

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIEFILIERE

MECANIQUEOPTION

N° :



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE DE MECANIQUE

OPTION : GENIE DES MATERIAUX

Mémoire présenté pour l'obtention

du diplôme de Master Académique

Par :ZALAMI SARA ET LAMARI AMEL

Intitulé :

**Contribution à l'étude du phénomène de
dépassivation de matériaux métalliques**

Soutenu devant le jury composé de:

Makri Houcine

Université M'sila

Président

BENKHERBACHE HOURIA

Université M'sila

Rapporteur

Arslene Mostapha

Université M'sila

Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

La réalisation de ce travail n'a été possible que grâce à DIEU et à la contribution de plusieurs personnes que nous remercions infiniment.

Nous tenons à remercier notre directrice de recherche

Mme BENKHERBACHE Houria

pour ses précieux conseils, son aide et ses encouragements.

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont

porté

à notre travail.

Nous remercions nos familles pour tous les soutiens moral et matériel apporté

pendant ces années d'étude-jusqu'ici.

Évidemment, nous remercions tous nos amis car ils comptent tellement

Pournousavoir encouragé pendant nos études.

Enfin nous tenons à remercier, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la

réalisation de ce travail.

Dédicace

A NOS PARENTS SI CHERS ET PRÉCIEUX, QUI ONT
TOUJOURS ÉTÉ LÀ POUR NOUS AVEC LEUR
SOUTIEN, SACRIFICES ET LEUR AMOUR ET QUI
NOUS ONT DONNÉ UN MAGNIFIQUE MODÈLE
DE LABEUR ET DE PERSÉVÉRANCE.

A NOS TRÈS CHERS FRÈRES ET SOEURS,
ET TOUTE LA FAMILLE

A NOS AMIS (ES)

Sommaire:

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA CORROSION DES MATERIAUX METALLIQUE	
I. Introduction.....	3
I.1. Notions sur le phénomène de corrosion.....	3
I.1.1. Définition de la corrosion.....	3
I.2. Types de la corrosion.....	3
I.2.1 La corrosion uniforme:.....	3
I.2.2 La corrosion galvanique.....	4
I.2.2 La corrosion par piqûre.....	4
I.2.3 La corrosion caverneuse.....	5
I.2.4: La corrosion sélective.....	5
I.2.5 La corrosion intergranulaire.....	6
I.2.6 La corrosion-érosion	6
I.2.7 La corrosion sous contrainte.....	7
I.2.8 Fragilisation par hydrogène.....	8
I.3 potentiel de corrosion.....	8
I.4 Cause de la corrosion.....	8
I.5 Les facteurs de la corrosion.....	9
I.5.1 Effet de la température.....	10
I.5.2 Effet de l'acidité.....	10
I.5.3 Régime hydrodynamique.....	10
I.5.4 La salinité.....	10
I.3. Les matériaux métallique.....	10
I.3.1 .les aciers.....	11
I.3.2 les cuivres.....	11
I.3.3 les aluminiums.....	11

CHAPITRE II LA DEPASSIVATION DES MATERIAUX METALLIQUES

II.1 La couche passive.....	13
II.2.Les méthodes de prévention.....	13
II.2.1. La protection électrochimique.....	14
II.2.1.1.Protection cathodique.....	14
II.2.1.2.Protection anodique.....	14
II.2.1.3.Protection par anode sacrificielle.....	14
II.2.2. Revêtement.....	15
II.2.2.1.Les revêtements métalliques.....	15
II.2.2.2.Les couches de conversion.....	15
II.2.2.2.1. L'anodisation.....	15
II.2.2.2.2 La phosphatation.....	15
II.2.2.2.3 La chromisations.....	16
II.2.2.3. Les revêtements organiques.....	16
II.2.3. Prévention par le choix du matériau.....	16
II.2.4. Prévention par une forme adaptée des pièces.....	16
II.2.4.1. Zones humides.....	16
II.2.4.2. Contraintes.....	17
II.2.4.3. Ecoulement des fluides.....	17
II.2.4.4. Endroits inaccessibles.....	18
II.2.4.5. Contact entre matériaux différents.....	18
II.3.Les films passifs	19
II. 3.1.Le mecanisme de dissolution localisee du film	19
II.3.2Explication et principales du film passif	20

CHAPITRE III

TRAITEMENT DE SURFACE D'ALUMINIUM

III.1Introduction.....	23
III.1.2.Traitements des surfaces d'aluminium.....	23
III.1.2.1.La présence de l'Aluminium.....	24
III.1.2.1.1 La structure d'Aluminium.....	24
III.1.2.1.2.Elaboration.....	25
III.1.2.1.3 Objectif de la préparation de surface des alliages d'aluminium.....	25

<i>III.1.2.1.4</i> Les propriétés d'aluminium.....	26
<i>III.1.2.1.4.1</i> les propriétés mécaniques.....	26
<i>III.1.2.1.5</i> Contraintes mécaniques élevées.....	26
<i>III.1.2.2.L'alliage d'aluminium 6063</i>	27
III.1.2.3.caractéristiques générale 6063.....	28
III.2 L'anodisation.....	28
III.2.1. Notions sur l'anodisation.....	28
III.2.2. Augmentation de la résistance à la corrosion.....	29
III.2.3. Le principe de l'anodisation.....	30
III.2.4.Prétraitement électrolytique ou chimique.....	31
III.2.4.1.Polissage électrolytique.....	31
III.2.4.2 .Décapage chimique.....	32
III.2.4.3 .Dégraissage.....	32
III.2.4.4 .Satinage.....	33
III.2.4.5 .Blanchiment.....	33
III.2.4.6 .Rinçage.....	34
III.2.4.7 .Séchage.....	35
III.2.4.8.Principe du colmatage.....	35
III.3 laquage de l'aluminium.....	37
III.3.1.Le processus du laquage de l'aluminium.....	37
<i>III.3.1.1. Nettoyage de la surface</i>	37
<i>III.3.1.2. Attaque de la surface</i>	37
III.3.1.3. Conversion de la couche d'ancrage (apprêt).....	37
III.3.1.4. Application de la peinture.....	38
<i>III.3.1.5. Polymérisation dans un four</i>	38
III.3.2.Test MACHU.....	39
III.3.2.1. Le principe.....	39
III.3.2.2. En pratique.....	40
III.3.2.3. L'Observation microscopiques.....	42
Conclusion	43
Conclusion Générale	45
Bibliographié	63

Liste des tableaux:

Tableau I.1 : Principaux facteurs de corrosion..... 9
Tableau III.1: Les principales caractéristiques mécaniques de l'aluminium36

Liste des figures :

Figure I-1: La corrosion uniforme.....	4
Figure I-2: Corrosion galvanique.....	4
Figure I-3: Amorçage (a) et propagation (b) d'une piqure.....	5
Figure I-4: corrosion cavernueuse.....	5
Figure I-5: La corrosion sélective.....	6
Figure I-6: La corrosion-érosion.....	7
Figure I-7: La corrosion sous contrainte.....	8
Figure I-8: La fragilisation par l'hydrogène des métaux.....	8
Figure II-1: Prévention par la forme du récipient.....	17
Figure II-2:Diminution du risque de corrosion sous contrainte d'un boulon.....	17
Figure II-3: Diminution du risque de corrosion-érosion d'un coude.....	18
Figure II-4:Corrosion cavernueuse d'un joint due à la formation d'une pile d'aération.....	18
Figure II-5: Protection contre la corrosion galvanique :(a) isolation électrique	19
Figure II-6:Protection contre la corrosion galvanique (b) : pièce.....	19
Figure II.7 :Illustration du mecanisme de propagation par dissolution localisee.....	20
Figure III- 1: Production d'Aluminium primaire	24
Figure III- 2:La Perspective	24
Figure III- 3: La projection.....	24
Figure III- 4: Exploitation en carrière à ciel ouvert.....	25
Figure III- 5: Représentation schématique de la « surface » de l'aluminium	26
Figure III- 6:Schéma d'une cellule d'électrolyse	29
Figure III- 7:Densité de piqûres en fonction de l'épaisseur d'anodisation sur un alliage 1100 exposé 8.5 années en atmosphères industrielles.....	30
Figure III- 8:a)Réponse en tension ou en densité de courant pour une anodisation de type poreux, b) Représentation schématique de la croissance d'une couche anodique de type poreux.	31
Figure III- 9:l'opération de degreissage.....	33
Figure III- 10:sortir de profileés du bassin d'acide sulfrique.....	34
Figure III- 11 :opération de rinçage	34
Figure III- 12:plan d'avant et après d'anodisation	35
Figure III- 13: Mécanisme de colmatage à l'eau bouillante d'une couche anodique	36
Figure III- 14technique de colmatage:	36
Figure III- 15:la processus de laquage:	38
Figure III- 16:organisme de profilées pour le polymérisation.....	39
Figure III- 17:assurer de sécurités des surface selon le norme ou nn.	39
Figure III- 18: processus transporter de profiles	39
Figure III- 19: les échantillons qui nous avant préparer.....	40
Figure III- 20: la méthode exemple de processus de grattage.....	41
Figure III.21: le bassin qui nous préparent de test machu	41
Figure III- 22: vérifications les conditions du mesuré ph	42
Figure III- 23:l'observation microscopique d'échantillon A	42
Figure III- 24:l'observation microscopiqued'échantillon B.....	43
Figure III- 25:l'observation microscopique d'échantillon C.....	43

Introduction générale

Introduction générale:

La corrosion a été définie comme une détérioration de l'état du matériau et de ses propriétés résultant de la réaction de l'environnement dans lequel il se trouve, car le développement de la corrosion peut provoquer des dommages complets et la détérioration ce phénomène envahit divers domaines avec divers minéraux , ce qui entraîne des pertes très importantes s'élevant à des milliers de milliards de dollars.

Il faut aussi noter que la corrosion ne conduit qu'à l'état d'origine du métal et celui-ci est présent dans la nature sous forme d'oxydes, sulfures ou carbonates à l'exception de ceux que l'on peut trouver qui est la destruction progressive des matériaux .

Là où nous avons discuté dans le premier chapitre le développement de plusieurs concepts généraux sur la corrosion et ses types ainsi que les différents cas qui se produisent sur les matériaux et dans la deuxième chapitre nous avons présenté les opérations et les méthodes de protection et leurs types par différents moyens pour réduire ce phénomène sur les métaux par des moyens simples, faciles et peu coûteux

Dans la troisième chapitre nous avons traité des méthodes de protection des matériaux métalliques par revêtements ou laquage et l'anodisation et comparer pour choisir méthode la mieux adaptée .

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LA

CORROSION DES MATERIAUX

METALLIQUES

I. Introduction:

Comme tous les matériaux de construction, l'acier et les matériaux métalliques tend à se dégrader superficiellement lorsqu'il est soumis à des milieux corrosifs comme le sol, l'air et le milieu marin. La corrosion est la détérioration des matériaux par interaction physico-chimique avec leur environnement, entraînant des modifications de propriétés du métal souvent accompagnées d'une dégradation fonctionnelle de ce dernier (altération de ses propriétés mécaniques, électriques, etc.). Les mécanismes mis en jeu sont divers et conduisent à des formes différentes de corrosion.[1]

I.1. Notions sur le phénomène de corrosion:

I.1.1. Définition de la corrosion:

La corrosion peut être définie comme une dégradation physique du matériau et de ses propriétés chimiques sous l'influence des paramètres divers de son environnement [2]. Ou encore comme la dégradation du matériau par réaction chimique ou électrochimique avec l'environnement. Il subit en effet une perte de matière progressive aux points de contact avec le milieu environnant. Cette définition admet que la corrosion est un phénomène nuisible : elle détruit le matériau et réduit ses propriétés, ce qui le rend inutilisable pour une application prévue [3]

I.2. Types de la corrosion:

On peut distinguer trois types de corrosion: chimique, électrochimique ou Biochimique :

I.2.1 La corrosion uniforme :

C'est une forme de corrosion dans laquelle la perte de métal est à peu près uniforme en tout point sur l'ensemble de la surface exposée au milieu. Elle peut se produire sur une surface «nue » et l'on parle alors de surface active ou de métal actif.

La dégradation peut alors être rapide, Elle se produit souvent sur une surface protégée par une couche superficielle d'oxydes (film Passif). La vitesse de dégradation du matériau est alors faible voire négligeable mais non nulle .[4]

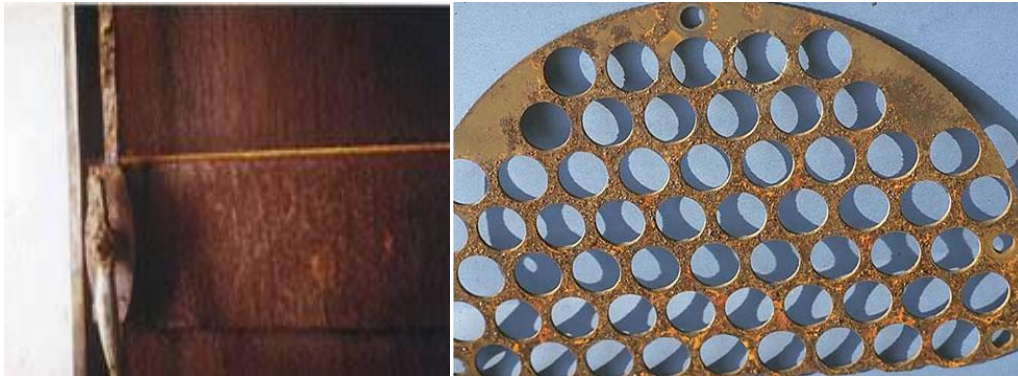


Figure I.2.1 La corrosion uniforme

I .2.2 La corrosion galvanique

C'est l'une des formes les plus courantes de corrosion en milieu aqueux. Elle est due à la formation d'une pile électrochimique entre deux matériaux dans laquelle une des électrodes (l'anode) se consomme au bénéfice de l'autre (la cathode) qui reste intacte. Cette sélectivité des réactions est due à une hétérogénéité provenant soit du matériau, soit du milieu ou des conditions physicochimiques et thermodynamiques à l'interface [5][6]



Figure I .2.2 Corrosion galvanique

I .2.2 La corrosion par piqûre

Elle se produit quand les métaux protégés par un film d'oxyde mince comme l'aluminium et ses alliages et les aciers inoxydables sont mis en contact avec un milieu aqueux (pour un pH voisin de la neutralité) contenant les halogénures, notamment le chlorure Cl^- . La quantité de métal corrodé est très faible, elle introduit des cavités de quelques dizaines de micromètres de diamètre à l'intérieur du matériau à partir d'une ouverture de faible surface. On distingue deux étapes dans le processus de corrosion par piqûre, l'amorçage qui se produit lors de la rupture locale de la passivité et la croissance ou propagation [5,6,7].

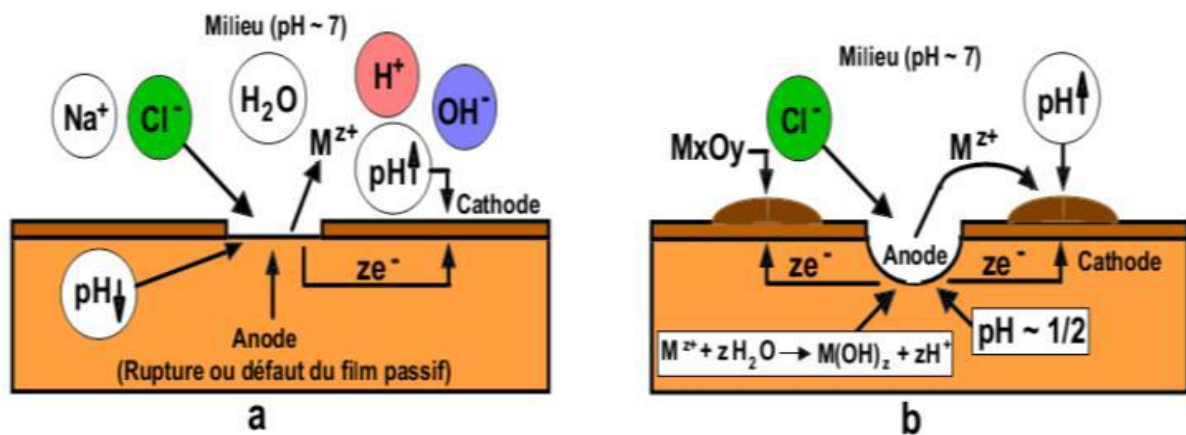


Figure I.2.2.. Amorçage (a) et propagation (b) d'une piqure [7].

I.2.3 La corrosion caverneuse

On l'appelle aussi « corrosion sous dépôt ». Elle se développe dans les recoins, sous les dépôts, là où l'eau, ou l'humidité, pénètre et ne se renouvelle pas.

La corrosion caverneuse de l'aluminium progresse généralement peu, sans doute à cause de la formation de l'alumine qui colmate rapidement l'entrée du recoin. On constate très souvent, lors du démontage d'un assemblage de tôles en aluminium rivetées ou vissées, ayant séjourné entre les deux tôles. Il faut néanmoins éviter, autant que possible, de laisser dans les assemblages des recoins qui peuvent devenir des niches à corrosion telles que les soudures discontinues, «chenilles»[9]

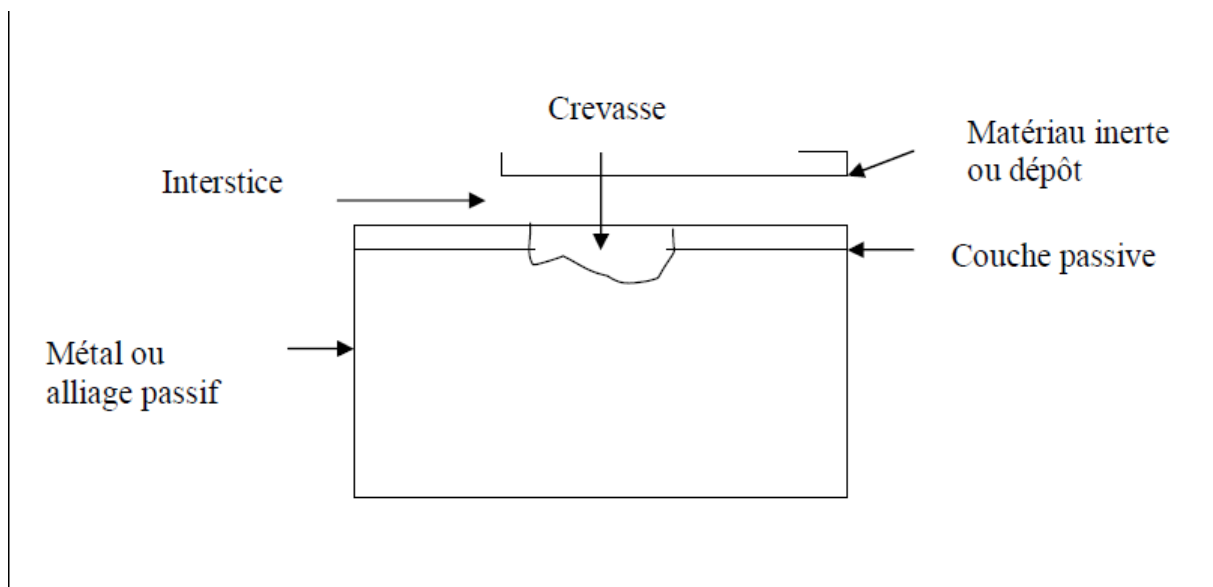


Figure I.2.3 corrosion caverneuse.

I .2.4: La corrosion sélective

La corrosion sélective est une oxydation d'un composant de l'alliage, conduisant à la formation d'une structure poreuse [10] Cette corrosion ne se produit que si la teneur en éléments préférentiellement soluble (qui s'oxyde) dépasse un certain seuil. Le cas le plus connu sous cette forme de corrosion est le cas de la dézincification des laitons[11]



Figure I .2.4 La corrosion sélective

I .2.5 La corrosion inter granulaire

La corrosion inter granulaire est une attaque sélective aux joints de grains ou à leur voisinage immédiat, alors que le reste du matériau n'est pas attaqué. L'alliage se désagrège et perd toutes ses propriétés mécaniques. Cette forme de corrosion est due soit à la présence d'impuretés dans le joint, soit à l'enrichissement (ou l'appauvrissement) local en l'un des constituants ou bien à la précipitation des phases et combinaisons chimiques lors d'un traitement thermique (martensite, nitrures, carbures, etc.)[4]

I .2.6 : La corrosion-érosion:

Elle est due à l'action conjointe d'une réaction électrochimique et d'un enlèvement mécanique de matière. Elle a lieu, souvent, sur des métaux exposés à un écoulement rapide d'un fluide (air, eau, etc.). La plupart des métaux et alliages y sont sensibles, en particulier les métaux mous (cuivre, plomb, etc.) ou ceux dont la résistance à la corrosion dépend de l'existence d'un film superficiel (aluminium, aciers inoxydables)[4]



Figure I.2.6 : La corrosion-érosion

I .2.7 La corrosion sous contrainte

C'est une fissuration du métal qui résulte de l'action commune d'une contrainte mécanique et d'une réaction électrochimique ;

La corrosion sous contrainte est caractérisée par un temps d'incubation. Plus la contrainte est élevée, plus le temps d'incubation est court. Les fissures s'amorcent ensuite et se propagent alors d'une façon relativement rapide.

Les fissures sont initiées par des défauts de surface, elles peuvent être inter granulaires ou transgranulaires, simples ou branchées suivant l'environnement et la structure du métal. Leur propagation est perpendiculaire à la direction de la contrainte. La corrosion sous contrainte est influencée par certains facteurs métallurgiques[12]

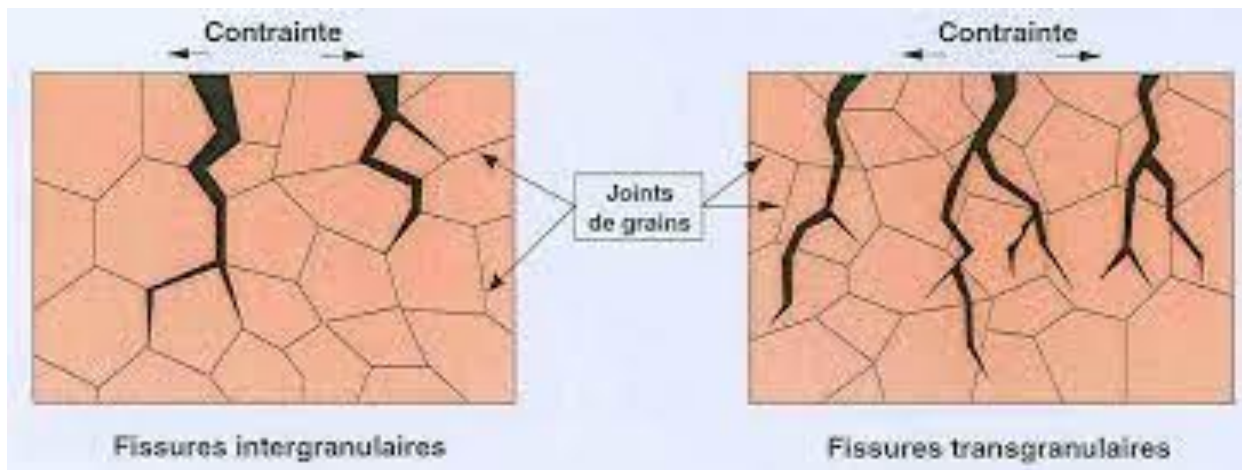


Figure I.2.7 : La corrosion sous contrainte

I .2.8Fragilisation par hydrogène

La présence d'hydrogène dans un réseau métallique génère de très fortes pressions à l'intérieur du métal pouvant aboutir à une rupture différée. Ces atomes d'hydrogène ont pour origine : l'atmosphère environnante, les procédés d'électrolyse et la corrosion électrochimique

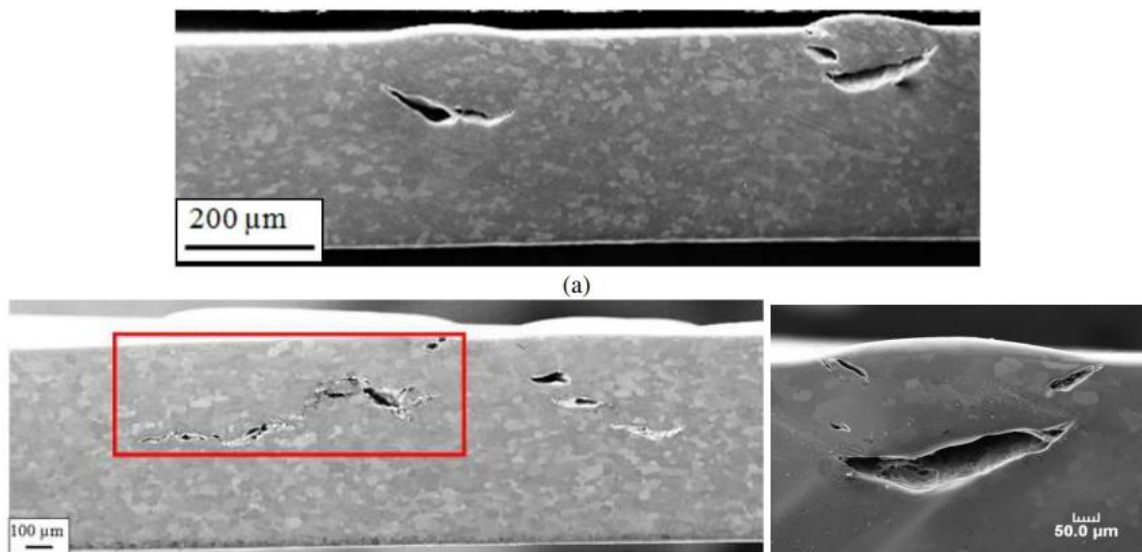


Figure I .8La fragilisation par l'hydrogène des métaux

I.3 Potentiel De Corrosion

C'est le potentiel mixte pris par un métal plongeant dans un électrolyte qui est le milieu corrosif. C'est une grandeur cinétique qui dépend de l'élément métallique, mais aussi des paramètres du milieu corrosif. On peut accéder à sa valeur par la loi de Butler–Volmer ou sous certaines conditions par la loi de Tafel appliquée au système métal – électrolytique[4]

Chapitre I
GENERALITES SUR LA CORROSION DES MATERIAUX METALLIQUE

I.4 Cause de la corrosion :

Les causes de la corrosion sont complexes et varient selon les industries. Voici quelques exemples propres à des industries spécifiques :

- Dans la construction, la corrosion se produit souvent en raison de l'exposition des métaux aux éléments extérieurs et à des températures extrêmes.
- L'exploitation minière souterraine se caractérise par un milieu aquatique acide (souvent riche en chlorures et sulfates), combiné à une humidité et à des températures élevées
- Dans l'industrie forestière, la corrosion se manifeste fréquemment dans des endroits éloignés : l'équipement étant stationné sur l'herbe ou sur le sol est exposé à une grande quantité d'humidité pendant la nuit. Cela risque de corroder les systèmes mécaniques et les composants intégrés. Les conditions environnementales influent également sur les taux de corrosion et la propagation. En présence d'humidité, les métaux se corrodent beaucoup plus rapidement qu'ils ne le feraient dans des conditions sèches.

Un environnement corrosif se caractérise par un ou plusieurs éléments suivants :

- Humidité
- Températures extrêmes
- Humidité de surface
- Particules en suspension dans l'air
- Sel
- Lubrifiants industriels[13]

I.5 Les facteurs de la corrosion :

Les phénomènes de la corrosion dépendent d'un grand nombre de facteurs classés en quatre groupes principaux (tableau I.1).

Facteurs du milieu Corrosif	Facteurs métallurgiques	Facteurs définissant les conditions d'emploi	Facteurs dépendant du temps.
<ul style="list-style-type: none">• Concentration du réactif• Teneur en oxygène• pH du milieu• Température• Pression	<ul style="list-style-type: none">• Composition de l'alliage• Procédés d'élaboration• Impuretés• Traitement thermique• Traitement mécanique	<ul style="list-style-type: none">• Etat de surface• Forme des pièces• Emploi d'inhibiteur• Procédés d'assemblage	<ul style="list-style-type: none">• Vieillessement• Tensions mécaniques• Modification des revêtements Protecteurs.

Tableau I.1 : Principaux facteurs de corrosion

Chapitre I

GENERALITES SUR LA CORROSION DES MATERIAUX METALLIQUE

La vitesse de corrosion d'un métal dans un milieu corrosif dépend à la fois des caractéristiques de ces deux paramètres.

La température et le pH ont une influence directe sur la vitesse de corrosion, et une influence indirecte à travers la phase aqueuse (eau de condensation, eau de production). Les conditions de flux, le film formé à la surface du métal et la pression ont une influence directe à travers la pression partielle du CO₂[14]

I.5.1 Effet de la température:

Généralement, l'augmentation de la température accélère les phénomènes de corrosion, car elle diminue les domaines de stabilité des métaux et accélère les cinétiques de réactions et de transport. L'importance de son influence diffère cependant en fonction du milieu corrosif dans lequel se trouve le matériau [15]

I.5.2 Effet de l'acidité :

La susceptibilité du matériau à la corrosion est fonction du pH de l'électrolyte. Une forte concentration en protons dans la solution augmente l'agressivité du milieu, ce qui modifie les équilibres des réactions chimiques et électrochimiques. La corrosion augmente avec la diminution du pH du milieu [15]

I.5.3 Régime hydrodynamique :

Le transport des réactifs vers l'interface et des produits de réaction vers l'électrolyte est de nature à modifier la cinétique des réactions électrochimiques en changeant la concentration des espèces et donc le potentiel d'équilibre. Les conditions hydrodynamiques fixent les vitesses de réactions en contrôlant le transport de matière par l'établissement d'une couche limite de diffusion des espèces, appelée couche de Nernst, ce qui explique l'importance de l'agitation de l'électrolyte lors des essais de corrosion en laboratoire [15]

I.5.4 La salinité :

Les chlorures sont des ions agressifs, souvent à l'origine de corrosions localisées, leur présence en solution s'accompagne d'effets complémentaires, d'une part, leur concentration locale induit une acidification du milieu et d'autre part, la salinité a une influence sur la conductivité du milieu aqueux [16]

I. 3. Les matériaux métallique :

Les matériaux métalliques, faisant intervenir une liaison métallique : matériaux durs, rigides et déformables plastiquement. Ce sont des métaux ou des alliages métalliques : fer, acier, aluminium, cuivre, bronze, fonte, etc. Les métaux et leurs alliages sont ordinairement

bons conducteurs de la chaleur, de l'électricité, opaques à la lumière visible qu'ils réfléchissent [17]

I. 3.1 .les aciers :

Selon le dictionnaire ROBERT, un acier est un « alliage de fer et de carbone (moins de 1,5 %) auquel on donne, par traitement mécanique ou thermique, des propriétés variées (malléabilité, résistance...) ».

Selon la norme NF EN 10020 (qui en juin 1989 a remplacé la norme NF A 02-025), « acier un matériau dont le fer est l'élément prédominant, sa teneur en carbone est généralement inférieure à 2 % et il contient d'autres éléments ; un nombre limité d'aciers au chrome peut avoir une teneur en carbone supérieure à 2 %, mais cette valeur de 2 % est la teneur limite courante qui sépare l'acier de la fonte ». À la lecture de ces deux définitions, on constate que la limite supérieure de la teneur en carbone des alliages Fe-C susceptibles de s'appeler des aciers (par différence avec les fontes) est délicate à préciser.

C'est la raison pour laquelle il peut être préférable d'adopter un point de vue plus métallurgique en prenant en compte la différence intervenant lors de la solidification de ces alliages.

La solidification d'une fonte s'achève par une réaction eutectique qui inclut la précipitation de carbure de fer et/ou de graphite [18]

I. 3.2 les cuivres

Le cuivre résiste bien à la corrosion dans l'eau de mer, l'eau douce froide ou chaude, et les acides non oxydants désaérés et dilués. Son utilisation doit être évitée en présence d'acides oxydants, d'ammoniaque et Acides aminés, d'eau à grande vitesse de circulation (érosion-corrosion), d'acide sulfhydrique, de soufre et de sulfures [19]

I. 3.3 les aluminiums

L'aluminium est un métal très actif qui doit sa résistance à la corrosion à la formation d'une couche d'alumine (Al_2O_3) protectrice. Il est couramment utilisé en présence d'ammoniaque, d'eau distillée, d'atmosphère industrielle ou urbaine, de soufre, de sulfures, et de fréons. Il faut éviter de l'employer dans les acides forts et les milieux caustiques, le mercure et ses sels, l'eau de mer ou l'eau contenant des métaux lourds comme le fer ou le cuivre [19]

CHAPITRE II

LA DEPASSIVATION DES MATERIAUX METALLIQUES

II.1 La couche passive:

La résistance à la corrosion des matériaux métalliques est due à une couche d'oxyde, <<passive>>, riche en chrome qui se forme naturellement à la surface de l'acier. C'est l'état normal des surfaces d'acier inoxydables, connu sous le nom d'état passif, un métal très réducteur peut s'oxyder suffisamment vite pour se recouvrir d'un film d'oxyde, mince (quelques nanomètres d'épaisseur) mais protecteur vis-à-vis de la corrosion. [20-24]

Les aciers inoxydables se passivent eux-mêmes naturellement lorsqu'une surface propre est exposée à un environnement qui peut fournir assez d'oxygène pour former la couche d'oxyde riche en chrome. [20]

Cela se produit automatiquement et instantanément, à condition qu'il y ait assez d'oxygène à la surface de l'acier. Toutefois, la couche passive s'épaissit quelque temps après sa formation initiale. Des conditions naturelles comme le contact avec de l'air ou de l'eau aérée créent et maintiennent la résistance à la corrosion de la surface passive. De cette façon, les aciers inoxydables peuvent conserver leur résistance à la corrosion, même en cas de dommage mécanique (par exemple : rayures ou usinage) et bénéficient ainsi d'un système de protection contre la corrosion autoréparable intégré. [20]

Le chrome de l'acier inoxydable est le principal responsable du mécanisme d'auto-passivation. Contrairement aux aciers au carbone ou faiblement alliés, les aciers inoxydables doivent contenir au minimum 10,5 % de chrome (de leur poids) et au maximum 1,2% de carbone. Ceci est la définition des aciers inoxydables, donnée par la norme EN 10088-1. La résistance à la corrosion de ces aciers au chrome peut être améliorée en y ajoutant d'autres éléments d'alliage, comme le nickel, le molybdène, l'azote et le titane (ou niobium). Ceci permet d'obtenir un éventail d'aciers résistants à la corrosion pour une vaste gamme d'utilisations, en améliorant aussi d'autres propriétés utiles comme la formabilité, la résistance mécanique et la résistance aux températures élevées (et au feu). [20]

La même chose se produit pour les autres matériaux métalliques, une couche d'oxyde passive se forme sur la surface exemple la couche de l'alumine (Al_2O_3) pour le cas de l'aluminium.

II.2. Les méthodes de prévention :

La prévention de la corrosion doit être envisagée dès la phase de conception d'une installation. En effet, des mesures préventives prises au bon moment permettent d'éviter de nombreux problèmes lorsqu'il s'agit de garantir une certaine durée de vie à un objet,

notamment pour des industries telles que le nucléaire, l'industrie chimique ou l'aéronautique, où les risques d'accident peuvent avoir des conséquences particulièrement graves pour les personnes et l'environnement. La lutte contre la corrosion englobe plusieurs méthodes :

- Prévention par une forme adaptée des pièces métalliques,
- Prévention par un choix judicieux des matériaux,
- Protection par revêtements,
- Protection par inhibiteurs,
- Protection électrochimique. [21]

II.2.1. La protection électrochimique :

Pour effectuer la protection électrochimique d'un métal, on modifie son potentiel de dissolution de façon à l'utiliser soit dans la zone d'immunité, soit dans la zone de passivité(diagramme de Pourbaix).On parle alors de protection cathodique ou anodique. [22]

II.2.1.1.Protection cathodique :

La protection cathodique est peut-être le plus important de tous les moyens permettant de contrôler la corrosion par l'application d'un courant électrique. La corrosion peut être virtuellement réduite à zéro et une surface d'un métal peut être maintenue dans un milieu corrosif sans aucune détermination pendant un temps indéfini.

La protection cathodique peut être utilisée en pratique pour protéger les métaux tels que l'acier, le cuivre, le plomb, le laiton et l'aluminium contre la corrosion dans tous les sols et Pratiquement dans tous les milieux aqueux. [22]

II.2.1.2.Protection anodique :

Certains métaux tels que le fer et les aciers inoxydables peuvent aussi être protégés efficacement en les plaçant en anode et en augmentant leur potentiel dans le domaine passif de la courbe de polarisation anodique.

La protection anodique a trouvé une application dans la protection des réservoir contenant en particulier de l'acide sulfurique mais la méthode est applicable à d'autres acides.[22]

II.2.1.3.Protection par anode sacrificielle :

Un métal plus corrodable (Al, Mg, Zn....) est intégré dans la structure en contact électrique avec le métal à protéger. Le courant protect est fixé par l'intersection des droites cathodique du métal et anodique de l'anode. L'anode se consomme et se change régulièrement (coques de bateaux, chauffe-eau....). [22]

II.2.2. Revêtement :

Les peintures sont des mélanges de pigment insoluble en suspension dans un véhicule organique continu. Les pigments se compose généralement d'oxydes métalliques, par exemple TiO_2, Pb_3O_4, Fe_2O_3 ou d'autres composés tel que : $ZnCrO_4, PbCO_3, BaSO_4$, etc...

Une bonne peinture doit remplir les conditions suivantes :

- Inhiber la corrosion : les pigments incorporés dans le revêtement initial (revêtement immédiatement adjacent au métal) doivent être de bons inhibiteurs de corrosion.
- Assurer une bonne barrière de diffusion à la vapeur.
- Durer longtemps et coûter peu. [22]

II.2.2.1. Les revêtements métalliques

On les emploie couramment pour protéger l'acier, notamment contre la corrosion atmosphérique. On peut aussi les appliquer sur d'autres substrats comme le cuivre ou le laiton, comme c'est le cas par exemple pour les revêtements de chrome sur les robinets. [23]

Et la Techniques de revêtement métallique est suivant le type de matériau à protéger et le matériau de revêtement envisagé, différentes techniques de mise en place peuvent être utilisées. Dans ce paragraphe nous décrirons brièvement les méthodes les plus couramment employées. [23]

II.2.2.2. Les couches de conversion

On différencie les couches de conversion selon leur procédé de fabrication, à savoir :

• L'anodisation

Surtout pratiqué sur l'aluminium, ce procédé consiste à renforcer la couche naturelle protectrice par une oxydation anodique. Cette dernière est réalisée en immergeant la pièce en aluminium dans un bain approprié (par exemple de l'acide sulfurique) et en appliquant une tension de 15 à 25 V pendant 30 à 60 min. Il se forme alors une couche d'alumine Al_2O_3 anhydre d'une épaisseur de plusieurs micromètres. Cette couche étant poreuse, on termine le traitement par une colmatassions en immergeant la pièce pendant quelques minutes dans de l'eau bouillante afin de former un oxyde hydraté compact, la bohémiste ($Al_2O_3(H_2O)$). Outre les propriétés de résistance à la corrosion, l'anodisation peut servir à des fins décoratives grâce aux colorations obtenues, notamment dans le cas du titane.[23]

•La phosphatation

Ce procédé est surtout appliqué aux aciers ordinaires (parkérisation). Par immersion ou brossage avec une solution acide de phosphate de zinc ou de manganèse comportant des accélérateurs tels que $Cu+2+$, $ClO-3$, ou $NO-3$, on obtient un réseau poreux de phosphates métalliques en couche mince (1 à 2 μm) servant de base d'accrochage aux peintures. En couches plus épaisses, ce traitement seul permet d'obtenir une bonne protection.

• La chromisations

Elle s'applique principalement au zinc, à l'aluminium et au cadmium. On l'obtient en immergeant la pièce pendant quelques secondes dans une solution acidifiée de bichromate de sodium à température ambiante. Sur le zinc, la couche de chromates ainsi obtenue, d'une légère couleur jaune, protège le matériau contre les attaques superficielles dues à des condensations.[5]

II.2.2.3. Les revêtements organiques

Les revêtements organiques forment une barrière plus ou moins imperméable entre le matériau et le milieu. Ils se divisent en trois familles :

- Les peintures et vernis.
- les bitumes;
- Les revêtements polymériques. [23]

II.2.3. Prévention par le choix du matériau

Le choix du matériau doit principalement tenir en compte de l'influence défavorable et des conditions de fonctionnement. Il n'existe pas de métaux ou alliages qui ont une résistance absolue à la corrosion, mais on connaît uniquement des matériaux résistants à la corrosion dans certains milieux agressifs.

Le comportement à la corrosion n'est qu'un critère parmi d'autres dans le choix des matériaux, bien qu'il s'avère souvent, déterminant. La résistance à la corrosion est une propriété du système métal-milieu et non du métal seul.[6]

II.2.4. Prévention par une forme adaptée des pièces :

En donnant une forme adaptée aux objets, on peut diminuer les risques de corrosion car la forme d'un objet peut influencer sa durée de vie de façon déterminante. Les exemples suivants illustrent ces propos.[24]

II.2.4.1. Zones humides

En industrie chimique, il faut assurer une vidange complète des récipients pendant la phase de non exploitation. La diminution du risque de corrosion à l'intérieur d'un réacteur chimique, pendant les temps morts, est schématisée par une vidange incomplète, favorisant la corrosion et une vidange complète, diminuant le risque de corrosion.[24]

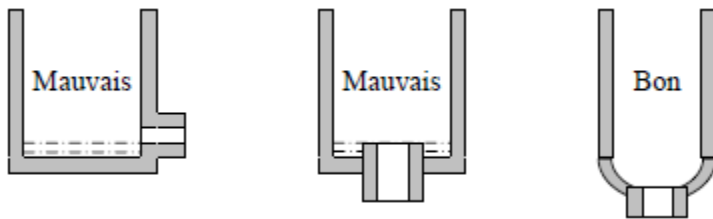


Figure II.1: Prévention par la forme du récipient

II.2.4.2. Contraintes :

La distribution des contraintes dans une pièce influence sa sensibilité à la corrosion sous contrainte. Une forme arrondie au voisinage de la tête d'un boulon évite la concentration des contraintes (fig.2). [24]

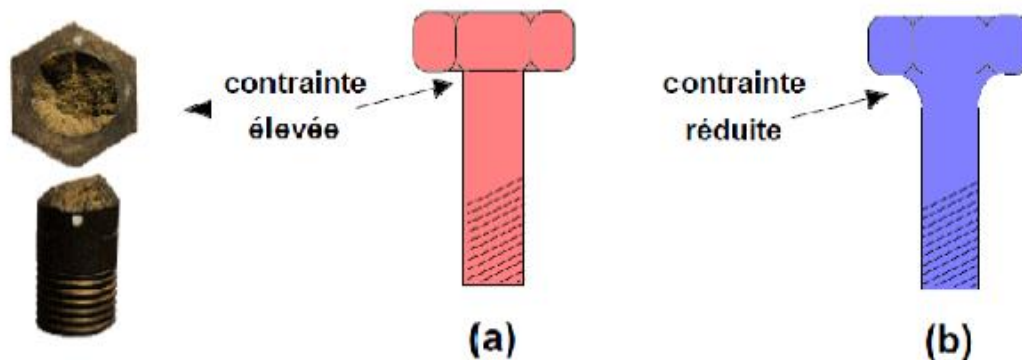


Figure II.2 :Diminution du risque de corrosion sous contrainte d'un boulon.

Contrainte locale élevée (a). Contrainte locale peu élevée (b) .

L'usinage introduit souvent des contraintes résiduelles dans les pièces, un traitement thermique adéquat permet alors de les réduire, indépendamment de la forme.

II.2.4.3. Ecoulement des fluides :

Une conception judicieuse de l'écoulement des fluides réduit le risque de corrosion par érosion et de corrosion par cavitation. Il faut éviter les changements brusques de direction. Le rayon du coude d'une conduite doit être supérieur à 3 fois son diamètre (fig. 4).



Figure II.3. Diminution du risque de corrosion-érosion d'un coude.

Risque plus élevé pour (a) que pour (b).

II.2.4.4. Endroits inaccessibles :

Les fentes et autres endroits inaccessibles permettent la formation de piles d'aération et amènent la corrosion cavernueuse. Une fente due à un joint mal dimensionné par exemple, (fig. 4).

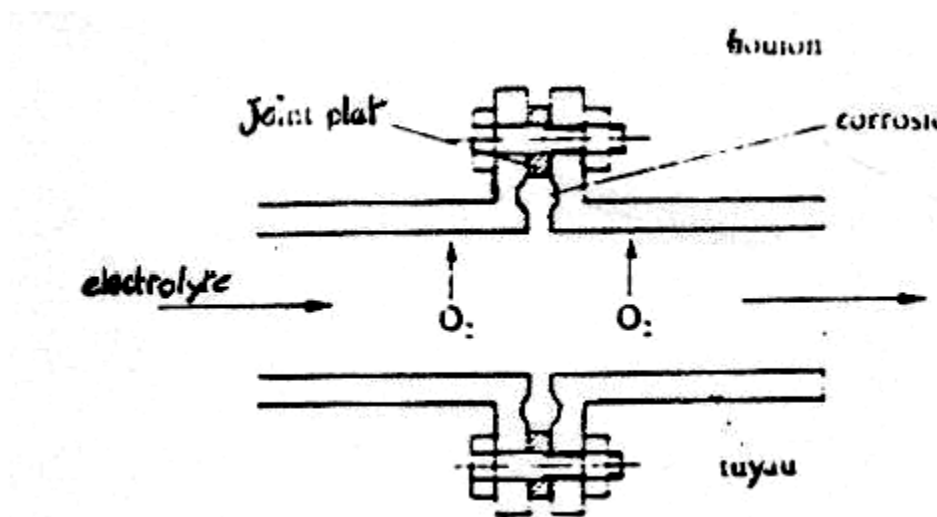


Figure II.4 : Corrosion cavernueuse d'un joint due à la formation d'une pile d'aération.

L'emploi de pièces soudées, est de ce point de vue, souvent préférable à celui d'assemblages rivetés ou vissés. [25]

II.2.4.5. Contact entre matériaux différents :

Un contact électrique et électrolytique entre différents métaux permet la formation de piles galvaniques, causant une corrosion accélérée du métal moins noble. Par un choix adapté des matériaux, en séparant différents métaux par un isolant, on évite ce type de corrosion. Figure 5 .

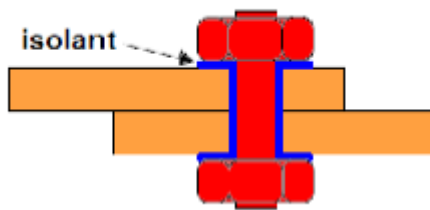


Figure II.5. Protection contre la corrosion galvanique : (a) isolation électrique [1].

Dans les installations de taille importante, il n'est pas toujours possible d'isoler électriquement différents métaux. L'emploi de pièces sacrificielles, peu coûteuses et facilement remplaçables, permet de résoudre le problème dans certains cas. Par exemple, le cas de la figure 6, elle représentant une pièce sacrificielle en acier, placée entre une conduite en laiton et un échangeur de chaleur en acier.

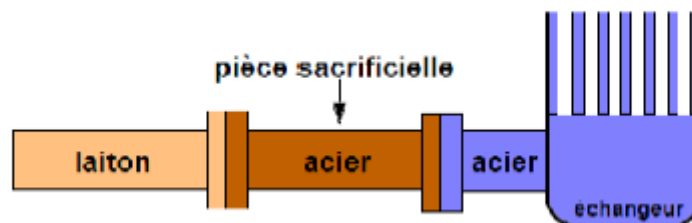


Figure II.6 : Protection contre la corrosion galvanique (b) : pièces sacrificielle [1].

II.3. Les films passifs :

Les films passifs se forment par déprotonations successives de l'eau adsorbée à la surface du métal. Globalement, on peut considérer le film passif comme le résultat du remplacement progressif des protons de l'eau superficielle par les cations du métal .[26]

II. 3.1. Le mécanisme de dissolution localisée du film :

Ce mécanisme, proposé entre autre par Logan et Ford, fait intervenir la rupture périodique du film passif par émergence de marches de glissement à la surface du matériau

sous l'effet du fluage (**Figure II.7**). Le métal ainsi mis à nu subit une forte dissolution conduisant à la reconstruction du film passif. La fissure se propage par la répétition d'évènements de dissolution chaque fois qu'en fond de fissure les conditions mécaniques sont suffisantes pour provoquer la rupture de la couche passive formée lors du précédent évènement de repassivation.

II.3.2 Explication et principales du film passif :

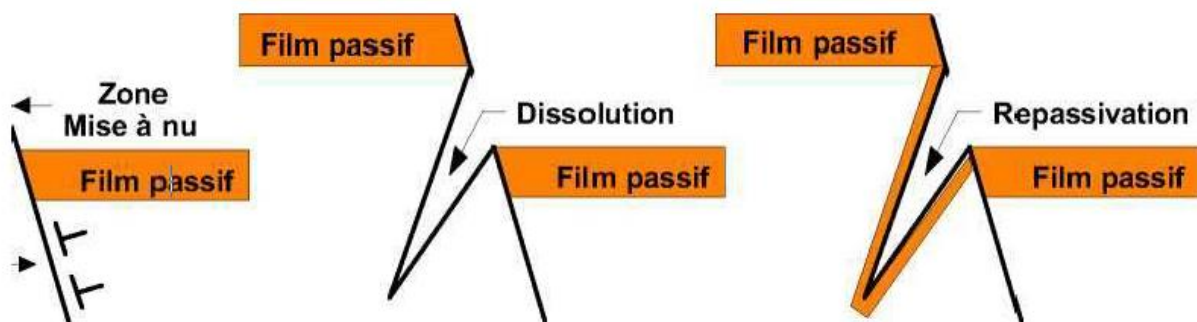


Figure II.7 : Illustration du mécanisme de propagation par dissolution localisée.

- 1) Mise à nu d'une surface par émergence d'un plan de glissement,
- 2) Dissolution localisée de la zone active,
- 3) Repassivation des lèvres de la fissure.[27]

Dans la plupart des cas (aluminiums pontamment par oxydation, parce que l'oxyde forme sur la surface est insoluble et constitue un obstacle qui ralentit les processus ultérieurs. Dans un milieu aqueux, la formation de ce film est liée à un domaine de potentiel électrochimique que l'oxyde est stable. De ce fait, en service de la pièce :

en fin de fabrication, on décape la pièce afin que rien ne gêne le passage de l'air jusqu'à la surface de la pièce, pour que le film d'oxyde se forme naturellement :

- élimination des huiles et graisses.
- élimination des particules d'acier au carbone (non opérations de fabrication ou de manutention (outils ayant servi à travailler de pièces en acier au carbone, projections de pièces voisines, manutention avec des mors en acier).
- élimination d'une couche d'oxyde épaisse ayant pu se former lors des traitements thermiques et des opérations de soudure (couche colorée, calamine, laitier) si nécessaire, utilisation d'un procédé aidant à former la couche passive : traitement à l'acide nitrique pour un acier inoxydable, anodisation pour un alliage d'aluminium.
- Immunité : on parle d'immunité lorsque le métal est stable en présence du milieu corrodant.[27]

Comme l'aluminium et l'acier inoxydable peuvent être recouverts d'une pellicule protectrice provisoire, en matières synthétique. Elle est étendue au pistolet. Durant l'usinage, on élimine l'humidité et les aciers de transpiration en déposant sur le métal une huile antirouille.[27]

***Chapitre III TRAITEMENT
DE SURFACE D'ALUMINIUM***

III.1 Introduction:

Bien que l'aluminium soit parfois utilisé tel quel, on lui ajoute généralement de petites quantités d'autres métaux pour obtenir des alliages aux propriétés particulières. L'aluminium produit est utilisé en grande partie (85 à 90 %) pour la fabrication d'alliages (Alpax, Duralumin). Certains éléments sont présents dans l'alliage sans qu'ils y aient été ajoutés volontairement : ce sont les impuretés dont les plus importantes sont le fer et le silicium, et dont il faut contrôler précisément la teneur pour certaines utilisations car elles peuvent avoir une influence défavorable. Tous les éléments jouent, par leur nature et leur teneur, sur les caractéristiques de l'alliage. [28-29]

III.1.2. Traitements des surfaces d'aluminium :

En général, l'aluminium est protégé par la couche d'alumine qui le recouvre. L'attaque chimique du métal se rencontre par exemple avec la soude qui dissout l'alumine, immédiatement reformée par l'eau, puis dissoute, ce qui donne une dissolution uniforme. Avec les acides, ou dans le cas de l'exposition aux intempéries, on a toujours une corrosion électrolytique, par différence de potentiel de contact entre deux métaux au sein d'une solution saline, en présence d'oxygène atmosphérique qui dépolarise l'anode où se décharge l'hydrogène.

Pour éviter ou limiter la corrosion on peut soit supprimer les contacts électrolytiques dangereux, soit effectuer un placage avec d'autres alliages moins nobles qui seront attaqués en premier. On supprime l'humidité par des enduits, et en évitant le contact avec des corps poreux (bois, feutre, amiante). On protège également le métal par divers revêtements : anodisation, peinture, émaillage, dépôt galvanique.

Les traitements de surface mécaniques se font par sablage, grenailage, brossage et polissage. Le dégraissage est assuré par des solvants organiques, ou mieux, par des solutions alcalines ou acides.

Les autres traitements chimiques de surface nécessaires pour une bonne tenue de la peinture sont le décapage acide ou basique, le brillantage et la conversion qui crée, en surface, une couche chromate de 1 à 3 μm .

La peinture s'effectue ensuite en plusieurs étapes : on applique d'abord un primaire, peinture glycérophtalique, vinylique ou à base de caoutchouc chloré, pigmentée au chromate de zinc. La peinture de finition se fait ensuite comme sur les autres matériaux. On peut également pratiquer le cuivrage, le laitonnage, le nickelage, le chromage par dépôt électrolytique à condition de bien préparer les surfaces par un dégraissage, un décapage et un zincage[27].

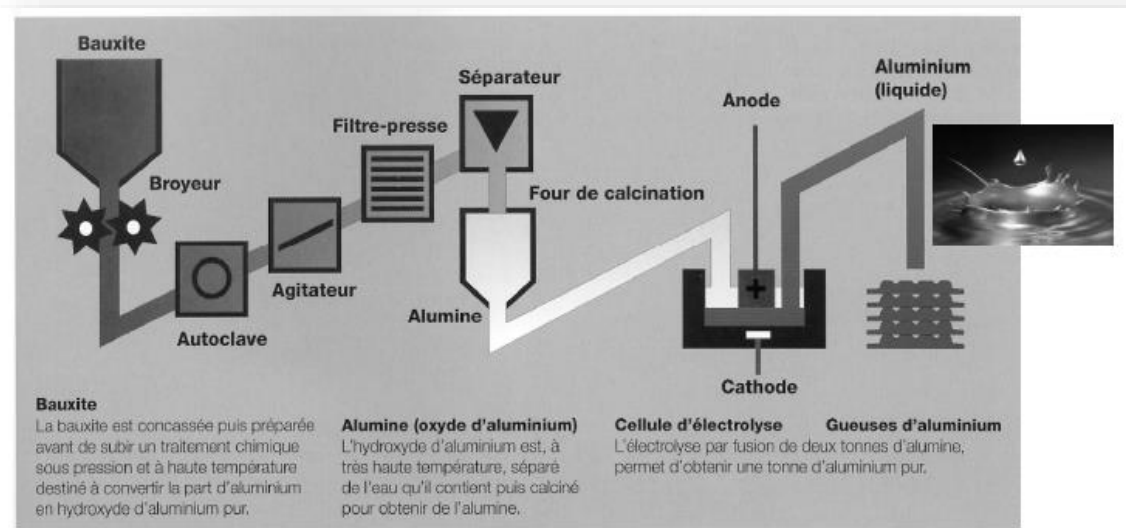


Figure III- 1: Production d'Aluminium primaire

III.1.2.1.La présence de l'Aluminium:

III.1.2.1.1.La structure d'Aluminium:

La structure de l'aluminium émane de celle du CFC, c'est-à-dire Cubique à Faces Centrées (compact). Le CFC correspond donc à la maille présentée en figure 1 qui montre la structure en perspective .De plus, pour simplifier la schématisation, cette maille peut être réalisée en projection afin de faciliter la lecture, et donc se « dessine » sous la forme d'un cube, représenté en figure 2. [29]

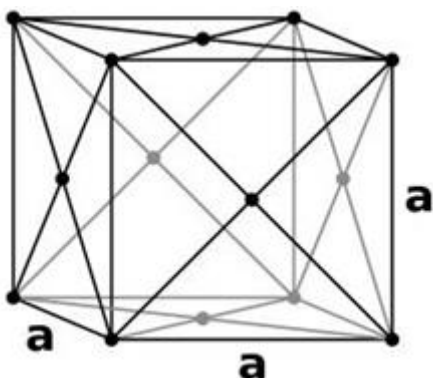


Figure III- 2:la Perspective

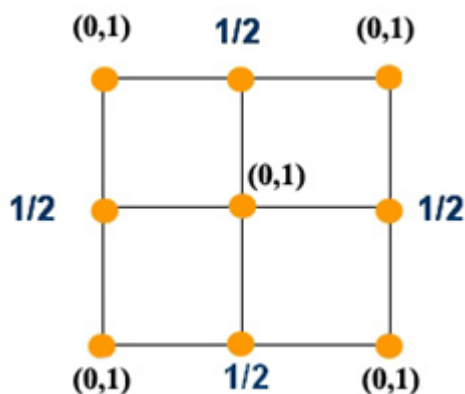


Figure III- 3:la projection

Dans l'environnement est naturelle et anthropique. L'aluminium est un métal relativement jeune par rapport à des métaux comme le fer et le cuivre. L'aluminium est l'élément métallique naturel le plus abondant de l'écorce terrestre dont il est le 3 élément constitutif le plus important, il représente environ 8%. Il n'y est présent que combiné avec l'oxygène, le silicium, le fluor ou autres éléments. On le trouve sous forme:

- d'alumine Al_2O_3 (corindon α Al_2O_3 , émeri, rubis, saphir, émeraude, etc.),
- ou hydratée (hydrargillite ou Gibbsite γ $Al(OH)_3$, boehmite γ $AlO(OH)$, diaspore α $AlO(OH)$).

La bauxite qui constitue le principal minerai contient de 40 à 60% d'alumine (oxyde d'aluminium) ; de la famille des Latérites.

la Bauxite est une roche sédimentaire principalement composée d'hydroxydes d'aluminium (Gibbsite, Boehmite, Diaspore), associés à des oxydes de fer et des impuretés (Silice, Calcite). Elle ressemble à de l'argile dure mais qui ne fait pas de pâte avec l'eau. [28]

III.1.2.1.2.Elaboration:

L'Aluminium est fabriqué comme suit :

- L'alumine à l'état pur,
- L'aluminium à partir de l'alumine.

Le minerai utilisé est la bauxite rouge (hydrate double d'aluminium, de fer, de silice et d'oxyde de titane). La bauxite est constituée d'environ 75 % d'alumine hydratée ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ et $Al_2O_3 \cdot H_2O$). Le minerai est d'abord concassé et ensuite broyé. [29]



Figure III- 4: Exploitation en carrière à ciel ouvert

III.1.2.1.3.Objectif de la préparation de surface des alliages d'aluminium:

rendre la surface apte à recevoir un revêtement en éliminant toutes les souillures en surface du métal comme les huiles, les graisses, les oxydes superficiels.

le traitement de surface se fait soit par immersion ou aspersion.

les processus de traitement de surface comprennent les étapes suivantes:

- Le dégraissage (élimination des souillures organiques).
- Rinçage .
- Le satinage (élimination des oxydes d'aluminium et des défauts métallurgiques superficiels) .

- Le rinçage(élimination des résidus alcalins).
- Le blanchiment (neutralisation de l'alcalinité du surface des pièces ,élimination des hydroxydes révélés par la satinage, passivation de la surface) .
- Rinçage
- Le rinçage à l'eau déminéralisée .
- Le séchage (élimination de toute race l'humidité). [33]

III.1.2.1.4.Les propriétés d'aluminium:

III.1.2.1.1 1- les propriétés mécaniques:

- L'aluminium est ductile parce que les ions métalliques sont entourés d'un nuage par conséquent ,les électrons sont une force d'attraction qui agit dans toutes les directions.
- L'aluminium très malléable par ce que les liens métalliques non-directionnels.

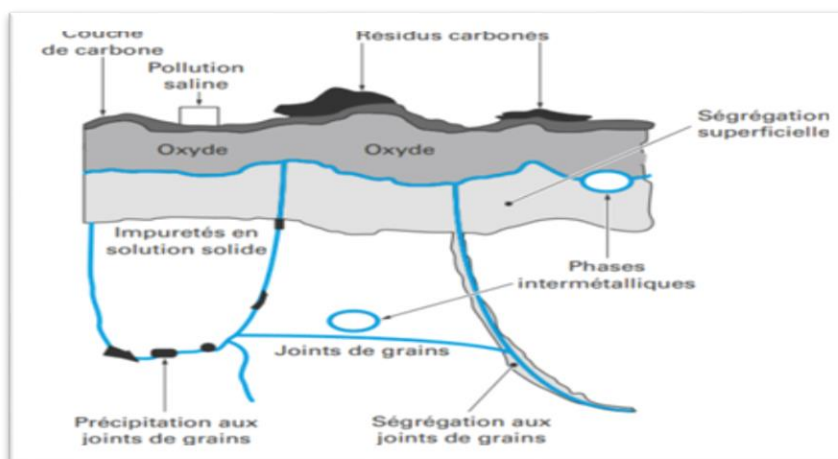


Figure III- 5: Représentation schématique de la « surface » de l'aluminium

5.Contraintes mécaniques élevées:

Voici un tableau montrant les principales caractéristiques mécaniques de l'aluminium:

Allongement à la rupture	Module d'élasticité (Young)	Coefficient de Poisson	Capacité Calorique volumique	Limite élastique à la traction	Module de torsion	Limite de résistance à la rupture
	E			Re		Rm
%	(Gpa)	(sans Dim)	(MJ/m ³ °K)	(MPa)	(GPa)	(MPa)
20 à 30	67.5	0.34	2.39	30	27	60 à 125

Tableau III.1 Les principales caractéristiques mécaniques de l'aluminium.

L'allongement à la rupture de l'aluminium pur ou presque est de l'ordre de 30 %. Il en va de même pour les alliages n'ayant subi ni écrouissage ni traitement thermique; dans ces cas, l'allongement à la rupture est compris entre 20 et 40 %.

L'aluminium pur et les alliages non traités ont des propriétés mécaniques médiocres, ils sont « mous » ($20 < R_e < 100$ MPa). Après traitement(s), la résistance mécanique est augmentée ($100 < R_e < 500$ MPa) mais l'allongement à la rupture diminue fortement ($1 < A\% < 20$).

Le module d'Young de l'aluminium (70 Gpa) montre qu'il est peu rigide mais cela peut être compensé par des traitements ou des alliages. [29]

Les principales caractéristiques des alliages d'aluminium sont:

- Résistance à chaud : D'une certaine manière, on peut dire que la résistance à chaud est assez faible au-delà de 150°C, sauf pour les alliages Al-Cu où l'on peut atteindre 300°C.
- Résistance aux basses températures : Les alliages d'aluminium ont un réseau cristallin CFC, par conséquent, ils ne sont pas fragiles d'où leur application en cryogénie.
- Résistance à la fatigue : De manière générale, le coefficient d'endurance R_m est de l'ordre de 0,5 pour les alliages non trempant et de (0,25 à 0,30) pour les alliages trempant.
- Résistance à la corrosion : Comme pour l'aluminium pur; les alliages d'aluminium sont protégés contre la corrosion grâce à la formation d'une pellicule de Al_2O_3 . La protection anticorrosion peut être améliorée par anodisation. Les risques de corrosion à craindre dépendent des éléments d'addition.
 - Corrosion galvanique à craindre en présence du fer.
 - Corrosion de type inter granulaire et sous tension, à craindre en présence d'additions telles que Cu, Mn, Mg + Si et Mg + Zn
- Mise en forme: Les alliages d'aluminium sont faciles à laminier et emboutir. En particulier les alliages Al-Mg sont très appropriés au filage à chaud.
- Soudage: De manière générale, le soudage est facile grâce à la couche protectrice d'alumine (procédés de soudage sous gaz protecteur TIG ou sous vide). [30]

III.1.2.2.L'alliage d'aluminium 6063:

Cet alliage très demandé appartient à la catégorie des alliages pouvant recevoir un traitement thermique. Avec une structure de grain plus fine que le 6061, l'alliage 6063 présente les meilleures caractéristiques esthétiques après anodisation. Il a une très bonne résistance à la corrosion, une bonne usinabilité et une bonne soudabilité. Il est couramment utilisé pour les tubes cylindriques les conducteurs électriques à barres bus et les applications architecturales.

III.1.2.3. caractéristiques générale 6063:

Puisque le produit 6063 est de la famille d'alliage d'aluminium sérié 6000, alors il a des propriétés de l'alliage (aluminium-magnésium-silicium). Alliage pour extrusion directe avec des caractéristiques mécaniques légères.

Il est utilisé dans la menuiserie métallique le bâtiment, l'ameublement e l'automobile.[32]

III.2 L'anodisation:

III.2.1. Notions sur l'anodisation:

L'anodisation est un traitement de surface (type transformation)d'alliages d'aluminium (ou de titane) qui offrent:

- Une excellente protection contre l'usure .
- Divers cotés permettent des embellissements et de la coloration.

Les alliages d'aluminium sont utilisés dans une multitude de produits avec ou sans protection de surface.

À la suite des procédés de mise en forme de départ (laminage, extrusion, usinage, moulage), l'aspect de surface du métal est très variable et dépend de l'outillage et des variantes de ces procédés. Lorsque les tôles, les extrusions, les pièces usinées ou moulées subissent d'autres transformations (pliage, emboutissage, soudage), l'aspect initial des surfaces et la microstructure du métal sont plus ou moins altérés (frottement au contact des outils, déformation plastique). La dureté de l'aluminium, variable d'un alliage à l'autre, est inférieure aux aciers et nombre de matériaux ou de particules abrasives sont susceptibles de rayer les surfaces. Aussi, lorsque les pièces sont manipulées en production ou dans le transport, elles peuvent subir des altérations de surface (encoches, rayures) affectant leur aspect. L'aspect de surface et la microstructure du métal vont avoir une incidence sur la qualité visuelle après anodisation.

L'aluminium mis à nu réagit instantanément avec l'oxygène de l'air en se recouvrant d'une couche d'oxyde très mince, environ 3 nanomètres (0.00000012 pouce), soit de l'ordre de 3 couches moléculaires. C'est cette couche hermétique d'alumine (Al_2O_3) très dure, transparente, qui protège l'aluminium contre la corrosion et la poursuite de l'oxydation. Elle est très mince et fragile mais se renouvelle spontanément lorsqu'elle est enlevée. On s'est rendu compte, en 1857, que cette couche d'oxyde pouvait se former sur une anode d'aluminium dans une cellule d'électrolyse, d'où le terme anodisation. [31]

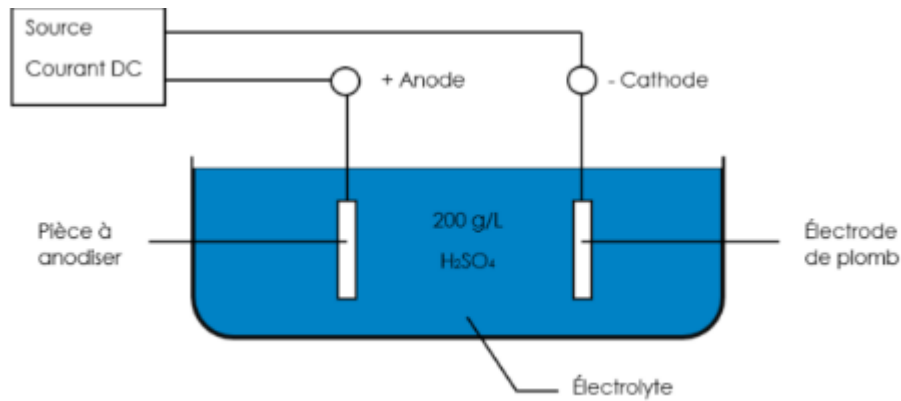


Figure III- 6:Schéma d'une cellule d'électrolyse

III.2.2. Augmentation de la résistance à la corrosion:

La couche d'oxyde, qui se forme sur l'aluminium, offre une barrière contre l'érosion et l'attaque des polluants atmosphériques. Celle-ci est d'autant plus efficace lorsque la couche est épaisse. L'aluminium reste protégé par son oxydation naturelle, mais sans l'anodisation, en environnement extérieur, sa surface va se ternir avec le temps et se couvrir de piqûres de corrosion. Les familles d'alliage, 1000, 3000, 5000 et 6000, présentent naturellement une bonne résistance à la corrosion atmosphérique. Pour ces alliages, la profondeur des piqûres, qui varie de 100 à 500 μ m selon les alliages, tend vers ce maximum après 2 ans. On peut voir, à la **Figure III- 7**, l'influence de l'épaisseur de la couche d'oxyde sur l'apparition de ce phénomène. Pour la protection architecturale, où la qualité d'aspect doit être durable, on recommande une épaisseur minimale de 15 à 20 μ m (6 à 8 dix-millièmes de pouce) pour la couche d'oxyde. Pour une protection et une décoration courante (en intérieur), une épaisseur de 5 à 8 μ m est suffisante. L'aluminium, anodisé ou non, présente un net avantage par rapport à l'acier et à l'acier galvanisé pour sa résistance à la corrosion contre les embruns marins ou routiers. [34]

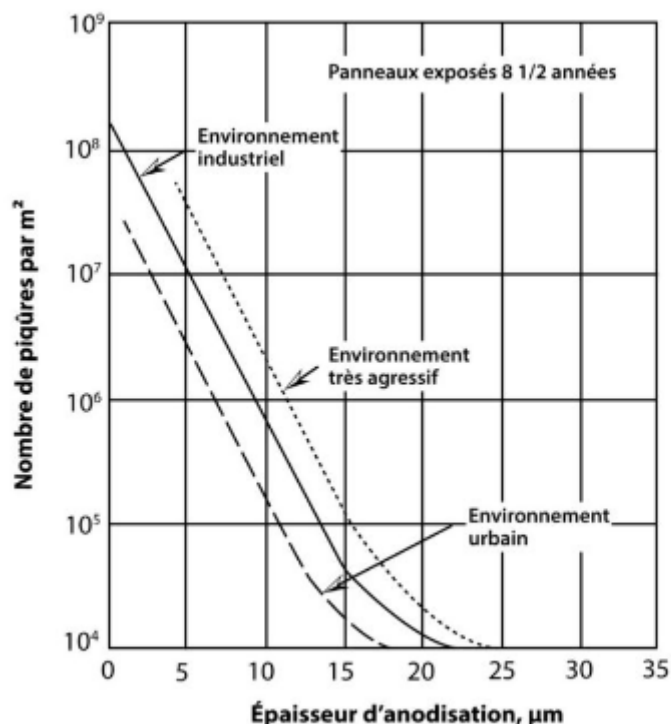
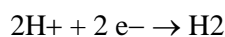


Figure III- 8: Densité de piqûres en fonction de l'épaisseur d'anodisation sur un alliage 1100 exposé 8.5 années en atmosphères industrielles

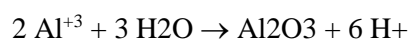
III.2.3. Le principe de l'anodisation

Le principe de l'anodisation est celui de l'électrolyse de l'eau, la solution est rendue conductrice par addition d'un acide, l'aluminium est placé en anode, la cathode est le plomb [35]. Lors du passage du courant, trois réactions se font: une partie de l'aluminium est oxydée et forme un oxyde, une partie de l'aluminium entre en solution et de l'oxygène se forme qui s'échappe sous forme de bulles de gaz. Tandis que la couche d'oxyde se forme, la résistance électrique de la couche augmente ce qui libère de la chaleur.

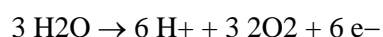
La cathode est le siège de la réaction de réduction



Alors qu'à l'anode, il y a oxydation de l'eau et formation d'une couche d'alumine Al₂O₃ anhydre et isolante. L'aluminium est oxydé en cation Al⁺³ qui réagit avec l'eau pour donner l'oxyde aidé en cela par le dégagement d'oxygène qui se produit lors de l'oxydation de l'eau. [37]



et



La réaction globale peut donc s'écrire :

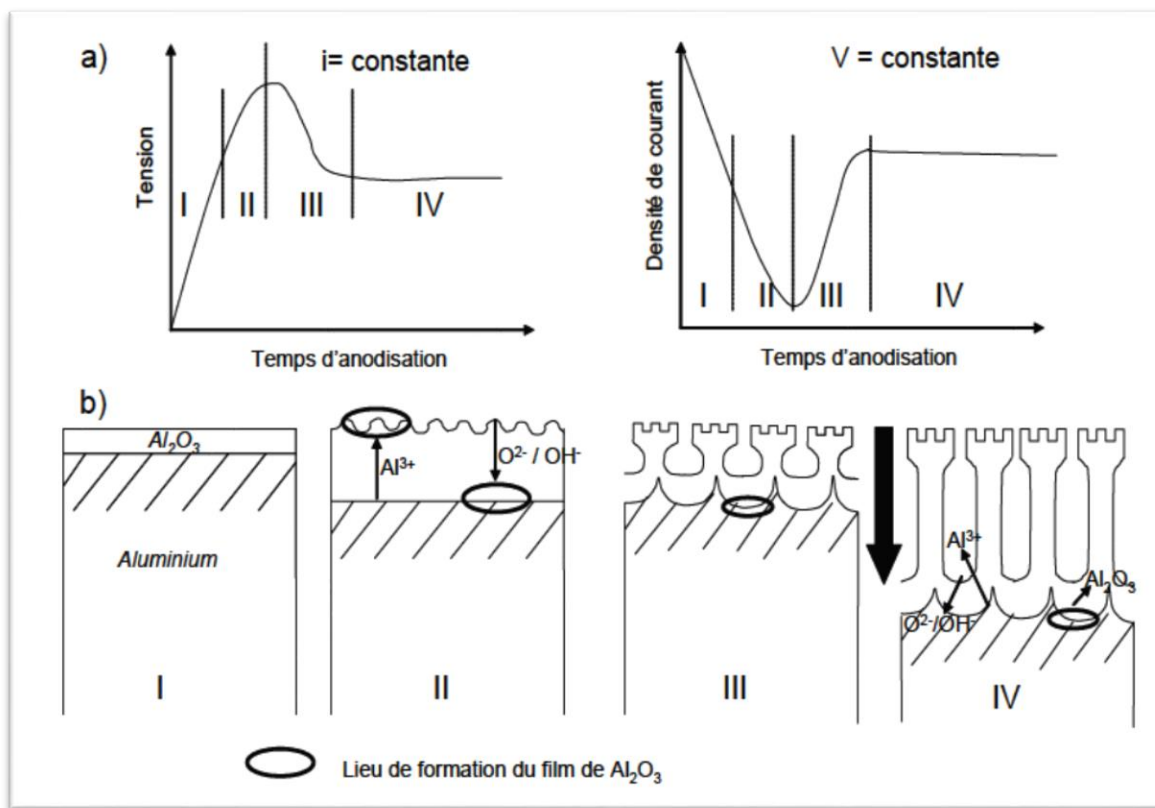


Figure III- 9 :a)Réponse en tension ou en densité de courant pour une anodisation de type poreux.

b) Représentation schématique de la croissance d'une couche anodique de type poreux.

III.2.4.Prétraitement électrolytique ou chimique

III.2.4.1.Polissage électrolytique

Le polissage électrolytique est un procédé électrochimique couramment utilisé pour Polir , lisser et nettoyer la surface substrat d l'aluminium et ces alliages. Il est souvent utilisé dans des cas dans lesquels des finitions très lisses et très brillantes sont nécessaires. Le polissage électrolytique retire une strate fine de surface. Dans ce processus, le substrat (anode) est immergé dans un électrolyte. Le courant électrique circule entre l'anode et la cathode polarise le substrat et les ions métalliques migrent vers la cathode. On peut contrôler la réaction par l'ajustement des paramètres du bain et du procédé par le choix du métal ou de l'alliage pour le polissage électrolytique [38-39].

Généralement, dans le polissage électrolytique, on utilise des électrolytes des mélanges de divers acides (sulfurique, chromique, citrique et phosphorique) et parfois des ajouts de

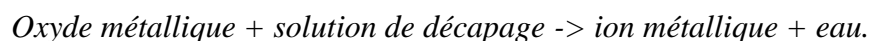
composés organiques (tel que de la glycérine ou de l'éther mono butylique dediéthylèneglycol). [43]

III.2.4.2 .Décapage chimique

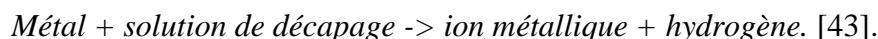
Le décapage chimique est une technique chimique utilisée pour faire enlever le film d'oxyde d'aluminium ou autres produits de la corrosion du substrat de matériaux par réaction chimique avec un agent de décapage à base d'acide. Afin de retirer de manière efficace les couches épaisses d'oxyde, des concentrations spécifiées d'acide (chlorhydriques, sulfuriques, nitrique, fluorhydrique et phosphorique), des températures spécifiées et des durées de décapage spécifiées sont à respecter [38-39].

La durée de décapage est réduite par l'accroissement de la concentration d'acide et l'élévation de la température. Les effets du décapage peuvent également être accélérés par la mise en mouvement du substrat dans la solution de décapage ou par la mise en mouvement de la solution de décapage grâce à l'injection de la solution.

La réaction de décapage est décrite par l'équation chimique suivante :



L'hydrogène est généralement formé :



La concentration des ions du métal dissous s'accroît dans la solution de décapage tandis que la force de l'acier libre décline. La consommation d'acide associé à la dissolution du métal et de l'oxyde métallique peut être compensée par l'ajout d'une solution de décapage neuve. Cependant, cette technique est limitée par l'accroissement continu du contenu métallique. Un contenu maximum de fer de 8 % est recommandé pour l'acide sulfurique, de 12 % pour l'acide chlorhydrique et de 2,5 % pour l'acide phosphorique. Lorsque les concentrations limites sont atteintes, la solution de décapage doit être éliminée complètement ou partiellement [39-40].

La surface à décaper doit être complètement exempte de graisse, autrement, un décapage inégal se produira car l'acide attaquera uniquement les zones exemptes de graisse. L'utilisation d'agents mouillant accélère les processus de décapage car les pièces sont mieux et plus rapidement mouillées [39-40].

III.2.4.3 .Dégraissage

Le dégraissage est l'opération d'élimination des souillures organiques qui empêche toute les transformations superficielles. Il peut être un traitement chimique, électrolytique ou ultrasonique et il est effectué pour 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 [39-40].

Les dégraissants sont de types suivants :

- Des solvants qui agissent par dissolution des souillures pour des surfaces très grasses. Ils permettent une mise en œuvre simple et un séchage rapide mais n'ont pas d'action sur les souillures solides.
- Des détergents alcalins qui sont composés de sel alcalins, de solvants hydrosolubles et tensio-actifs pénètrent le film de souillures organiques et fixent les particules de gras et les déplacent en émulsion dans le bain de dégraissage.
- Des détergents acides composés d'acide phosphorique, de solvants hydrosolubles et de tensio-actifs. Leur pouvoir détergent est inférieur à celui des détergents alcalins.



Figure III- 10:l'opération de dégraissage.

III.2.4.4 .Satinage

C'est l'opération d'élimination des oxydes d'aluminium et les défauts métallurgiques Superficiels, par des réactions électrochimiques où la surface du métal est attaquée par la soude.

III.2.4.5 .Blanchiment

A l'issue de l'opération de satinage, on retrouve en surface satinée des résidus des métaux constitutifs de métal substrat qui forment un dépôt, d'où la nécessité d'un traitement oxydant les métaux, dissolvant les oxydes et redonnant à la pièce une apparence blanche métallique. Généralement pour le blanchiment de surface de matériau, on utilise l'acide nitrique, l'acide sulfo-chromique et l'acide sulfurique avec des additifs oxydants. [41]



Figure III- 11:Sortie de profilés du bassin d'acide sulfurique.

III.2.4.6 .Rinçage

C'est l'opération de lavage de surface de matériau à traiter par l'eau, où la surface doit être à l'issue des rinçages exempte de toute impureté, ainsi la qualité d'eau doit être extrêmement importante car au séchage, elle s'évapore et peut laisser apparaître des traces Blanches [41-42]. Le rinçage est effectué dans des baignoires pour différents objectifs :

- remettre la surface nettoyée et prête à être traitée par les produits chimiques de l'opération suivante,
- nettoyer le liquide polluant entourant la surface après un bain de traitement afin d'empêcher la contamination du bain suivant par des produits incompatibles en provenance du bain précédent,
- stopper la conséquence des réactions chimiques des produits sur la surface pour la rendre manipulable.



Figure III- 12 : opération de rinçage.

III.2.4.7 .Séchage

C'est l'opération d'élimination des traces d'humidité sur la surface du métal par des moyens de séchage [39-40].

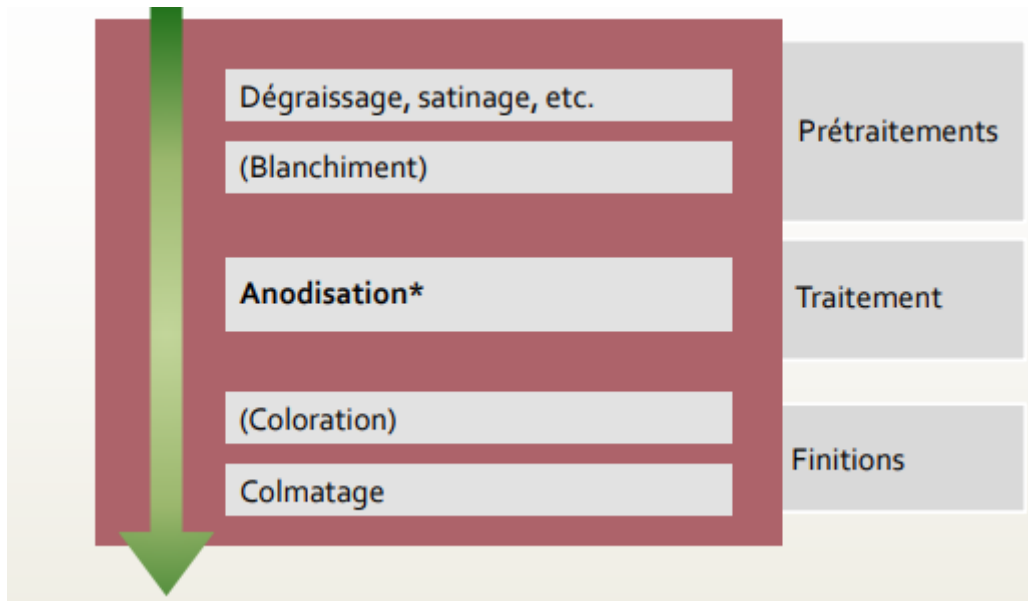


Figure III- 13:plan d'avant et après l'anodisation

III.2.4.8.Principe du colmatage

Les films anodiques formés sur l'aluminium sont, malgré leur épaisseur, très sensibles à l'atmosphère environnante du fait de leur forte porosité et sont ainsi sujets aux agressions extérieures qui entraînent une dégradation précoce. Afin d'augmenter la résistance à la corrosion de la couche anodique, il importe de modifier la porosité. Cette opération est appelée colmatage. Le mécanisme de colmatage généralement retenu est l'hydratation de l'oxyde d'aluminium formé au cours de l'anodisation. La modification de la couche généralement évoquée dans la littérature est la transformation de l'alumine anhydre formée lors de l'anodisation en alumine monohydrate (bohémite). Cette opération s'accompagne d'un gonflement de la couche et par conséquent de la fermeture partielle des pores. [42].

La réaction de base du colmatage hydrothermique peut s'écrire de la façon suivante:



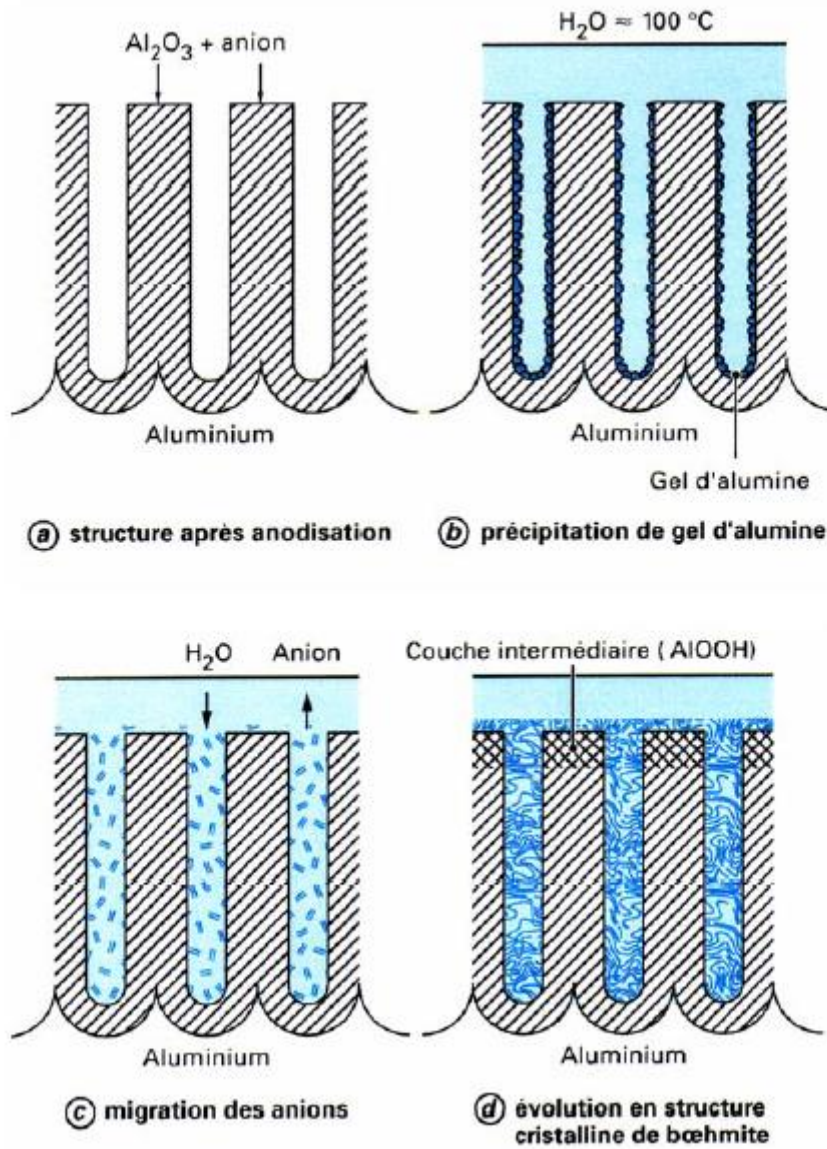


Figure III- 14: Mécanisme de colmatage à l'eau bouillante d'une couche anodique [44].



Figure III- 15: technique de colmatage .

La colmatage de la couche anodisée faisant l'objet de plusieurs travaux, cette technique permet la fermeture des porosités existantes dans chaque cellule de la couche d'alumine. Cette obturation est obtenue par transformation de l'oxyde d'aluminium constituant la couche anodique, entraînant une dilatation et donc une fermeture progressive des pores. Parmi les traitements de colmatage les plus fréquemment utilisés, on peut citer:

- ❖ le colmatage à l'eau bouillante,
- ❖ le colmatage en phase vapeur,
- ❖ le colmatage au bichromate de potassium,
- ❖ le colmatage aux acétates de nickel,
- ❖ le colmatage à froid. [43]

III.3 Laquage de l'aluminium:

Le laquage de l'aluminium est un procédé par lequel on applique sur l'aluminium de la peinture (sous forme de poudre) qui est ensuite polymérisée et cuite. Avant de passer à l'étape de laquage, l'aluminium a subi différentes étapes de traitement de surface, soit le dégraissage alcalin le dérochage acide ainsi qu'une conversion. Le laquage de l'aluminium permet d'obtenir une très vaste palette de couleurs et rend le matériau particulièrement résistant aux rayures et aux chocs. L'aluminium laqué est en outre très facile à entretenir et a une excellente durée de vie. En général la couleur demandée c'est la couleur blanche et la poudre utilisée c'est de la société Jotun.

III.3.1. Le processus du laquage de l'aluminium:

III.3.1.1. Nettoyage de la surface:

On pulvérise une solution aqueuse de caractère acide pour laisser la surface propre de graisses, poussière ou tout autre reste de saleté qui peut rester après le processus d'extrusion.

III.3.1.2. Attaque de la surface:

Grâce à ce processus on élimine la couche naturelle d'oxyde de l'aluminium. Ce processus peut se réaliser dans un milieu acide comme dans un milieu alcalin.

III.3.1.3. Conversion de la couche d'ancrage (apprêt) :

C'est une des phases plus importantes du processus adhérence. Ensuite on emporte les profils dans un four de séchage pour les préparer pour la phase suivante.

III.3.1.4. Application de la peinture:

C'est le traitement qui définit le processus de laquage. Un nombre de pistolets électrostatiques avec charge positive pulvérisent la peinture en poudre sur les profils, avec charge négative. De cette façon, la peinture reste adhérent à la surface

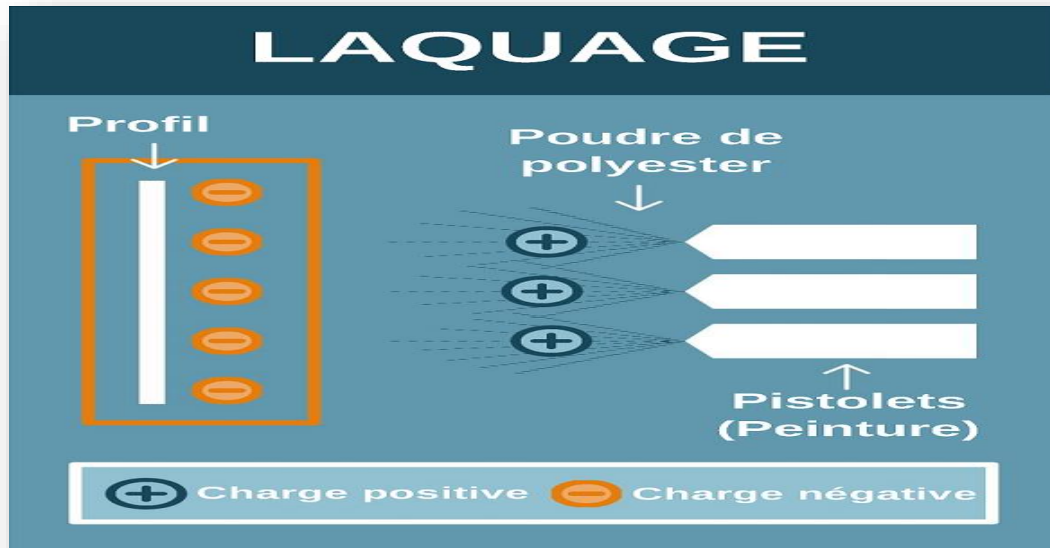


Figure III- 16: la processus de laquage .

III.3.1.5. Polymérisation dans un four :

Dans cette phase on réalise le thermo-durcissement des résines. On introduit les profils dans des fours à convection d'air à une température de 180° à 200°C pendant 20 minutes, les résines sont fondues et elles s'adhèrent au profil. Les épaisseurs qu'on obtient sont très uniformes, de 60 à 80 micron.

Ensuite nous réaliserons les essais requis par l'organe de certification des labels de qualité ; QUALICOAT (SEASIDE), QUALIDECO.

Pour la maintenance de portes et fenêtres en aluminium laqué, il est recommandable utiliser des produits neutres et éléments non abrasifs. Ainsi, la protection restera parfaite pendant de nombreuses années.



Figure III- 17:organisme de profilées pour le polymérisation

- ❖ Il y a secteur des traitements des eaux, on traite l'eau pour obtenir l'eau industrielle qui est utilisée pour rinçage ou autre opération dans l'entreprise.
- ❖ En plus, il y a un laboratoire pour tester la surface du profilé et faire des essais de traction, la dureté, l'adhérence de la couche avec le profilé ... etc. Même on fait des traitements sur la poudre et vérifier si elle est sur les normes ou non.



Figure III- 18:Assurance de sécurités des surface selon le norme ou nn

- ❖ En utilisant comme un moyen de transporter les profilés, les ponts roulants. Dans cette entreprise, il y a plusieurs ponts roulants selon les besoins.



Figure III- 19:Processus transporter de profiles

III.3.2.Test MACHU:

III.3.2.1. Le principe :

(Test rapide de corrosion, seulement sur profilés extrudés en alliage AA 6060 ou AA 6063)

Avant l'immersion, on fera une incision en forme de croix d'une largeur de 1mm sur une surface significative, avec un instrument spécial pour entailler le revêtement jusqu'au métal. Si l'échantillon mesure moins de 70mm x 70mm, une entaille devra être faite dans le sens de la longueur. [45]

Solution d'essai:

NaCl : 50 ± 1 g/l

CH₃COOH (Glacial) : 10 ± 1 ml/l

H₂O₂ (30%) : 5 ± 1 ml/l

Température : $37^\circ \pm 1 \pm C$

Durée de l'essai : $48 \pm 0,5$ heures

Le pH de la solution est situé entre 3,0 et 3,3. Après 24 heures, on doit ajouter 5 ml/l d'eau oxygénée (H₂O₂ 30%) et corriger le pH avec de l'acide acétique glacial ou de la soude caustique. Pour chaque essai, il faut utiliser une nouvelle solution. [45]

III.3.2.2. En pratique:

Nous avons déjà assisté aux segments qui ont passé l'étape de laquage. Et coupé à environ 15 cm.



Figure III- 20: les échantillons que nous avons préparé

Nous prélevons six échantillons et les classons comme suit:

- Deux pièces dont on ne fait rien (Echantillon A) .
- Deux pièces que nous faisons une rayure sur la surface qui la peinture dessus (Echantillon B)



Figure III- 21: la méthode exemple de processus de grattage.

Deux autres pièces que nous grattons également et que laissons de côté pour référence.
(Ech C)

En obtenant la solution de ce test et mettant les échantillons dans le bain comme suit dans la figure



Figure III- 22: le bassin de solution de test MACHU.

Après avoir mesuré le pH de la solution et allume le chronomètre et ferme sur ce bain

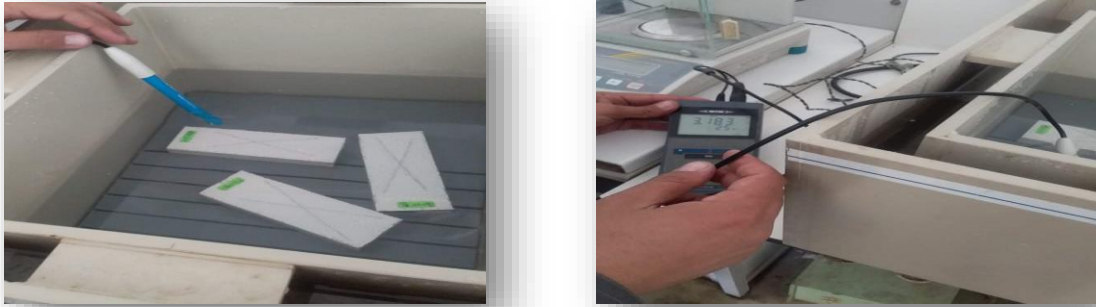


Figure III- 23: vérifications des conditions du mesure du pH .

Après une durée de 48 h .Retirer les échantillons du bassin et mettre l'échantillon de côté

Nous prélevons des échantillons et les coupons en petits morceaux tout en maintenant la douceur de la surface.

On le passe sur le polissage fin jusqu'à 3000 a partir 220 ,400,600, 1000 puis on prépare une solution d'attaque chimique de type killer dont la composition est la suivante:

- ✓ 2% HF
- ✓ 5% HNO₃
- ✓ 3% HCl
- ✓ 90% H₂O

III.3.2.3. L'Observation microscopiques:

Après rinçage et séchage l'observation microscopique nous donne les résultats illustrés sur les figures suivantes :

Sous un grossissement de 200x

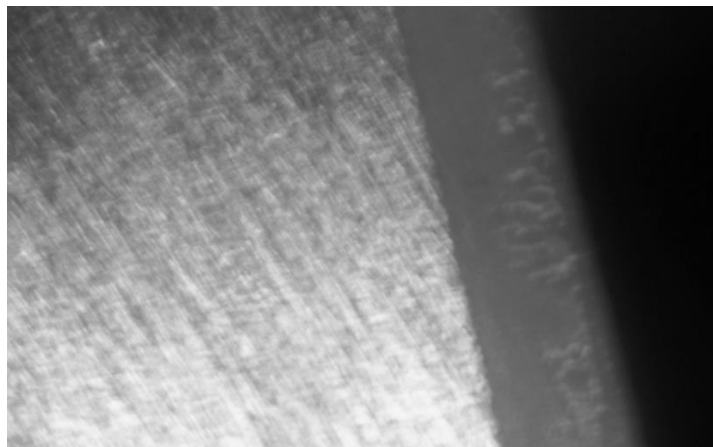


Figure III- 24: Résultat d'échantillon A permet de voir les couches de revêtement est claire plus l'Aluminium laquelle en couleur foncé .

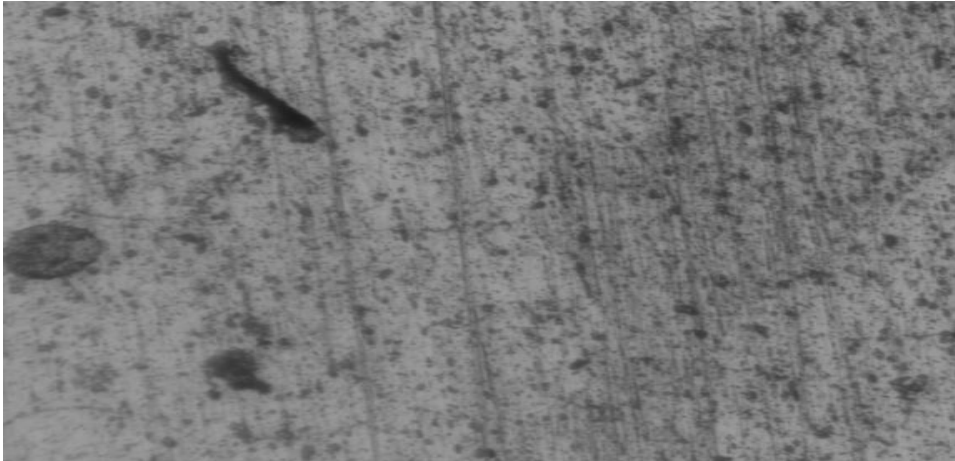


Figure III- 25:la résultat d'échantillon B

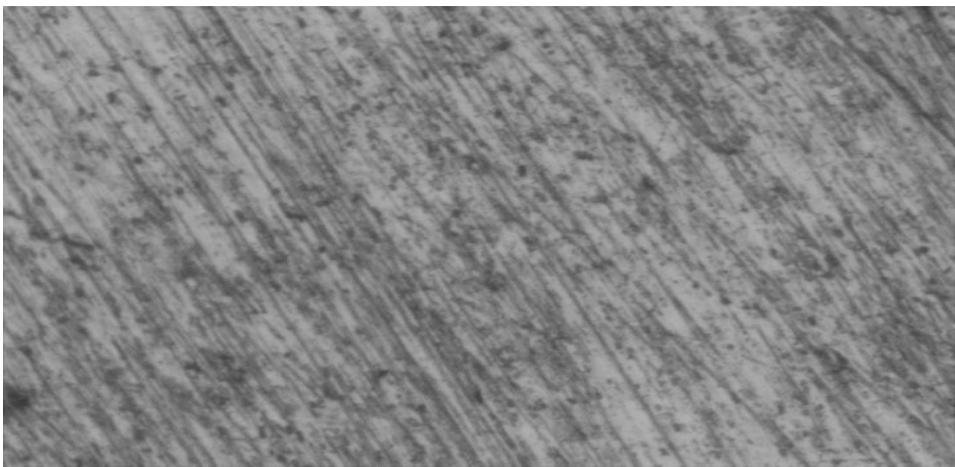


Figure III- 26:la résultat d'échantillon C

Conclusion:

A la fin de cette expérience, nous concluons par l'apparition de ces taches qui sont apparues sur l'échantillon laquée ,il est possible au fil des années que la couche de revêtement disparaisse progressivement de la plaque d'Aluminium ,par rapport au procédé anodisé .C 'est la garantie d'une plus longue période de temps car la couche ne disparaît pas.

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Dans ce modeste travail, nous avons traité certaines des méthodes de protection des métaux contre le phénomène de corrosion, qui était représenté par les revêtements et la protection anodique. Dans la première méthode, nous avons montré que le revêtement est une couche protectrice pour matériaux métalliques et reste pour une période de temps, et notre objectif est de garder le métal sec et non soumis à l'humidité qui peut endommager les propriétés du matériau (ici nous en avons discuté du traitement de la surface de l'aluminium) Quant à la deuxième méthode, qui est plus sûre par rapport à la première, mais d'une manière différente et d'autres matériaux, et sa validité reste pendant des siècles au moindre coût, qui est la protection anodique, dans laquelle une anode faite de métaux plus différents est utilisée. L'activité du métal qui augmente sa protection afin d'éviter la corrosion des matériaux immergés ou enterrés et d'obtenir une surface résistante aux agressions extérieures du métal.

Bibliographie :

- [1] A short introduction to corrosion and its control .corrosion in the metal and its prevention .national corrosion service .NpL.2003 PP 1-9
- [2] Thèse de doctorat de l 'université de Bretagne occidentale « réaction de réduction de l 'oxygène sur les aciers
- [3] **Hicham E.**, Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide ortho phosphorique par un antibiotique organique, Mémoire d'Etudes Supérieures Approfondies, Université de Oujda (Maroc),2000
- [4] **D. William, Jr. Callister**, Science et génie des matériaux, Modulo Editeur, 2001, pp 505-520.
- [5] **C. Gabrielli, M. Keddam, H. Takenouti**, Matériaux & Techniques 95 (2007) 385.
- [6] **A. D. Mercier** «Proceedings of the 5th European Symposium of Corrosion Inhibitors » Ann. Univ. Ferrara (Italie) (1980) p.553.
- [7] **K. O. Orubite, N. C. Oforka**, Mat. Lett. 58 (2004) 1768.
- [8] **I. Radojčić, K. Berković, S. Kovač, J. Vorkapić-Furač**, Corros. Sci. 50(2008)1498.
- [9] **M. Colombie et .Coll. Matériaux Industrie**, Matériaux métalliques, édition, 2000.
- [10] **D. LANDOLT**, « CORROSION ET CHIMIE DES SURFACES DES MÉTAUX », Presses polytechniques et universitaires romandes Lausanne, 1993, p. 2.
- [11] **J. PHILIBERT, A. VIGNES, Y. BRÉCHET, P. COMBRADE**, «MÉTALLURGIE. Du minerai au matériau », DUNOD, 2^e édition, Paris, 2002, p. 959.
- [12] D. Brasher et al, British, *corrosion journal*, 3, N° , 5,1968.
- [13] Article rédigé par **Dr. Philipp Wagener**, Metals Innovation Center Manager
- [14] **S. YOTNSI & M. A. GANA**. Etude de corrosion bactérienne(rapport).Evaluation de la contamination bactérienne du champ pétrolier d'Edjeleh, par les bactérie sulfato-réductrices, Mars- 1999. (Entreprise nationale sonatrach, centre de recherche et développement), laboratoire Traitement Des Hydrocarbures Département corrosion.
- [15] **VERVISCH-FORTUNÉ Isabelle**.(25 septembre 2009). Sensibilité de la technique, d'émission acoustique à la corrosion des armatures dans le béton. THÈSE de DOCTORAT, Université De Toulouse III– Paul Sabatier
- [16] **KHOUKHI FAIZA**. (2008). Etude de l'efficacité de deux inhibiteurs de corrosion dans les milieux multiphasiques (Eau, huile et gaz). Mémoire de Magister. Université M'Hamed BOUGARA de Boumerdès.

- [17] https://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riau#Classification_selon_la_structure_atomique
- [18] **G. C'HAPUIS et QUOIX**. Méthodes expérimentales d'études en métallurgie. Paris : Edité
- [19] **Dr Hakim BENSABRA** – Cours Corrosion Et Protection Des Métaux Département de Genere de procèdes- université de Jijel
- [20] **Roger Crooks, Sheffield (GB)** , Le décapage et la passivation de l'acier inoxydable ,deuxième édition 2007,Bruzelles , Belgique,P2.
- [21] **Max HELIE** ,Corrosion des matériaux métalliques.Ellipses édition Marketing S.A.2015,Reu Bague75740 Paris cedex 15 .
- [22] **Larabi Oussama** , Contribution à l'étude de l'inhibition de corrosion d'un acier au carbone par des composés organiques en milieu acide agressif These doctorah ,univ Telemcen,2016-2017, P6-7.
- [23]**Dr.ManaaSaadeddine** , Cours,(corrosion et protection ,Mastre 1GP ,2018 ,2019 ,P9-12.
- [24] **Dr.S.Bensaada** , Cour corrosion ,P44-47 .
- [25] **Bernard Baroux**, La corrosion des métaux ,Dunod, Paris ,2014,P119 .
- [26] **W .forlker .H.worch, D ,Raner,werk,U .Korr.32(1981)529.**
- [27] **Raphael Luliano**, Corrosion des métaux ,reserchGate ,janvier 2014.
- [28] **Robert GADEAU,Robert GUILLOT**,<<ALUMINIUM>>,EncyclopaediaUniversals France Enligne ,consulté le 3juin 2021.
- [29] **Dr.GHOMARI FOUAD**, SCIENCE DES MATERIAUX de construction ,Université ABOU BAKER BELKAID.
- [30] L'ALUMINIUM, projet toiture,IUT Sant Jérôme (p2-4).
- [31] **SAID.BENSAAD**,métaux et alliage non ferreux, Edition universitaire s européennes ,Octobre 7,2010 .
- [32] **Maurice Duval** ,Anodisation
- [33] **D.J.Chakrabartia ,Davide . Laughlind** ,Phase relation an precipitation in AL-Mg-Si Alloys with cuaddition,Progress in Matrerials Science 49,P.389 410,2004
- [34] **Pierre jean MULLER** ,Traitement de surface Des Alliages D'ALLVMINIUM , Module de formation APV du 05 et 04 octbre ,2012
- [35] **C .Vargel** ,corrosion de L'ALUMINIM , Dunad ,1999,P233
- [36] **J .Le febvre** ; Traitements anodiques de l'aluminium et ses alliage ;technique d'ingénieur, MD3,P130 ,2000 .

- [37] **M. Mohamed Farid BENLAM NOUAR** , contribution à L'amélioration du comportement .en fatigue d'un alliage d'aluminium Anodise , Magister .G.M , Ecole Militaire polytique ,15-03-2010.p.14-15
- [38] **C.Pelouin**,Etat de la technique dans l'industrie du traitement de surface dans le bassin Rhinmeuse ,Synthèse bibliographique ,Agence de l'EAU Rhim Meuse 1990 47P
- [39]**J.M cape**, pretreatment of aluminum by cleaning and etching , product finishing London ,v26 N°8 1973 P.12-6
- [40] **JS safrany** ,Anodisation de l'aluminium et de ses alliage , techniques de l'Ingénieur traité des Matériaux métalliques 2008 section M1630 .
- [41] **J.C Bara** , Traitement de surface, Environnement etcompétivité , éd .Eyrolles 1988 P1930
- [42]**L.Lacourcelle** ,Traité de galvanoplastique ,Galva –conseil éd Lavoisier paris .1997 P5690
- [43] **BoudilmiAissa** , contribution à la caractérisation des revêtements , et des Matériaux stratifiés par micro dureté et tenue à l'usure thèse ,GM.unisétif ,P.9-11
- [44] **J. S .Safrany** , Anodisation de Aluminium et de ses alliages , techniques de l'ingénieur
- [45] **QUALICOAT** ,Directivesconcertnant le rabble de qualité pour les revêtements par thermo laquage liquide ou poudre de l'aluminium destiné .à l'architecture 14 éme édition version française Ed 01 ,01 1 rév . 08.03.2017

Résumé:

Le but de cette étude est de savoir comment protéger à la fois les matériaux métalliques et les moyens d'éviter la corrosion « malgré le fait que ces réparations soient peu possibles à l'heure actuelle » et qui en restreignent désormais les différents domaines, et par conséquent nous avons discuté certains de ces enjeux, techniques et méthodes scientifiques comme les revêtements la protection anodique et ajout des produit pour réduire ce phénomène.

Mots clés : corrosion, prévention, anodisation ,dépassivation

Abstract:

The aim of this study is to know how to protect both metallic materials and the means to avoid corrosion "despite the fact that these repairs are not very possible at present" and which now restrict the various fields, and therefore we have discussed some of these issues, techniques and scientific methods such as anodic protection coatings and adding products to reduce this phenomenon.

Keywords: corrosion, prevention, anodization, dep

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة كيفية حماية كل من المواد المعدنية ووسائل تجنب التآكل "على الرغم من حقيقة أن هذه الإصلاحات ليست ممكنة للغاية في الوقت الحالي" والتي تقيّد الآن المجالات المختلفة ، وبالتالي فقد ناقشنا بعضًا من هذه القضايا والتقنيات والأساليب العلمية مثل الطلاءات والحماية الانودية و اضافة مواد للحد من هذه الظاهرة .

الكلمات المفتاحية: التآكل ، الوقاية ،
التأكسد ، نزع الأحاسيس