendement, on a traité une plaque de laiton de 0.5 dm^2 de surface de chaque bain de traitement.



Image 21 : Plaque de laiton

La masse expérimentale :

La différence de masse de plaque du laiton après et avant le dépôt électrolytique selon la relation suivante :

$$\mathbf{m \text{ (exp)} = m \text{ (après dépôt)} - m \text{ (avant dépôt)}}$$

La masse théorique :

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

$$m(\text{th}) = \frac{I \times t \times M}{n \times F}$$

- **I** : intensité de courant en (A),
- **t** : temps d'immersion en seconde,
- **m(th)** : masse théorique en(g),
- **n** : nombre d'électrons,
- **F** : constante de Faraday 96500C/mol,
- **M** : masse molaire du métal en solution g/mol.

Le rendement :

Le rapport du masse expérimentale sur la masse théorique et s'exprime en % selon la relation ci-dessous :

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

Remarque :

- Paramètres influençant le dépôt électrolytique

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

➤ Densité de courant

Du 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 sera brûlée, car la vitesse très élevée du dépôt empêche les ions de circuler dans tout 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 du courant possible durant la réaction.

➤ 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. L'agitation mécanique qui est la méthode utilisée au sein de SADF.

➤ 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 de grains fins. Lorsque la concentration dépasse une limite bien déterminée, les germes ne peuvent grossir et le dépôt devient spongieux.

- **D'autres paramètres influençant ou améliorant la qualité de dépôt:**

- ✓ Surface des anodes et la distance entre l'anode et la cathode,
- ✓ Filtration continue par charbon actif,
- ✓ Ajout des additifs (nivelant, épurateur, conducteur, mouillant) : selon

les résultats qu'on pourrait obtenir.

II. Application :

Les résultats de traitement dans les différents bains au niveau de la cathode (masses et rendements) de 4 types de plaque : cuivrage alcalin (A), cuivre acide (B), nickelage (C) et argenture (D) sont illustrés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Rendement cathodique sur les quatre plaques du laiton (0,5 dm² de surface et 1 mm d'épaisseur)

Traitement	Conditions opératoires	Masse expérimentale en (g)	Masse théorique en (g)	Rendement %
Plaque(A) Cuvrage Alcalin	<ul style="list-style-type: none"> • $t_{d\acute{e}}=5\text{min}$ • $t_{c.alc}=10\text{min}$ • $T^{\circ}=40^{\circ}\text{C}$ • $I= 3\text{A}/\text{dm}^2$ 	0.183	1.185	15.44
Plaque(B) Cuvrage Acide	<ul style="list-style-type: none"> • $t_{d\acute{e}}=5\text{min}$ • $t_{c.ac}=20\text{min}$ • $T^{\circ}=\text{Ambiante}$ • $I= 2\text{A}/\text{dm}^2$ 	0.319	0.790	40.38
Plaque(C) Nickelage	<ul style="list-style-type: none"> • $t_{d\acute{e}}=5\text{min}$ • $t_{nick}=15\text{min}$ • $T^{\circ}=70^{\circ}\text{C}$ • $I=5\text{A}/\text{dm}^2$ 	0.786	1.368	57.46
Plaque(D) Argenture	<ul style="list-style-type: none"> • $t_{d\acute{e}}=5\text{min}$ • $t_{Ag}=10\text{min}$ • $T^{\circ}=\text{Ambiante}$ • $I=1.5\text{A}/\text{dm}^2$ 	0.293	1.006	29.13

t_{Deg} : temps de dégraissage en (min),

$t_{Cu.al}$: temps d'immersion dans le cuivre alcalin en (min),

$t_{Cu.ac}$: temps d'immersion dans le cuivre acide en (min),

t_{Ni} : temps d'immersion dans le bains de Nickel en (min),

t_{Ag} : temps d'immersion dans le bain de l'argent en (min),

T° : température en °C,

I = intensité en (A/dm²).

III. Interprétation des résultats

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

Les dépôts ont été obtenus avec des rendements insuffisants, variant entre 15,44% et 57,46%. Ceci pourrait être du à :

- Perte des ions métalliques au niveau des crochés liant les articles à la cathode,
- Diminution la concentration de la solution qui pendant l'électrolyse,
- Utilisation de l'agitation (souvent rare dans la société de SADF),
- Variation de la température et de pH au cours du processus du dépôt,
- Affichage des intensités de courant et des différences de potentiel avec des graduations à grande échelle de l'ordre de 10 à 20 A.

✓ **Dans le souci de trouver des résultats satisfaisants, nous suggérons de :**

- Nettoyer les bains électrolytiques par filtrations en continu au charbon actif,
- Déminéraliser l'eau utilisée et de la désinfecter par de l'eau de javel,
- Bien respecter la concentration des ions cyanures (dans les bains alcalins) libres,
- Utiliser des produits purs de brillanters, fixateurs et conducteurs.

✓ **Concernant l'amélioration de la qualité et le rendement il serait intéressant de tenir compte des propositions suivantes:**

- Immerger suffisamment les articles dans le bain de dégraissage,
- Veiller sur la propriété des solutions, ainsi que leur agitation à une température maintenue constante,
- Effectuer des mesures précises de la masse et du volume des produits,
- Bien entretenir les bains en respectant les normes exigées,
- Les redresseurs soient automatiques et équipés par des afficheurs électroniques.

CONCLUSION GENERALE

L'électrolyse représente une méthode relativement bon marché permettant d'améliorer les propriétés des surfaces de pièces conductrices. Afin de les protéger contre la corrosion, d'augmenter leur dureté, tout en effectuant un recouvrement artistique.

Il est à signaler l'absence d'un laboratoire de contrôle et de dosage des substances chimiques présents dans les solutions. Les générateurs utilisés ne sont pas valables, et affichent les intensités du courant et des différences de potentiel avec des graduations à grande échelle de l'ordre de 10 à 20 A.

Il en ressort de cette étude qu'un bon dépôt électrolytique dépend de plusieurs facteurs à maîtriser comme :

- La variation de la concentration,
- La variation du pH de l'électrolyte,
- La variation de la température,
- La variation de la densité ou l'intensité de courant de la solution.

Enfin, ce stage, de durée d'un mois et demi m'a permis d'enrichir mes connaissances tant théoriques que pratiques et de découvrir le monde industriel par ses services envers sa clientèle.

REFERENCES

Webographie

<http://www.lenntech.fr/francais/cyanure-environnement.htm>

<http://forums.futura-sciences.com/chimie/302310-traitement-cyanures-de-lhypochlorite-de-sodium.html>

<http://french.hisupplier.com/product/1621700-titanium-mesh-basket-for-electroplating.html>

<http://www.gesmspa.fr/processus-de-base>

<http://www.ma.auf.org/corrosion/Preparation.htm>

<http://www.omg-soft.com/joomla/index.php/tsmetiers/51-revvh>

Bibliographie

KACHABI Mohammed, Traitement de surface : Revêtement métallique par voie électrolytique, PFE Licence, Génie chimique, Faculté de Science et Technique Fès, 2015

EL ALLAM Saïd, Traitement de surface : Revêtement métallique par voie électrolytique, PFE Licence, Génie chimique, Faculté de Science et Technique Fès, 2015

Fiches techniques internes de la société des artisans dinandiers de Fès.