

## **INTRODUCTION**

Dans le cadre de ma formation en licence en génie chimique au sein de la faculté des sciences et techniques de Fès, j'ai réalisé mon projet de fin d'études à Fès au sein de la société des artisans dinandiers de Fès depuis le 15 avril jusqu'au 30 mai 2014.

Ce rapport présentera ses objectifs scientifiques et techniques, méthodes opérationnels et économiques de ce stage sans oublier bien sûr la contribution apporter à la société afin de rendre les procédés de traitement de surface plus efficace ainsi que les exigences nationales en matière de contrôle de qualité des produits artisanaux.

Après sa création en 1982, la SADF s'est confrontée aux nombreuses difficultés qui ont fortement entaché ses objectifs de relance de rentabilité et d'affirmations sur ses marchés.

Ces difficultés étaient étroitement liées à la performance de processus de production. Vu sous cet angle ma réflexion a été orientée dans le cadre de ce stage vers cette étude : traitement de surface ; revêtement métallique par électrolyse. Il s'agit d'un processus capital pour la SADF qui conduit à de nombreux projets dans le domaine de l'artisanat.

# **Chapitre A : Présentation de la société SADF**

## 1. Historique :

La création de SADF remonte en 1982, en effet, un groupe de maître artisans 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, le goût 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 autres types.

## 2. Production et Produit :

La stratégie adaptée par la société SADFOffre 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.

La SADF fabrique les luminaires, des tables, des plateaux, coffrets, théières....

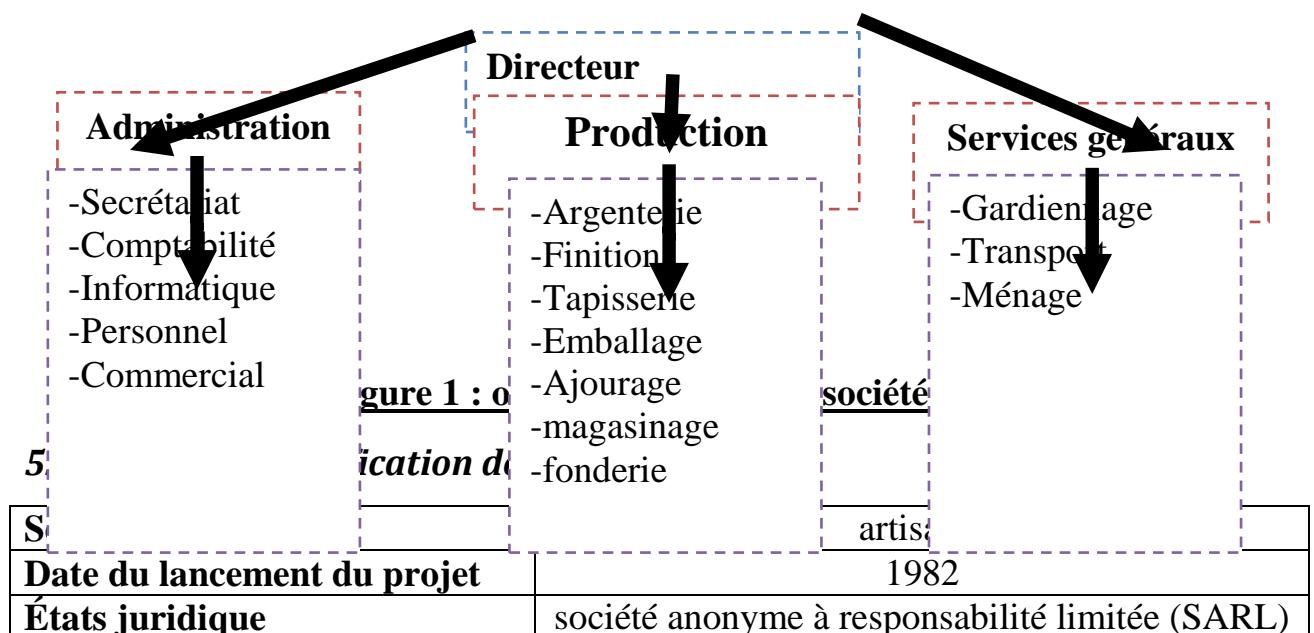
## 3. Clients de la SADF :

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



<b>Directeur de la fabrique</b>	Mr Abderrafie TAHIRI JOUTI
<b>Superficie</b>	2 Hectare
<b>Adresse</b>	47. lot industriel BENSOUDA, Fès, Maroc

# **Chapitre B :**

## **Procédé de**

## **fabrication des**

## **articles de**

## **décoration**

## ***I. Procédé de fabrication :***

### **a) 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.



**Photo 1 : 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.

Dans le langage courant Le laiton est nommé le bronze.

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.

### **a) Chaine de production**

#### **i. Découpage de la matière première :**

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.



**Photo 2 : Découpage manuel**



**Photo 3 : Machine**  
**découpage**

**ii. Gravure sur la plaque du laiton :**

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.

Il est important de remarquer que ce procédé se repose sur l'habileté des maîtres artisans qui dessinent des motifs décoratif.

- Dessins traditionnels.
- Dessins modernes.
- Dessins voulus par les clients.



**Photo 4 : Gravure sur dessin traditionnel**



**Photo 5 : Dessin traditionnel et dessin moderne**

**iii. Repoussage du disque de tôle :**

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.



**Photo 6 : Machine du repoussage**

**iv. La fonderie des chutes du laiton :**

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 approprié 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.



**Photo 7 : Les chutes du laiton**



**Photo 8 : Four de fendage des chutes du laiton**



**Photo9 : Les moules d'un sable particulier**

N.B. : Les pièces provenant de la fonderie ont des irrégularités qui nécessitent des corrections et une finition pour donner les formes désirées.

#### **v. Limage des pièces provenant de la fonderie :**

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



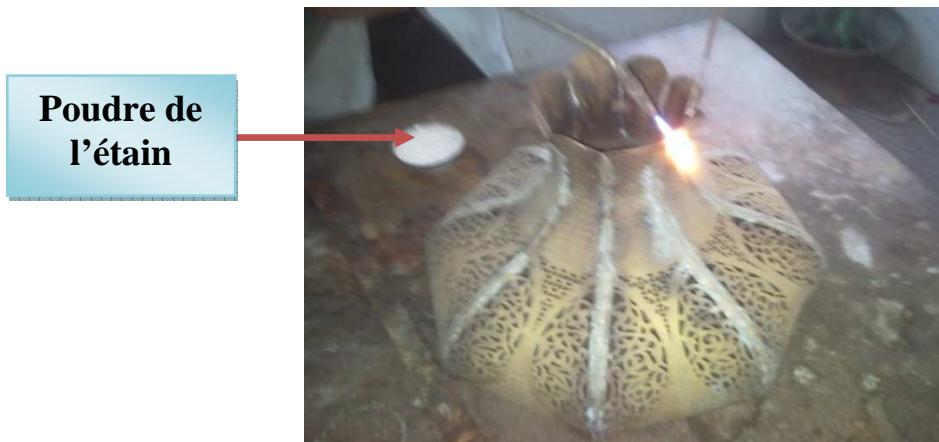
**Photo 10 : Limage manuel**



**Photo 11 : Machine de limage**

**vi. Soudure par étain :**

La soudure permet d'assembler les différentes pièces d'un article par des soudures en étain.



**Photo 12 : Une soudure réalisée avec un chalumeau et l'étain**

**vii. Décapage des articles du laiton :**

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.

**viii. Polissage des articles du laiton :**

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



**Photo13 : La différence entre les articles polies et non polis**

**ix. Ravivage :**

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



**Photo 14 : Machine de polissage équipé de papier abrasif**



## **Photo 15 : Représente la pâte rogue et bleu**

### **x. Contrôle de qualité :**

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

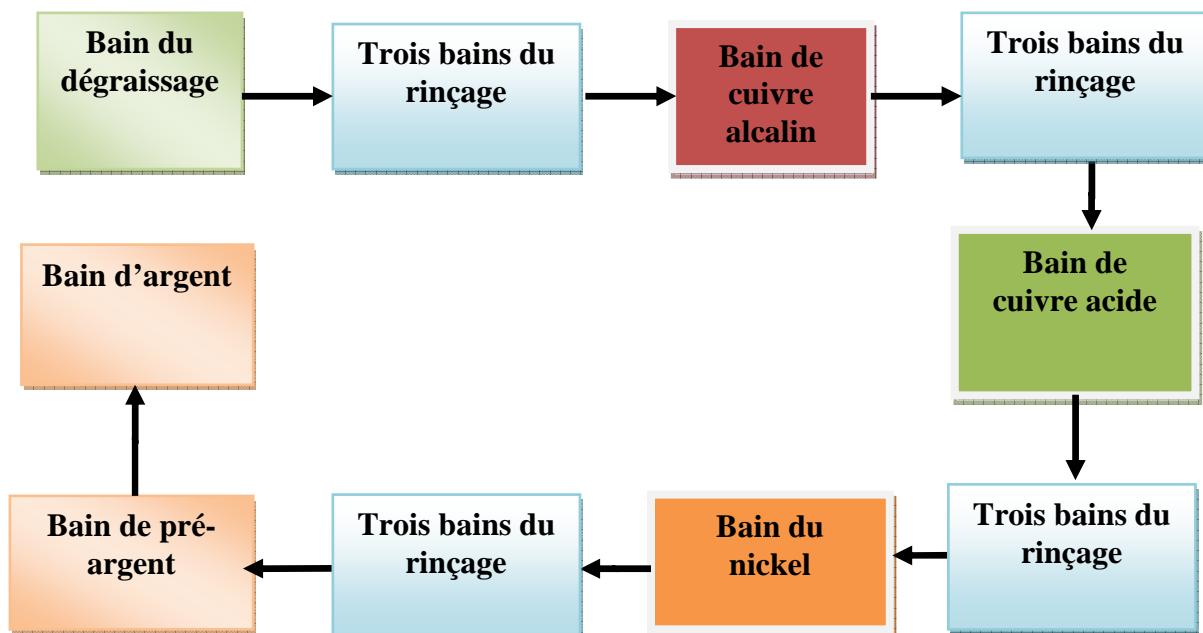


## **Photo 16 : Contrôle de qualité par des spécialistes**

### **xi. Traitement de surface par galvanoplastie :**

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 : Représente le traitement électrolytique par SADF**

### **xii. 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...



### **Photo17 : Emballage en cartons**

# **Chapitre C : Traitement de surface des métaux par un dépôt électrolytique.**

## ***I. Dégraissage :***

### **a) Définition générale du dégraissage :**

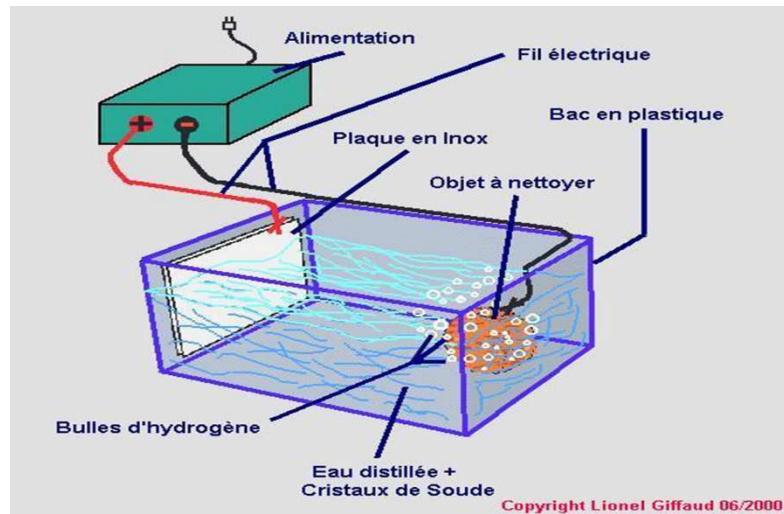
Dégraissage : Traitement chimique ou électrolytique qui a pour rôle de rendre la surface physiquement propre afin d'assurer le bon déroulement des opérations ultérieures et par là même, de garantir la qualité du produit fini.

Car le dégraissage est une opération nécessaire dans le procédé de fabrication.

Avant de subir un traitement de surface, un matériau métallique est généralement oxydé et couvert d'huiles ou de graisses.

Le dégraissage a une double vocation :

- assainir l'interface métallique en éliminant les pollutions superficielles.
- assurer la mouillabilité (à l'eau) de la surface et donc conférer au métal l'hydrophile requis pour le traitement de surface ultérieur.

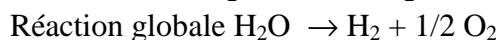
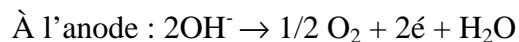


**Figure3 : Représente le mécanisme du dégraissage**

**b) Les différents types du dégraissage :**

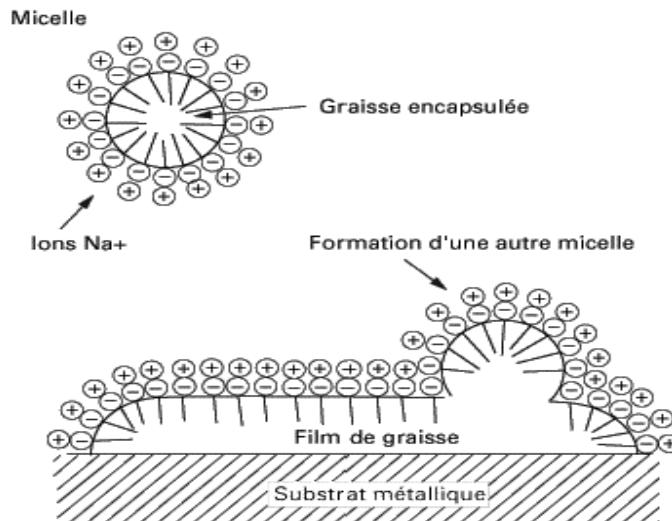
Les différents types de dégraissage sont :

- **Un pré dégraissage aux solvants** : qui contribue à éliminer l'essentiel des polluants organiques.
- **Un dégraissage chimique** : suivi ou non d'un traitement électrolytique, réalisé en milieu aqueux et destinés à détruire le résidu huileux de faible épaisseur.
- **Dégraissage électrolytique** : formulation des bains sensiblement identique à ceux de dégraissage chimique.
  - Généralement utilisé pour nettoyer la surface.
  - Puissance de l'attaque dépend de la nature de la solution (pH, halogénures, ...) et de l'intensité du courant.
  - Conjugue effet de la polarisation + action détergente.
  - Effet mécanique si placé hors domaine de stabilité.
  - Cathode siège de réduction et anode oxydation.



**II. Action des tensioactifs :**

**a) Mécanisme de détergence :**

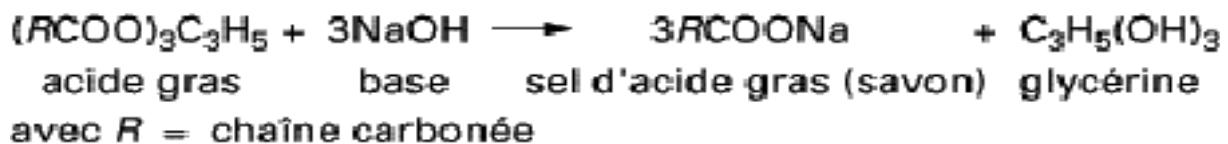


**Figure 4 : Mécanisme de détergence**

### b) La réaction de saponification :

Réaction en présence d'une base forte, exothermique

Equation bilan de saponification :



- Produits : glycérine et un sel alcalin d'acide gras (savon), soluble dans l'eau.
- Vieillissement du bain propice à un meilleur dégraissage  $\Rightarrow$  fabrication de savon.

## III. Rinçage :

### a) Différent types du rinçage :

Plusieurs structures de rinçages sont exploitées en pratique :

- ✓ **le rinçage statique** = souvent un pré rinçage (rinçage mort) : sert à retenir une partie de la pollution en provenance du bain de traitement
- ✓ **le rinçage simplecourant** : inconvénient consomme d'eau et donc nécessite un débit d'eau élevé
- ✓ **le rinçage multiple en série (cascade)** = la configuration la plus fréquemment rencontrée.

- ✓ L'arrivée d'eau se situe dans la dernière cuve de rinçage et traverse en cascade les différentes cuves de rinçages jusqu'à la première. L'eau brute circule donc à contre-courant du transfert des pièces rincées.
- ✓ **le rinçage par aspersion** : permet d'améliorer la qualité du rinçage grâce à l'effet hydromécanique.

## IV. La galvanoplastie :

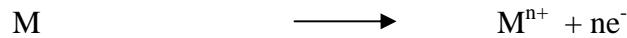
### a) Définition :

La galvanoplastie est un traitement de surface sur un objet par un dépôt électrolytique.

### b) 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. L'électrode positive (anode) aussi siège de phénomène d'oxydation et l'électrode négative (cathode) siège de réduction.

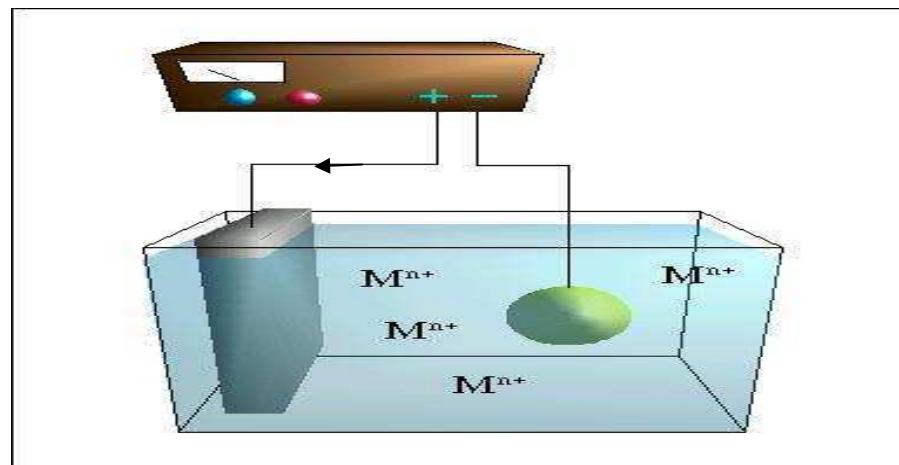
L'anode est composée de métal qu'on utilise pour électrolyser les pièces. À ce stade, le métal s'oxyde selon la réaction suivante :



À la cathode, on attache les pièces à revêtir par électrolyse, les ions de métal en solution se réduisant sur les pièces toute en se transformant en une petite couche sur les pièces selon l'équation suivante :



Le pôle positif du générateur est toujours relié à l'anode et négative à la cathode



**Figure 5 : Principe d'électrolyse**

Remarque : la réussite de la galvanoplastie est liée à plusieurs phénomènes importances suivants :

- Il faut savoir dégraissier parfaitement ces pièces.
- Il faut connaître la bonne formule du bain.
- L'agitation des pièces est souvent recommandée.

N.B. : La densité du courant appliqué dépend de la surface des pièces et du résultat que l'on souhaite obtenir.

## **V. Constitution des bains :**

### **a) Bain du dégraissage :**



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

<b>Composition du bain</b>	<b>Conditions opératoires</b>
Presol 7030 ou dex (tensioactifs) 50g/L. AB 40. Soude caustique NaOH. Eau déminéralisée.	Température : ambiante. Temps de traitement : 5 à 10 min. PH=12. Degré baumé : 17. Densité de courant : 25A/dm <sup>2</sup> .

**Tableau 1 : Mode opératoire du dégraissage**

#### **- A l'anode :**

L'anode du bain du dégraissage est le bain même constitué du fer ou se produit une réaction d'oxydation :



- **A la cathode :**

Les articles à dégraissier liés à la cathode subissent une réaction de réduction. La forte alcalinité (-OH) exerce un effet saponifiant et émulsifiant, ainsi l'hydrogène dégagé réduit les oxydes présents à la surface des articles.



**b) Bains du rinçage :**



**Photo19 : Bain durinçage**

Les opérations du rinçage se situent entre chaque opération de bain actif. Les pièces traitées aux bains du dégraissage sont rincées trois fois successivement pour assurer leurs purifications. Le rinçage permet d'éliminer les traces d'ions provenant du bain précédent qui peuvent altérer le bain suivant.

A la suite de ce dégraissage électrolytique suivi d'un rinçage à l'eau du robinet, pièces seront immédiatement immergées dans la cuve d'électrolyse. Tout retard conduit l'oxydation invisible de la surface qui échoue la galvanoplastie.

**c) Bain du cuivre alcalin :**



**Photo20 : Bain du cuivre alcalin**

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

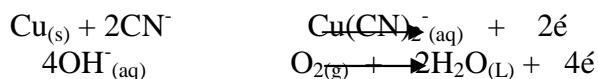
Composition du bain	Conditions opératoires
Cyanure de cuivre CuCN (40 à 80 g/L).	Température : 35°C à 40°C.
Cyanure de sodium NaCN (60 à 70).	Temps de traitement : 2 à 5 min.
Soude caustique NaOH (5g/L).	PH=11.
Additifs :	Degré baumé = 14.
ULTUNAL brillant.	Densité de courant : 0.5 à 3A/dm <sup>2</sup> .
ULTUNAL base.	Filtration par charbon actif.
Anodes du cuivre ensachées en paniers.	Agitation mécanique.

**Tableau 2 : Mode opératoire du cuivre alcalin**

C'est une méthode qui donne au laiton l'aspect du cuivre par galvanoplastie. La méthode consiste à recouvrir ce métal par du cuivre en utilisant l'électrolyse dans des bains où les anodes sont à base de cuivre. La SADF utilise deux procédés : le cuivrage alcalin et le cuivrage acide. Leurs compositions et rendements sont différents.

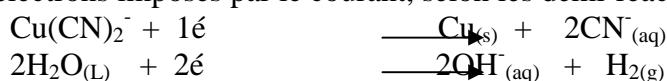
**- A l'anode :**

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



**- A la cathode :**

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



#### d) Bain du cuivre acide :



**Photo21 : Bain du cuivre acide**

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

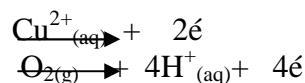
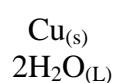
Composition du bain	Conditions opératoires
Sulfate de cuivre $\text{CuSO}_4$ (50 à 60 g/L). Acide sulfurique $\text{H}_2\text{SO}_4$ (50 à 60 g/L). Additifs : CUBRAC brillant. CUBRAC nivellant. CUBRAC base. Mouillant. Anodes du cuivre contenant une portion du phosphore ensachées en paniers.	Température ; Ambiante. Temps de traitement : 15 à 20 min. $\text{pH} \leq 4,5$ Degré baumé ; 19 à 25. Densité de courant : $2\text{A}/\text{dm}^2$ . Filtration par charbon actif. Agitation mécanique..

**Tableau 3 : Mode opératoire du cuivre acide**

Le dépôt du cuivre dans ce milieu est effectué de la même manière que celle du milieu basique. Ici, l'anode est constituée de grosse plaque du cuivre à une portion du phosphore (joue un rôle du catalyseur dans les réactions électrolytiques).

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

##### - A l'anode :



- **A la cathode :**



**N.B. :** on utilise les deux bains selon les besoins du dépôt souhaité.

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

**e) Bain du nickel :**



**Photo22 : bain du nickel**

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

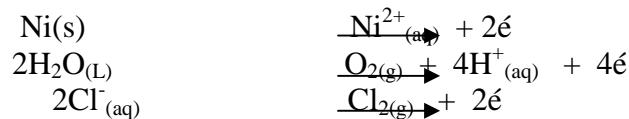
Composition du bain	Conditions opératoires
Sulfate de nickel $\text{NiSO}_4$ (280 à 320 g/L)	Température : 60°C à 70°C
Chlorure de nickel $\text{NiCl}_2$ (60g/L)	Temps de traitement : 10 à 15 min
Acide borique $\text{H}_3\text{BO}_4$ (45 à 55 g/L).	PH : 3,8 à 4,8.
Additifs : brillanteur.	Degré baumé : 25 à 30.
Mouillant.	Densité de courant : 3 à 5 A/dm <sup>2</sup> .
Nivelant.	Filtration par charbon actif.
Purificateur.	Agitation mécanique.
Fixateur.	
Anodes du nickel ensachées en sacs.	

**Tableau 4 : Mode opératoire du nickel**

Le nickelage est effectué en fixant les pièces à traiter sur la barre cathodique. L'anode est constituée d'une plaque grosse du nickel pur pour compenser les pertes des ions  $\text{Ni}^{2+}$  déposés. L'agitation mécanique des articles, une filtration s'effectue en continue de l'électrolyte sur le charbon actif.

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

### - A l'anode :



### - A la cathode :



### f) Bain du pré-argent :



Photo23 : Bain du pré-argent

Le mode opératoire de la pré-argenture utilisée par SADF est décrit dans le tableau suivant :

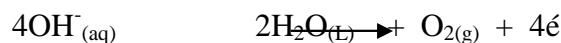
Composition du bain	Conditions opératoires
Cyanure d'argent $\text{AgCN}$ (2 à 3 g/L).	Température : ambiante.
Cyanure de potassium $\text{KCN}$ (90 à 110 g/L).	Temps de traitement : 10 à 15 s.
Anode d'acier inox.	pH=11.
Eau déminéralisée.	Degré baumé : 14.
	Densité de courant : 4 à 5 A/dm <sup>2</sup> .

	Filtration par charbon actif. Agitation mécanique.
--	---

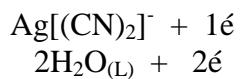
**Tableau5 : Mode opératoire de pré-argenture**

C'est une étape qui dure entre 10 à 15 secondes .elle a pour but de déposer une faible couche d'argent pour éviter toute transmission des impuretés au bain d'argenture.

- **A l'anode :**



- **A la cathode :**



**g) Bain d'argent :**



**Photo24 : bain d'argent**

Le mode opératoire d'argenture utilisé par SADF est décrit dans le tableau suivant :

Composition du bain	Conditions opératoires
Cyanure d'argent AgCN (30 à 40 g/L).	Température : ambiante.
Cyanure de potassium KCN (150 à 170 g/L)	Temps de traitement : 5 à 10 min.
Anodes d'argent + anodes d'acier inox.	pH=12.
Additifs :	Degré baumé : 26 à 32.
SELVRIUM brillanteur.	Densité de courant : 1.5 à 5 A/dm <sup>2</sup> .
SELVRIUM base.	Filtration par charbon actif.

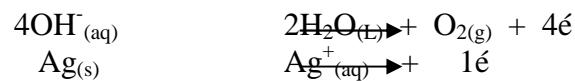
SELVRIUM d'argent.	Agitation mécanique.
EPURATEUR d'argent R <sub>1</sub> .	
EPURATEUR d'argent R <sub>2</sub> .	
Eau déminéralisée.	

**Tableau6 : Mode opératoire d'argenture**

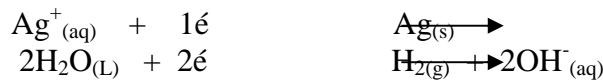
Pour réaliser en générale le dépôt d'argent sur un acier, il faut d'abord cuivrer et nickeler la pièce auparavant .l'argent se dépose facilement sur le nickel, ce dernier donne une bonne adhérence sur le cuivre, il offre une bonne résistance à la corrosion et présente une bonne tenue à l'oxydation atmosphérique et à la vapeur d'eau.

Le revêtement d'argenture a plus d'importance dans la société à cause de son cout 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.

**- A l'anode :**



**- A la cathode :**



***h) Séchage des articles traités par les bains précédents :***



**Photo25 : machine de séchage à air chaud**

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

# **Chapitre D : Influence des paramètres température, temps et courant sur le dépôt électrolytique.**

## I. Partie pratique :

### a) Rendement électrolytique :

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

Notre étude est portée sur neuf plaques du laiton d'une surface de 36 cm<sup>2</sup> préalablement polis, pesées.

### b) Estimation :

Le dépôt dans la galvanoplastie dépend de la quantité d'électricité imposée dans les bains qui est déterminée en appliquant :

$$\text{La loi de Faraday : } m_{th} = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F}$$

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

$$\text{Et le rendement se calcule par : } R = \frac{m_{exp}}{m_{th}} \times 100$$

Pour la 1<sup>ère</sup> application : le but suivre le dépôt de nickel comment influencer lorsqu'on change l'un des paramètres suivant (température, densité de courant et le temps d'immersion).

Le tableau suivant résume les masses expérimentales des plaques, les masses théoriques et le rendement des dépôts électrolytiques :

traitement	Conditions opératoires	m <sub>exp</sub> en (g)	m <sub>th</sub> en (g)	Rendement en (%)
Plaque(A)	t <sub>dé</sub> =5min t <sub>nick</sub> =15min T°=63°C I=4A	0.38	1.09	35
Plaque(B)	t <sub>dé</sub> =5min t <sub>nick</sub> =10min			

	$T^{\circ}=63^{\circ}\text{C}$ $I=4\text{A}$	0.27	0.73	37
<b>Plaque(C)</b>	$t_{\text{dé}}=5\text{min}$ $t_{\text{nick}}=15\text{min}$ $T^{\circ}=63^{\circ}\text{C}$ $I=12\text{A}$	1.46	3.28	45
<b>Plaque(D)</b>	$t_{\text{dé}}=5\text{min}$ $t_{\text{nick}}=15\text{min}$ $T^{\circ}=56^{\circ}\text{C}$ $I=4\text{A}$	0.34	1.09	31

**Tableau7 : Rendement cathodique sur une plaque du laiton de 36 cm<sup>2</sup>**

Pour  $t_{\text{dé}}$  (temps de dégraissage) ;  $t_{\text{nick}}$  (temps de nickelage)

**Interprétation des résultats :**

Dans le cas de la plaque (C) :

Cet application montre que l'intensité du courant plus élevé favorise l'apparition des réactions parasites (formation d'oxyde du nickel) au niveau de la surface d'objet avec un dégagement important d' $\text{H}_2$  ce qui est donné une mauvaise couleur pour l'objet.

**Pour la 2<sup>ème</sup> application :** le but comparaison des dépôts entre eux.

Le tableau suivant résume les masses des plaques expérimentales, les masses théoriques et le rendement des dépôts électrolytiques :

traitement	Conditions opératoires	$m_{\text{exp}}$ en (g)	$m_{\text{th}}$ en (g)	Rendement en (%)
Plaque(A) Cuivrage alcalin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_{\text{dé}}=5\text{min}</math></li> <li>• <math>t_{\text{c.alc}}=10\text{min}</math></li> <li>• <math>T^{\circ}=35 \text{ à } 40^{\circ}\text{C}</math></li> <li>• <math>I=5\text{A}</math></li> </ul>	0.04	0.99	4
Plaque(B) Cuivrage acide	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_{\text{dé}}=5\text{min}</math></li> <li>• <math>t_{\text{c.ac}}=10\text{min}</math></li> <li>• <math>T^{\circ}=\text{Ambiante}</math></li> <li>• <math>I=5\text{A}</math></li> </ul>	0.1	0.99	10
Plaque(C) Nickelage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_{\text{dé}}=5\text{min}</math></li> <li>• <math>t_{\text{nick}}=15\text{min}</math></li> <li>• <math>T^{\circ}=56^{\circ}\text{C}</math></li> <li>• <math>I=4\text{A}</math></li> </ul>	0.14	1.09	13
Plaque(D) argenture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_{\text{dé}}=5\text{min}</math></li> <li>• <math>t_{\text{Ag}}=12\text{min}</math></li> <li>• <math>T^{\circ}=\text{Ambiante}</math></li> <li>• <math>I=0.13\text{A}</math></li> </ul>	0.1	0.10	100

**Tableau8 : Rendement cathodique sur une plaque du laiton de 36 Cm<sup>2</sup>**

Pour  $t_{c.al}$  (temps de cuivre alvalin)

Pour  $t_{c.ac}$  (temps de cuivre acide)

Pour  $t_{Ag}$  (temps d'argenture)

### **Interprétation des résultats :**

Pour le cuivrage alcalin sa masse expérimentale plus faible par rapport aux autres plaques par ce qu'il utilisé pour déposer un autre dépôt.

Pour le cuivrage acide et argenture ont les mêmes masses expérimentales par ce qu'ils sont utilisés sur les objets décoratifs.

Pour nickelage sa masse expérimentales plus fort que les autres plaques par ce qu'il se dépose facilement sur l'objet.

## Conclusion

Un bon dépôt électrolytique dépend de plusieurs facteurs comme la concentration, la propreté de la surface du métal, le pH de l'électrolyte, la température, la densité du courant, et l'ajout des additifs (tensioactifs, des brillanteurs....).

L'étude du rendement effectuée au cours de ce travail reste imprécise du fait que la densité du courant imposée aux redresseurs est de l'ordre de 20 A alors qu'on avait besoin seulement de 5 A au maximum. De même la température des bains chauffés des solutions n'est pas homogène, sauf la partie de la solution la plus proche des résistances chauffantes Il faut signaler qu'il n'y a pas un laboratoire du contrôle et du dosage des éléments chimiques des solutions dans la société. Même 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.

Les valeurs du courant sont proportionnelles à la surface des pièces à traiter. Si ces surfaces sont petites ces redresseurs n'affichent pas les valeurs précises de courant. L'approximation est de l'ordre de 6 A.

Enfin on peut conclure que si on opère bien les techniques théoriques en utilisant des matériels récents et sophistiqués, on doit sûrement avoir les résultats satisfaisants.

## Sommaire

INTRODUCTION .....	2
Chapitre A :Présentation de la société SADF .....	2
1. Historique : .....	3
2. Production etProduit : .....	3
3. Clients de la SADF : .....	3
4. Structure de la SADF : .....	3
5. La carte d'identification de la société .....	3
Chapitre B : Procédé de fabrication des articles de décoration.....	4
I. Procédé de fabrication : .....	5
a) La matière première .....	5
b) Chaine de production .....	5
Chapitre C :Traitement de surfaces des métaux par undépôt électrolytique .....	14
I. Dégraissage : .....	14
a) Définition générale du dégraissage : .....	14
b) Les différents types du dégraissage : .....	15
II. Action des tensioactifs : .....	15
a) Mécanisme de détergence : .....	15
b) La réaction de saponification : .....	16
III. Rincage : .....	16



a) Différent types du rinçage :.....	16
IV. La galvanoplastie :.....	17
a) Définition : .....	17
b) Principe : .....	17
V. Constitution des bains :.....	18
a) Bain du dégraissage : .....	18
b) Bains du rinçage :.....	19
c) Bain du cuivre alcalin : .....	19
d) Bain du cuivre acide : .....	21
e) Bain du nickel : .....	22
f) Bain du pré-argent : .....	23
g) Bain d'argent :.....	24
h) Séchage des articles traités par les bains précédents :.....	25
Chapitre D :Influence des paramètres température, temps et courant sur le dépôt électrolytique.....	26
I. Parie pratique :.....	27
a) Rendement électrolytique : .....	27
b) Estimation : .....	27
Conclusion .....	30

# Liste des tableaux, des figures et des photos :

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Mode opératoire du dégraissage .....	18
Tableau 2 : Mode opératoire du cuivre alcalin .....	20
Tableau 3 : Mode opératoire du cuivre acide.....	21
Tableau 4 : Mode opératoire du nickel .....	22
Tableau 5:Mode opératoire de pré-argenture.....	24
Tableau6 : Mode opératoire d'argenture.....	25
Tableau7 : Rendement cathodique sur une plaque du laiton de 36 cm <sup>2</sup> .....	28
Tableau8 :Rendement cathodique sur une plaque du laiton de 36 Cm <sup>2</sup> .....	28

## Liste des figures

figure 1Figure 1 : organigramme de la société SADF. ....	3
figure 2figure 2: Représente le traitement électrolytique par SADF .....	13
figure 3figure 3: Représente le mécanisme du dégraissage .....	15
figure 4figure 4: Mécanisme de détergence .....	16
figure 5Figure 6: Principe d'électrolyse.....	17

## Liste des photos :

Photo 1: La matière première .....	5
Photo 2: Découpage manuel .....	6
Photo 3: Machine découpage .....	6
Photo 4: Gravure sur dessin traditionnel.....	7
Photo 5: Dessin traditionnel et dessin moderne .....	7
Photo 6: Machine du repoussage .....	8
Photo 7: Les chutes du laiton .....	8
Photo 8: Four de fendage des chutes du laiton.....	9
Photo9: Les moules d'un sable particulier .....	9
photo 10 : Limage manuel .....	10
Photo 11: Machine de limage.....	10
Photo 12: Une soudure réalisée avec un chalumeau et l'étain.....	10
Photo13 : La différence entre les articles polies et non polies.....	11
Photo 14: Machine de polissage équipé de papier abrasif .....	11
Photo 16: Contrôle de qualité par des spécialistes .....	12
Photo17: Emballage en cartons.....	13
Photo 18: Bain du dégraissage .....	18
photo 19: Bain du rinçage .....	19
photo 20: Bain du cuivre alcalin .....	19
photo 21: Bain du cuivre acide .....	21
photo 22: bain du nickel.....	22
photo 23: Bain du pré-argent .....	23
photo 24: bain d'argent .....	24
photo 25: machine de séchage à air chaud .....	25