

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSENGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université SKIKDA 20 AOUT- 1955

Faculté de science

Département de chimie

Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention

Du diplôme de master Académique En :

Option : Master

Thème

**Durabilité d'un revêtement
anticorrosif dans NaCl 3%**

Présenté par

Satouh ibtissem

Bourkeb ikram

Encadré par

Remache malika

Soutenu Le 02 /06/2022

Juré de soutenance

<u>Président :</u>	K .Belmokre	(PR)	Université de Skikda
<u>Rapporteur :</u>	M . Remache	(M A A)	Université de Skikda
<u>Examineur :</u>	H .Bougahazi	(M A A)	Université de Skikda

Promotion 2022



Remerciement

Nous exprimons notre profonde gratitude à M. Kamal Belmokre pour son soutien et sa motivation tout au long de ces années.

Mes grands remerciements vont à madame M. REMACHE, qui a été le rapporteur de ce travail, pour son aide précieuse et le suivi quotidien et pour ses conseils et sa disponibilité.

Nous remercions les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Mes remerciements vont également à Mme Ben Achour Naima, le Chef de département de Chimie- Université de Skikda

Nous remercions toutes les personnes du laboratoire de Hall technologique- Université de Skikda : ingénieurs et techniciens, pour leur contribution à une ambiance du travail agréable.

Nous remercions également le corps enseignant du Département Chimie, de la Faculté de Sciences.





Dédicace

*On dédie ce modeste travail :
A nos très chers parents, et à toutes
nos familles. Pour leurs soutiens
constant et leurs patiences qu'ils
nous ont témoigné. A tous ce qui est
attribué de près ou de loin à la
réalisation de ce mémoire.*

Ibtissem et Ikram



Liste des abréviations

Liste des abréviations

HR	: Humidité Relative
MEK	: méthyléthylcétone
MIBK	: méthylisobutylcétone
CE	: Electrode auxiliaire
RE	: Electrode de référence
SIE	: Spectroscopie d'impédance électrochimique
RT	: Résistance de transfert
C	: Capacité
Re	: Résistance de l'électrolyte
Rp	: Résistance de polarisation
Ag/AgCl	: Electrode de référence
AgCl	: Chlorure d'argent
NaCl	: Chlorure de sodium
E	: Potentiel.
Icorr	: Densité de courant de corrosion.
Vcorr	: Vitesse de corrosion
Rrev, Qrev	: la résistance et la capacité du revêtement organique.
Rs	: Résistance de solution
Rtc	: Résistance de transfert de charge
CPE	: Elément à Phase constante
S	: Second
t	: temps
h	: heure
R	: Résistance.
Zre	: Partie réelle de l'impédance.
Zim	: Partie imaginaire de l'impédance.
n	: Nombre d'électrons échangés.
F	: Constante de Faraday
NT	: peinture non traitée
TT	: peinture avec un traitement thermique
TH	: peinture avec un traitement hygthermique
Ω	: unité de résistance

Liste Des Tableaux

Liste Des Tableaux

Chapitre III: Matériaux et Méthodes

- **Tableau III.1** : Composition chimique de l'acier A 283 C.....29

Chapitre IV: Résultats et discussions

- **Tableau IV.1:** résultats de l'essai de polarisation sur l'acier A283 C dans le NaCl 3%.....43
- **Tableau IV.2** : Paramètres électrochimiques des courbes d'impédance de l'acier nu.....51
- **Tableau IV.3** : Paramètres électrochimiques des courbes d'impédance de l'acier revêtu après 1 heure d'immersion.....52
- **Tableau IV.4** : Paramètres électrochimiques des courbes d'impédance de l'acier revêtu en fonction du temps d'immersion.....54

Liste Des Figures

Liste Des Figures

Chapitre I : Etude bibliographique

- **Figure. I.1:** Schématisation du phénomène de corrosion.....3
- **Figure. I.2:** Corrosion d'éléments en acier.....4
- **Figure. I.3:** Phase d'oxydation humide.....5
- **Figure. I.4:** Phase d'oxydation sèche5
- **Figure. I.5:** Corrosion générale (rouille) d'une pièce en acier.....5
- **Figure. I.6:** Corrosion localisée.....6
- **Figure. I.7:** La corrosion sous contrainte d'un acier inoxydable.....6
- **Figure. I.8:** Corrosion par piqûres d'un acier inoxydable.....7
- **Figure. I.9:** Exemple de corrosion galvanique.....7
 - **Figure. I.10:** Attaque progressive par corrosion-érosion d'un métal recouvert d'un film de produits de corrosion8
- **Figure. I.11:** La corrosion caverneuse.8
- **Figure. I.12:** Corrosion inter granulaire d'un inox par HCl.....9
- **Figure. I.13:** Piqûres de corrosion typique.....9
- **Figure I.14:** Classement des inhibiteurs.....12

Chapitre II : Protection par les peintures

- **Figure II.1 :** Composition typique d'une peinture liquide à base de Solvant.....16
- **Figure II.2 :** Pigments minéraux.....18
- **Figure II.3 :** Les pigments organiques.....18
- **Figure II.4 :** Représentation schématique des différentes étapes de formation d'une peinture..21
- **Figure II.5 :** Système de protection par les peintures.....21
- **Figure II.6 :** Mécanismes de dégradation des films de peinture.....24

Chapitre III : Matériaux et Méthodes

- **Figure III.1 :** Courbe Log i en fonction de potentiel E et droite de Tafel.....31
- **Figure III.2 :** Schéma représentatif de la chaîne électrochimique de mesure.....33
- **Figure III.3 :** Principe de la spectroscopie d'impédance électrochimique.....35
- **Figure III.4:** Module d'impédance partie imaginaire versus de la partie réelle de l'impédance.....36
- **Figure III.5:** Représentation graphique de l'impédance d'une résistance pure37

Liste Des Figures

- **Figure III.6:** Schéma représentatif de la chaîne électrochimique de mesure38

Chapitre IV : Résultats et discussions

- **Figure IV.1:** Évolution du potentiel d'abandon de l'acier A 283 C en fonction du temps d'immersion dans NaCl 3%.....42
- **Figure IV.2:** Courbe de polarisation de l'acier A 283 C dans le NaCl 3%.....44
- **Figure IV.3:** Diagrammes de Nyquist de l'acier A 283 C après 1 heure d'immersion dans NaCl 3%.....45
- **Figure IV.4:** Diagrammes de Nyquist de l'acier A 283 C revêtu après 1 heure d'immersion dans NaCl 3%.....46
- **Figure IV.5:** Diagrammes d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heures d'immersion en milieu NaCl 3%.....47
- **Figure IV.6:** courbes d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion dans NaCl 3%.....48
- **Figure IV.7:** Diagrammes d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heure d'immersion en milieu NaCl 3%.....49
- **Figure IV.8:** Diagrammes d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion en milieu NaCl 3%.....50
 - **Figure IV.9:** Circuit électrique équivalent pour le système métal/électrolyte.....51
- **Figure IV.10:** Circuit électrique équivalent pour l'interface métal revêtu/ électrolyte.....52
- **Figure IV.11:** Evolution de la résistance en fonction de la nature du traitement.....53
- **Figure IV.12 :** Evolution de la capacité en fonction de la nature du traitement.....53
- **Figure IV.13 :** Evolution de la résistance de l'acier revêtu et traité thermiquement en fonction du temps d'immersion.....54
- **Figure IV.12 :** Evolution de la capacité de l'acier revêtu et traité thermiquement en fonction du temps d'immersion.....55

Liste Des Figures



Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Etude bibliographique	
I.1. Généralités sur la corrosion.....	3
I.1.1. Introduction	3
I.1.2. Définition de la corrosion	3
I.1.3. Les types de corrosion	4
I.1.3.1. La corrosion humide	4
I.1.3.2. La corrosion sèche	4
I.1.4. Les formes de corrosion	5
I.1.4.1. Corrosion uniforme	5
I.1.4.2. La corrosion localisée	6
I.1.4.3. Corrosion sous contraintes	6
I.1.4.4. Corrosion par piqûre.....	6
I.1.4.5. Corrosion galvanique	7
I.1.4.6. La corrosion érosion	8
I.1.4.7. La corrosion caverneuse.....	8
I.1.4.8. Corrosion inter granulaire	9
I.1.4.9. La corrosion sélective.....	9
I.2. protection des métaux contre la corrosion.....	10
I.2.1. protection électrochimique.....	10
I.2.1.1. Protection cathodique	10
I.2.1.2. Protection anodique.....	10
I.2.2. Protection par Revêtement.....	11

Sommaire

I.2.2.1. Revêtement métallique.....	11
I.2.2.2. Revêtements inorganiques non métalliques	11
I.2.2.3. Revêtements organiques	11
I.2.3. Protection par inhibiteurs	11
I.2.3.1. Définition d'un inhibiteur.....	11
I.2.3.2. Classification des inhibiteurs.....	11
Références chapitre I.....	13

Chapitre II: Protection par les peintures

II.1. Définition.....	16
II.2. Principaux Constituants des peintures	16
II.3. Les étapes de formation d'un film de peinture	20
II.4. Système de protection par les peintures.....	21
II.5. Vieillessement d'un polymère en milieu humide.....	23
II.5.1. Interactions chimiques entre l'eau et une matrice polymère	23
II.5.2. dégradation thermique.....	23
II.5.3. Mécanismes de dégradation des films de peinture.....	24
Références chapitre II.....	25

Chapitre III: Matériaux et Méthodes

III.1. objectif.....	23
III.2. Matériaux	23
III.3. Méthodes.....	30
III.3.1. Méthodes électrochimiques stationnaires.....	30
III.3.2. Spectroscopie d'Impédance Electrochimique(SIE).....	32
III.3.2.1. Définition.....	32
III.3.2.2. Principe de la méthode.....	32

Sommaire

III.3.2.3. Circuits équivalents.....	33
III.3.3. Appareillage pour la spectroscopie d'impédance électrochimique.....	38
Références chapitre III	39

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV.1. Etude du comportement de l'acier au carbone dans NaCl 3%	42
IV.1.1. L'évolution du potentiel d'abandon en fonction du temps	42
IV.1.2. Courbes de polarisation $\log I=f(E)$	43
IV.1.3. Spectroscopie d'impédance électrochimique.....	44
IV.2. Comportement de l'acier A 283 C revêtu dans NaCl 3%	45
IV.2.1. Diagrammes d'impédance après 1 heures d'immersion	45
IV.3. Etude de l'effet du traitement thermique et hygrothermique sur le comportement de l'acier revêtu	46
IV.3. 1. Etude de l'effet de traitement thermique.....	46
IV.3.1.1. Courbe d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heures d'immersion.....	46
IV.3.1.2. Courbe d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion.....	47
IV.3. 2. Etude de l'effet du traitement hygrothermique	48
IV.3.2.1. Courbe d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heure d'immersion.....	48
IV.3.2.2. Courbe d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion.....	49
IV.4. Modélisation des courbes d'impédance	51
IV.4.1. Acier nu.....	51
IV.4.1. Acier revêtu	52
IV.4.1.1. Après 1 heure d'immersion.....	52
IV.4.1.2. La peinture traitée en fonction du temps du temps d'immersion.....	54

Sommaire

Références chapitre IV	56
Conclusion générale	58
Résumé	59



Introduction Générale

Introduction Générale

Un revêtement a pour but d'améliorer les propriétés de surface des installations métalliques. Ils peuvent servir pour préserver ou améliorer l'apparence, la résistance à la corrosion ou ajuster les propriétés de surface des installations considérés face aux contraintes mécaniques et aux différents éléments de l'environnement extérieur (ultraviolets, eau, oxydation (corrosion), température, moisissures, etc.).

Il existe principalement deux types de revêtements suivant leur composition : revêtement inorganique et revêtement organique.

Revêtements organiques sont composés principalement d'un matériau polymère qui fait office de liant pour des « pigments » qui fournissent les fonctionnalités désirées au revêtement (couleur, protection anticorrosion, photo sensibilité pour les films photographiques, etc.).

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à connaître l'effet de la température sur le revêtement époxy anticorrosion dans un milieu humide.

Le travail que nous présentons dans ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré sur les notions fondamentales sur la corrosion des métaux.
- Une généralité sur la protection par les peintures (Principaux Constituants, Durabilité, Système de protection...) constitue le deuxième chapitre.
- Le troisième chapitre traite les matériaux et les méthodes électrochimiques d'analyse ainsi que les dispositifs expérimentaux utilisés pour la réalisation de ce mémoire.
- Les résultats expérimentaux et les discussions sont regroupés dans le quatrième chapitre

Et on termine par une conclusion générale.





CHAPITRE 1



I.1. Généralités sur la corrosion :

I.1.1. Introduction :

La corrosion résulte d'une action chimique ou électrochimique d'un environnement sur les métaux et les alliages. Les conséquences sont importantes dans divers secteurs, en particulier dans l'industrie : arrêt de production, changement des pièces corrodées, accidents et risques de pollutions sont des événements fréquents parfois de lourds impacts incidences économiques [1].

I.1.2. Définition de la corrosion :

La corrosion est une interaction physico chimique entre un métal et son environnant entraînant des changements dans les propriétés du métal et pouvant conduire à une détérioration significative de la fonction du métal, du milieu environnant ou du système technique dont ils font partie. Pour qu'il y ait corrosion, il faut que deux zones de la structure métallique soient en contact électrique et qu'elles aient un rôle différent, l'une anodique et l'autre cathodique ; on notera que ces zones peuvent parfois se superposer. Donc, la corrosion d'un matériau est l'interaction destructive entre ce matériau (alliages métalliques, plastiques, béton,etc.) avec son environnement agressif [2].

Presque tous les milieux sont corrosifs. On parle de la corrosion par l'atmosphère par les milieux liquides (solution aqueuse organique, métaux fondus, etc....), par les gaz et par les sels,.....etc. (Fig. I.1).

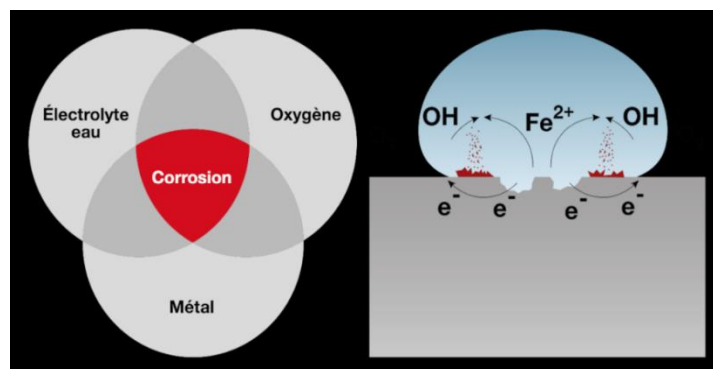


Figure. I.1 : Schématisation du phénomène de corrosion [3].

La corrosion concerne tous les métaux qui ont tendance, sous certaines condition, à retourner à leur état d'équilibre, c'est-à-dire sous forme oxydée (Fig. I.2) [4].



Figure. I.2 : Corrosion d'éléments en acier [5]

I.1.3. Les types de corrosion :

I.1.3.1. La corrosion humide :

La corrosion humide qui met en jeu des corps dissous dans l'eau peut s'expliquer simplement en considérant la réaction qui permet le passage du métal en solution (Fig. I.3) [6]. Elle peut s'exprimer sous une forme simplifiée [7].

I.1.3.2. La corrosion sèche :

Lorsqu'il s'agit d'un environnement sec (Fig. I.4), comme par exemple l'attaque d'un métal par un gaz qui se traduit par une réaction chimique d'oxydoréduction entre le métal et un agent corrosif non métallique (O, Cl, F, SO₂, CO, CO₂, H₂O...), avec formation d'un composé (oxyde chlorure, sulfure, fluorure...), en milieu gazeux [4].

La présence d'un gaz oxydant à la surface d'un métal entraîne la formation d'un d'oxyde

Suivant la réaction [7] :

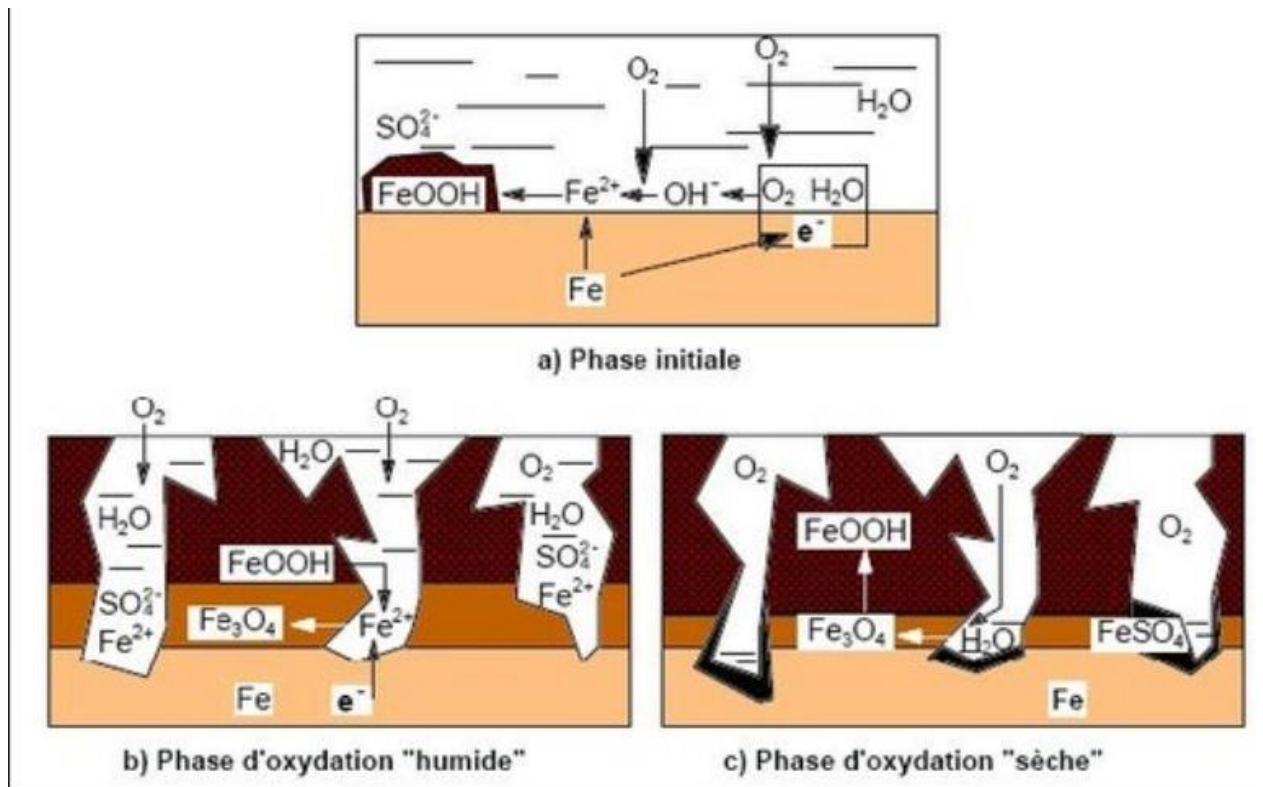


Figure I.3: Phase d'oxydation humide [8].

Figure I.4: Phase d'oxydation sèche [8]

I.1.4. Les formes de corrosion :

I.1.4.1. Corrosion uniforme :

La corrosion uniforme est une perte de matière plus ou moins régulière sur toute la surface (Fig. I.5). Le métal dans ce cas est dans l'état actif. Elle est aisément contrôlable par des mesures de perte de poids ou la diminution d'épaisseur du métal [9].



Figure I.5 : Corrosion générale (rouille) d'une pièce en acier [10].

I.1.4.2. La corrosion localisée :

La corrosion se déroule dans un lieu spécifiquement anodique d'une surface ou d'une structure métallique. Elle diffère de la corrosion uniforme car on distingue clairement les endroits anodiques et cathodiques (Fig .I.6). Pratiquement, la corrosion localisée provient d'une hétérogénéité de la surface du matériau ou de l'environnement. Elle pose souvent plus de problèmes à l'ingénieur que la corrosion uniforme [11].



Figure. I.6 : Corrosion localisée [12].

I.1.4.3. Corrosion sous contraintes :

Ce type de corrosion est causé par l'action conjuguée d'une contrainte mécanique et d'un milieu corrosif. Dans ce cas (Fig. I.7), la corrosion est localisée et apparaît sous forme des fissures [13].

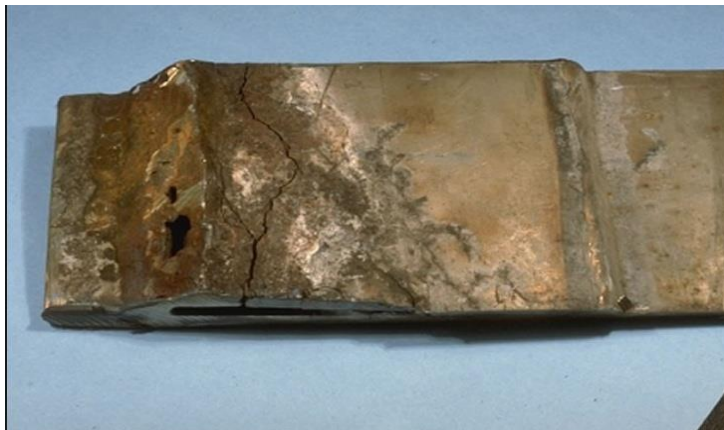


Figure. I.7: La corrosion sous contrainte d'un acier inoxydable [14]

I.1.4.4. 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 (Fig. I.8) à partir d'une ouverture de faible surface [9].



Figure. I.8: Corrosion par piqûres d'un acier inoxydable [9].

I.1.4.5. Corrosion galvanique :

La présence de deux matériaux métalliques au contact d'un même électrolyte a pour effet de déséquilibrer les potentiels propres de chaque élément dans cet électrolyte (Fig. I.9), c'est le principe même du couplage galvanique que l'on retrouve dans les nombreuses applications industrielles (accouplements acier- laiton, assemblage soudés de différentes natures...) [11].

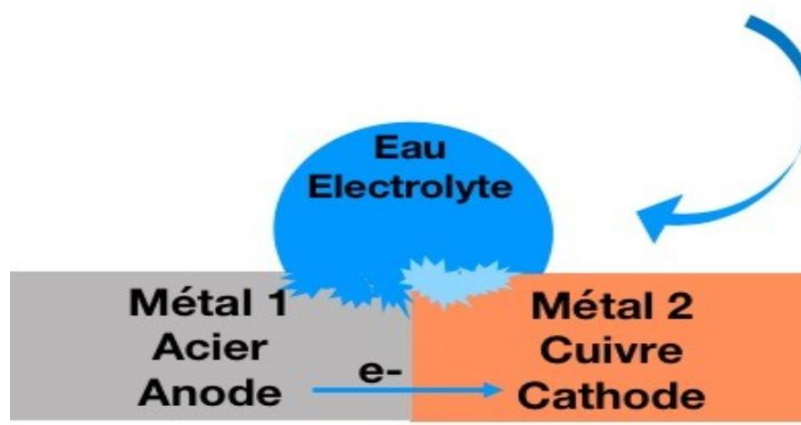


Figure .I.9 : Principe de la Corrosion galvanique [11]

I.1.4.6. La corrosion érosion :

La corrosion érosion est due à l'action conjointe d'une réaction électrochimique et d'un enlèvement mécanique de matière, elle a souvent lieu sur des métaux exposés à l'écoulement rapide de fluide (Fig. I.10) [15].



Figure. I.10: Attaque progressive par corrosion-érosion d'un métal recouvert d'un film de produits de corrosion : [15].

I.1.4.7. La corrosion cavernieuse :

Cette corrosion est due à une différence d'accessibilité de l'oxygène entre deux parties d'une structure, créant ainsi une pile électrochimique. On observe une attaque sélective du métal dans les fentes et autres endroits peu accessibles à l'oxygène (Fig. I.11) [16].



Figure. I.11 : La corrosion cavernieuse [16].

I.1.4.8. Corrosion inter granulaire :

La corrosion se développe aux points de jonction des grains du métal, détruisant progressivement la cohésion du matériau (Fig. I.12). Cette manifestation est quasiment invisible à l'oeil nu mais affecte considérablement la résistance mécanique du métal. Elle se rencontre dans les aciers inoxydables et est due généralement à la précipitation de carbures de chrome aux joints de grains qui appauvrissent en chrome les zones adjacentes et les rendent plus sensibles à la corrosion [13].

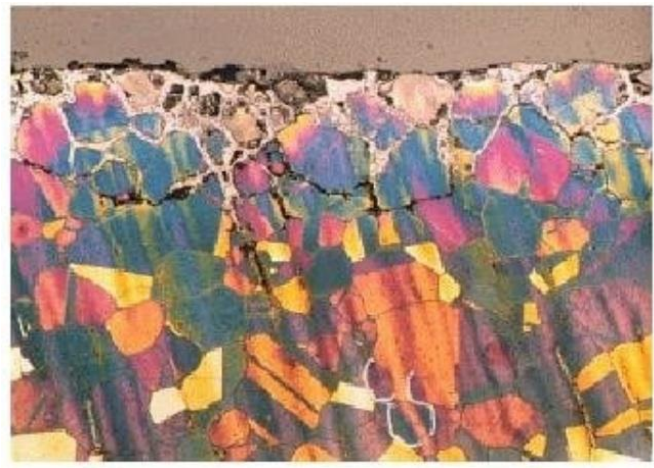


Figure. I.12 : Corrosion inter granulaire d'un acier inoxydable par HCl [13]

I.1.4.9. La corrosion sélective :

Cette forme de corrosion est due à l'oxydation d'un composant de l'alliage, conduisant à la formation d'une structure métallique poreuse comme le montre l'exemple de la (Fig. I.13) [17].



Figure. I.13: piqûres de corrosion typique de: [18]

I.2. protection des métaux contre la corrosion :

Lorsqu'on travaille avec un équipement soumis à un environnement corrosif, la capacité à prévenir la corrosion des métaux est indispensable. Il existe plusieurs méthodes de protection :

- la protection électrochimique (la protection cathodique et la protection anodique) ;
- Protection par Revêtement ;
- Protection par inhibiteurs ;

I.2.1. protection électrochimique :

Elle consiste à agir de manière contrôlée sur les réactions d'oxydation et de réduction qui se produisent lors du phénomène de corrosion. En effet cette méthode consiste à imposer au métal un potentiel suffisamment bas pour que la vitesse de corrosion devienne négligeable, voire nulle.

On distingue deux méthodes de protection: la protection cathodique et la protection anodique

I.2.1.1. Protection cathodique :

La protection cathodique consiste à imposer au métal un potentiel suffisamment bas pour que la vitesse de corrosion devienne négligeable. En pratique, cette méthode sert surtout à protéger les structures lourdes en acier,

La protection cathodique est contrôlée par deux paramètres fondamentaux : le potentiel de protection et la densité de courant de protection, Deux méthodes de protection cathodique sont souvent utilisées en pratique :

- La protection par anode sacrificielle ;
- La protection par courant imposé ;

I.2.1.2. Protection anodique :

La protection anodique s'applique aux métaux passivables, dont le potentiel de corrosion se situe dans le domaine actif $E_{corr} < E_{pass}$. Une polarisation anodique permet dans ce cas de déplacer le potentiel dans le domaine passif. Le maintien d'une protection anodique ne nécessite qu'une faible densité de courant.

I.2.2. Protection par Revêtement :

I.2.2.1. Revêtement métallique :

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. D'une manière générale, on distinguera deux types de revêtements métalliques : anodiques et cathodiques.

I.2.2.2. Revêtements inorganiques non métalliques :

Il s'agit des couches obtenues par conversion chimique de surface et des couches étrangères au substrat. Les couches de conversion sont obtenues par une réaction du métal avec un milieu choisi (phosphatation, anodisation et chromatisation), tandis que les couches étrangères au substrat sont fabriquées par des procédés de déposition qui n'impliquent pas une réaction du substrat (émaillage, etc.), la composition chimique dans ce cas est indépendante de celle du substrat.

I.2.2.3. Revêtements organiques :

Les revêtements organiques forment une barrière plus au moins imperméable entre le métal et le milieu électrolytique. Ils sont classés en trois familles :

- Les revêtements en bitume (protection des structures enterrées) ;
- Les revêtements polymériques ;
- Les peintures et vernis ;

I.2.3. Protection par inhibiteurs :

I.2.3.1. Définition d'un inhibiteur :

Un inhibiteur est une substance chimique que l'on ajoute en petite quantité au milieu pour diminuer la vitesse de corrosion du matériau métallique à protéger. Leur domaine d'utilisation recouvre les milieux acides, la vapeur, et les eaux de refroidissement.

I.2.3.2. Classification des inhibiteurs :

Les inhibiteurs peuvent être classés de plusieurs façons :

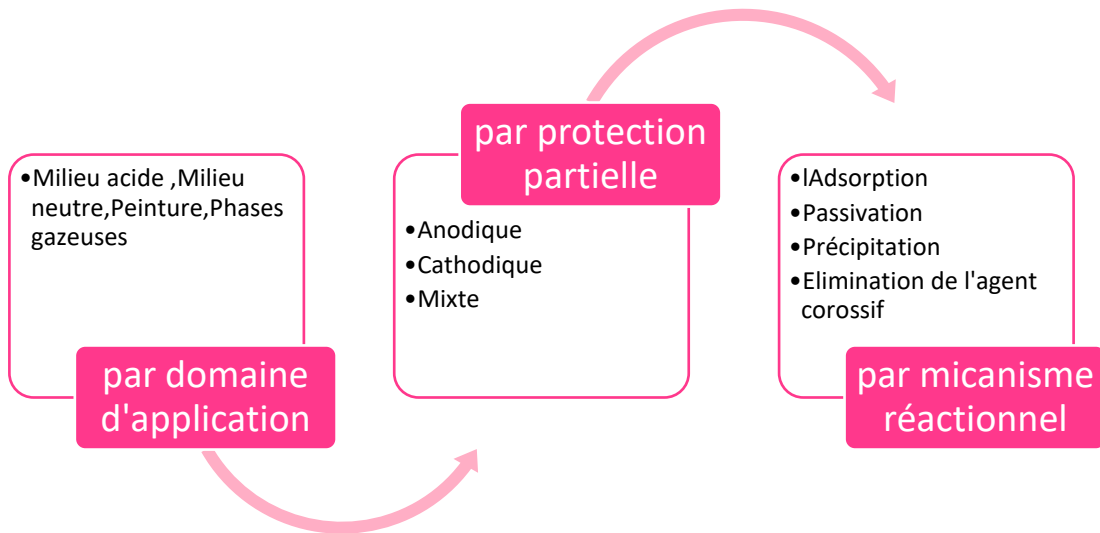


Figure I.17: Classement des inhibiteurs.

Références

- [1] S. OUCHENANE, Influence des inhibiteurs sur la corrosion de l'acier A37 dans différents milieux et leurs effets biocides sur e. coli, THESE DOCTORAT, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA, Juin 2013 ,P : 5.
- [2] L. BABOURI étude de la résistance a la corrosion des alliages de cuivre en milieu salin, MEMOIRE DE MAGISTER, L'UNIVERSITÉ DU 20 AOUT 1955 – SKIKDA, 2008, P : 29.
- [3] S. BOURGEOIS, J. GAUTIER, M .PIRARD, F. VANHOVE, L .WARNIER, La corrosion : pourquoi et comment l'éviter ? Didactique spéciale en sciences naturelles SC2321, UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN Année académique 2004-2005.
- [4] Z .AMY, caractérisation de l'acier inoxydable X5CrNi18-10 et étude de son oxydation à température. MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI – OUZOU, 2013, P : 32-33.
- [5] Groupe HILTI, manuel corrosion, Octobre 2015, P : 7.France
- [6] G. MURRY, Aide-mémoire Métallurgie, livre, Métaux, Alliages, Propriétés, Dunod, Paris, 2004, 2010, P : 74.
- [7] H. FRANÇOIS, Chimie-Physique et Matériaux, UNIVERSITE MONTPELLIER, janvier 2006, P : 39-41.
- [8]A. MAILLET interactions argilite de Tournemire / fer métal en contexte in situ : résultats a 10 ans de contact, THESE DOCTORAT, UNIVERSITE DE POITIERS, 12 décembre 2012. P : 14.
- [9] M. BOULKROUNE, inhibition de la corrosion du zinc en milieu acide, THESE DOCTORAT, UNIVERSITE DE CONSTANTINE 1, 04/ 02 / 2014, P :4.
- [10] Ch. BAGHLOUL, Oxydation à haute température d'un acier réfractaire commercial Fe-23Cr-13Ni, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR, 2009, P : 65.
- [11] A. HABCHI, étude de l'effet de la température sur la corrosion de l'acier xc52 en présence du sulfarlem et leur sel correspondent dans un milieu H2SO4 20%, Mémoire MASTER, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 23/06/2013, P : 4.
- [12] L. BOUSSEL , A. LOUHANI, étude théorique de l'effet des inhibiteurs de corrosion sur le comportement des aciers dans les constructions en milieu oxydant, DIPLOME D'ETUDE
- [13] S. BENSAFIR, Mécanismes d'altérations des matériaux cimentaires soumis aux milieux fortement agressifs, DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT, UNIVERSITE DE MASCARA-ALGERIE, 2010.

[14] A. OULABBAS, nouvelles voies d'inhibition de la corrosion des aciers plus respectueuses de l'environnement, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE MOHAMED CHERIF MESSAADIA –SOUK-AHRAS, 2012 – 2013, P : 6.

[15]N. DEKHILI, Comportement à la corrosion par les micro-organismes dans les pipelines, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE MOHAMED KHEIDER BISKRA, 2010, P : 22-23.

[16] H. EL BAKOURI, étude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique, DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURS APPROFONDIES, UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER, 2008. P 3.

[17] S. MAHMOUDI, Etude comparative entre deux métaux passifs en milieux neutre, alcalin et acide: un acier inoxydable 304L et un alliage de titane Ti6Al4V, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE MENTOURI-CONSTANTINE, 2008, P 4.

[18] Société Francophone de Biomatériaux Dentaires, B. GROSGOGÉAT, P. COLON, la corrosion, UNIVERSITE MEDICALE VIRTUELLE FRANCOPHONE, 2009-2010, P : 9.

[19] H. TAOUI, La protection contre la corrosion des pipelines par un inhibiteur environnemental : Etude de l'efficacité d'inhibiteur dans différents milieux corrosifs. MEMOIRE DE MASTER, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA, juin 2015. P : 8.

CHAPITRE 2



L'application des peintures permet de créer une couche protectrice sur les équipements industriels, ce qui limite fortement l'exposition aux agents qui provoquent la corrosion.

Les peintures inhibent le passage de l'humidité, l'apparition de contaminants, les dommages dus à l'abrasion et à d'autres agents chimiques.

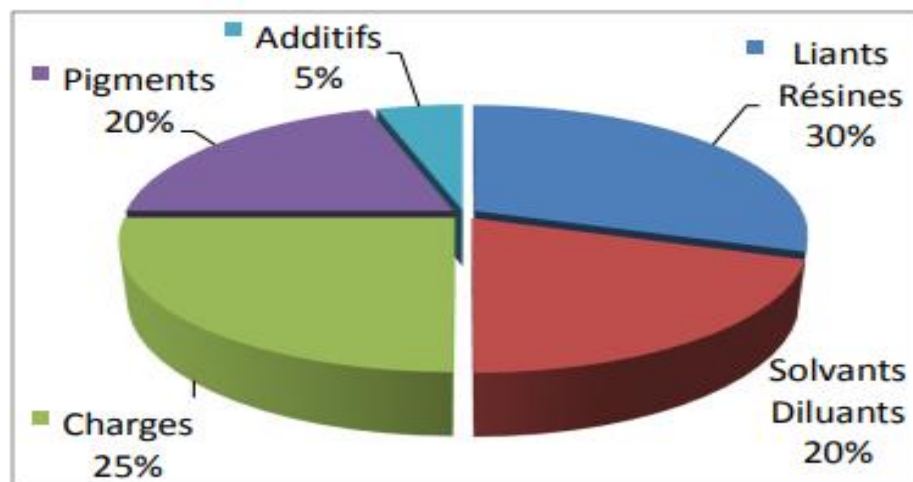
II.1. Définition :

Une peinture est une préparation fluide (liquide, pâteuse ou pulvérulente) qui peut s'étaler en couche mince sur toutes sortes de matériaux (appelés subjectiles) pour former, après séchage ou réticulation (durcissement), un revêtement mince. Pour remplir son rôle, le système de peinture doit être adhérent, continu, imperméable et durable dans le temps. Son aspect esthétique (brillance, couleur) doit être conservé.

Dans sa conception, la peinture est un matériau composite particulier puisqu'elle comporte Généralement, dans sa composition de nombreux éléments, qui confèrent au produit des Propriétés physico-chimiques spécifiques. [1]

II.2. Principaux Constituants des peintures :

Une peinture est un système composé de plusieurs constituants présents en proportions plus ou moins importantes (Figure II.1.)



FigureII.1 : Composition typique d'une peinture liquide à base de Solvant [2]

II.2.1. Liants :

C'est macromolécules constituant la partie non volatile du milieu en Suspension. Les liants confèrent des propriétés physico-chimiques et Mécaniques aux revêtements filmogènes [2].

Les peintures diffèrent entre elles généralement par la nature chimique des liants utilisés [3] :

- les résines alkydes et alkydes modifiées- les résines cellulosiques ;
- les huiles et huiles modifiées ;
- les résines acryliques et copolymères ;
- les résines vinyliques - les résines époxydiques ;
- les résines polyuréthane - les résines aminoplastes ;
- les résines phénoliques - les résines polyesters ;
- les résines polyéthers - les résines silicones ;
- les résines d'hydrocarbures - les résines naturelles et dérivés ;

II.2.2. Pigments :

Ils sont des substances minérales ou organiques pulvérulentes non volatiles, pratiquement insolubles dans les milieux de suspension usuels. Elles sont utilisées en raison de certaines de leurs propriétés optiques, protectrices ou Décoratives. Ces pigments sont généralement présents sous forme de fines particules de forme nodulaire, lamellaire ou aciculaire, et présentent un pouvoir masquant élevé [2].

Ils existent deux catégories de pigments qui sont [3] :

a) Pigments minéraux :

Les pigments minéraux se présentent sous forme de poudres, insolubles. Après un broyage rapide, ils permettent d'obtenir des couleurs naturelles, avec d'excellentes résistances à la lumière et aux intempéries. Ces pigments sont utilisés dans tous les types de peintures.



Figure II.2 : Pigments minéraux. [3]

b) Les pigments organiques :

Il existe plusieurs centaines de formules chimiques.

Les composés les plus utilisés en peinture sont :

- ◆ Le diascozine: violet.
- ◆ Mono azoïque de la série des naphthols : rouge.
- ◆ Diazoïque : jaune organique.



Figure II.3: Les pigments organiques [3]

II.2.3. Matière de charges :

Ceux sont des substances pulvérulentes, pratiquement insolubles dans les milieux de suspensions, souvent blanches ou faiblement colorées.

Contrairement aux pigments, leur pouvoir masquant est faible. Les matières de charge sont employées en raison de leurs propriétés chimiques ou physiques.

Les principaux types de charges utilisées dans les peintures sont :

- Les sulfates : barytes, blanc fixe
- Carbonates : carbonate de calcium, dolomie
- Oxydes : silice, quartz, silice amorphe

- Silicates : kaolin, talc, mica, silicates de calcium [4,3]

II.2.4. Solvants :

Les solvants sont des constituants liquides volatils dans des conditions normales de séchage. Ils permettent de solubiliser totalement le liant, même à forte concentration.

Les principaux types de solvants utilisés dans les peintures sont :

- ◆ **Les éther-oxydes** : dérivés oxypropyléniques (éthylglycol, éthyldiglycol, propylglycol, butyldiglycol), ou oxypropyléniques (méthoxypropanol, méthoxydipropanol, éthoxypropanol, butoxypropanol)
- ◆ **Les esters** : acétates d'éthyle, d'isopropyle ou de butyle, acétate oxyéthyléniques (acétate d'isobutyle et de butyglycol), acétates oxypropyléniques (acétate de méthoxypropyle, acétate d'éthoxypropyle et de méthoxydipropyle)
- ◆ **Les cétones** : acétone, méthyléthylcétone (MEK), méthylisobutylcétone (MIBK), cyclohexanone, diacétone alcool, éthylamylcétone, diisobutylcétone, isophorone
- ◆ **L'eau** : afin de répondre aux exigences écologiques et de minimiser les COV, les fabricants de peinture ont synthétisé des résines pouvant être solubilisées ou dispersées dans l'eau. [2,3]

II.2.5. Diluants :

Ceux sont des constituants liquides, volatils dans des conditions normales de séchage, incorporés au cours de la fabrication ou ajoutés au moment de l'emploi. Ils servent à obtenir les caractéristiques d'application requises sans entraîner de perturbations [2,4].

II.2.6. Additifs :

Les additifs sont des substances minérales ou de synthèse souvent incorporées à faible dose dans les peintures pour permettre d'améliorer certaines propriétés lors de la fabrication et/ou de la conservation et/ou de l'application [4].

II.2.7. Colorants :

Substances colorées, naturelles, artificielles ou synthétiques, solubles ou non dans les milieux de suspension. Contrairement aux pigments, les colorants ont un faible pouvoir opacifiant dans ces milieux, mais leur Confèrent une couleur déterminée [2].

II.3. Les étapes de formation d'un film de peinture :

Les peintures présentent un mode de séchage en plusieurs étapes. Le processus final de coalescence peut durer, à température ambiante, de quelques semaines à plusieurs mois (Figure II.4).

- Concentration des particules: L'évaporation de solvant concentre les particules de polymère.
- Formation du film : L'arrangement des particules est modifié et le volume libre est diminué.
- Processus de coalescence : Cette étape peut durer longtemps (une semaine à plusieurs mois).[5]

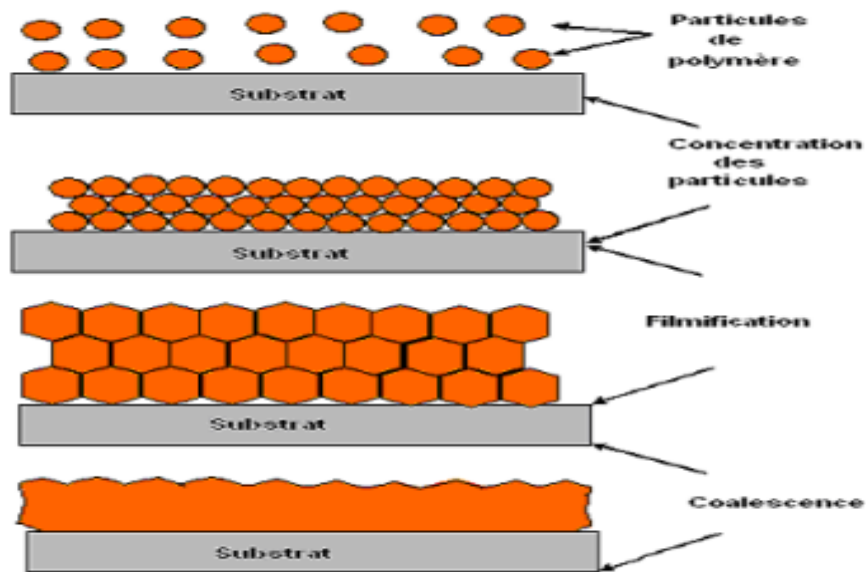


Figure II.4 : Représentation schématique des différentes étapes de formation d'une peinture [5]

II.4. Système de protection par les peintures :

Un système de protection par les peintures est généralement constitué de plusieurs couches qui ont chacune un but bien précis. Il se compose d'un primaire, d'une couche ou plusieurs couches intermédiaires et d'une couche de finition (Figure II .5) [6]

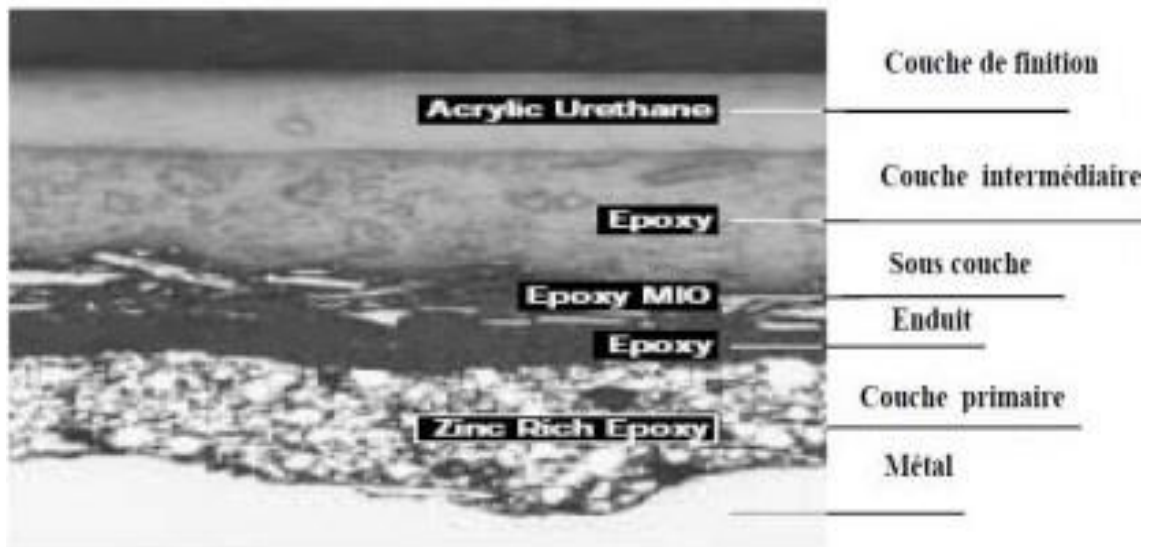


Figure II .5 : Système de protection par les peintures [6]

II.4.1. Couche de primaire :

Un primaire assure l'adhésion avec le métal, le lien avec la couche immédiatement supérieure qui est chargée de la fonction protectrice principale et la couche de finition qui remplit souvent un rôle esthétique. Un primaire assure aussi la mouillabilité au support et possède souvent des propriétés d'inhibition aux endroits où la couche se détériore afin de limiter la propagation de la dégradation.

Les primaires destinés au traitement des surfaces métalliques sont habituellement formulés pour inhiber la corrosion.

Il y a deux types de base de primaires :

- Des primaires pigmentés avec des éléments métalliques anodiques à l'acier. Lorsque le revêtement est endommagé et que le substrat en acier est exposé, le pigment se comporte comme une anode sacrificielle et ceci jusqu' à son épuisement. Les primaires à base de zinc (40 à 80 % de zinc) sont les plus utilisés.
- Des primaires ayant une bonne adhérence et des propriétés de résistance chimique élevées et dont le genre type est l'époxy à deux composantes. L'adhérence nécessaire est obtenue seulement sur une surface complètement nettoyée.

II.4.2. Couches intermédiaires :

Ce sont des couches d'étanchéité qui protègent le primaire contre un accès d'eau, l'oxygène et d'ions. Elles sont placées entre la couche du primaire et la couche de finition.

Les couches intermédiaires sont appliquées pour donner une épaisseur finale au film du système. Certaines Couches minces dites d'accrochage sont parfois nécessaires quand les différentes couches d'un Système ne sont pas compatibles. Plusieurs couches garantissent l'absence de défauts. Il faut Noter que ces couches doivent rester compatibles avec la couche de finition .

II.4.3. Couche de finition :

C'est la dernière couche d'un système de peinture, tout en complétant l'étanchéité, elle joue plusieurs rôles : forte résistance aux chocs mécaniques, thermiques, abrasions, attaques Chimiques ou physique (hydrocarbures, solvants), aspect décoratif.

II.5. Vieillessement d'un polymère en milieu humide :

La définition du vieillissement en milieu humide est précisée à ce stade. Un milieu humide est un milieu dont l'atmosphère a une teneur en eau sous forme vapeur de 0 à 100% d'Humidité Relative (HR). L'eau agit à l'interface milieu extérieur/polymère, mais aussi au cœur du polymère, ce qui est possible grâce au déplacement des molécules d'eau dans la matière, on parle alors de « diffusion ».

La nature plus ou moins polaire d'un adhésif (selon les groupes chimiques le constituant) lui confère naturellement une sensibilité particulière pour les solvants polaires, comme l'eau [7]. Cette sensibilité se traduit par la pénétration de molécules du solvant dans le polymère, on parle d'absorption. L'hydrophilie se caractérise en pratique par la teneur massique en eau que le matériau peut contenir à l'équilibre dans un milieu isotherme et à taux hygrométrique constant. Dans la littérature, on trouve en général deux approches du mécanisme d'hydrophilie, qui peuvent être combinées : l'approche « volumique » et l'approche mettant en jeu des interactions entre polymère et molécules d'eau grâce aux liaisons Hydrogène.

II.5.1. Interactions chimiques entre l'eau et une matrice polymère :

De nombreuses études ont montré l'interaction entre une matrice polymère et les molécules d'eau dispersées dans la matrice [8]. A faible taux d'humidité, l'eau est dispersée dans le polymère de façon homogène, alors qu'à fort taux d'humidité, il se forme des agrégats [9]. L'interprétation des phénomènes d'interaction eau-polymère ou de formation de clusters peuvent être faussées par le fait que les expérimentations se font rarement sur un réseau modèle. En effet, l'existence de zones plus réticulées peut ralentir l'absorption ou privilégier certains processus. Par exemple, un excès de durcisseur ou du durcisseur n'ayant pas réagi s'accompagne d'une présence anormale de sites polaires hydrophiles [10].

II.5.2. dégradation thermique :

La dégradation thermique a lieu quand le polymère est exposé à de hautes températures. Le taux de dégradation dépend de la stabilité thermique du polymère.

En général, la dégradation purement thermique est rare alors que la dégradation thermochimique est plus fréquente.

II.5.3. Mécanismes de dégradation des films de peinture :

La corrosion des métaux peints apparaît généralement lorsque le film de peinture se dégrade. Plusieurs mécanismes peuvent contribuer à la perte des propriétés protectrices des peintures: Le vieillissement de la peinture, la formation de cloques, les défauts d'application ou les endommagements mécaniques. Le vieillissement des peintures (figure II.6. (a)) est dû aux effets physiques et chimiques du milieu.

La formation de cloques (figure II.6. (b)) peut avoir différentes origines. Le plus souvent, elle est liée à un phénomène osmotique. En effet, le film fonctionne comme une membrane semi-perméable, laissant passer l'eau mais pas les composants ioniques. En présence de l'eau de condensation, les contaminants ioniques situés à l'interface métal-film engendrent une pression osmotique. Il en résulte un flux d'eau à travers le film, de l'extérieur vers l'intérieur, provoquant la formation d'une cloque et sa croissance. A un certain stade, la cloque se rompt et le métal de base se trouve en contact direct avec le milieu.

Bon nombre de dégâts de corrosion observés sur les surfaces peintes proviennent de défauts d'application (porosité) ou d'endommagements mécaniques (rayures). Ces défaillances du film provoquent des piles de corrosion entre les endroits protégés et ceux non protégés. La figure II.6 (c) représente schématiquement un cas similaire : le décollement cathodique d'une peinture lors de la corrosion atmosphérique de l'acier. [11]

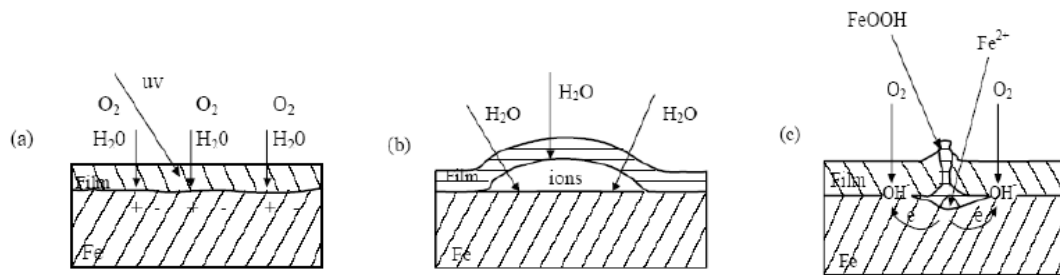


Figure II.6 : Mécanismes de dégradation des films de peinture [12]

Références

- [1]. BOUTARFA SOUMIA.Étude des propriétés mécaniques de surface des revêtements organiques des bacs de stockage des hydrocarbures ;MASTER: Ingénierie des Surfaces ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES ET METALLURGIE ENSMM-annaba2016
- [2].Geoffrey BOUVET ;Relations entre microstructure et propriétés physico-chimiques et mécaniques de revêtements époxy modèles Docteur de l'Université de La Rochelle 2014
- [3] .KESSOURI NOURA&KENANE FATIMA ZOHRA ;Développement et application d'une peinture époxydique monocouche anticorrosion à faible teneur en COVdiplôme de MASTER .Université A. M. OULHADJ – Bouira.2016
- [4].M. Aufray, Caractérisation physico-chimique des interphases époxyde-amine / oxyde ou hydroxyde métallique, et de leurs constituants, in: IMP-LMM - Ingénierie des Matériaux Polymères-Laboratoire des Matériaux Macromoléculaires, INSA de Lyon, 2005, pp. 183.
- [5]CHRISTOPHE LE PEN, COLETTE LA CAABANNE, NADINE PEBERE. Caractérisation de peinture hydrodiluable par spectroscopie d'impédance électrochimique et de courants thermostimulés.CIRIMATT, de toulouse. Matériaux 2002. PP.1-5
- [6]BOUDIEB Naïma ;Evaluation Des Performances Des Peintures Par Des Techniques Electrochimiques.Université M'Hamed Bouguerra – Boumerdes2008
- [7]S. Bistac, M.F. Vallat, J. Schultz, Durability of steel/polymer adhesion in an aqueous environment. International Journal of Adhesion&Adhesives, 1998. Vol. 18(5): p. 365-369
- [8]J. D. Keenan, J. C. Seferis, J. T. Quinlivan, Effects of moisture and stoichiometry on the dynamic mechanical properties of a high-performance structural epoxy. Journal of Applied Polymer Science, 1979. Vol. 24(12): p. 2375-2387.
- [9].. M. K. Antoon, J. L. Koenig, T. Serafini, Fourier-transform infrared study of the

reversible interaction of water and a crosslinked epoxy matrix. *Journal of Polymer Science, Polymer Physics Edition*, 1981. Vol. 19(10): p. 1567-1575

[10] C. Carfagna, A. Apicella, L. Nicolais, The effect of the prepolymer composition of amino-hardened epoxy resins on the water sorption behavior and plasticization. *Journal of Applied Polymer Science*, 1982. Vol. 27(1): p. 105-112.

Journal of Applied Polymer Science, 1982. Vol. 27(1): p. 105-112.

[11]. A. ZEGHLOUL, M. TOUATI. Dégradation du matériel : Action correctives et préventives. PP.90-145. Disponible sur : www.luno-edu.net/offre/index.php?mode=impression&idmodule=209 -

www.luno-edu.net/offre/index.php?mode=impression&idmodule=209 -

[12] Thi Hai Yen QUACH ETUDE DE LA DURABILITE D'UN PRIMAIRE EPOXY ANTICORROSION : rôle de l'interphase polymère/métal et conséquence sur l'adhérence Université du Sud Toulon-Var ;2010



CHAPITRE 3



Matériaux et Méthodes

III.1. objectif :

L'objectif de notre travail est l'étude de l'effet de la température sur la durabilité d'une peinture époxy anticorrosion immergée dans une solution de Na Cl 3%.

Pour réaliser ce travail, nous avons mis une électrode en acier revêtu par une peinture époxy à dans l'étuve à une température 60° C pendant 60 heures, et une autre électrode revêtue dans Na Cl 3% à 60° C pendant 30 heures. Après le traitement thermique les deux électrodes sont laissées à l'air libre pendant 5 jours.

III.2. Matériaux :**III.2.1. Electrode de travail :**

L'électrode de travail est un acier au carbone (A 283 grade C). Le tableau suivant représente la composition chimique de cet acier :

Tableau III.1 : Composition chimique de l'acier A 283 C.

Eléments (autre que le fer)	C	S	P	Cu	Fe
Teneur %	0.8	0.05	0.06	0.2	reste

L'échantillon d'acier, coupé sous forme de carrée de dimensions 1 cm X 1 cm, a été soudé à un fil conducteur puis enrobé dans une résine inerte chimiquement. L'électrode nue subit avant chaque essai un polissage de la surface aux papiers abrasifs en carbure de silicium de finesse en grains décroissante (200, 400, 600, 800) sous jet d'eau, puis séchage avec un séchoir.

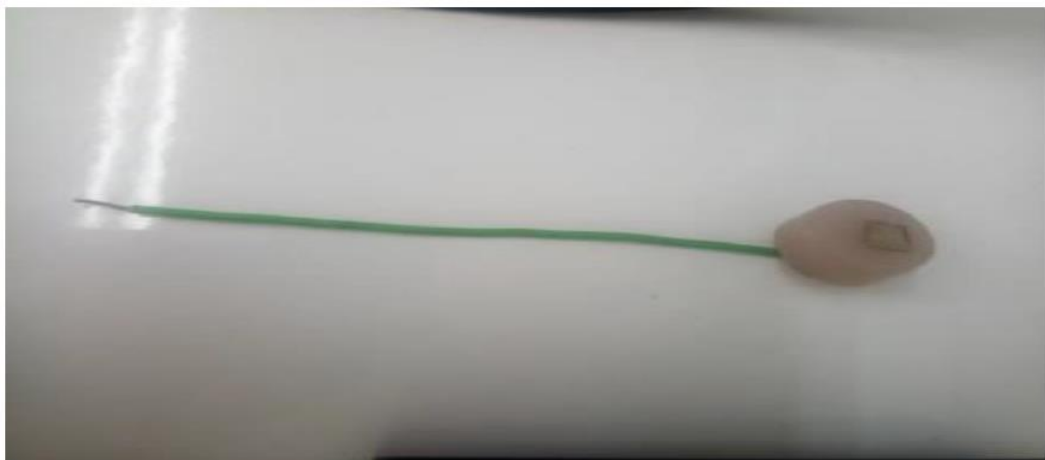


Photo III.1 : électrode en acier

III.2.2. La peinture étudiée:

La peinture utilisée est un primaire à base de la résine époxyde et de phosphate de zinc comme agent anticorrosion. L'application du revêtement a été effectuée à l'aide d'un pinceau.

III.3. Méthodes :**III.3.1. Méthodes électrochimiques stationnaires :****III.3.1.1. Mesure du potentiel à l'abandon :**

Le suivi temporel du potentiel de corrosion a un double objectif : d'une part, il permet d'avoir une première idée sur le comportement de la surface en contact avec le milieu corrosif. Et d'autre part, il permet de déterminer le temps nécessaire à l'obtention d'un régime stationnaire, indispensable pour les tracés potentiodynamiques et pour les mesures d'impédances [1]

La répartition des charges électriques sur la surface d'un métal plongé dans un électrolyte qui est son milieu corrosif, crée une DDP entre la surface du métal et la solution. Le potentiel de corrosion du métal est mesuré par rapport à une électrode de référence qui a un potentiel stable et invariable ; elle représente le potentiel mixte résultant de l'interaction d'un ou de plusieurs systèmes électrochimiques.

C'est une grandeur cinétique qui dépend de l'élément métallique et des paramètres du milieu corrosif. On peut accéder à sa valeur en suivant l'évolution du potentiel de l'électrode en fonction du temps $E = f(t)$ [2]

III.3.1.2. Courbe de polarisation :

Une réaction électrochimique se déroulant à la surface d'une électrode est gouvernée par la surtension η appliquée, qui est l'écart entre le potentiel électrode/solution E et le potentiel libre de la réaction $E_{\text{éq}}$. L'intensité du courant à travers ce matériau est une fonction du potentiel E , représentée par une courbe $I = f(E)$, qui est la somme des courants des réactions électrochimiques se produisant à la surface de l'électrode.

Les courbes de polarisation sont déterminées en appliquant un potentiel entre une électrode de travail WE et une électrode de référence RE.

D'un point de vue cinétique, deux modes de contrôle sont distingués selon l'étape réactionnelle limitante.

- Le transport de charges à l'interface métal/électrolyte (activation).
- Le transport de masse de l'espèce électroactive ou de produit de réaction .[1]

Un courant stationnaire s'établit après un certain temps de (quelques minutes à quelques heures). Il est mesuré entre l'électrode de travail et une contre électrode CE (ou électrode auxiliaire) [2,3]

III.3.1.3. Courbe de Tafel (Droites de Tafel):

La détermination du courant électrique de corrosion est possible moyennant un certain nombre d'hypothèses dites hypothèse de Tafel, dans le cas de corrosion uniforme:

Les courbes $\log i=f(E)$ qui représentent la variation du logarithme de la densité de courant en fonction du potentiel présentent deux droites dites "droites de Tafel " (figure III.1). C'est à dire que les courbes correspondantes peuvent être assimilées à des portions d'exponentielles [4].

La densité de courant de corrosion peut être déterminée à partir de la relation suivante :

$$I_{corr} = [\beta_a \cdot \beta_c / 2.3(\beta_a + \beta_c)](\Delta i / \Delta E)$$

Où : β_a et β_c sont les pentes de Tafel anodique et cathodique.

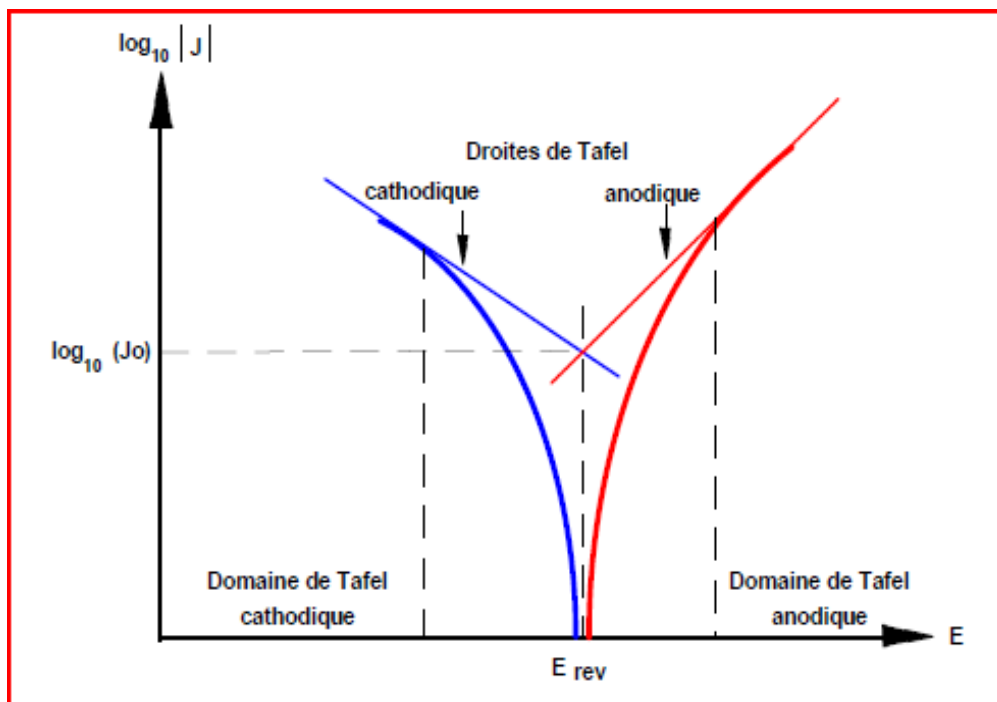


Figure III.1: Courbe Log i en fonction de potentiel E et droite de Tafel

L'extrapolation des droites de Tafel consiste à utiliser les parties anodiques et cathodiques de la courbe de Tafel dans le but d'obtenir la valeur de potentiel de corrosion et la valeur correspondante de la densité de courant de corrosion [5].

III.3.2. Spectroscopie d'Impédance Electrochimique (SIE):

III.3.2.1. Définition :

La Spectroscopie d'impédance électrochimique est basée sur la mesure d'une fonction de transfert suite à la perturbation volontaire du système électrochimique étudié.

Ce système peut être considéré comme étant une boîte noire qui réagit en envoyant un signal quand il est soumis à une perturbation [6].

La spectrométrie d'impédance électrochimique (SIE) est une technique qui permet d'analyser plus finement les différents phénomènes électrochimiques se produisant à la surface du métal. Il semble qu'elle soit la méthode la plus adaptée à l'étude d'un système électrochimique en fonction du temps [7]

III.3.2.2. Principe de la méthode :

Cette méthode consiste à surimposer un signal sinusoïdal de fréquence variable et de faible amplitude à la valeur de la tension appliquée ou naturelle à l'électrode de travail, puis analyser la réponse en courant du système en fonction du temps et des caractéristiques du signal appliqué (fréquence, amplitude,...); (figure III.2). Les différents types de réponses en fonction de la fréquence permettent de séparer les processus élémentaires [8].

Le signal est en fait une perturbation sinusoïdale de faible amplitude autour du potentiel de l'équilibre. La superposition d'un signal sinusoïdal de faible amplitude $\Delta E \sin(\omega t)$ donne une réponse qui est un courant sinusoïdal présentant un certain déphasage notée $\Delta I \sin(\omega t + \Phi)$ (ou Φ est l'angle de déphasage).

L'impédance Z représente le rapport entre le potentiel et le courant, comme défini par la loi d'ohm :

$$Z(\omega) = \Delta E(\omega) / \Delta I(\omega)$$

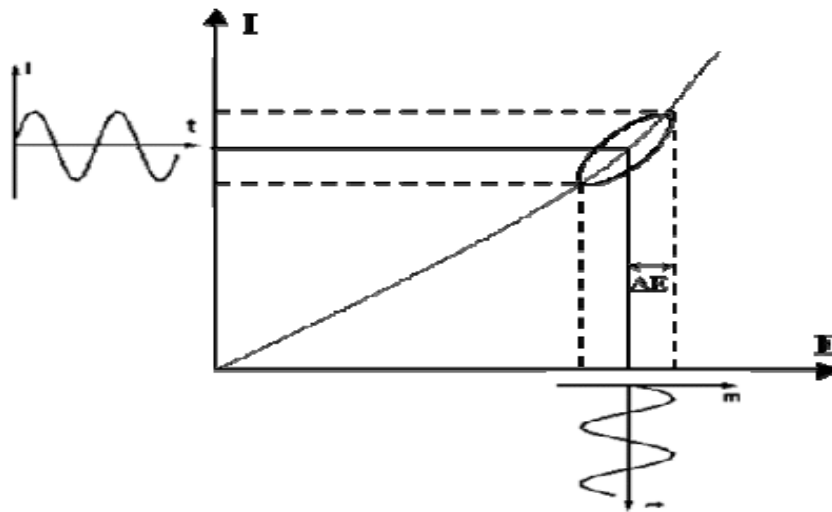


Figure III.2 : Principe de la spectroscopie d'impédance électrochimique [8]

III.3.2.3. Circuits équivalents :

Un circuit équivalent, bien que ne remplaçant pas un modèle physique, est un outil pratique permettant de mieux visualiser le comportement électrique d'une électrode et facilitant la simulation numérique de l'impédance.

Sous certaines conditions, le circuit équivalent, composé d'une capacité C correspondant à la capacité de la double couche et d'une résistance R_t , résistance de transfert de charge, branchées en parallèle, décrit le comportement électrique de l'interface électrode – solution. Lorsqu'un courant passe, il faut ajouter une résistance R_Ω en série, qui représente la chute ohmique dans l'électrolyte entre les électrodes de référence et de travail.

Donc ces circuits électriques sont représentatifs des processus électrochimiques se déroulant à l'interface électrode/solution. La technique d'impédance utilise des signaux de faibles amplitudes qui ne perturbent pas les propriétés des électrodes.

L'impédance du système est mesurée en fonction de la fréquence du signal appliqué (Entre 1mHz et 100 KHz) et sa valeur est reportée dans le plan complexe pour chaque fréquence.

Le diagramme de Nyquist obtenu comprend un (ou plusieurs) demi-cercles dont l'écart à l'origine indique la résistance de l'électrolyte (R_e) et l'amplitude indique la résistance de transfert de l'électrode (R_t) pour les systèmes simples, la résistance de polarisation (R_p) peut également être obtenue par lecture directe sur le diagramme. Plus la résistance de transfert est élevée et plus la vitesse de corrosion du matériau sera faible. Ces diagrammes permettent donc de comparer la dégradation de différents matériaux dans différents électrolytes et d'évaluer les étapes des processus (amorçage de la piqûration, par exemple).

Des informations sur les mécanismes de corrosion mis en jeu peuvent donc être obtenues d'après la forme du diagramme de Nyquist, mais le processus réactionnel reste difficile à déduire. [9]

L'ensemble des points Z dans le plan complexe constitue le diagramme d'impédance, dit de NYQUIST [10]. Ce diagramme donne l'évolution de la partie imaginaire en fonction de la partie réelle de l'impédance.

La spectroscopie d'impédance électrochimique est, de nos jours, un outil privilégié à l'étude du comportement d'un revêtement protecteur. Ce dernier peut être continu (absence de défaut), comme il peut présenter des défauts.

Dans le premier cas, le revêtement est intact, donc on peut l'assimiler à un isolant électrique parfait [11,12], et l'interface (métal+ revêtement) / électrolyte est alors représentée par le modèle I (figure III.4). Le circuit électrique équivalent est constitué d'une résistance R_e d'électrolyte, en série avec l'impédance du revêtement, composée d'une capacité C_f du revêtement en parallèle avec la résistance du revêtement R_f .

Selon le diagramme de NYQUIST correspondant au modèle I, la résistance R_f du revêtement correspond au rayon de l'arc capacitif.

Dans le deuxième cas où le revêtement présente des défauts, l'électrolyte atteint la surface du substrat. Le processus de corrosion se déroule alors sous le revêtement, il se produit alors un échange électrique à l'interface métal-électrolyte. Dans ce cas le système se comporte comme un circuit RC et il est modélisé selon le modèle II (figure III.3).

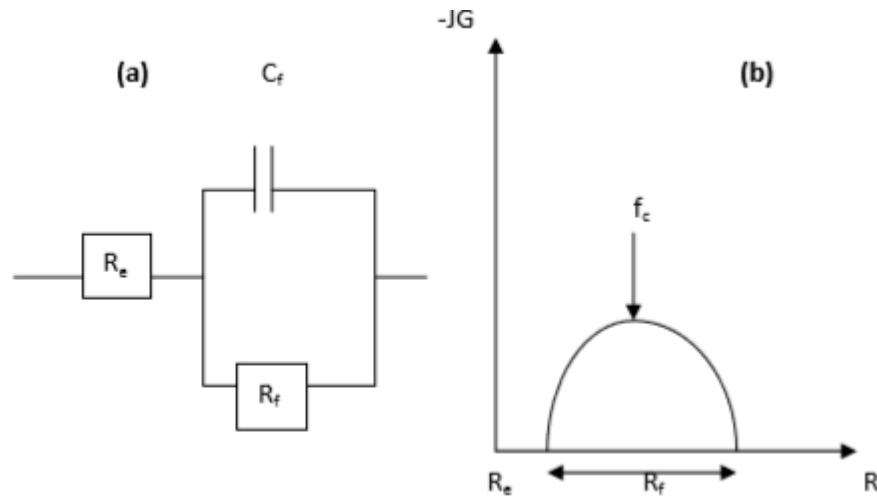


Figure .III.3 : (a) Model I de l'interface revêtement électrolyte dans le circuit équivalent. (b) représentation de l'impédance électrochimique correspondante dans le plan complexe.

Dans ce modèle, le système est composé d'une résistance R_e (résistance d'électrolyte) en série avec la capacité du revêtement, elle-même en parallèle avec la résistance du revêtement qui se trouve en série avec l'impédance de l'interface métal électrolyte, composée de la capacité de double couche C_{dl} en parallèle avec la résistance R qui est soit la résistance de transfert R_{tc} ou la résistance de polarisation R_p .

Le diagramme de NYQUIST correspondant est ainsi composé de deux arcs capacitifs, l'une à hautes fréquences pour déterminer la capacité et la résistance du revêtement comme dans le modèle I, et le deuxième arc capacitif caractéristique des échanges à l'interface métal/électrolyte.

Certains auteurs [10] ont assez bien résumé et schématisé le problème de l'évolution du revêtement en se basant sur un modèle voisin type II. Ils ont alors proposé 5 étapes ainsi que l'allure de diagramme d'impédance correspondant (figure III.4).

(a) période initiale, durant laquelle le revêtement

est intact, le courant de corrosion est nul, le diagramme d'impédance est une droite ; la résistance du revêtement est très élevée et ne peut être mesurée. (b) période de transition, le revêtement s'imbibe d'électrolyte mais ne présente aucune détérioration : les propriétés diélectriques commencent à évoluer, le diagramme d'impédance correspondant s'infléchit et présente une légère courbure montrant en particulier que la résistance du revêtement diminue. (c) pénétration de l'électrolyte dans le revêtement qui donne un diagramme de NYQUIST composé d'un demi-cercle centré sur l'axe des réels. (d) contrôle

diffusionnel des processus, le revêtement perd son adhésion, et la corrosion commence. (e) période active, le système électrochimique est très actif, la vitesse de corrosion augmente.

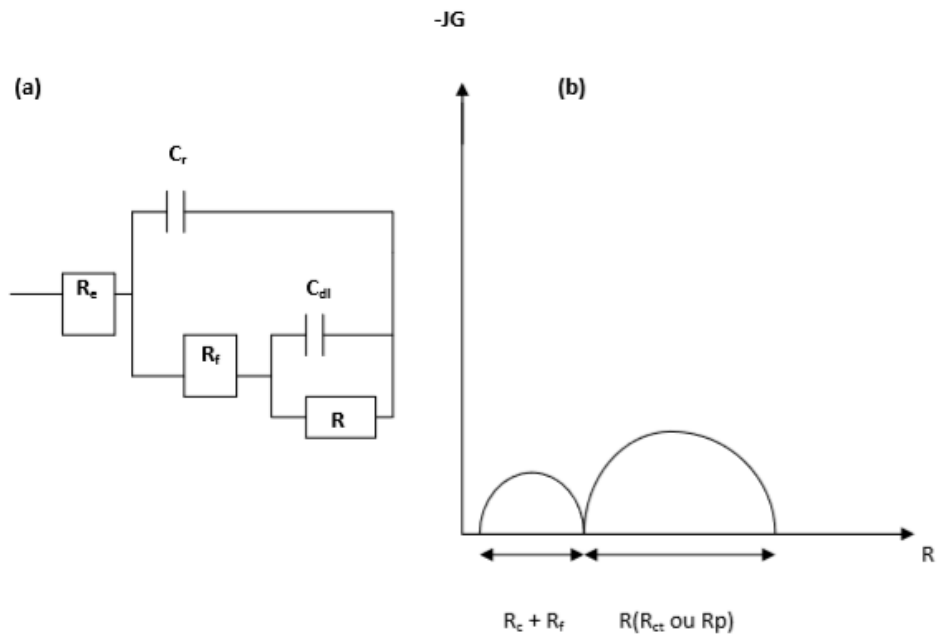


Figure.III.4 : (a) Model II de l'interface revêtement-électrolyte
 (b) représentation électrochimique correspondante dans le plan de NYQUIST

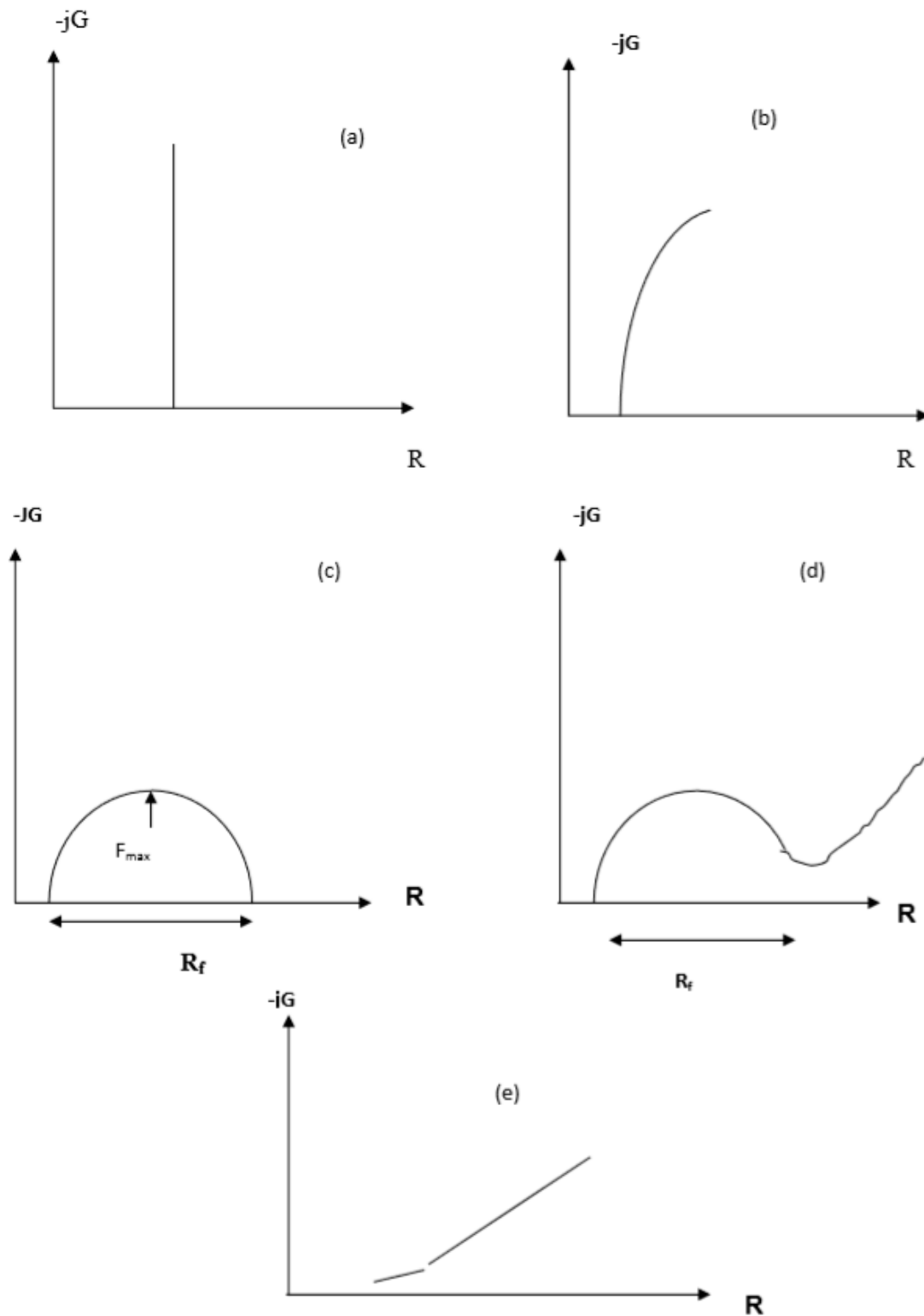


Figure.III.5 : Evolution schématique du diagramme d'impédance selon STRIVEM et TAYLOR [10].

III.3.3. Appareillage pour les essais électrochimiques :

Les tests sont réalisés à l'aide d'un montage électrochimique classique à trois électrodes, une cellule électrochimique d'une capacité de 250 ml, les potentiels sont donnés par rapport à une électrode Ag/AgCl. Une électrode au platine a été utilisée comme électrodes auxiliaires.

La mesure des paramètres électrochimiques est réalisée à l'aide d'une chaîne électrochimique de corrosion. Cette dernière est constituée de trois éléments fondamentaux représentés dans la figure III.6.

Le potentiostat / Galvanostat de type Metrom Autolab, muni d'un logiciel appelé NOVA 2.4.1, piloté par ordinateur pour l'acquisition et le traitement des données.



Figure III.6 : Schéma représentatif de la chaîne électrochimique de mesure

Référence

- [1]: M. KHALED, "L'inhibition De La corrosion Par Des Ions Dithiolylium Synthétisés", Mémoire de Magister, université d'Ouargla, 2009,
- [2]: M.Gonikbfrg, "L'équilibre chimique et les vitesses des réactions sous hautes pression, édition mir", 1974.
- [3]: N. ARBAOUI, "Effet du gradient de température sur la vitesse de corrosion des concentriques de traitement des puits producteurs d'eau Albien", mémoire de Magister, université de Ouargla, 2004,
- [4] :E.L.DIN STIRBU, « Comportement à la corrosion des alliages d'aluminium utilisés dans l'industrie automobile pour la fabrication de radiateur de chauffage », Institut National des Sciences Appliquées, Lyon France, Novembre 2005, Thèse doctorat,
- [5] :A.R.STORER, « Annual Book of ASTM Standards, Metals test methods and analytical procedures », Volume 03.02, wear and erosion, metal corrosion editorial staff, American society for testing materials, 1993, pp 206-207.
- [6] :SILVERSTEIN, BASLER, MORILL, « Identification spectrométrique de composés organiques », 5^{ème} édition, Deboeck & Larcier, s.a, 1998, Bruxelles, pp 101-110. ISBN2- 8041-2463-0
- [7] J.GALLAND.F.WENGER.L.LEMOINE, compte rendu de fin d'étude d'une recherche, 1984.
- [8] N.HAMMOUDA. mémoire de magister de l'université de skikda en électrochimie corrosion (2003), contribution à l'étude du comportement d'un système de peinture appliquée sur des réservoirs de stockage du pétrole brut exposés au milieu marin .
- [9] A.S.CASTELLA.A.M.SM.RUGG.Tnd.Eng.Chem, p161-167,1948.
- [10] T.A.STRIVENS, C.C.TAYLOR. An assessment of A/C impedance as a basic research and routine testing method for studying corrosion of metals under paint films, Materials chemistry , p199-220,1982
- [11]. SEAL, K. SCAMMON, K. SUPRE., « Microstructure dependency on adsorption of Imidazoline on 1018 steel » *Univ. Center. California, USA, Corrosion 2004, paper n°0038, Nace, 2004.*

Chapitre 3

[12] BERDJOUH Nawel& DEGACHI Meriem« Etude du comportement électrochimique d'un acier au carbone sous l'effet de la température en milieu acide »MASTER ACADEMIQUEUNIVERSITE D'EL-OUED ; 2014

CHAPITRE 4



Ce travail a été réalisé aux laboratoires de l'université de Skikda. Nous avons étudié l'influence du traitement thermique et hygrothermique sur l'efficacité d'une peinture époxy anticorrosive dans NaCl 3%, appliquée sur l'acier au carbone A283 C.

IV.1. Etude du comportement de l'acier au carbone dans NaCl 3% :

IV.1.1. L'évolution du potentiel d'abandon en fonction du temps :

Le potentiel en circuit ouvert permet de suivre les modifications à l'interface entre l'électrode de travail et le milieu.

Nous avons suivi l'évolution du potentiel d'abandon en fonction du temps de l'acier A283 C dans NaCl 3%. Cette évolution peut donner une indication sur l'évolution des phénomènes de corrosion ou de passivation.

Les résultats sont illustrés par la figure (IV.1).

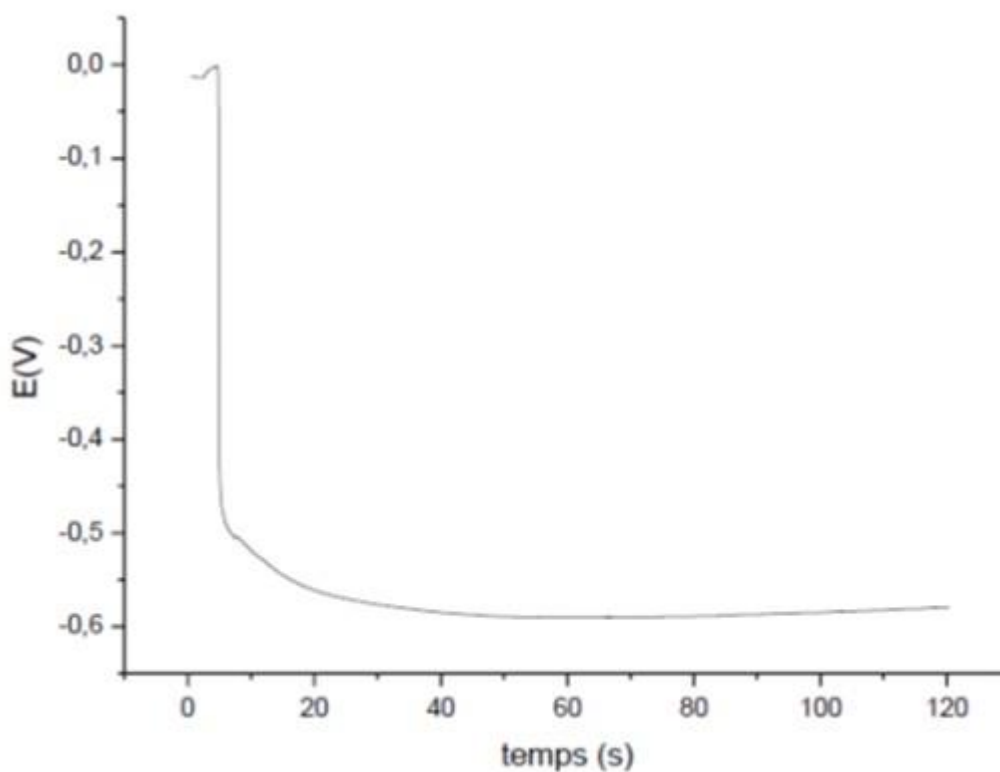


Figure IV.1 : Évolution du potentiel d'abandon de l'acier A 283 C en fonction du temps d'immersion dans NaCl 3%.

Selon les valeurs du potentiel d'abandon en fonction du temps et l'allure de la courbe (figure IV.1), nous notons:

- Une diminution brusque du potentiel de l'acier A283 C trempé dans le NaCl 3%, puis une stabilité relative à -0,585 V/ AgCl après 120 s. Ceci peut être expliqué par une dégradation continue de l'acier, c'est-à-dire l'oxydation du fer sous forme d'ions. Ces derniers réagissent avec le milieu en formant des complexes insolubles ou des oxydes adhérents à la surface métallique, provoquant ainsi la stabilité du potentiel.

IV.1.2. Courbes de polarisation $\log I=f(E)$

La courbe de polarisation $\log I=f(E)$ a été tracée pour le milieu d'étude (NaCl 3%) après la stabilité du potentiel d'abandon, dans un domaine de balayage compris entre (-1200 et -100 mV/AgCl) avec une vitesse de balayage de 0.5 mV /sec (figure IV.2).

Les résultats d'essai sont regroupés dans le tableau (IV.1).

Tableau IV.1: résultats de l'essai de polarisation sur l'acier A283 C dans le NaCl 3%.

	$E_{(i=0)}$ (mV/AgCl)	i_{cor} ($\mu A/cm^2$)	R_p ($k\Omega.cm^2$)	V_{cor} ($\mu m/an$)
NaCl 3%	-758,74	7,47	6,58	86

L'allure générale de la courbe obtenue (Figure IV.2) permet de distinguer deux domaines anodique et cathodique.

En général, les réactions anodique et cathodique d'un acier au carbone dans une solution neutre ou aérée sont caractérisées par l'oxydation de l'acier et par la réduction de l'oxygène dissous dans le milieu.

La valeur de la R_p est faible ce qui se traduit par une attaque rapide de l'acier. Nous estimons que la concentration des ions Cl^- favorise le phénomène de dissolution du métal.

D'après les valeurs de i_{corr} , R_p et v_{corr} regroupées dans le tableau (IV.1), nous remarquons que l'acier A 283 C présente un mauvais comportement dans le milieu d'étude, et il nécessite une protection.

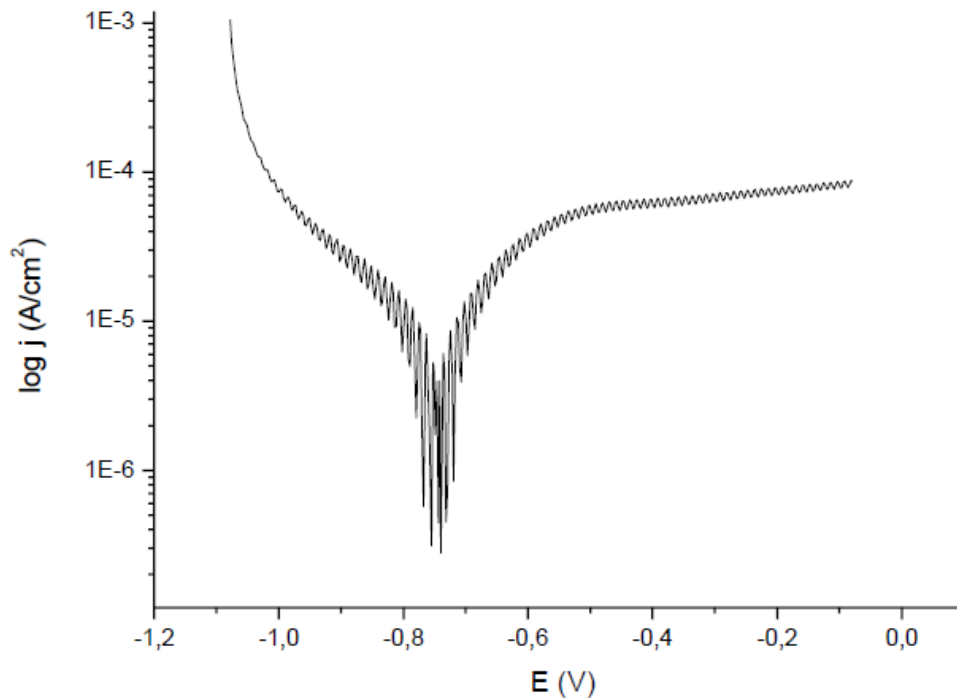


Figure IV.2 : Courbe de polarisation de l'acier A 283 C dans le NaCl 3%.

IV.1.3. Spectroscopie d'impédance électrochimique :

Les mesures d'impédance ont été effectuées en mode potentiostatique, avec imposition automatique du potentiel d'abandon préalablement déterminé par ajustement sur courant nul. L'amplitude de la perturbation sinusoïdale choisie est fixée à 10 mV et la gamme de fréquences balayées varie de 10^5 Hz à 10^{-2} Hz.

La courbe d'impédance de l'acier étudié dans NaCl 3% est représentée dans la figure IV.3: Ces graphes sont constitués d'une boucle capacitive principale sous forme de demi-cercle. Ce type de diagramme indique généralement que la réaction de corrosion est contrôlée par un processus de transfert de charges sur une électrode solide de surface hétérogène et irrégulière [1].

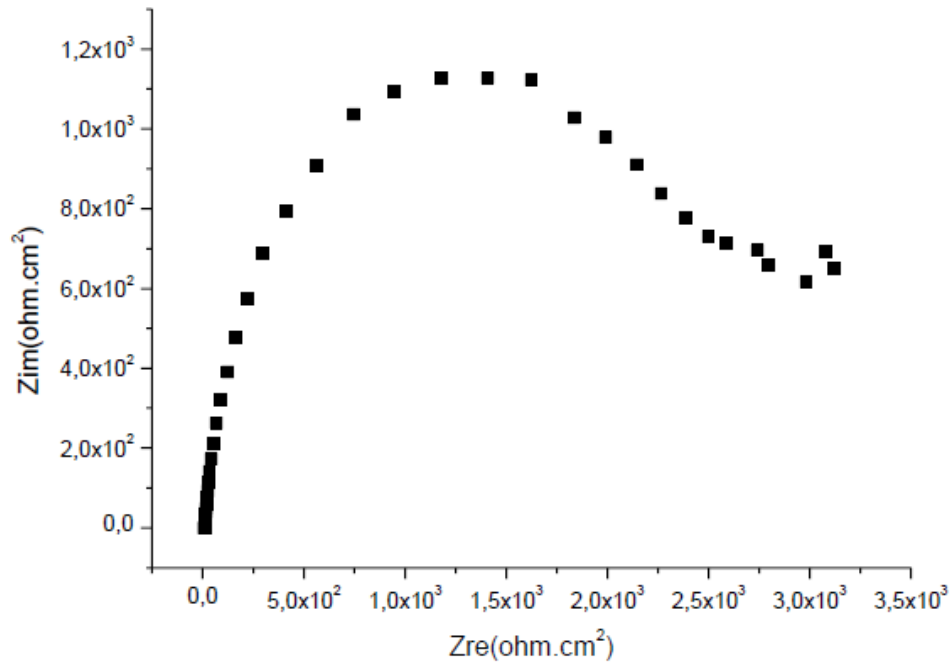


Figure IV.3 : Diagrammes de Nyquist de l'acier A 283 C après 1 heure d'immersion dans NaCl 3%.

IV.2. Comportement de l'acier A 283 C revêtu dans NaCl 3% :

IV.2.1. Diagrammes d'impédance après 1 heures d'immersion :

Dans le but de vérifier l'efficacité inhibitrice d'une peinture époxydique appliquée sur l'acier A 283 C dans NaCl 3%, nous avons tracé les courbes d'impédance après 1 heure d'immersion.

Les courbes d'impédance de l'acier revêtu et l'acier nu après 1 heure d'immersion est représentée dans la figure (IV.4) :

Le diagramme de Nyquist de l'acier revêtu après une heure d'immersion dans NaCl 3% présente une seule boucle capacitive.

Nous observons que le diamètre de la boucle capacitive est plus important dans le cas de l'électrode revêtue, que dans le cas du témoin (acier nu). Le film protecteur présente une efficacité très importante dans le milieu étudié. Il protège l'acier grâce à son effet barrière et la présence des pigments anticorrosion.

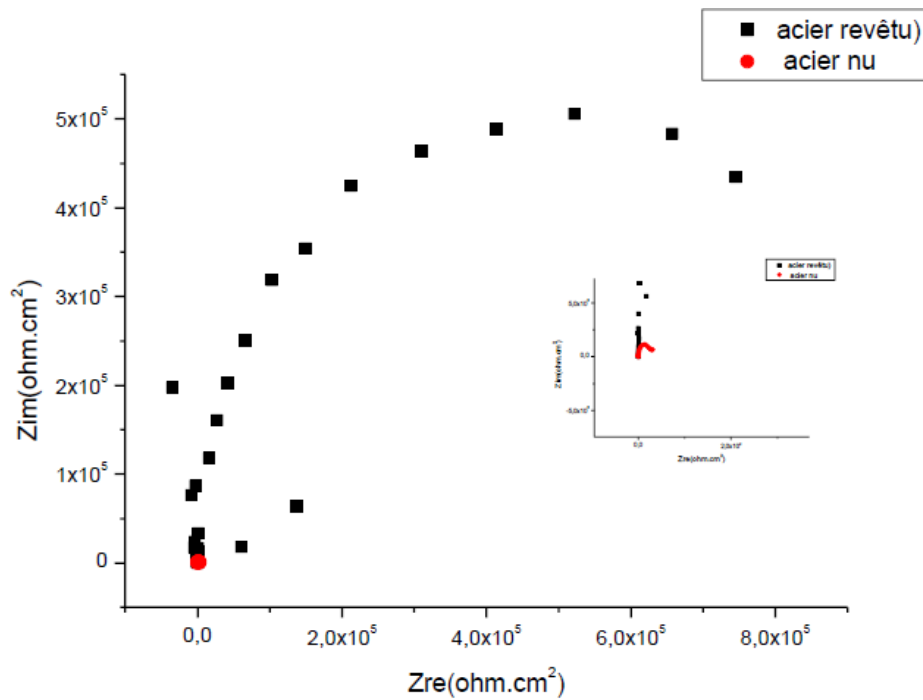


Figure IV.4 : Diagrammes de Nyquist de l'acier A 283 C revêtu après 1 heure d'immersion dans NaCl 3%.

IV.3. Etude de l'effet du traitement thermique et hygrothermique sur le comportement de l'acier revêtu :

IV.3.1. Etude de l'effet de traitement thermique :

Pour étudier l'effet du traitement thermique, nous avons mis une électrode en acier revêtu par une peinture époxy dans l'étuve à une température 60° C pendant 60 heures. Puis nous avons étudié le comportement de cette électrode dans NaCl 3% par la spectroscopie d'impédance électrochimique.

IV.3.1.1. Courbe d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heures d'immersion :

Les diagrammes d'impédance électrochimique dans le plan de Nyquist (après 1 heure d'immersion dans NaCl 3%) de la peinture traitée et une autre non traitée à titre comparative sont représentés dans la figure IV.5.

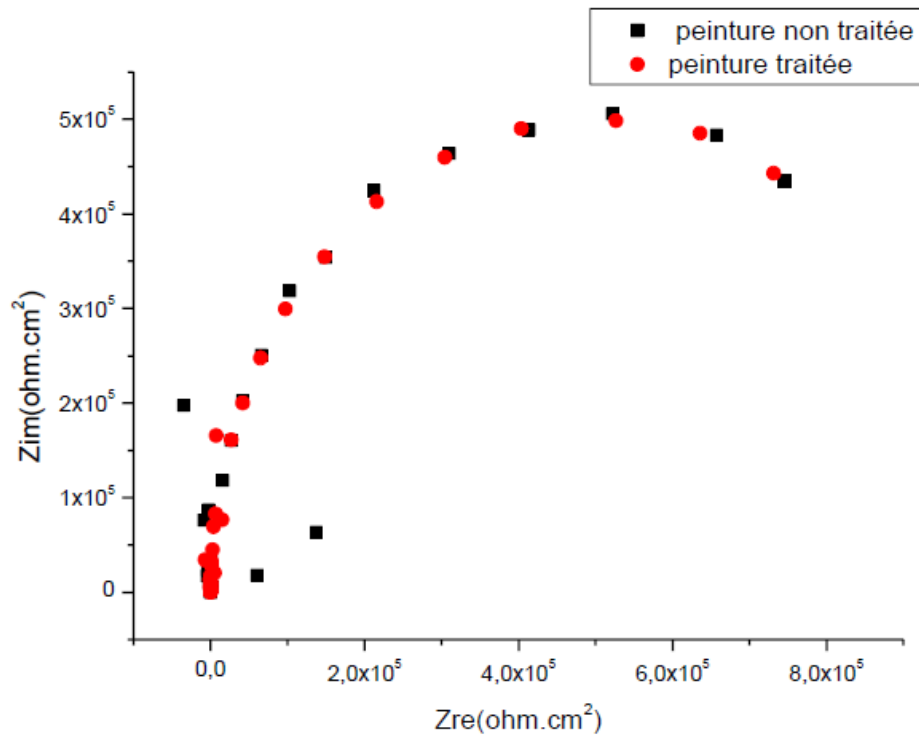


Figure IV.5 : Diagrammes d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heures d'immersion en milieu NaCl 3%.

D'après la figure IV. 5, nous remarquons l'apparition d'une seule capacitive. Le fait qu'une seule constante de temps soit obtenue peut être dû au faible temps d'exposition [2].

Nous notons que la courbe d'impédance de la peinture non traitée et la courbe d'impédance de la peinture traitée sont identiques, le diamètre de chacune d'elles est approximativement le même, et donc nous pouvons dire que notre peinture présente une bonne résistance à la température 60 °C.

IV .3.1.2. Courbe d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion :

Nous avons suivi l'évolution des courbes d'impédance de la peinture traitées en fonction du temps d'immersion dans NaCl 3%. Les courbes sont représentées dans la figure IV.6.

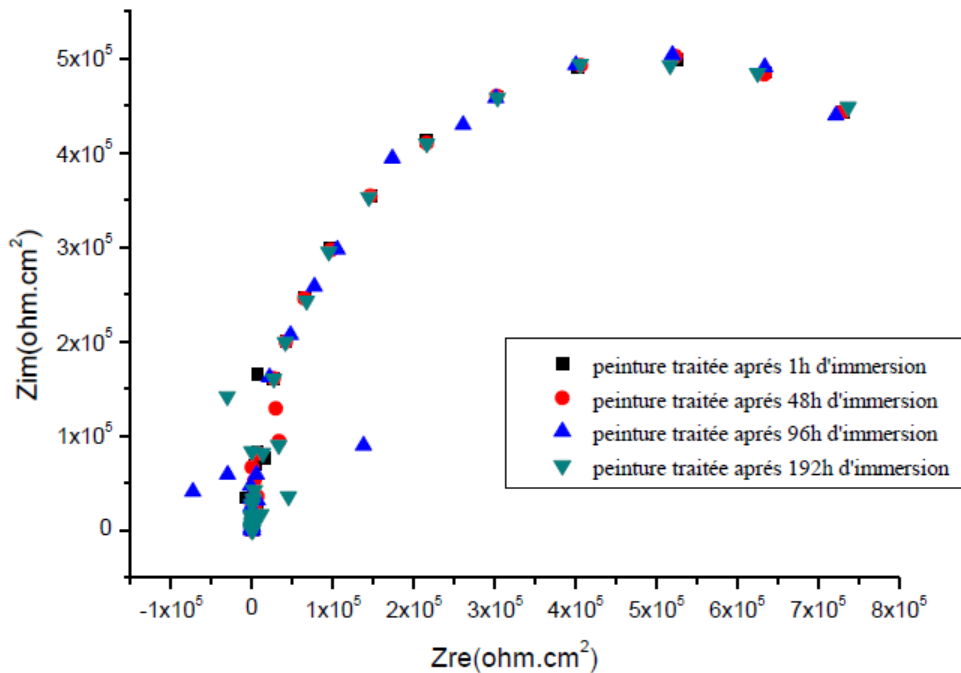


Figure IV. 6: courbes d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion dans NaCl 3%

D'après la figure IV. 6, nous remarquons une seule boucle capacitive pour toutes les durées d'immersion. Les courbes sont presque identiques. Donc on peut dire que notre peinture présente une bonne résistance à la température 60 °C.

IV.3. 2. Etude de l'effet du traitement hygrothermique :

Pour étudier l'effet du traitement hygrothermique, nous avons mis une électrode en acier revêtu par une peinture époxy dans NaCl 3% à une température 60° C pendant 30 heures. Puis nous avons étudié le comportement de cette électrode dans NaCl 3% par la spectroscopie d'impédance électrochimique.

IV.3 .2.1. Courbe d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heure d'immersion :

La figure IV.7 présente les diagrammes d'impédance électrochimique dans le plan de Nyquist (après une heure d'immersion dans NaCl 3%) de la peinture traitée et une autre non traitée à titre comparative.

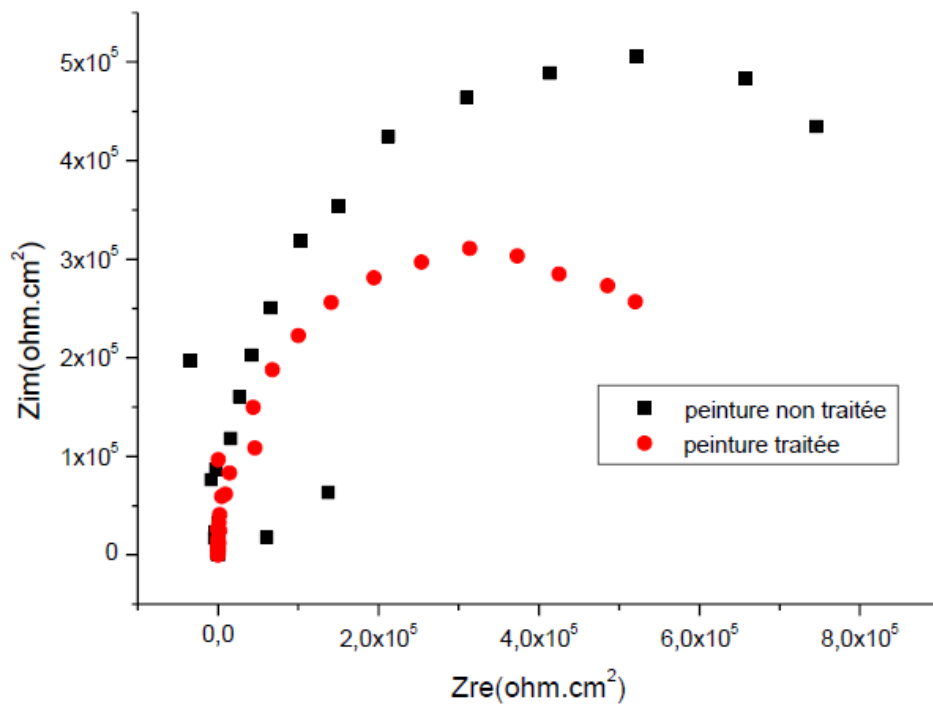


Figure IV.7 : Diagrammes d'impédance de la peinture traitée et d'une autre non traitée après 1 heure d'immersion en milieu NaCl 3%

Les diagrammes d'impédance de la peinture époxy obtenue sont des demi-cercles. Nous remarquons une légère différence entre la courbe peinture traitée et la courbe de la peinture non traitée. Le diamètre de la première boucle est inférieur à celui de la deuxième (de la peinture non traitée). Cela indique une petite dégradation de la peinture par la température en présence de l'eau.

IV.3 .2.2. Courbe d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion :

Nous avons suivi l'évolution des courbes d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion dans NaCl 3%. Les courbes sont représentées dans la figure suivante :

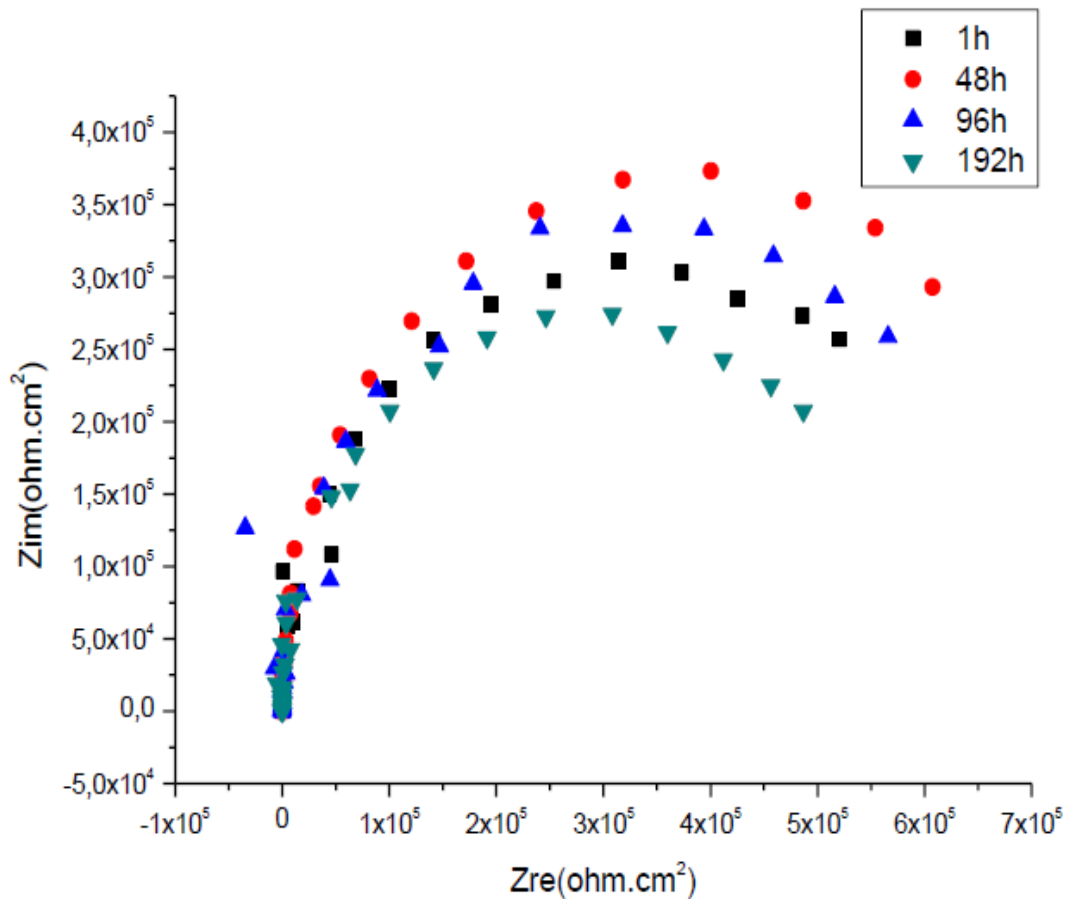


Figure IV.8: Diagrammes d'impédance de la peinture traitée en fonction du temps d'immersion en milieu NaCl 3%

Les courbes obtenues sont de formes similaires.

Nous enregistrons une augmentation de diamètre des courbes après 48h et à 96 heures d'immersion par rapport à la première heure d'immersion. Ceci peut être expliqué par le colmatage des pores par des oxydes issus de l'oxydation du métal.

Après 192 heures ; le diamètre de la boucle devient inférieur à celui de la courbe après 1 heure d'immersion. Ceci signifie la dissolution des oxydes.

IV .4. Modélisation des courbes d'impédance

Nous avons effectué la modélisation par le logiciel NOVA 2.1.4.

IV.4.1. Acier nu

La réponse en impédance de l'électrode nue peut être modélisée par un circuit électrochimique équivalent caractérisant l'interface métal/électrolyte, présenté par la figure suivante.

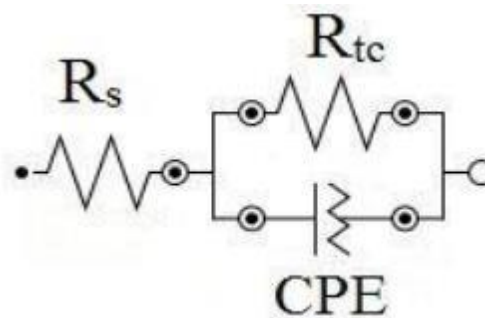


Figure IV.9 : Circuit électrique équivalent pour le système métal/électrolyte.

Les courbes de circuit simulé sont plus proches que les courbes expérimentaux, le circuit représenté dans la figure III.9 est appelé « circuit de Randles » qui contient :

- Résistance de solution (R_s) : présente loin de l'interface
- Élément à Phase constante (CPE) : présente un établissement de la double couche comme capacité imparfaite.
- Résistance de transfert de charge (R_{tc}) : effectué simultanément (en parallèle) avec CPE

Le tableau IV.2 résume les paramètres électrochimiques issus des ajustements des spectres d'impédances de l'acier étudié en milieu NaCl 3%.

Tableau IV.2 : Paramètres électrochimiques des courbes d'impédance de l'acier nu.

	R_s (ohm.cm ²)	R_p (ohm.cm ²)	CPE (F)
Acier nu	9,79	2850	$2,74 \cdot 10^{-5}$

Nous notons une résistance très faible, elle est de l'ordre de 2,85 kohm. Donc l'acier nécessite une protection.

IV.4.1. Acier revêtu

La réponse en impédance de l'électrode revêtue peut être modélisée par un circuit électrochimique équivalent caractérisant l'interface métal revêtu/électrolyte, présenté par la figure suivante.

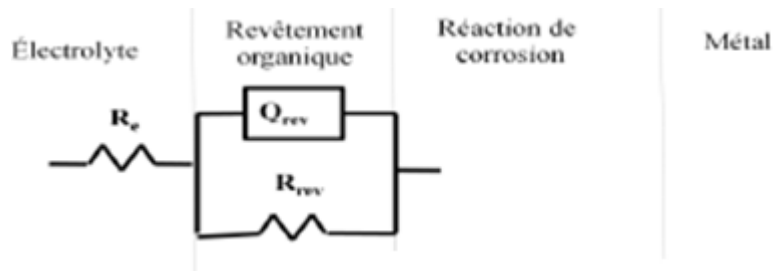


Figure IV.10 : circuit électrique équivalent pour l'interface métal revêtu/électrolyte.

Les éléments électriques constituant ce circuit électrique sont :

Re : la résistance de l'électrolyte,

Rrev, Qrev : la résistance et la capacité du revêtement organique.

IV.4.1.1. Après 1 heure d'immersion

Les résultats sont regroupés dans le tableau IV.3.

Tableau IV.3 : Paramètres électrochimiques des courbes d'impédance de l'acier revêtu après 1 heure d'immersion.

	peinture non traitée (NT)	peinture avec un traitement thermique (TT)	peinture avec un traitement hygthermique (TH)
R(kohm)	10 ³	10 ³	614
C(nF)	957	972	976

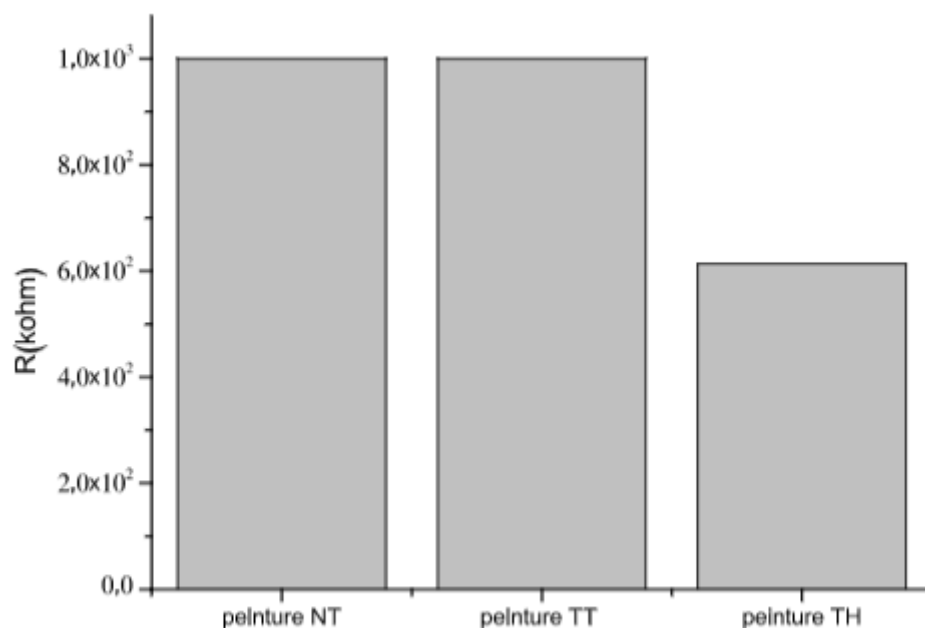


Figure IV.11 : Evolution de la résistance en fonction de la nature du traitement.

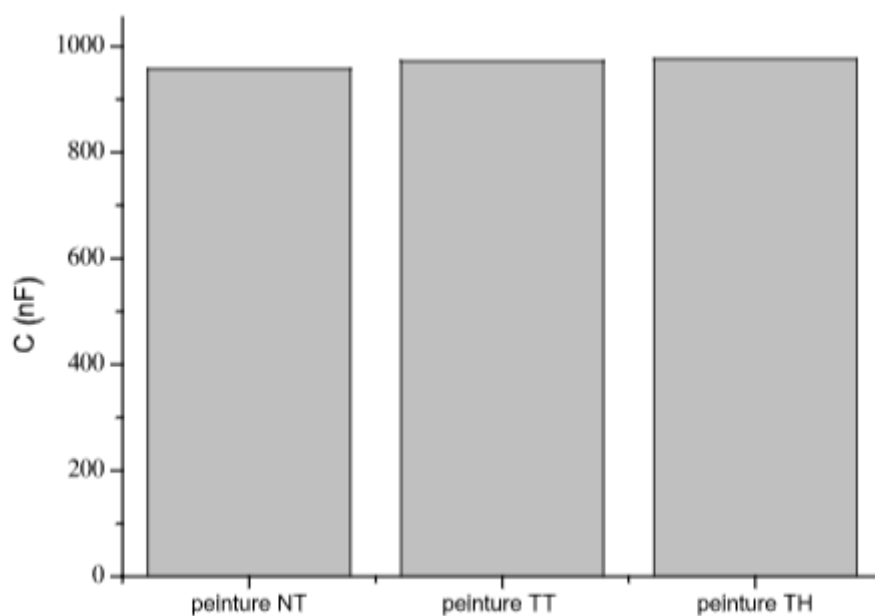


Figure IV.12 : Evolution de la capacité en fonction de la nature du traitement.

D'après les résultats regroupés dans le tableau IV.2 et représentés par les courbes IV.10 et IV.11, nous remarquons que l'effet de la température est significatif en présence

de l'eau (traitement hygrothermique). La résistance diminue pour atteindre une valeur de 614 kohm après le traitement hygrothermique.

IV.4.1.2. La peinture traitée en fonction du temps du temps d'immersion

Nous avons suivi l'évolution des courbes d'impédance de l'électrode revêtue et subie un traitement thermique et / ou hygrothermique en fonction du temps d'immersion. Les résultats sont regroupés dans le tableau IV.4, et représentés dans les figures IV.12 et IV.13.

Tableau IV.4 : Paramètres électrochimiques des courbes d'impédance de l'acier revêtu en fonction du temps d'immersion.

		1 h	48h	96h	192h
Peinture avec un traitement thermique	R(kohm)	10 ³	988	1020	981
	C(nF)	972	960	1010	990
Peinture avec un traitement hygrothermique	R(kohm)	614	744	669	555
	C(nF)	976	964	984	987

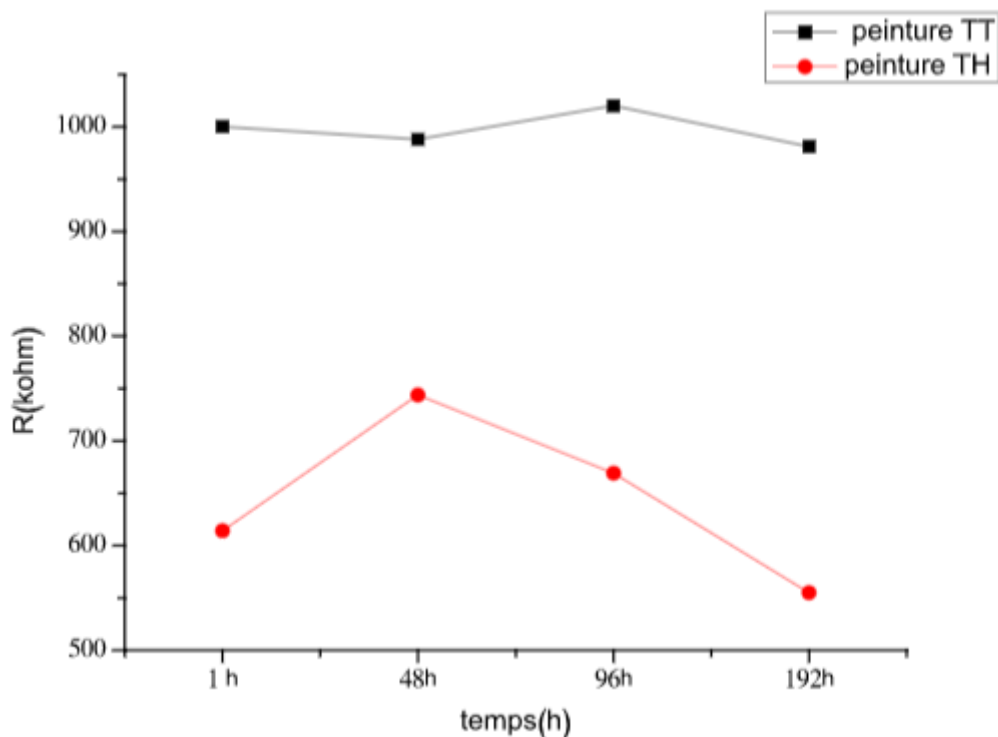


Figure IV.13 : Evolution de la résistance de l'acier revêtu et traité thermiquement en fonction du temps d'immersion.

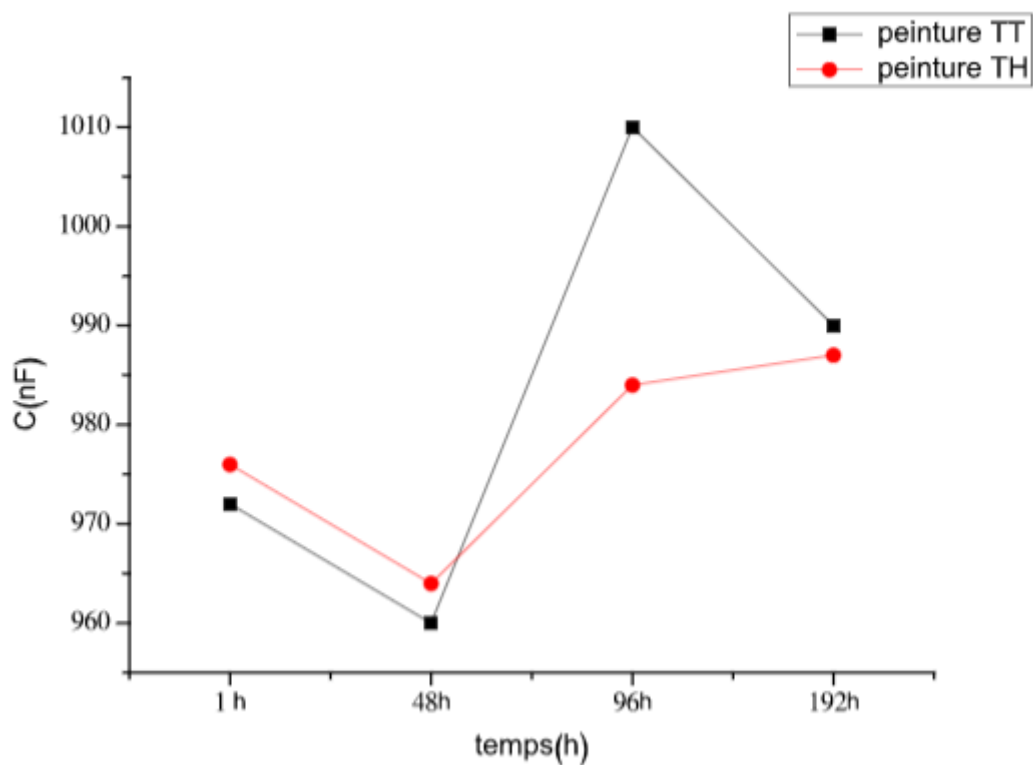


Figure IV.13 : Evolution de la capacité de l'acier revêtu et traité thermiquement en fonction du temps d'immersion.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les valeurs de la résistance et de la capacité dans le temps sont instables.

La résistance de polarisation de la peinture après un traitement hygrothermique, diminue jusqu'à 555 kohm après 192 heure. Ceci signifie une petite dégradation du film.

L'effet de la température sur l'efficacité de la peinture en milieu sec (traitement thermique) est très faible. La résistance a légèrement diminué dans le temps.

Références

[1] A. Popova, S. Raicheva, E. Sokolova, Langmuir, 12 (1996) 2083.

[2] L.Pawlowski, the science and engineering of thermal spray coatings, John Wiley Sons, Ltd, England, 1995.



Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de ce travail était d'une part d'étudier et de caractériser le comportement électrochimique de l'acier A 283C dans NaCl 3%, et d'autre part d'évaluer l'influence du traitement thermique et hygrothermique (avec une température de 60 °C) sur l'efficacité d'une peinture époxy anticorrosive dans NaCl 3%, appliquée sur l'acier au carbone A283 C.

L'étude a été menée à l'aide de techniques électrochimiques stationnaires et la spectroscopie d'impédance électrochimique.

D'après les résultats obtenus, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- Le comportement de l'acier A 283C dans le milieu étudié est mauvais suite aux résultats du potentiel d'abandon, courbe de polarisation et courbe d'impédance.
- L'application du revêtement époxydique améliore, d'une manière remarquable, la tenue à la corrosion de l'acier vis-à-vis de la corrosion.
- La résistance du film, ayant subi un traitement thermique, diminue légèrement en fonction du temps d'immersion.
- La température a un effet remarquable, sur l'efficacité de la peinture étudiée, en présence de l'eau.
- L'apparition d'une seule boucle capacitive signifie que l'infiltration de l'électrolyte n'a pas traversé la totalité de l'épaisseur du film et n'atteint pas l'acier.

Résumé

La corrosion des métaux et alliage est un phénomène universellement connu qui entraîne chaque année des pertes de matérielles considérables. L'application des peintures anticorrosion est le un moyen de lutte contre ce phénomène.

Le présent travail est consacré à l'étude de l'influence du traitement thermique et hygrothermique sur l'efficacité protectrice d'un revêtement époxydique appliqué sur l'acier au carbone dans NaCl 3%. L'étude a été réalisée par les méthodes électrochimiques.

Les résultats expérimentaux obtenus montrent que la peinture anticorrosion choisie présente une efficacité protectrice remarquable pour l'acier au carbone dans NaCl 3%. Elle résiste à la température (60° C) en milieu sec, mais en présence de l'eau son efficacité diminue.

Mots clés : acier, corrosion, protection, peinture, essais électrochimiques.

المخلص

يعتبر تآكل المعادن والسبائك ظاهرة معروفة عالميا والتي تسبب خسائر مادية كبيرة كل عام.

إستخدام الدهانات المضادة للتآكل وسيلة لمكافحة هذه الظاهرة.

هذا العمل مخصص لدراسة تأثير المعالجة الحرارية والرطوبة على الكفاءة الوقائية لطلاء إيبوكسي مطبق على الفولاذ الكربوني في 3% كلوريد الصوديوم. أجريت الدراسة بالطرق الكهروكيميائية

أظهرت النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها أن الطلاء مضاد للتآكل الذي تم إختياره له كفاءة حماية ملحوظة لصلب الكربون في 3% كلوريد الصوديوم. إنه مقاوم لدرجة الحرارة في بيئة جافة (60°C)، ولكن في وجود الماء تقل فعاليته

الكلمات الأساسية: الفولاذ، التآكل، الحماية، الطلاء، الإختبارات الكهروكيميائية.

Abstract :

Corrosion of metals and alloys is universally known phenomenon which causes considerable material losses each year. The application of anti-corrosion paints is a means of combating this phenomenon.

This work is devoted to the study of the influence of thermal and hygrothermal treatment on the protective efficiency of an epoxy coating applied to carbon steel in 3% NaCl. The study was carried out by electrochemical methods. The experimental results obtained show that the anti-corrosion paint chosen has a remarkable protective efficiency for carbon steel in 3% NaCl.

It is resistant to temperature (60 C°) in a dry environment, but in the presence of water its effectiveness decreases.

Key words: steel, corrosion, protection, painting, electrochemical tests.