



Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

**Revêtement métallique par voie électrolytique**

**Présenté par :**

◆ **Noureddine ENNAANA**

**Encadré par :**

◆ **Mr Khammar CHNOUNI (Société)**

◆ **Pr Hammou SOUHA (FST)**

**Soutenu Le XX Juin 2014 devant le jury composé de:**

- **Pr Ahmed HARRACH**
- **Pr Hicham ZAITAN**
- **Pr Hammou SOUHA**
- **Mr Khammar CHNOUNI**

**Stage effectué à SADF**

**Année Universitaire 2013 / 2014**

## Sommaire

I.	Introduction.....	3
A.	Objectifs personnels : .....	4
B.	Objectifs pédagogique: .....	4
C.	Objectifs professionnel :.....	4
II.	Présentation de l'entreprise .....	5
A.	Historique .....	5
B.	Organigramme .....	6
C.	Clients.....	6
D.	Localisation et coordonnées .....	6
III.	Procédé de fabrication .....	7
A.	La matière première.....	7
B.	La chaîne de production .....	8
1.	Conception du prototype ou modélisation.....	8
2.	Découpage .....	9
3.	Gravure .....	9
4.	Repoussage .....	10
5.	Fondage .....	10
6.	limage .....	10
7.	soudure.....	10
8.	Décapage .....	11
9.	Polissage .....	11
10.	Ravivage .....	11
11.	Contrôle de qualité .....	11
12.	Traitement des surfaces.....	11
13.	Emballage .....	11
IV.	traitement des surfaces par voie électrolytique .....	12
A.	Dégraissage.....	13
1.	Dégraissage chimique.....	13
2.	Dégraissage électrolytique.....	14

B.	Rinçage .....	15
C.	La galvanoplastie .....	16
	Constitution des bains d'électrolyse:.....	16
D.	Séchage.....	21
V.	Calcul de la masse déposée .....	22
VII.	Calcul de la masse déposée et du rendement sur des articles en laiton.....	22
	i. Estimation de la masse déposée sur une plaque de laiton : .....	23
	ii. Rendement .....	23
VIII.	conclusion.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## *INTRODUCTION*

### *Introduction*

*Chaque étudiant doit compléter sa formation par un stage afin de pratiquer ce qu'il a acquis durant sa période d'étude, de ce fait on comprend que le stage est important dans le parcours professionnel de l'étudiant.*

*Un stage au sein d'une entreprise quelconque a plusieurs objectifs, que se soit pour l'étudiant ou l'entreprise elle-même.*

*Pour un étudiant les objectifs de stage sont nombreux, on peut les limiter en trois grands tirés :*

***Objectifs personnels :***

*Découvrir le monde professionnel, et apprendre à s'insérer dans un environnement professionnel (relations humaines, organisation de travail .....).*

***Objectifs pédagogique:***

*Mettre en pratique les connaissances et le savoir-faire acquis lors de la formation, ainsi le mieux définir ses motivations, ses choix d'orientation et son projet personnel et professionnel.*

*C'est un élément d'aide à l'obtention du diplôme (cas du stage obligatoire ou optionnel).*

***Objectifs professionnel :***

*Acquérir une première expérience professionnelle et sociale pour se familiariser et bien s'insérer dans le milieu professionnel et réaliser mon projet.*

# Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise

## **Historique**

La création de la **Société des Artisans Dinandiers de Fès(SADF)** remonte à 1982. En effet, un groupe de Maîtres-artisans avait pensé mettre en place une unité de production renfermant tout le processus de fabrication des articles de décoration à partir du métal, argent, aluminium, laiton, cuivre. Cela leur permettrait de préserver le produit artisanal, de le développer et de lui donner l'aspect qui réunit à la fois beauté, goût et qualité ; sans oublier la prise en considération du côté coût pour qu'il soit abordable par la plupart des clients.

Depuis sa mise en place, la **SADF** n'a pas cessé de déployer ses efforts pour apposer son empreinte sur **l'argenterie** et sur d'autres articles en métal (**Luminaires, Tables, Tabourets, Miroirs, Coffrets** ou tout autre type de travaux artisanaux selon modèle,...).

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

**SADF** a fait de grands pas que ce soit sur le plan artistique que sur le plan de la recherche. Elle a été toujours en tête dans la rénovation et la création, pour substituer ce qui est Traditionnel - Traditionnel par ce qui est Traditionnel - Contemporain. Aussi, elle a gardé, l'authenticité comme tradition, et le Style comme

Contemporain. Elle s'efforce toujours à satisfaire les goûts de ses clients aussi bien Marocains qu'Etrangers, et ce malgré la concurrence acharnée des industries modernes.

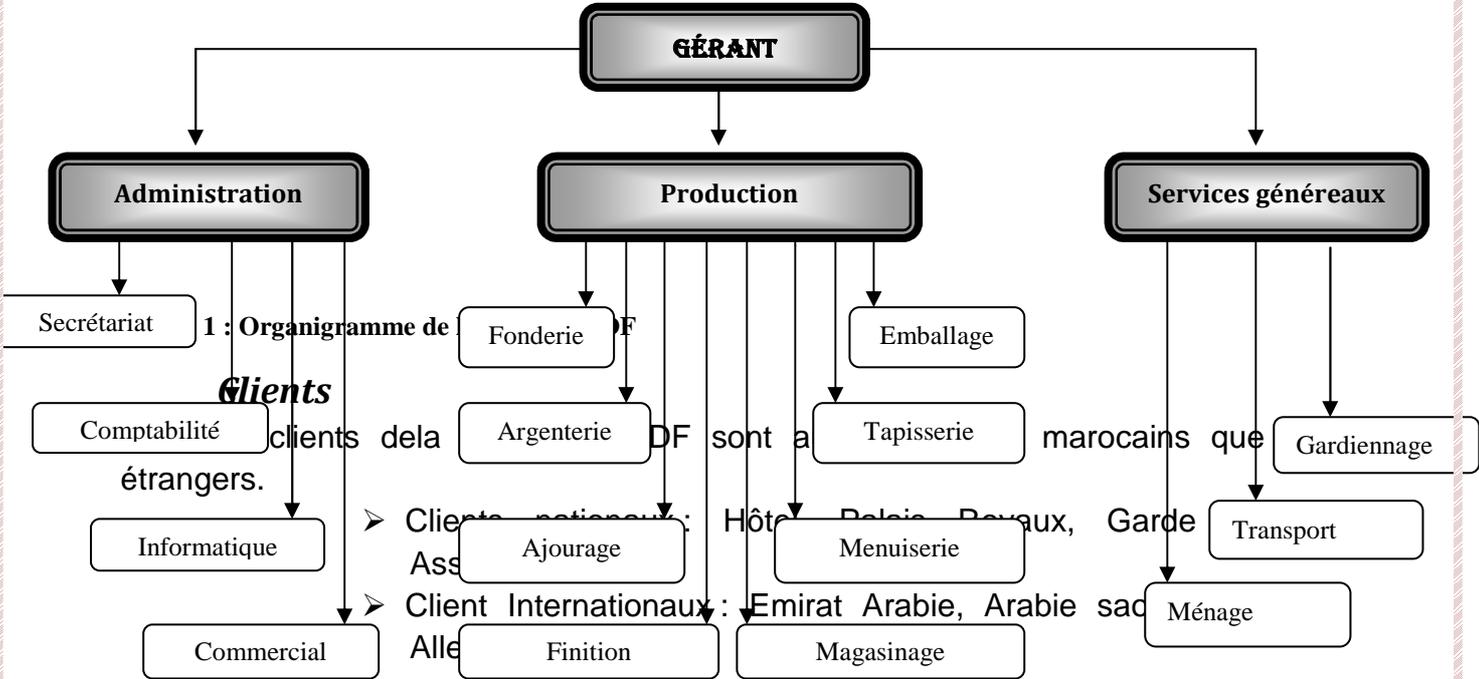
A l'opposé de ce qui est connu dans l'ancienne médina de Fès, **SADF** a intégré un certain nombre d'artisans spécialisés dans différentes disciplines et dont l'habilité de leurs mains donne l'aspect original du produit.

**SADF** a réussi de gagner la confiance des clients et d'imposer sa marque. En effet, elle occupe une place très importante parmi les meilleures sociétés susceptibles de représenter et d'honorer le produit artisanal marocain. Elle a donc participé remarquablement à plusieurs manifestations. Ces participations ont été couronnées par plusieurs titres d'honneur à Fès, Casablanca, Rabat, Marrakech, Agadir ....

**Organigramme**

Le personnel de la société comporte actuellement 166 personnes. La moyenne d'âge est environs 43 ans, avec 16% de femmes et 84% d'hommes. Ils sont tous d'origine marocaine et ont 19 ans d'expérience en moyenne.

La structure de la société est représentée par l'organigramme suivant :



**Localisation et coordonnées**

La société Des Artisans Dinandiers de Fès(SADF) est située à la ville de Fès, Ses coordonnées sont les suivantes :

- Adresse** : 47, Lot. Industriel Ben souda.
- Code postal** : 30000.
- Téléphone et/ou Fax**:(212) 535.65.51.43 / (212) 535.65.50.89.

# Procédé de Fabrication

Procédé de Fabrication

Procédé de fabrication

Comme toute société le procédé de fabrication et l'un des principaux objets qu'il faut tenir compte lors de la production. Ce procédé dépend étroitement de deux éléments à savoir :

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

## ***La matière première.***

La SADF utilise comme matière première principale le Laiton. Les laitons sont des alliages composés essentiellement de [cuivre](#) et de [zinc](#), aux proportions variables, employés dans l'industrie, en décoration et dans la fabrication de bijoux.

Selon les propriétés visées ils peuvent contenir d'autres éléments d'additions comme le [plomb](#), l'[étain](#), le [nickel](#), le [chrome](#) et le [magnésium](#), ces éléments sont ajoutés en faible proportion pour améliorer certaines propriétés :

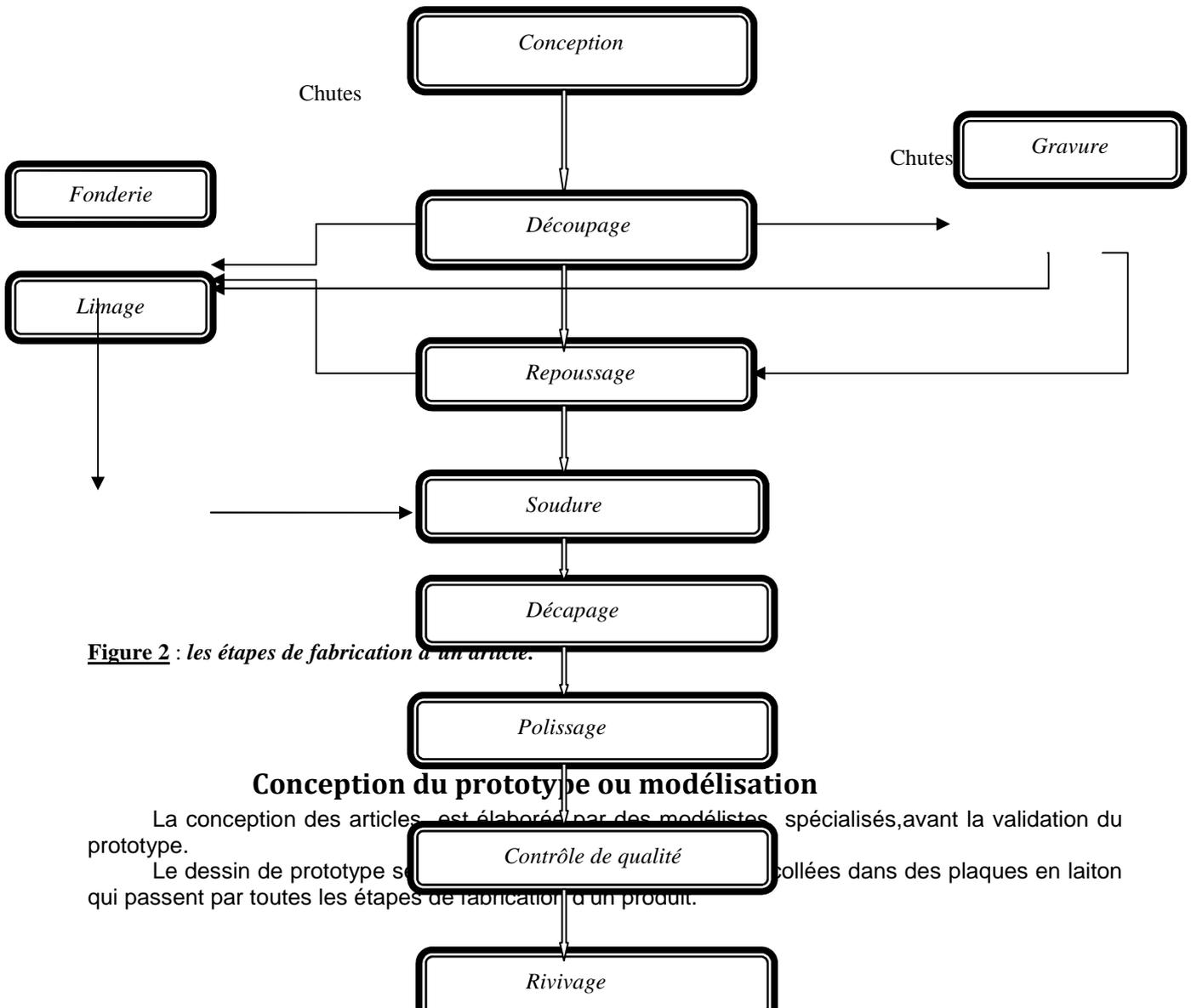
- Les propriétés physiques de l'alliage dépendent fortement de sa composition. Par exemple pour un laiton contenant 90 % de [cuivre](#) et 10 % de [zinc](#), la [masse volumique](#) est  $8\,800\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , la [conductivité thermique](#) est environ  $121\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , et la température de fusion est environ  $900\text{ °C}$ .

Il existe trois catégories de laiton (chaque catégorie englobe les propriétés des précédentes) :

- les laitons simples (binaires) : ils ne contiennent que du cuivre et du zinc. L'ajout de zinc abaisse la température du point de fusion de l'alliage ainsi que sa conductivité électrique, mais en augmentant la dureté et la résistance mécanique ;
  - les laitons au plomb (environ 60 à 70 % de cuivre, 30 à 40 % de zinc, 1 à 3 % de plomb) : La teneur du plomb est vraiment très faible dans les laitons. Cette matière améliore la malléabilité du laiton, ce qui lui permet d'être facilement usiné.
  - les laitons spéciaux : ils ont pour but d'augmenter les propriétés mécaniques par l'addition dans l'alliage des éléments (étain, aluminium, arsenic, magnésium, nickel, fer, silicium...) ; le nickel est utilisé dans les pièces de monnaie ou pour le plaquage du laiton, en raison de sa résistance à l'oxydation et à la corrosion.
- Le laiton est choisi en général selon les propriétés suivantes :
- Très bonne résistance à la corrosion.
  - Un alliage relativement malléable, peut travailler à chaud bien qu'à froid.

### ***La chaîne de production***

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



**Figure 2 :** les étapes de fabrication d'un article.

## Découpage

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



**Image 1 : Machine de découpage automatique.**

## Gravure

S'effectue avec un appareil appelé le « Burin », il s'agit d'une tige d'acier trempée affûtée et fixée dans une manche cette tige qui découpe nettement le métal et l'enlève sous forme de copeaux.



**Image 2 : Gravure de dessins traditionnels.**

Par ailleurs, la gravure repose sur l'habilité des maîtres artisans qui exécutent des motifs décoratifs dessinés sur les surfaces des plaques de laiton, on peut dire qu'on a trois types de dessins :

- ❖ Dessins Modernes
- ❖ Dessins traditionnels
- ❖ Dessins voulus par les clients

**Repoussage**

Le repoussage au tour est un procédé de déformation plastique d'une feuille de laiton de forme circulaire, La déformation s'effectue sur un tour spécial. Les métaux purs comme l'or, l'argent, l'aluminium, le zinc et le cuivre sont très malléables et se travaillent facilement. Les alliages comme l'acier, le laiton s'écaillent facilement et demandent plusieurs heures de travail avec un dégagement de chaleur.

**Fondage**

Les chutes du laiton provenant de différentes étapes précédemment sont conduites aux fonderies pour reproduire un article désiré, cette fabrication nécessite trois étapes :

- a) Fabrication d'un moule à partir d'un sable particulier
- b) Fondage des chutes du laiton avec quelque gramme d'aluminium
- c) Moulage qui consiste à couler le mélange liquide dans les moules pour fabriquer de nouveaux articles

**limage**

Le limage est l'usinage d'une pièce à l'aide d'une [lime](#). Ce travail, généralement manuel peut être aussi mécanique. C'est l'enlèvement des irrégularités provenant de la fonderie.

**soudure**

La soudure désigne un ensemble de procédés d'assemblage de pièces mécaniques, généralement par chauffage. Elle consiste à assembler les diverses pièces d'un article, cette soudure est réalisée par un métal qui s'appelle l'étain.

## **Décapage**

Le décapage est un procédé qui consiste à éliminer une couche de matière déposée (volontairement ou non) sur la surface d'une autre matière (appelée le substrat). Généralement il s'agit d'éliminer des traces de [corrosion](#) (ou d'[oxydation](#)) ou une couche de vernis. Cette attaque est réalisée par les acides forts et concentré tel que  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## **Polissage**

Sert à rendre lisse et brillant les articles par des différents matériaux tournant à grande vitesse à l'aide d'une pâte à polir.

## **Ravivage**

C'est un polissage secondaire qui permet d'obtenir la surface des articles plus vive on tout en utilisant une pâte rouge.

## **Contrôle de qualité**

Le contrôle de qualité est un contrôle fondamental et il a le rôle de vérification de la conformité des produits à fin d'avoir une qualité désirée des articles avant de les remettre à l'atelier de traitement des surfaces.

## **Traitement des surfaces**

Ce traitement est basé essentiellement sur le principe de l'électrolyse, qui consiste à déposer une couche d'un métal sur un produit artisanal.

Avant tout traitement, le nettoyage des surfaces est une phase essentielle qui a pour objet d'enlever les souillures existant à la surface des pièces.

Le traitement des surfaces à L'atelier de la SADF est basé sur les bains suivants :

- Bain de dégraissage
- Bain de cuivrage alcalin
- Bain de cuivrage acide
- Bain de Nickelage
- Bain de pré-argentage
- Bain d'argentage
- Bain de rinçage

## **Emballage**

Il est Compose de trois équipes :

- Equipe de fabrication des emballages : chargée de la fabrication de différents types d'emballage en respectant la forme de l'article.
- Equipe de contrôle de la qualité des articles avant son emballage : Dans le cas d'un défaut, la pièce est retournée au service de production
- Equipe d'emballage, chargé d'assurer un emballage adéquat pour chaque pièce : Pour protéger ces articles contre les chocs et poussier lors du transport, on utilise l'emballage spécifique exemple : papier blanc fin, sac en plastique, cartons....,



**Image 3: Emballage en cartons.**

traitement des surfaces par voie électrolytique

# Traitement des surfaces par voie électrolytique

Les traitements de surfaces ont pour effet de modifier l'apparence de celle-ci, afin d'apporter une tenue à la corrosion, une résistance à l'oxydation ils présentent un apport d'épaisseur relativement faible qui peuvent être de quelques nanomètres  
Ce traitement inclut la préparation des surfaces par voie chimique :  
Dégraissage, lavage, Galvanoplastie, et Enfin séchage

## ***Dégraissage***

La qualité d'un revêtement dépend énormément de la préparation préalable de la surface. De façon générale, le but de la préparation de la surface est l'augmentation de l'adhérence. Pour qu'il y ait adhérence, il faut avoir des liaisons directes entre le substrat et le revêtement, donc il faut éliminer les agents étrangers déposés sur la surface, essentiellement les graisses et produits chimisorbés.

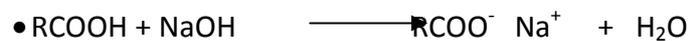
Dégraissage c'est un Traitement chimique ou électrolytique qui a pour rôle de rendre la surface physiquement propre afin d'assurer le bon déroulement des opérations ultérieures et par là même, de garantir en plus la qualité du produit fini. Il y a deux types de dégraissage :

- Chimique.
- Electrolytique.

## **Dégraissage chimique**

Implique une réaction chimique qui permet d'éliminer les huiles et les graisses, leur principe consiste à immerger les pièces d'un produit dégraissant dont l'action repose sur les paramètres suivants:

- Une température élevée qui permet de fluidifier les huiles.
- Une base minérale alcaline capable de transformer les graisses et huiles en savon solubles dans l'eau.



- Des tensio-actifs organiques complexes qui permettent de décoller et empêcher la redéposition des corps gras sur la surface du métal, cette méthode repose sur trois actions : Les dissoudre, les rendre solubles, les décoller et les empêcher de se déposer.

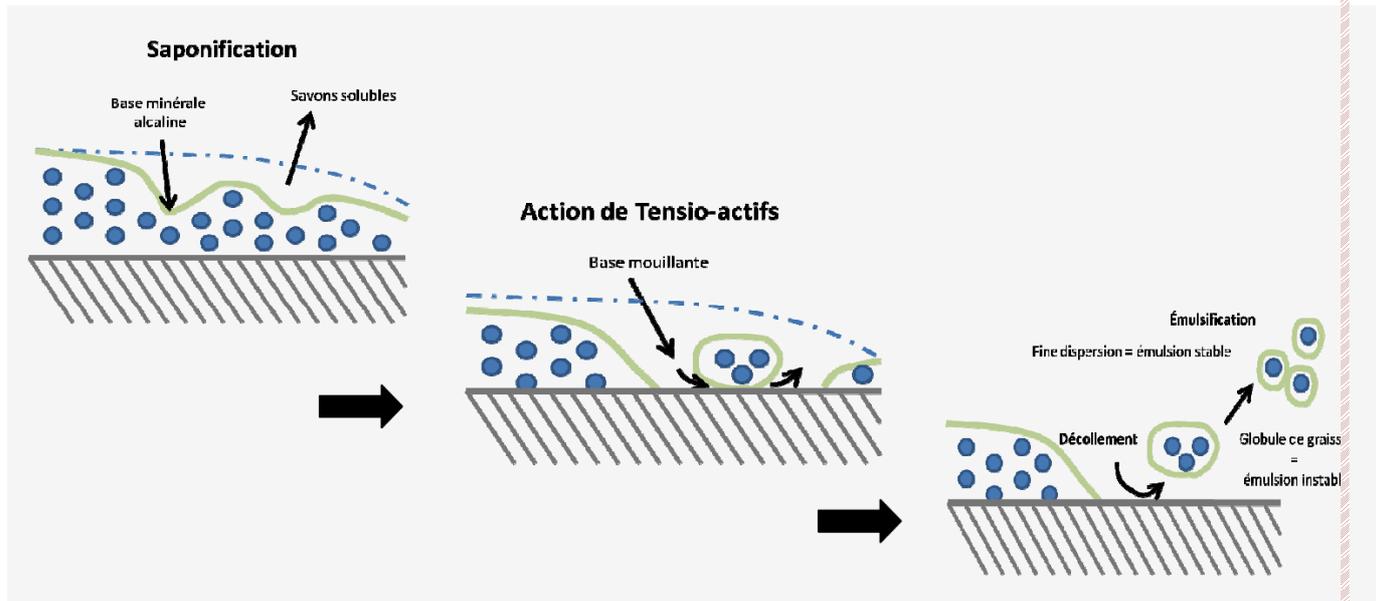


Figure 3 : Les étapes du dégraissage chimique.

## Dégraissage électrolytique

Le même principe de dégraissage chimique, justement on utilise le même produit mais cette fois-ci on impose une densité de courant constante qui arrive d'un générateur de courant continu et qui passe de l'électrode à la solution. Toutes les pièces sans exception doivent être immergées dans ce bain afin d'éliminer les impuretés.



**Image 4 : Bain de dégraissage**

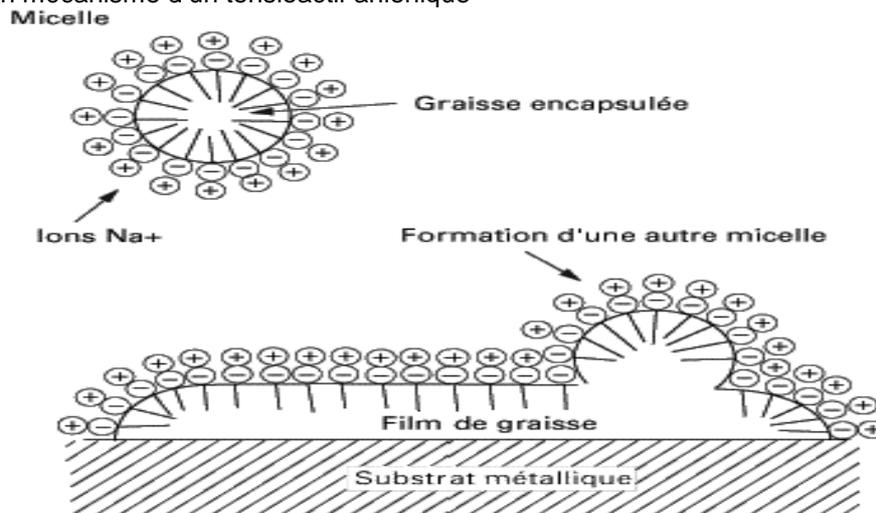
Le bain de dégraissage contient les produits suivants :

- Des tensioactifs Dex ou presol.
- AB 40.
- Eau potable.
- Cyanure de sodium.
- soude (NaOH).

### Action des tensioactifs :

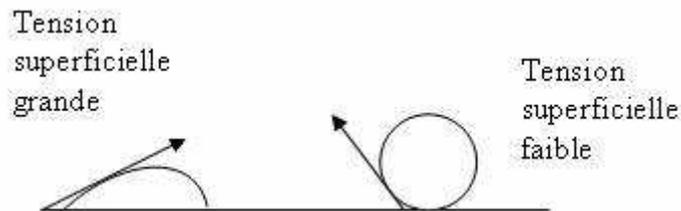
Trois groupes distincts : anioniques, cationiques, non ioniques ou amphotères

Exemple : d'un mécanisme d'un tensioactif anionique



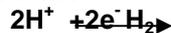
**Figure 4 : Mécanisme d'un tensioactif anionique**

En générale le mécanisme est plus complexe, il met en jeu des phénomènes qui interviennent aux interfaces métal-souillure et souillure-bain. En effet, les phénomènes d'émulsification impliquent des phénomènes d'interface régis par des tensions superficielles



Il faut que la tension superficielle du solvant émulsifiant soit la plus faible possible (ce n'est pas le cas de l'eau) pour toutes ces raisons on introduit les tensio-actifs.

Les réactions qui se produisant dans ce bain sont :



On observe un important dégagement de gaz hydrogène ce gaz sert à réduire les oxydes présents sur la pièce. La forte alcalinité qui entoure la pièce exerce une puissante action de saponification et émulsification comme j'ai indiqué dans la partie de dégraissage chimique. A l'anode se produit une réaction d'oxydation.



Action principale de courant repose sur l'élimination des graisses qui sont chargées négativement et donc attiré par la charge positive imposé en anode.

Les conditions de travail :

- Température ambiante.
- Le courant de 10 A/dm<sup>2</sup> ou plus.
- Temps d'immersion (t =5 min).

### **Rinçage**

Les opérations de rinçages se situent entre chaque opération de bain actif. Les pièces traités aux bains de dégraissage sont rincées trois fois successives pour assurer leur purification. Le rinçage consiste à éviter d'amener 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, les pièces seront immédiatement et sans délai passées dans la cuve d'électrolyse. Si on tarde quelques heures il y aura une oxydation invisible de la surface et garantie d'échec de la galvanoplastie

### ***La galvanoplastie***

La galvanoplastie consiste à déposer des couches minces d'un métal sur un autre pour en améliorer les caractéristiques de surface (dureté, résistance à l'abrasion, résistance à la corrosion, aspect décoratif,...).

Dans ce cas, il est impératif que le dépôt adhère parfaitement sur le support et que la répartition de l'épaisseur du dépôt soit la plus uniforme possible sur une pièce de forme généralement complexe.

#### **Remarque :**

Les anions  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CN}^-$  et  $\text{OH}^-$  et les cations  $\text{Na}^+$  et  $\text{H}^+$  sont ajoutés dans les bains pour conduire le courant électrique dans les bains alcalins ou acide en raison de leurs conductivités équivalentes limites qui sont très élevées.

### **Constitution des bains d'électrolyse:**

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

**Chauffage :** dans cette technique il est nécessaire de chauffer car la température agit aussi sur le rendement de la réaction électrochimique qui se fait en solution. pour cela les cuves de la **SADF** sont équipées d'un système de chauffage réaliser par des thermostat avec une régulation thermostatiques, pour que la température reste constante au niveau du bain. Ces thermoplongeurs sont plongés au bout du bain et l'énergie dégagée sous forme de chaleur se conduit par conduction.

**Générateur :** est la source d'énergie électrique en courant continu (Just pour avoir des charges positive et négative aux bornes de ce redresseur, car ces charges là dirigent les ions en solution par la migration :*déplacement des ions sous l'effet d'un champ électrique* « potentiel électrique ».), qui sera transformée en énergie chimique .Dans la SADF, on utilise le générateur Potensiostat qui permet d'imposer un courant constatant.

**Les électrodes :** en général, on utilise des électrodes métalliques de première espèce « c'est le cas ou une électrode métallique en contact avec son ion en solution » .le choix des électrodes dépend des bains dont aussi l'objectif de l'électrolyse doit prendre en compte, Dans certain cas on peut utiliser des électrodes d'inox et de fer.

**Agitation :** on la fait mécaniquement, par vibration de la cathode donc des articles sans l'agitation de la solution ou bien agitation de la solution à air.

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

#### **Types des revêtements présents à SADF**

La Société des Artisans Dinandiers de Fès (SADF), utilisant plusieurs types des bains électrolytiques, chacun d'entre eux donne un dépôt d'un métal sur le laiton, ce métal il peut être le cuivre, le nickel, et de l'argent.

### **Bain de cuivrage :**

La méthode consiste à recouvrir ce métal par du cuivre en utilisant électrolyse dans des bains ou les anodes sont à base de cuivre il y a deux procédés principaux utilisés en SADF l'un avant l'autre qui sont respectivement le cuivrage en milieu alcalin et le cuivrage en milieu acide.

**NB :** la composition et le rendement de ces deux types son différent.

## Cuivrage alcalin



**Image 5 : Le bain de cuivrage alcalin en SADF.**

Le bain contient les produits suivant :

- Cyanure du cuivre.
- Soude caustique.
- Cyanure de sodium.
- Ultimal brillanteur.
- Ultimal base.
- Sel n°11 et n°2 qui ont comme rôle la conduction du courant.

Les conditions de travail :

- Température-35°C à 40°C.
- pH =11.
- Baumé est de 13.
- Temps d'immersion(t= 5 à 10mins).
- I=0.5 à 3A/dm<sup>2</sup>.

Les pièces à cuivrer sont reliées à la cathode et à l'anode qui est en cuivre pur.

Réactions qui se produisent dans le bain sont :

### A l'anode :

L'anode se dissocie en donnant du cuivre II et en libérant des électrons. La solution de même contient de Cu<sup>2+</sup> l'anode de cuivre a pour but de régénérer les pertes de ces cations en solution et de fermer le circuit en conduisant le courant.

Les demi-réactions qui se passent sont les suivantes :



### A la cathode :

De même les articles du laiton jouent le rôle de la cathode (siège de la réduction) les cations métallique en solution gagnent les électrons imposés par le courant (borne négative) et son degré d'oxydation doit se réduit selon les demis réactions suivantes :



**Bain de cuivre acide.**

La composition du bain :

- Sulfate de cuivre(CuSO<sub>4</sub>).
- Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré.
- Anode plaque de cuivre contenant une portion de phosphore.
- Additives :
  - Brillanteurs.
  - Cubrac nivelant.
  - Cubrac brillant.
  - Cubrac base.

Conditions de travail :

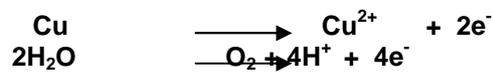
- I=0.15A/dm<sup>2</sup>.
- t=15 à 20min.
- température ambiant.
- pH=4,5 ou moins.
- Baumé=19 à 25.

Le dépôt de cuivre dans ce milieu est effectué d'une même manière que celle de milieu basique sauf qu'ici, l'anode est constituée de grosses plaques de cuivre a une portion de phosphore. Ce dernière joue un rôle de catalyseur dans les réactions électrolytiques.

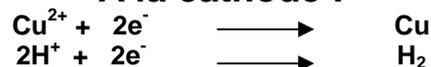
Il est conseillé dans tous les cas d'agiter mécaniquement les plaques de la cathode et de filtrer continuellement par le charbon actif afin d'assurer un dépôt pur et lisse. Les *réactions qui se produisent dans le bain sont :*

### A l'anode :

Toujours les même mécanismes qui se produisent dans tous les bains. Les réactions s'effectuent de la même manière.



### A la cathode :



**N.B** : on utilise les deux bains selon aux besoins de dépôt voulut. Si on veut déposer une grande quantité de cuivre sur les articles, on utilise le milieu acide sinon le milieu alcalin.

## Bain de nickelage



**Image 6 : Le bain du nickelage à la SADF.**

Le nickel 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. Les compositions et les conditions opératoires sont présentées ci dessous.

Composition du bain 1800 litres.

- Sulfate de nickel NiSO<sub>4</sub>.
- Chlorure de nickel NiCl<sub>2</sub>.
- Acide borique H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>.
- Additifs :  
Fixateur, Brillanteur, Mouillant, Nivelant, Purificateur R1 et R2.

Condition de travail.

- I=3 à 5 A/dm<sup>2</sup>.
- T=60°C.
- pH=3,8 à 5,5.
- t= 10 à 15 min.
- Baumé= 26 à 30.

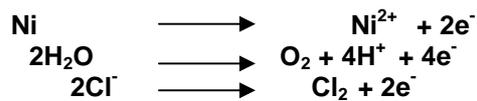
Si le pH diminue on ajoute l'acide borique, le rôle d'acide borique sert à diminuer le pH et à favoriser le blanchissement du Nickel

Le nickelage est effectuée en fixant les pièces à traiter sur la barre cathodique. L'anode est constituée d'**une grosse plaque de nickel pur** pour récompenser les pertes des ions de Ni<sup>2+</sup> déposés. L'agitation mécanique et la filtration des articles s'effectue en continu de l'électrolyte sur le charbon actif.

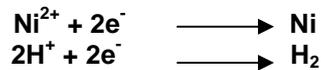
Lorsque le courant passe, les ions positifs du nickel migrent vers le pôle négatif et se déposent sous une forme de couche de métallique dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion.

*Réactions qui se produisent dans le bain :*

**A l'anode :**



**A la cathode :**



## Bain de Pré-argentage.



### Image 7 : Le bain de pré-argentage à la SADP.

C'est une étape qui dure entre 5 à 10 secondes et a pour but de déposer une faible couche de l'argent pour éviter toute transmission des impuretés au bain d'argentage.

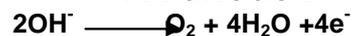
Les compositions du bain :

- Cyanure de potassium.
- Cyanure d'argent.
- Anode inox.
- Eau déminéralisé.

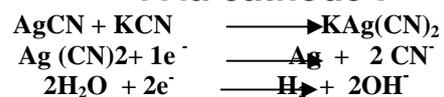
Les conditions de travail :

- Courant très fort.
- t=5 à 10 seconds.
- filtration sur charbon actif.
- Baume=14.

### A l'anode :



### A la cathode :



## Bain d'Argentage:



### Image 8 : Le bain d'argentage à la SADF.

Les dépôts électrolytiques d'argent sont blancs, de conductibilité thermique et électrique excellentes. Ils permettent d'assurer simultanément une bonne protection contre la corrosion.

On utilise dans la SADF les produits dont les conditions de travail qui sont citées ci-dessous :  
Compositions.

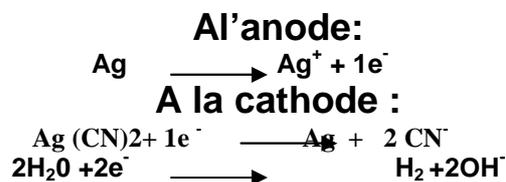
- Cyanure de potassium.
- Cyanure d'argent.
- Anode d'argent pur avec des anodes d'inox.
- Eau déminéralisée.
- Additif :
  - Silverlium brillanteur.
  - Silverlium base.
  - Epurateur d'argent R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> 1 litre par semaine.

Conditions de travail

- Courant 0,5 à 1A/dm<sup>2</sup>.
- t=10 à 15 min.
- T=60°C.
- filtration sur charbon actif.
- Baume=25.

Les articles sont fixés par un crochet sur la plaque cathodique à faible intensité de courant électrique. L'anode contient plusieurs **plaques d'argent pur à 99.9 %** pour récompenser les ions d'argent dans la solution et des plaques d'inox pour bien imposer le courant dans la solution.

*Réactions qui se produisent dans le bain :*



### A. Séchage.

Le séchage est un [procédé qui sépare](#) un liquide d'un solide, cette opération est [endothermique](#) et nécessite l'apport d'énergie thermique.

Les pièces bien traitées sont rincées puis séchées à des températures inférieures ou égale 130 °c.

# Calcul de la masse déposée et du rendement sur des articles en laiton

Calcul de la masse déposée

Calcul de la masse déposée et du rendement sur des articles  
en laiton

Le projet de fin d'études au sein de la **Société des Artisans Dinandiers de Fès** est un stage qui a comme objectif de suivre les processus de traitement de la surface des articles en métal, pour

avoir une étude sur la qualité final, on a utilisé comme échantillon cinq plaques du laiton de surface 0,6 dm<sup>2</sup> après avoir effectuer le polissage, Celle-ci sont pesées au préalable.

### i. Estimation de la masse déposée sur une plaque de laiton :

Le dépôt dans la galvanoplastie dépend de la densité du courant électrique imposé dans les bains qui est déterminée en appliquant la loi de Faraday :

$$Q = n \cdot F \cdot M_{th} / M ;$$

$$M_{th} = Q \cdot M / n \cdot F ;$$

On sait que :  $i = dq/dt \Rightarrow Q = \int_0^t i dt = I \cdot t$  car le courant est continue on le considère constant donc :

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

Avec :

**I** : intensité de courant en (A).

**t** : temps d'immersion en seconde.

**M<sub>th</sub>** : mass théorique en (g).

**n** : nombre d'électrons.

**F** : constante de Faraday 96500 c/mol.

**M** : mass molaire du métal en solution g/mol.

### ii. Rendement

Et le rendement se calcule par la formule suivant :

$$R = \frac{M_{ex}}{M_{th}} \times 100.$$

	Cuivre en milieu alcalin	Cuivre en milieu acide	Nickel	Argent
Température	30 °c	ambiante	60 °c	ambiante
Temps	10 min	15 min	15 min	10 min
Courant	5 A /dm <sup>2</sup>	5A/dm <sup>2</sup>	5A/dm <sup>2</sup>	0,5 A/dm <sup>2</sup>

Masse expérimentale	0.1g	0.2 g	0.3 g	0.15 g
Masse théorique	0.987 g	1.48 g	1.598 g	0.33 g
Rendement	10,13 %	13.51 %	18,86 %	45,4%

*Tableau des différents rendements du dépôt*

#### **Interprétation des résultats.**

Les résultats des rendements ne semblent pas logique car, le rendement est influencé par les paramètres suivants :

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

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

- Que le choix de l'ampérage doit prendre en considération le domaine de stabilité thermodynamique du métal en solution.
- Que l'eau utilisée doit être parfaitement déminéralisée et désinfectée par l'eau de javel.

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

## **Conclusion**

### *Conclusion*

Le principal but pour le quel j'ai effectué ce stage à la Société des Artisans Dinandiers de Fès a été réalisé en comprenant qu'un bon dépôt électrolytique dépend de plusieurs facteurs comme la concentration, la propreté du métal, le pH de l'électrolyte, la température, la densité de courant, de la solution et l'ajout des sels et des brillanters.

Cette technique est utilisée soit pour préserver l'objet de l'oxydation ou pour l'embellir

Enfin on peut conclure que la galvanoplastie apporte des changements chimiques, physiques et modifie les propriétés mécaniques. Si on utilise bien les techniques récentes et sophistiqués, on doit sûrement avoir les résultats satisfaisants.

### Liste des images

**Image 1 : Machine de découpage automatique.**

**Image 2 : Gravure de dessins traditionnels.**

**Image 3: Emballage en cartons.**

**Image 4 : Bain de dégraissage**

**Image 5 : Le bain de cuivrage alcalin en SADF.**

**Image 6 : Le bain du nickelage à la SADF.**

**Image 7 : Le bain de pré-argentage à la SADF.**

**Image 8 : Le bain d'argentage à la SADF.**

### Liste des figures

**Figure 1 : Organigramme de la société SADF**

**Figure 2 : les étapes de fabrication d'un article.**

**Figure 3 : Les étapes du dégraissage chimique.**

**Figure 4 : Mécanisme d'un tensioactif anionique**