



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Traitement de surface du laiton par électrolyse.

Présenté par :

◆ **ZOUHEIR Morad.**

Encadré par :

- ◆ **Pr Elhadi LAMCHARFI. (FST)**
- ◆ **Mr CHNOUNI Khammar. (SADF)**

Soutenu Le 13 Juin 2013 devant le jury composé de:

- **Pr SOUHA Hammou. (FST)**
- **Pr HARRACH Ahmed. (FST)**
- **Pr LAMCHARFI Elhadi. (FST).**
- **Mr CHNOUNI Khammar. (SADF)**

Stage effectué à la SADF

Année Universitaire 2012 / 2013

REMERCIEMENTS

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

Mes remerciements iront à l'endroit de :

Monsieur **TAHIRI JOUTI abderrafie** pour son accueil chaleureux, sa confiance.

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

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

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à mon encadrant de FST monsieur **LAMCHARFI Elhadi**.

J'aimerais tout particulièrement adresser mes sincères remerciements au chef de département génie chimique monsieur **CHAKRONE Said**.

Bref, mes remerciements les plus chers à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin chacun de sa manière, pendant la période du stage.

SOMMAIRE

<u>Introduction.</u>	1
<u>Chapitre I : Présentation de la SADF.</u>	
1) Historique.	2
2) Produit et production.	2
3) Structure de la société.	3
4) Clients.	3
5) Procédé de fabrication.	4
a) matière première.	La 4
b) chaîne de production.	La 4
i. Conception du prototype ou Modélisation.	Co 4
ii. Découpage.	Dé 5
iii. Gravure.	Gr 5
iv. Rectification.	Re 5
v. Polissage.	Fo 6
vi. Lustrage.	Li 6
vii. Décapage.	So 6
viii. Nettoyage.	Dé 7
ix. Décapage.	Po 7
x. Polissage.	Co 7
xi. Contrôle de la qualité.	Ra 7
xii. Rectification.	Tr 7
xiii. Traitement de surface.	7
xiv. Emballage.	E 7
<u>Chapitre II : Processus de traitement de surface adopté par la SADF.</u>	
1) Galvanoplastie.	8
2) Constitution des bains d'électrolyse.	9
3) Dégraissage.	10
a) dégraissage chimique.	Le 11

	b)	Le
	dégraissage électrolytique.	15
4)	Bains de dégraissage.	16
5)	Bains de rinçage.	17
6)	Bains de cuivrage.	17
7)	Bains de nickelage.	20
8)	Bains de pré-argentage.	21
9)	Bains d'argentage.	22
10)	Séchage.	23
11)	Calcul de la masse et du rendement des dépôts sur les articles en laiton.	23
12)	Interprétation des résultats.	27
	<u>Conclusion.</u>	28

Liste des tableaux

Tableau 1 : Propriétés détergentes de la soude.	
13	
Tableau 2 : Propriétés détergentes de carbonate de sodium.	14

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la SADF.	3
Figure 2 : Schéma d'un bain électrolytique.	
8	
Figure 3 : Surface d'un métal brut.	10
Figure 4 : Les étapes du dégraissage chimique.	12
Figure 5 : Réaction de saponification.	12
Figure 6 : Les structures développées des orthophosphates.	13
Figure 7 : Caractère tensio-actif du savon.	15
Figure 8 : Dégraissage électrolytique.	16

Liste des figures

Image 1 : Machine de découpage automatique.	5
Image 2 : Gravure de dessins traditionnels.	5
Image 3 : Limage manuelle et avec machine.	6
Image 4 : Une soudure réalisée avec un chalumeau.	6
Image 5 : Emballage en cartons.	7
Image 6 : Redresseur utilisée dans la SADF.	9
Image 7 : Bain de dégraissage électrolytique dans la SADF.	15
Image 8 : Les bains de rinçage dans la SADF.	17
Image 9 : Le bain de cuivrage alcalin à la SADF.	17
Image 10 : Le bain de cuivrage acide à la SADF.	19
Image 11 : Le bain du nickelage à la SADF.	20
Image 12 : Le bain de pré-argentage à la SADF.	21
Image 13 : Le bain d'argentage à la SADF.	22

Introduction.

INTRODUCTION.

L'objectif du projet de fin d'études effectué au sein de la *Société des Artisans Dinandiers de Fès* est de suivre les processus de traitement de la surface des articles en métal, d'étudier leur qualité finale. Selon les besoins des clients, on obtient une surface d'aspect, de couleur et de propriété bien déterminées qui peuvent varier en fonction de la chaîne de production et des modifications des propriétés physicochimiques. (Par exemple résister à la corrosion et répondre à la qualité).

Les dépôts sur laiton par électrolyse (galvanoplastie) sont effectués « au sein de la **SADF** en utilisant des bains électrolytiques selon une chaîne bien déterminée » par plusieurs types de métaux (à titre d'exemple le cuivre, le nickel et l'argent pur), avec des contrôles des bains pour répondre aux normes générales données dans des fiches techniques.

La **galvanoplastie** en général est une méthode simple pour transformer et améliorer l'aspect d'une surface métallique.

Le but de ce stage est de suivre cette méthode et de vérifier la rentabilité de dépôt de masse. De décrire, les différentes compositions des bains électrolytiques et leurs constitutions. Ces études sont effectuées sur cinq plaques du laiton témoins de 1 dm². Ces plaques ont subi des traitements de propretés et de lissage, et des dépôts dans les bains électrolytiques successifs.

Les contrôles sont suivis par : la mesure de pH, de densité et de la concentration. Ils sont comparés aux normes recommandées auxquelles doivent répondre les articles métalliques.

Chapitre I :

Présentation de la SADF.

Chapitre I : PRESENTATION DE LA SADF.

1) Historique.

la Société des Artisans Dinandiers de Fès se révèle sous l'abréviation "SADF". Créée en 1982, son activité principale est la fabrication d'articles de décoration à partir du métal, argent, laiton, cuivre et s'est spécialisée dans l'art de la table, l'aménagement des résidences et hôtels en créant des luminaires, des tables, des plateaux, théiers, coffrets, etc.

Consciente que la recherche et l'innovation sont primordiales dans ce secteur d'activité, SADF s'est préoccupé de la rénovation et de la création, en préservant un cachet traditionnel marocain et en le mariant avec un style contemporain.

En effet, un groupe de Maîtres artisans avait pensé de mettre en place une unité de production renfermant tout le processus de fabrication. Cela leur permettrait de préserver le produit artisanal, de le développer et de lui donner l'aspect qui réunit à la fois beauté, goût et qualité et sans oublier la prise en considération du côté coût pour qu'il soit abordable par la plupart des clients.

2) Produit et production.

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 par exemple : Luminaires, Tables, Tabourets, Miroirs, plateaux, théiers, Coffrets ou tout autre type d'article selon modèle.

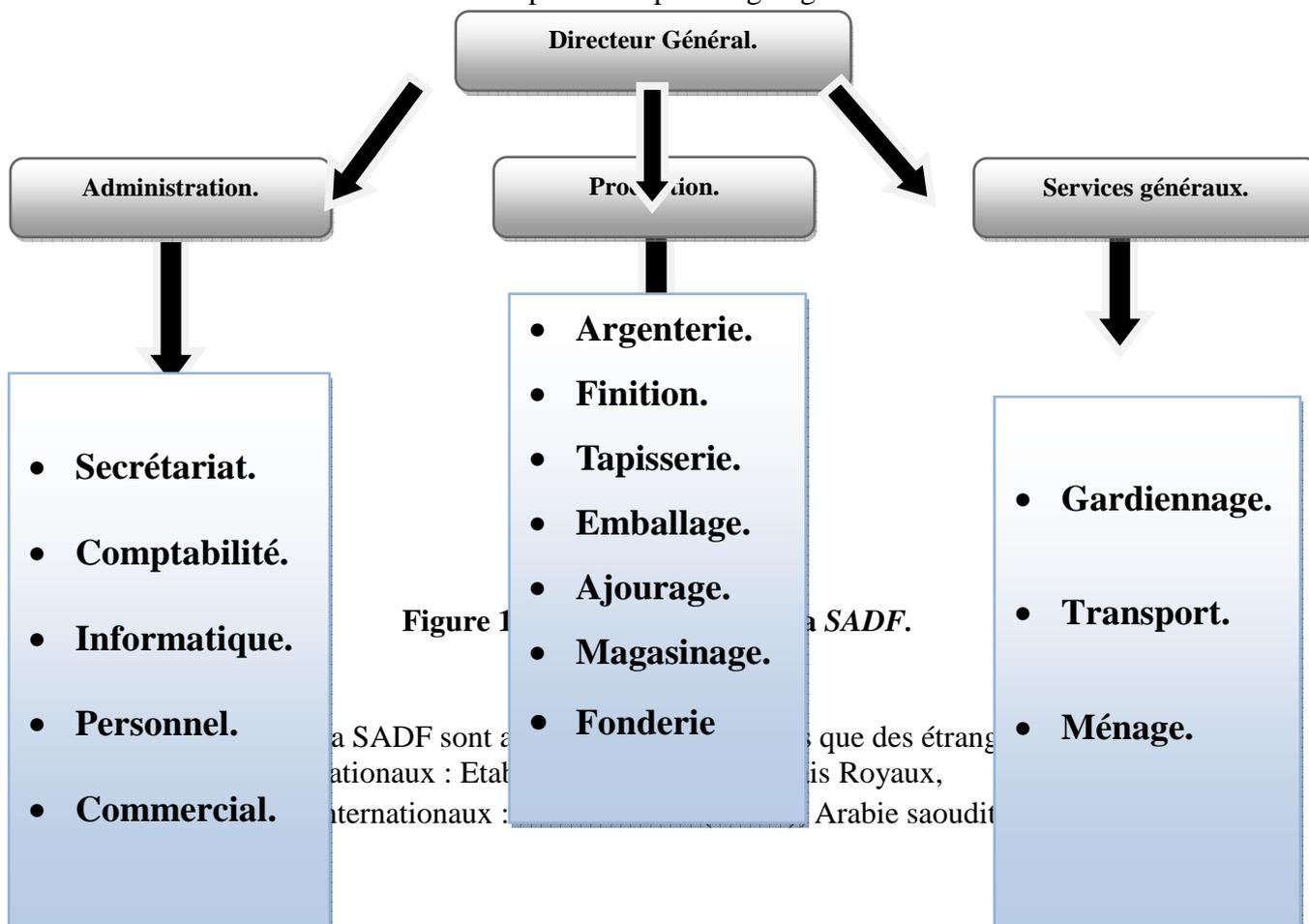
La découverte de nouvelles compétences et l'apprentissage des techniques de la dinanderie aux générations futures restent parmi les objectifs fondamentaux de la SADF.

La SADF a fait de grands pas sur le plan artistique et 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, la conformité comme tradition, et le "Style" comme "Contemporain". Elle s'efforce toujours à satisfaire les goûts de ses clients Marocains et étrangers, et ce malgré la concurrence acharnée des industries modernes.

A l'opposé de ce qui est connu dans l'ancienne médina de Fès, SADF a intégré un certain nombre d'artisans spécialisés dans différentes disciplines et dont l'habileté de leurs mains donne l'aspect original du produit. Signalons que la SADF a acquis une très bonne image de marque et une notoriété assez large pour pouvoir augmenter sa part de marché dans ce segment. Pour cela, la SADF a vu qu'il est temps d'élargir sa gamme de produits en offrant des produits en bois marié au laiton.

3) Structure de la société SADF.

La SADF est formée de 166 personnes, avec 16% de femmes et 84% d'hommes.
La structure de la société est représentée par l'organigramme suivant :



5) Procédé de fabrication.

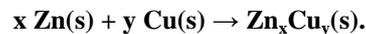
A la SADF et comme toute société le procédé de fabrication est l'un des principaux objectifs qu'il faut tenir compte lors de la production. Ce procédé dépend étroitement de deux éléments à savoir :

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

a) **La 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 évidemment 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.

Le laiton est obtenue par fusion du cuivre et du zinc à 900°C, selon l'équation suivante :



Remarque 1 : Les proportions de cuivre et zinc peuvent varier d'un laiton à un autre.

Le Laiton est choisi pour les propriétés suivantes :

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

Remarque 2 : Le Laiton est fragile, mais son alliage avec l'Aluminium augmente sa tenue lors d'un travail à chaud.

b) **La chaîne de production.**

1. Conception du prototype ou Modélisation :

Dans la SADF, des modélistes spécialisés élaborent un prototype pour continuer la production s'il est accepté. Le dessin de ce prototype se fait sur des feuilles qui seront collé sur des plaques en laiton brutes à traitées.

2. Découpage :



Image 1 : Machine de découpage automatique.

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

3. Gravure :

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



Image 2 : Gravure de dessins traditionnels.

Il est important de remarquer que ce procédé repose sur l'habileté des maîtres artisans qui exécutent des motifs décoratifs.

- Dessins traditionnels.
- Dessin Modernes.
- Dessin voulu par les clients.

4. Repoussage :

C'est la mise en forme des pièces produites à partir d'un disque de tôle. On distingue deux types :

- Manuel.
- Automatique.

5. Fonderie :

Les chutes de laiton provenant de différentes étapes précédentes sont conduites à la fonderie pour reproduire un article désiré.

Cette fabrication se déroule en trois étapes :

- Fabrication d'une moule appropriée et c'est à partir d'un sable particulier.
- Fonder les chutes de laiton avec quelques grammes d'aluminium.
- Moulage qui consiste à couler l'alliage fondu dans les moules pour fabriquer des nouveaux articles.

NB : les pièces provenant de la fonderie ont des irrégularités qui nécessitent des corrections pour donner les formes et les décorations désirées.

6. Limage :

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



Image 3 : Limage manuel et mécanique.

7. Soudure :

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



Image 4 : Une soudure réalisée avec un chalumeau.

8. Décapage :

C'est l'élimination, mécanique ou chimique de toutes les traces d'impuretés et des couches d'oxydes formées à la surface des objets, par les acides forts et concentrés HNO_3 , H_2SO_4 et HCl .

9. Polissage :

Sert à rendre lisses et brillants les articles par des différents matériaux tournant à grande vitesse avec une pâte à polir.

10. Contrôle de qualité :

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

11. Ravivage :

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

12. Traitement de surface :

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

13. Emballage :

Réalisé par trois équipes :

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



Image 5 : Emballage en cartons.

Chapitre II :

Processus de traitement de surface adopté par la SADF.

Les faibles densités donneront un dépôt formé de gros grains (aspect brillant) car les cristaux métalliques ont le temps de s'organiser, les densités fortes donneront des grains fins (aspect mat), les densités très fortes donneront des dépôts brûlés (aspect noir) avec dégagement d'hydrogène.

2) Constitution des bains d'électrolyse:

Cuve : qui est protégé contre toutes les attaques corrosives de certains électrolytes car elle est revêtue 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 des réactions électrochimiques qui se font en solution. Pour cela les cuves de la **SADF** sont équipées d'un système de chauffage réalisé par des thermoplongeurs avec une régulation thermostatiques, pour que la température reste constante au niveau du bain. Ces thermoplongeurs sont plongés au bord du bain et l'énergie dégagée sous forme de chaleur se conduit par conduction et parfois par convection si la température est élevée. Pour éviter l'échange de cette énergie avec le milieu extérieur, on utilise des boules en plastique qui flottent sur toute la surface du bain électrolytique.

Générateur : est la source d'énergie électrique en courant continu, (pour avoir des charges positives et négatives aux bornes de ce redresseur qui dirigent les ions en solution par **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 Potensio-stat qui permet d'imposer un courant constant.



Image 6 : Redresseur utilisée dans la SADF.

Les électrodes : en général, on utilise des électrodes métalliques de première espèce «c'est le cas d'une électrode métallique en contact avec son ion en solution ». Le choix des électrodes est en fonction de la nature des bains utilisés. Dans certain cas on peut utiliser des électrodes d'inox et de fer.

Agitation est effectuée : mécaniquement, par vibration des articles sans agiter la solution ou bien par barbotage de la solution.

Filtration : la solution est filtrée par une pompe qui contient le charbon actif pour éliminer les traces d'impuretés (poussière, micro-organismes etc...), une filtration continue sur le charbon actif est indispensable pour obtenir une couche de métal propre et lisse déposée sur l'article.

3) Dégraissage.

Le traitement par voie électrolytique nécessite des surfaces propres de toute pollution qui peuvent diminuer la qualité de l'article. Un nettoyage au préalable de la superficie est nécessaire pour éliminer les graisses, les huiles et les oxydes métalliques.

le dégraissage étape importante pour assurer la mouillabilité à l'eau et d'éviter tout caractère hydrophobe indésirable dû aux matières grasses qui peuvent influencer la qualité du produit final.

Il est donc nécessaire d'éliminer les 3 grandes catégories de souillures suivant :

- Les **graisses et huiles** par des opérations de DEGRAISSAGE
- Les **oxydes** (la rouille et la calamine) par des opérations de DECAPAGE

Surface d'une pièce non préparée

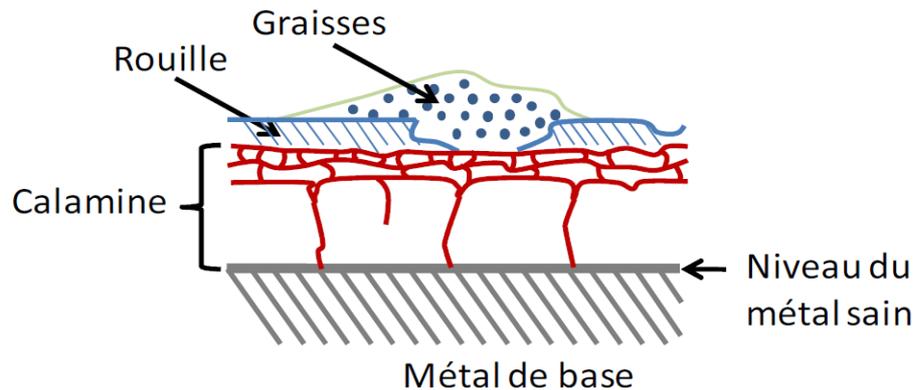


Figure 3 : Surface d'un métal brut.

Il y a deux types de dégraissage :

- Chimique.
- Electrolytique.

a) Le dégraissage chimique.

On utilise des produits chimiques pour nettoyer l'aspect extérieur de la pièce. Ce dégraissage se fait par voie aqueuse ou semi aqueuse dont on note la présence des solutions alcalines, neutres, émulsionnable etc. ... Ce dégraissage met en jeu les réactions de saponification et les phénomènes tensioactifs.

Le choix des solutions de dégraissage n'était pas au hasard, une étude au préalable des agents de dégraissage est effectuée pour un fonctionnement efficace. La SADF utilise principalement des détergents alcalins.

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

- Il doit constituer une réserve d'alcalinité suffisante, plus ou moins importante selon la nature de la souillure à éliminer. Le pH doit être maintenu constant malgré la saponification des graisses, la neutralisation d'acides.
- Il doit être soluble et possède une tension superficielle faible, un bon pouvoir mouillant, émulsionnant, et dispersant.
- Il doit être stable et résistant aux températures d'utilisation.
- Il doit être insensible aux eaux dures et pour cela, il complexera ou inhibera les sels alcalino-terreux et notamment Mg^{2+} et Ca^{2+} de la dureté.
- Facile au rinçage après l'opération de nettoyage en éliminant la combinaison "souillure -détergent" pour laisser un film résiduel d'eau.

La matière première idéale qui possède toutes ces qualités n'existe pas, il faut donc associer différents produits de base afin d'obtenir un produit satisfaisant.

Les différents produits chimiques qui sont utilisés dans la SADF pour un dégraissage efficace seront étudiés par la suite.

Le principe de dégraissage chimique : Les pièces sont immergées 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 re-déposition des corps gras sur la surface du métal.

Donc cette méthode repose sur trois actions : Les dissoudre les solubiliser et les décoller et les empêcher de se déposer.

- **La dissolution** : La base minérale (NaOH. En général) attaque les graisses et les transforme en savon.
- **Le décollement** : le mouillant se glisse entre le métal et la graisse
- **Émulsifiassions** : les tensio-actifs (AB40 ou bien phosphate trisodique , DEX ou Presol utilisés à la SADF) vont fractionner les particules de graisses instables pour qu'elles se dispersent en gouttes de très petite taille qui deviennent finalement stable et facile à rincer.

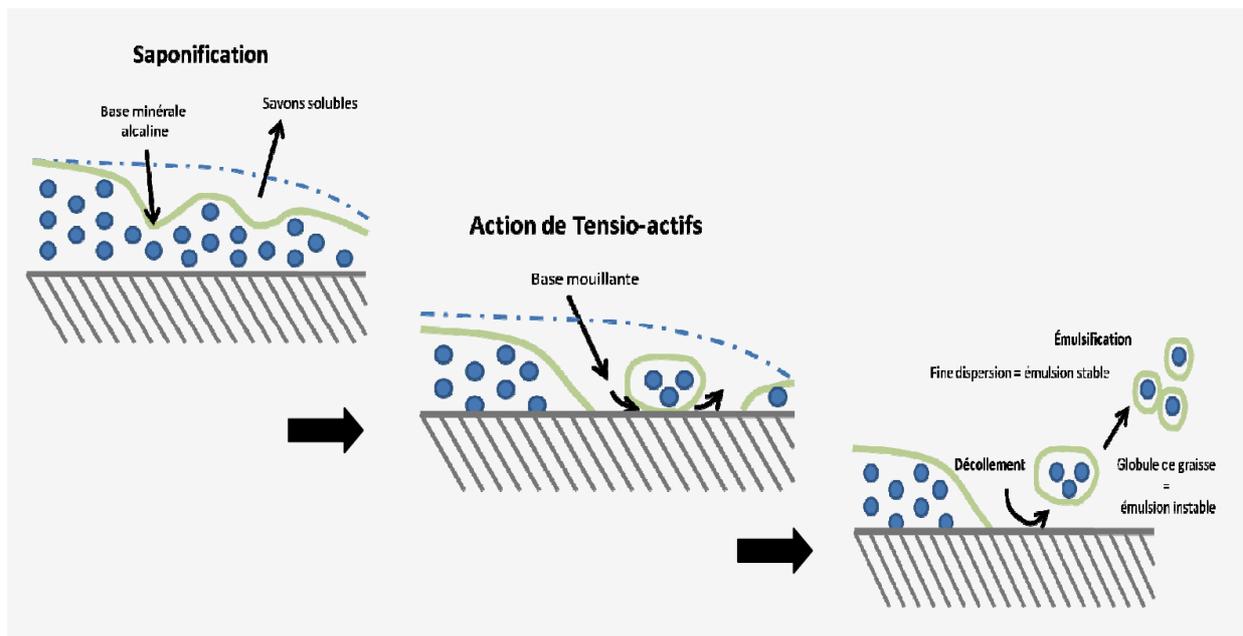
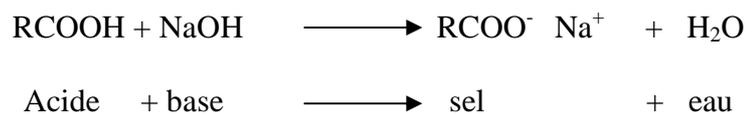


Figure 4 : Les étapes du dégraissage chimique.

On utilise comme produit de dégraissage la soude caustique ou hydroxyde de sodium, les phosphates alcalins et notamment phosphate trisodique (Na_3PO_4), le carbonate de sodium (Na_2CO_3) et d'autre produit commercial.

i. Propriétés chimiques de la soude :

La soude est un alcalin puissant qui neutralise tous les acides en donnant des sels de sodium selon la réaction suivante :



C'est la matière première la plus utilisée pour apporter de l'alcalinité ou causticité. Par elle même, elle ne possède pas de propriétés détergentes mais elle apporte une réserve d'alcalinité permettant la neutralisation des acides gras et la saponification des corps gras d'origine animale ou végétale.

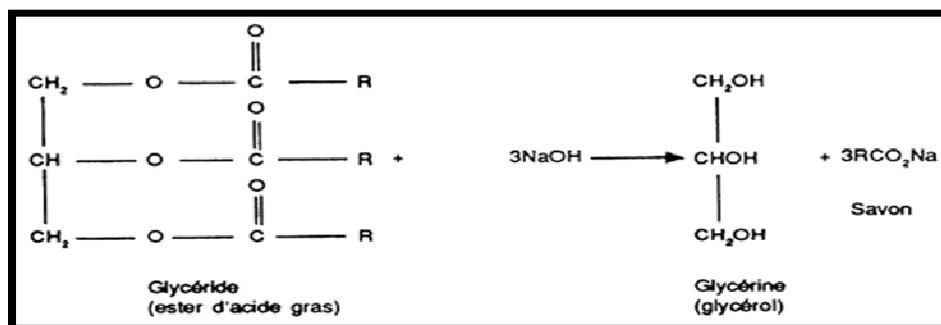


Figure 5 : Réaction de saponification.

La première action du détergent est représenté par la figure 4.

Mouillance.	Pas d'abaissement de la tension superficielle.
Emulsion.	Pas d'action directe mais favorise l'action des agents émulsifiants.
Dissolution.	Hydrolyse de la matière organique, très efficace grâce à son alcalinité.
Saponification.	excellente, surtout à haute température.
Dispersion.	Pas d'effet.
Anti re-déposition.	Pas d'effet.

Tableau 1 : Propriétés détergentes de la soude.

ii. Les phosphates alcalins :

La SADF utilise essentiellement les orthophosphates (phosphates trisodiques). Les orthophosphates sont préparés industriellement en neutralisant l'acide phosphorique par le carbonate de sodium.

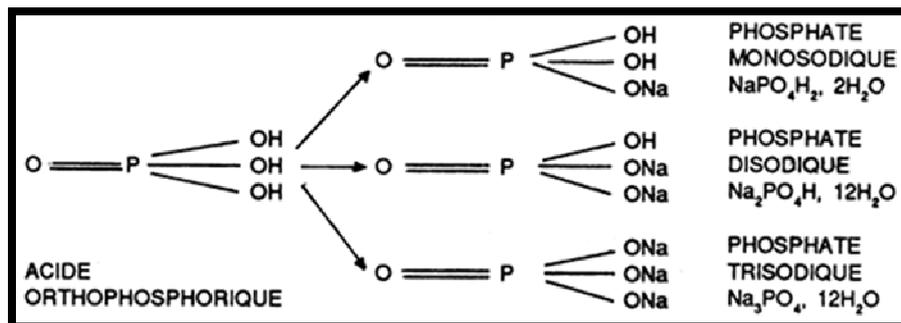


Figure 6 : Les structures développées des orthophosphates.

Propriétés détergentes des phosphates alcalins :

- Les phosphates possèdent un excellent pouvoir dispersant favorise la troisième action représentée par la figure 4.
- Ils ont une action synergique vis-à-vis des agents tensio-actifs.
- Ils sont de très bons agents tampons.
- Ils améliorent le rinçage des détergents en général.
- Leurs excellentes propriétés de détergentes et complexant sont malheureusement contrebalancées par leur hydrolyse à chaud qui transforme rapidement leurs structures.

iii. Le carbonate de sodium CO₃ Na₂ :

Le carbonate de soude se dissout mal dans l'eau froide parce qu'il se prend immédiatement en grumeaux par formation des cristaux de soude au contact de l'eau. La solubilité maximale est obtenue à des températures comprises entre 31 °C et 35 °C. Au-dessus, la solubilité diminue de nouveau.

C'est un Alcalin moyen, il neutralise tous les acides en donnant des sels de sodium et en dégageant du gaz carbonique. L'alcalinité est plus faible que celle obtenue par la soude, mais elle reste stable. En effet, en solution, la soude a tendance à se transformer en carbonate de soude. Le pH d'une solution à 1% est de 11,4.

- Faiblement hygroscopique, il absorbe, à la longue, l'humidité et se transforme en $\text{CO}_3\text{Na}_2 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$ qui durcit.
- L'hydrolyse de la matière organique est beaucoup plus faible qu'avec la soude.
- Il est facile au rinçage

Mouillance.	Pas d'abaissement de la tension superficielle.
Emulsion.	Pas d'action directe mais favorise cette action.
Dissolution.	Par hydrolyse de la matière organique. Faible par manque d'alcalinité.
Saponification.	De la matière grasse moins rapide qu'avec la soude.
Dispersant.	Pas d'action.
Antitartre.	Favorise la précipitation de la dureté carbonatée.

Tableau 2 : Propriétés détergentes de carbonate de sodium.

Il est utilisé comme détergents industriels d'une part pour son alcalinité et d'autre part comme électro charge pour fixer la partie liquide du détergent poudreux.

L'utilisation de tous ces produits n'est pas suffisante, les expériences montrent que l'ajout des agents tensioactifs tels que le savon, donne une action remarquable sur l'efficacité du dégraissage.

iv. Propriétés tensioactifs des savons

Soit une surface métallique encrassée par des gouttes d'huile ou de graisse (phase organique) plongée dans un liquide de nettoyage (savon, autres tensioactifs, NaOH...) généralement aqueux. Une tension s'exerce entre ces deux phases par les forces d'hydratation et de solvation des deux solvants, (les molécules organique hydrophobes solvatent la goutte d'huile et l'eau hydrate les molécules polaire hydrophiles...). Les tensioactifs présentent dans leurs structures organiques deux parties principales : une tête hydrophile, une queue hydrophobe (soluble dans la phase organique).

caractère tensio-actif des acides gras (exemple dans corps gras) :

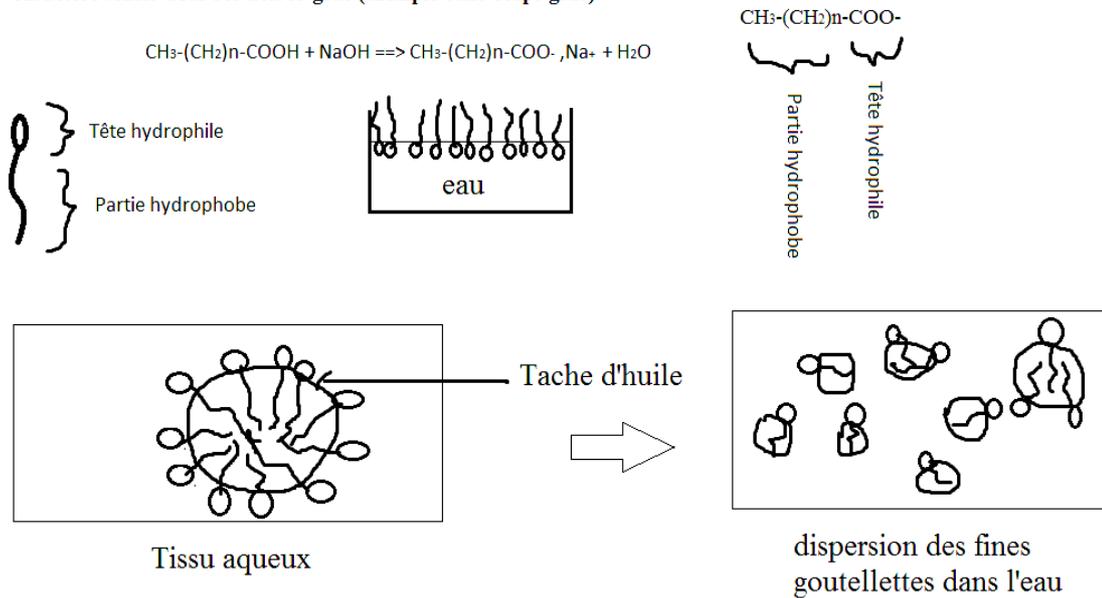


Figure 7 : caractère tensio-actif du savon

b) Le dégraissage électrolytique :



Image 7 : Bain de dégraissage électrolytique dans la SADF

Il a le même principe que le dégraissage chimique. On utilise les mêmes produits, mais on impose une densité de courant, constante par un générateur de courant continu, à la solution par des électrodes "anode d'inox". Dans la SADF, tout le bain est utilisé comme **anode de fer inoxydable** et les pièces à traiter comme cathode. La densité de courant favorise l'élimination des graisses et des huiles présentes sur la surface des pièces.

Toutes les pièces, sans exception sont immergées dans ce bain qui est de 1800 litres.

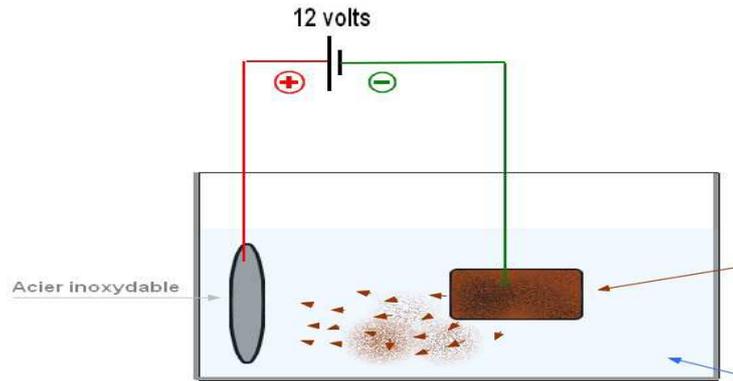


Figure 8 : Dégraissage électrolytique.

Généralement la pièce à traiter est reliée à l'anode, siège d'oxydation.

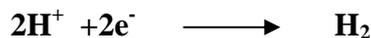
4) Bain de dégraissage :

Le bain contient les produits suivants :

- Des tensioactifs Dex ou presol 120 kg /bain.
- AB 40 1 kg.
- Eau déminéralisée.
- Cyanure de sodium et soude(NaOH).

Ou bien parfois les produits suivants :

- Cyanure de sodium 100 kg/bain.
- La soude caustique 70 kg.
- Eau déminéralisée.
- Carbonate de sodium 18 kg.
- Phosphate trisodique 20 kg.



On observe un important dégagement d'hydrogène. La forte alcalinité qui entoure la pièce une saponification et une émulsion décrite 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, attirées par la charge positive imposée à l'anode.

Les conditions de travail :

- Température ambiante.
- Le courant de 10 A/dm² ou plus.
- Temps d'immersion(t=5mins).

5) Bains de rinçage :



Image 8 : Les bains de rinçage à la SADF.

Les opérations de rinçages se situent entre chaque opération de bain actif. Les pièces traitées aux bains de dégraissage sont rincés 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, les pièces seront immédiatement immergées dans la cuve d'électrolyse. Tout retard conduit l'oxydation invisible de la surface qui échoue la galvanoplastie.

6) Bain de cuivrage :

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 ou 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) **Cuivrage alcalin**



Image 9 : Le bain de cuivrage alcalin en SADF.

Le bain contient les produits suivant :

- Cyanure du cuivre 37,5 g/l.
- Soude caustique 10 g/l.
- Cyanure de sodium 25g/l.
- Ultimal brillanteur.
- Ultimal base.
- Sel n°11 et n°2 qui ont comme rôle la conduction du courant.

Les conditions opératoire sont :

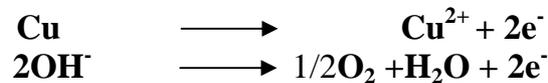
- Température-35°C à 40°C.
- pH =11.
- Baumé est de 13.
- Temps d'immersion(t= 5 à 10mins).
- I=0.5 à 3A/dm².

Les pièces à cuivrer sont reliées à la cathode. L'anode est de cuivre pur.

Réactions qui se produisent dans le bain :

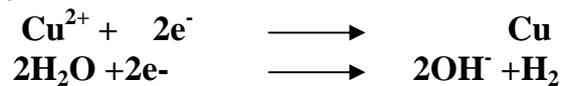
A l'anode :

L'anode se dissocie en donnant du cuivre II et en libérant des électrons dans la solution riche en cations Cu²⁺. 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 (siège de la réduction). Les cations métalliques en solution captent les électrons imposés par le courant (borne négative), selon les demi-réactions suivantes :



b) Bain de cuivre acide.



Image 10 : Le bain de cuivrage acide à la SADF.

La composition du bain :

- Sulfate de cuivre(CuSO_4) 50 à 60 g/l.
- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré.
- Anode plaque de cuivre contenant une portion de phosphore.
- Additives :
 - Brillanteurs.
 - Cubrac nivelant.
 - Cubrac brillant.
 - Cubrac base.

Les conditions opératoires sont :

- $I=0.15\text{A}/\text{dm}^2$.
- $t=15$ à 20min .
- l'aire ambiant.
- $\text{pH}=4,5$ ou moins.
- Baumé= 19 à 25 .

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

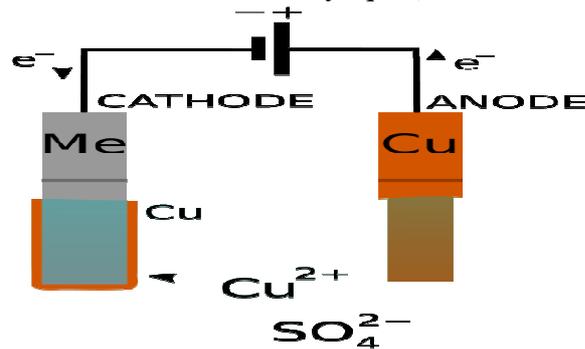
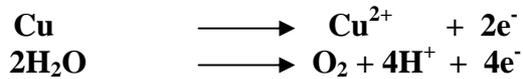


Figure 9 : Schéma du bain de cuivre acide.

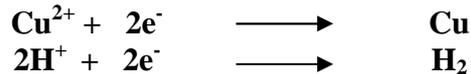
Il est conseillé dans tous les cas d'agiter mécaniquement les plaques de cathode et de filtrer continuellement par le charbon actif afin d'assurer un dépôt pur et lisse. Les réactions qui se produisent dans le bain sont :

A l'anode :

Les mêmes mécanismes 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 les besoins du dépôt souhaité.

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

7) Bain de Nickelage.



Image 11 : Le bain du nickelage à la SADF.

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. Les compositions et conditions opératoires sont présentées ci dessous.

Les compositions du bain de 1800 litres.

- Sulfate de nickel NiSO_4 300 g/l.
- Chlorure de nickel NiCl_2 80 g/l.
- Acide borique H_3BO_4 48 g/l.
- Additifs :
 - Fixateur.
 - Brillanteur.
 - Mouillant.
 - Nivelant.
 - Purificateur R1 et R2.

Les conditions opératoires.

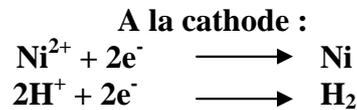
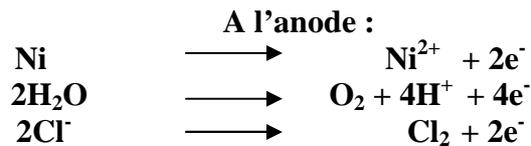
- $I=3$ à 5 A/dm^2 .
- $T=60^\circ\text{C}$.
- $\text{pH}=3,8$ à $5,5$.

- $t = 10$ à 15 min .
- Baumé = 26 à 30 .

Si le pH diminue, on ajoute l'acide sulfurique ou bien l'acide borique. ce dernier réduit le pH et blanchisse 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 compenser les pertes des ions de Ni^{2+} déposés. L'agitation mécanique des articles, Une filtration 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 métal dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion. Réactions qui se produisent dans le bain :



8) Bain de Pré-argentage.



Image 12 : Le bain de pré-argentage à la SADF.

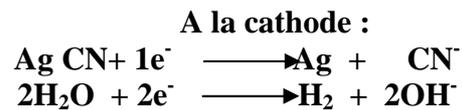
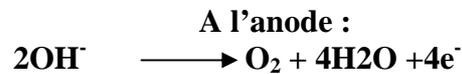
C'est une étape qui dure entre 5 à 10 secondes. Elle a pour but de déposer une faible couche d'argent pour éviter toute transmission des impuretés au bain d'argentage.

Les compositions du bain :

- Cyanure de potassium 150 g/l.
- Cyanure d'argent 14 g/l.
- Anode inox.
- Eau déminéralisé.

Les conditions opératoires :

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



9) Bain d'Argentage:



Image 13 : Le bain d'argentage à la SADF.

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

la SADF utilise les produits et les conditions de opératoires citées ci-dessous :

les compositions du bain sont :

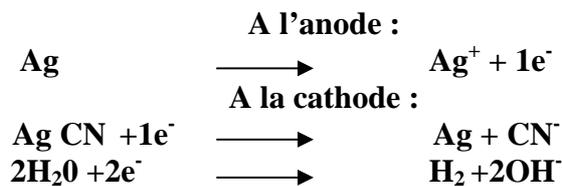
- Cyanure de potassium 150g/l
- Cyanure d'argent 36 g/l.
- Anode d'argent pur avec des anodes d'inox.
- Eau déminéralise.
- Additif :
 - Silverlium brillanteur 150g/l.
 - Silverlium base 100g/l.

- Epurateur d'argent R₁ et R₂ 1litre par semaine.

Les conditions opératoires :

- Courant 0,5 à 1A/dm².
- t=10 à 15 min.
- T=60°C.
- filtration sur charbon actif.
- Baume=25.

Les articles sont reliés à la plaque cathodique du bain à faible intensité de courant électrique. L'anode contient plusieurs **plaques d'argent pur à 99.9 %** pour compenser les ions d'argent dans la solution et des plaques d'inox pour imposer le courant dans la solution.
les réactions qui se produisent dans le bain :



10) Séchage.

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

Remarque :

Les anions SO₄²⁻, Cl⁻, CN⁻ et OH⁻ et les cations Na⁺ et 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.

11) Calcul de la masse déposée et du rendement du dépôt sur les articles en laiton :

Notre étude est portée sur cinq plaques du laiton d'une surface de 1 dm² et 1mm d'épaisseur, préalablement polie, dégraissée et pesées.

Estimation de la masse déposée sur une plaque de laiton :

Le dépôt dans la galvanoplastie dépend de la quantité d'électricité imposée 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 continu et 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_{th} : mass théorique en (g).

n : nombre d'électrons.

F : constante de Faraday 96500 c/mol.

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

Et le rendement se calcule par :

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

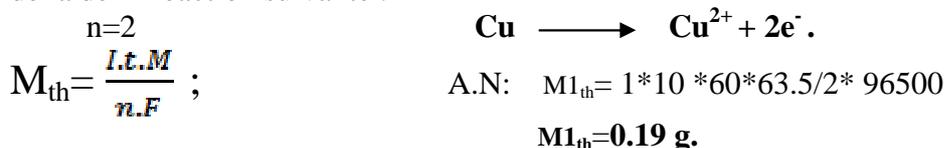
Plaque Cu Al :

On a immergé cette plaque pendant **10 mn** dans le bain de cuivre alcalin avec un courant de **1 A/dm²**. La **masse expérimentale** obtenue est :

$$M_{1ex} = \text{masse après dépôt} - \text{masse avant dépôt}$$
$$M_{1ex} = 84,36 - 84,24 = 0,12 \text{ g.}$$

La **masse théorique** calculée est :

La masse molaire de cuivre est de $M = 63.5 \text{ g/mol}$ et le nombre d'électron est déterminé de la demi réaction suivante :



Le **rendement** de cette opération :

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

A.N:

$$R_1 = 0.12 / 0.19 = 63.15\%.$$

Plaque Cu AC :

On a immergé cette plaque pendant **15 mn** dans le bain de cuivrage acide à un courant de **7A/dm²**. La **masse expérimentale** obtenue est :

$$M_{2ex} = 86,63 - 84,66 = 1,97 \text{ g.}$$

La **masse théorique**:

La masse molaire de cuivre est de $M = 63.54 \text{ g/mol}$ et le nombre d'électron est déterminé de la même demi réaction. $n=2$

$$M_{2th} = 7 * 15 * 60 * 63.54 / 2 * 96500;$$
$$M_{2th} = 2.03 \text{ g.}$$

Le **rendement** :

$$R_2 = 97\%.$$

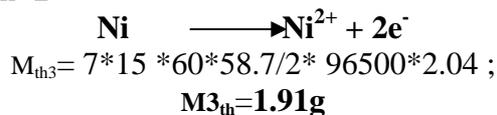
Plaque Ni D :

On a immergé cette plaque pendant **15 mn** dans le bain de nickelage à un courant de **7 A/dm²**. La **masse expérimentale** obtenue est :

$$M_{3ex} = 86,43 - 84,61 = 1,82 \text{ g.}$$

La **masse théorique**:

La masse molaire de Nickel est de $M = 58.7 \text{ g/mol}$ et le nombre d'électron est déterminé de la demi réaction suivante : $n=2$



Le **rendement** :

$$R_3 = 95.28 \% .$$

Plaque Ag D :

On a immergé cette plaque pendant **10mn** dans le bain d'argentage à un courant de **0.5A/dm²** la **masse expérimentale** obtenue est :

$$M_{4ex} = 84,57 - 84,42 = 0.15 \text{ g.}$$

La masse théorique:

La masse molaire d'argent est de $M = 107.9 \text{ g/mol}$ et le nombre d'électron est déterminé de demi réaction suivante : $n=1$

$$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + 1e^-$$
$$M_{th4} = 0.5 * 10 * 60 * 107.9 / 1 * 96500 * 2.04 ;$$
$$M_{4th} = 0.16 \text{ g}$$

Le rendement :

$R_4 = 93.75\%$

La cinquième plaque notée G :

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

La masse expérimentale obtenue est :

$$M_{ex} = 87,73 - 84,53 = 3.2 \text{ g.}$$

La masse théorique :

Est la somme des masses théoriques calculées de chaque bain :

$$M_{th} = M_{1th} + M_{2th} + M_{3th} + M_{4th} ;$$
$$M_{th} = 4.29 \text{ g.}$$

Le rendement :

$R = 74.59 \%$

12) Interprétation des résultats.

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

Les rendements sont trop élevés, normalement ces valeurs ne doivent pas dépasser les 75% ceci est dû aux :

- Pertes des ions métalliques au niveau des crochets qui lient les articles à la cathode.
- L'effet que la concentration de la solution qui diminue pendant l'électrolyse.
- La température, le pH, l'agitation, la filtration qui varient au cours du processus du dépôt.
- Le temps de la migration des ions dans la solution plus long.
- La succession d'immersion entre des bains mélange les différentes solutions.
- Utilisation des matériels archaïques

Pour trouver des résultats satisfaisants il faut :

- nettoyer les bains électrolytiques par filtrations en continu au charbon actif.
- Oxyder les impuretés par KMnO₄ et H₂O₂.
- déminéraliser l'eau utilisée et le désinfecter par l'eau de javel.
- Le choix de l'ampérage doit être pris en considération dans le domaine de stabilité thermodynamique du métal en solution.
- Que la concentration du cyanure libre soit respectée.
- Prendre en considération des produits purs de brillants, fixateurs et conducteurs.

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

Pour améliorer la qualité et le rendement il faut :

- Immerger suffisamment les articles dans le bain de dégraissage.
- Que les solutions soient propres et parfaitement agitées à une température maintenue constante.
- Faire des mesures précises de la masse et du volume des produits.
- Contrôler les bains au fur et à mesure de l'utilisation par des techniques récentes.
- Faire des entretiens des bains en respectant les normes exigées.
- Les redresseurs soient automatiques et équipés par des afficheurs électroniques et d'indicateurs d'approximation.
- Le nettoyage et la filtration doit être en continu le long de la galvanoplastie

Conclusion.

CONCLUSION

Selon les besoins des clients, la *Société des Artisans Dinandiers de Fès* effectue des traitements de la surface des articles en métal, pour obtenir une surface d'aspect, de couleur et de propriété bien déterminées. Ces caractéristiques peuvent varier en fonction de la chaîne de production et des modifications des propriétés physicochimiques.

Les dépôts sur laiton par électrolyse (galvanoplastie) sont effectués au sein de la **SADF** en utilisant des bains électrolytiques selon une chaîne bien déterminée et par plusieurs types de métaux.

Au cours de cette étude, il s'est avéré 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.

Il faut signaler que la SADF ne possède pas de laboratoire de contrôle et du dosage des éléments chimiques. Les redresseurs utilisés ne sont pas contemporains, 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 de 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.

Les rendements trop élevés montrent que la galvanoplastie utilisée par la SADF reste une méthode non précise, mais utilisable.

Un matériel de précisions et sophistiqués, et un laboratoire de contrôle et de mesure donneront sûrement des résultats satisfaisants.

Référence bibliographies.

Référence bibliographique :

[http://fr.wéqikipedia.org/wiki/cuivrage.](http://fr.wéqikipedia.org/wiki/cuivrage)

[http://www.ampere.com/fr/nickel.php.](http://www.ampere.com/fr/nickel.php)

<http://www.ampere.com/fr/brass.php>

[http://poubelles.be/laiton.php.](http://poubelles.be/laiton.php)

Des Fiches techniques de la Société des Artisans Dinandiers
de Fès.