



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département : de Sécurité industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sécurité industrielle

Spécialité : sécurité prévention intervention

Thème

Les méthodes de protection contre la corrosion dans les sites industriels

Présenté et soutenu publiquement par :

HADDAD Fatima

et

SLIMANI Menat Allah Bochra

Soutenu le : 12/07/2021

Devant le jury composé de :

Nom	Grade	Etablissement	Qualité
Mme A. MOULESSEHOUL	MCB	IMSI / UNIV ORAN 2	Président
Mme S.CHAHMANA	MCB	IMSI / UNIV ORAN 2	Encadreur
Mme A.MECHKEN	MCB	IMSI / UNIV ORAN 2	Examineur

Année 2020/2021

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail

Nous vaudrons remercier la famille SLIMANI & HADAD pour tous les soutiens moral et matériel apporté pendant ces années d'étude - jusqu'ici.

Nous voudrions également adresser toute notre gratitude à la promotrice de ce mémoire, Mme S.CHAHMANA , pour la qualité de son encadrement, pour toutes les connaissances scientifiques, pour nous a guidés et encouragés pour réaliser ce travail

Nous tenons aussi à remercier la société NAFTAL et SONATRACH qui nous a ouvert ses portes pour notre stages, notre Co-promotrices sur le site et toute personne qui aurait participé de près ou de loin au bon déroulement de notre mémoire.

Nous remercions aussi les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner notre travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail ;

A mes très chers parents Ma mère Fatna et Mon père Mustapha pour tout l'amour dont vous m'avez entouré, pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec L'espoir de ne jamais vous décevoir.

A ma très chère sœur Meriem

A mes très chères sœurs et frères Anfel Aissam Yahya et Omar.

A mes copines Nessrin et Ibtissam .

Et à toutes personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé.

A Mes très chers grands parents

A mes tantes Khadija et Oum-Elkhir et toute ma famille SLIMANI & DJEBBAR

Que dieu vous protège tous.

A mon cher binôme Hadad Fatima et sa famille

Tous mes amis et collègues d'études,

Et à tous ceux qui me sont chers.

SLIMANI Menat Allah

Dédicaces

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime en exprimant toute notre gratitude et notre reconnaissance.

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents **HADDAD Athmane** et **OUZIN Hayat**, pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel et ma reconnaissance. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués et le fruit de votre soutien. Merci maman et papa pour tout. Puisse dieu vous accordez la santé, le bonheur et une longue vie.

A mes chers frère **Yassine** et **Nabila & Hanaa & Ahlem & Lydiaa & Toufik & Daoud** .

A la personne qui est proche de mon cœur : **BERRAHAIL baghdadi**

Merci pour votre présence et votre soutien

A mon cher binôme **SLIMANI minat Allah Bouchra** et sa famille. Mes chers amis et frères **Ahlem** et **Lydia**, je dirais qu'avec vous aucune route ne semble longue malgré les défis et les difficultés éprouvés le long de cette année. Je vous remercie pour vous amitié, vos efforts, vos gentillesse et la patience durant les cinq ans qu'on a travaillé ensemble.

A toute ma famille **HADDAD & BERRAHAIL** Que dieu vous protège tous.

A tous mes chers collègues de la promotion avec lesquels on a passé cinq années inoubliables et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réussir ce travail et tous qui m'aiment et qui auraient voulu partager ma joie, je vous dis merci.

HADDAD Fatima

Sommaire

Dédicace	
Remercîment	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des équitations	
Liste des abréviations	
Introduction générale	2

CHAPITRE I : généralité sur la corrosion

I.1 DEFINITION DE LA CORROSION	5
I.2 LES DIFFERENTS PROCESSUS DE LA CORROSION	6
I.2.1. Corrosion chimique ou corrosion sèche:.....	6
I.2.2. Corrosion électrochimique ou corrosion humide:	7
I.2.3. Corrosion biochimique ou corrosion bactérienne:.....	7
I.3 MORPHOLOGIE DE LA CORROSION.....	8
I.3.1. La corrosion uniforme	8
I.3.2. La corrosion localisée.....	9
I.3.2. 1. Corrosion galvanique	9
I.3.2. 2. Corrosion caverneuse	10
I.3.2.3. Corrosion parpiqûres	10
I.3.2.4. Corrosion parérosion,abrasion, cavitation.....	11
I.3.2. 5.Corrosion inter-granulaire	11
I.3.2.6. Corrosion sélective:.....	11
I.3.2.7. Corrosion induite microbiologiquement (CIM):	12
I.3.2.8.Corrosion souscontrainte (stress corrosion) :	12
I.3.2.9. La Fatigue-corrosion	13
I.3.2.10.Corrosion parfrottement	13
I.4 LES FACTEURS DE LACORROSION	14
I.5 ASPECTS THERMODYNAMIQUE DE LACORROSION	14
I.5.1 Loi deNernst	15
I.5.2 Diagramme de Pourbaix:.....	15
I.5.3 Aspects cinétiques de la corrosion	16
I.5.3.1 Méthodesclassiques.....	16

I.5.3.2 Méthodes électrochimiques:.....	19
---	----

CHAPITRE II : Moyens de protection contre la corrosion

II.1 INTRODUCTION	20
II.2 PROTECTION ELECTROCHIMIQUE	20
II.2.1 Protection cathodique.....	21
II.2.1.1 Type de protection cathodique.....	21
II. 2.2 La protection anodique	23
II.3 PROTECTION PAR REVETEMENTS.....	24
A. Revêtement métallique	24
B. Revêtement inorganiques non métalliques	24
C. Revêtement organiques	25
II. 4 PROTECTION PAR INHIBITEURS.....	25
II. 4.1 Mode d'action des inhibiteurs de corrosion	28
II. 4.2 Nature des inhibiteurs	28
II. 4.3 Choix d'uninhibiteur	29
II.5 CONCLUSION.....	29

CHAPITRE III : Étude de cas (CP1Z et MCE 202)

III.1 INTRODUCTION :.....	31
III .2 PRESENTATION DES ENTREPRISES	31
III.2.1.Présentation de l'entreprise NAFTAL(MCE202ELBayadh) :.....	31
III 2.1.1 Situation géographique:.....	31
III 2.1.2. Présentation des principales installations:	32
III.2.1.3.La corrosion des installations.....	33
III.2.1.4. Inspection et détection de la corrosion	35
III.2.2 Présentation du complexe de liquéfaction du gaz CP1Z	37
III.2.2.1.Situation géographique	37
III.2. 2. 2.Présentation desprincipalesinstallations	38
III.2. 2. 3. La corrosion des installations	38
III.2. 2. 4. Inspection et detection de lacorrosion.....	38
III.2.2. 4.1. Inspection basé sur la criticité(RBI) :.....	38
III.2.2.4.2.Principe de la méthode proposée	39
III.2.2. 4.3. Lestechniquesd'inspection etdecontrôle:.....	39
III.3.METHODES DE PROTECTION CONTRE LA CORROSION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION.....	42

III.3.1. La protection par l'injection des inhibiteurs de corrosion	43
III 3.2. La protection cathodique.....	43
III.3.2.1 Contrôle de protection cathodique	43
III 3.2.1.1 Mesure du potentiel	44
III 3.2.1.2 Méthode de mesure du potentiel	45
III.3.3. La protection par revêtement	46
III.3.3.1 Préparation de la surface	46
III.3.3.2 Application du revêtement.....	47
III.3.3.3 système de peinture ainsi les épaisseurs à respect.....	48
III.3.4 Réparation des structures par patch.....	48
CONCLUSION.....	50
Références bibliographiques.....	52
Annexes	55

RESUME :

La corrosion est connue depuis longtemps comme un phénomène qui présente un risque important pour l'environnement, et l'importance économique de la lutte contre la corrosion dans les milieux industriels n'est plus à démontrer. Les dégâts causés par ce phénomène entraînent dans le monde des pertes qui se chiffrent chaque année à des milliards de dollars. Dans ce travail nous avons essayé de résoudre ce problème; ceci par cette étude qui en premier lieu regroupe la théorie sur la corrosion (définition, types; causes...) puis en deuxième lieu les méthodes utilisées pour la protection contre la corrosion dans des différents milieux industriels et application de ces méthodes au niveau de «MCE202 ELBAYADH » & « Le complexe CP1/Z » (la protection cathodique, revêtements, protection par inhibiteur...)
Les mots clés : la corrosion, les méthodes, protection, revêtement, inhibiteur, cathodique.

ABSTRACT:

Corrosion has long been known to be a risk important factor for the environment and its economic importance in the industrial settings is no longer to demonstrate. The damage caused by this phenomenon leads to losses worldwide each year amounting to billions of dollars. In this work we have tried to solve this problem; and that by this study which firstly groups the theory on corrosion (definition, types, causes ...) and secondly the methods used for corrosion protection in different industrial settings and application of these methods in « MCE202 ELBAYADH » & « Le complexe CP1/Z » (cathodic protection , coating, inhibitor, ...)

Key words: corrosion, cathodic protection, methods, , inhibitor, coating .

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure. I.1 : Principe général de la corrosion	05
Figure I.2 : Mécanismes de la corrosion sèche	06
Figure I.3 : Mécanisme de la corrosion humide.....	07
Figure I.4 .Principe de la corrosion généralisée ou uniforme.....	07
Figure. I.5 :Le principe de la corrosion galvanique.....	09
Figure. I.6 :Principe de la corrosion caverneuse ou par effet de crevasse.....	10
Figure. I.7 :Principe de la corrosion par piqûres	10
Figure .I.8 : Représentation schématique du phénomène de corrosion érosion.....	11
Figure. I.9 : Corrosion inter granulaire d'un acier inoxydable.....	11
Figure. I.10 : Principe de la corrosion sélective.....	12
Figure. I.11 : Principe de la corrosion bactérienne.....	12
Figure. I.12 .Principe de la corrosion sous contrainte.....	13
Figure .I.13 .Principe de la corrosion par frottement.	13
Figure 1.14 :Le diagramme potentiel-pH du fer.....	15

CHAPITRE II

Figure II.1 : Diagramme de Pourbaix simplifié du système fer-eau a 25C et 1atm.....	20
Figure II.2 : Principe de la protection cathodique	21
Figure II.3 : Principes de la protection par anodes sacrificielles.	22
Figure II.4 : Principe de la protection par courant imposé.....	22
Figure II.5 : Principe de la protection anodique d'un métal passivable	23
Figure II.6 : Corrosion en présence de revêtements métalliques plus nobles (a), et moins nobles (b) que le substrat.	24
Figure II.7 : Classement des inhibiteurs de corrosion.	26
Figure II.8 : Mode d'action électrochimique des inhibiteurs : a. Contrôle anodique, b. Contrôle cathodique et c. Contrôle mixte	27

CHAPITRE III

Figure III.01 : Localisation du site « MCE 202 EL Bayadh ».....	32
Figure III.02 : Les installations principales dans MCE 202.....	33
Figure III.03 : Localisation du complexe CP1Z.....	37
Figure III.04 : Les principales installations complexe CP1/Z.....	38
Figure III.05 : une représentation de la criticité sous forme matricielle	39
Figure III.06 : contrôle par ressuage.....	40
Figure III.07: Diffractomètre de rayons X.....	41
Figure III.08 : Appareil DM4 avec palpeur pour la prise d'épaisseur à l'ultrason.....	41
Figure III.9 Organigramme d'inspection aux complexe CP1Z et les méthodes de protection utilisé pour chaque type de corrosion.....	42
Figure III.10: Électrode de référence $Cu/CuSO_4$ pour l'utilisation dans les sols.....	45
Figure III.11: Voltmètre utilisé pour mesurer le potentiel de PC.....	45
Figure III.12: Méthode de la mesure de potentiel de la protection cathodique.....	46
Figure III.13 : photographie de mesure de potentiel de la protection cathodique.....	46
Figure III.14: photographie de réparation par patch.....	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Les facteurs de la corrosion	14
Tableau II.1 : Types de revêtement organique.....	25
Tableau III.1 : les installations attaquées par la corrosion dans « MCE 202 ».....	34
Tableau III.2 : Les facteurs de la corrosion et leurs effets sur les réservoirs GPL et d'eau...	35
Tableau.III.3. les propriétés physiques et chimiques de l'inhibiteur de corrosion.....	43

LISTE DES EQUATIONS

Eq I.1 : vitesse de corrosion en μ/an	08
Eq I.2 : vitesse de corrosion dans le cas d'une perte de masse Δm au cours d'une durée Δt	17
Eq I.3 : vitesse de corrosion par la concentration métallique dans la solution par unité de temps	17
Eq I.4 : Vitesse de corrosion par la variation de la concentration métallique dans la solution par unité de temps.....	17

LISTE DES ABRIVIATIONS

IMSI : Institut de maintenance et de sécurité industrielle

CIM : Corrosion induite microbiologiquement

E^{eq} : Potentielle de l'équilibre

O_x : oxyde

RED : Réducteur

PH : potentiel hydrogène

V_{corr} : Vitesse de corrosion

E_{prot}: potentiel de protection.

E_{corr} : potentiel de corrosion.

i_{prot} : la densité de la protection.

i_c : la densité du courant cathodique.

E_{pass}: potentiel de passivation.

E_{pit}: potentiel de dé passivation ou de piqûration.

MCE : Le mini centre emplisseur

SONATRACH : société nationale pour la production ,le transport ; la transformation et la commercialisation des hydrocarbures

NFTAL : société nationale de commercialisation et distribution de produit pétroliers

CP1z : complexe pétrochimie 1 D'ARZIW

GPL : gaz propane liquéfié

GNL :gaz naturelle liquéfié

ASTM D 1293 : norme américaine pour mesuré le PH

UT : ultrason

SIE : spectroscopie d'impédance électrochimique

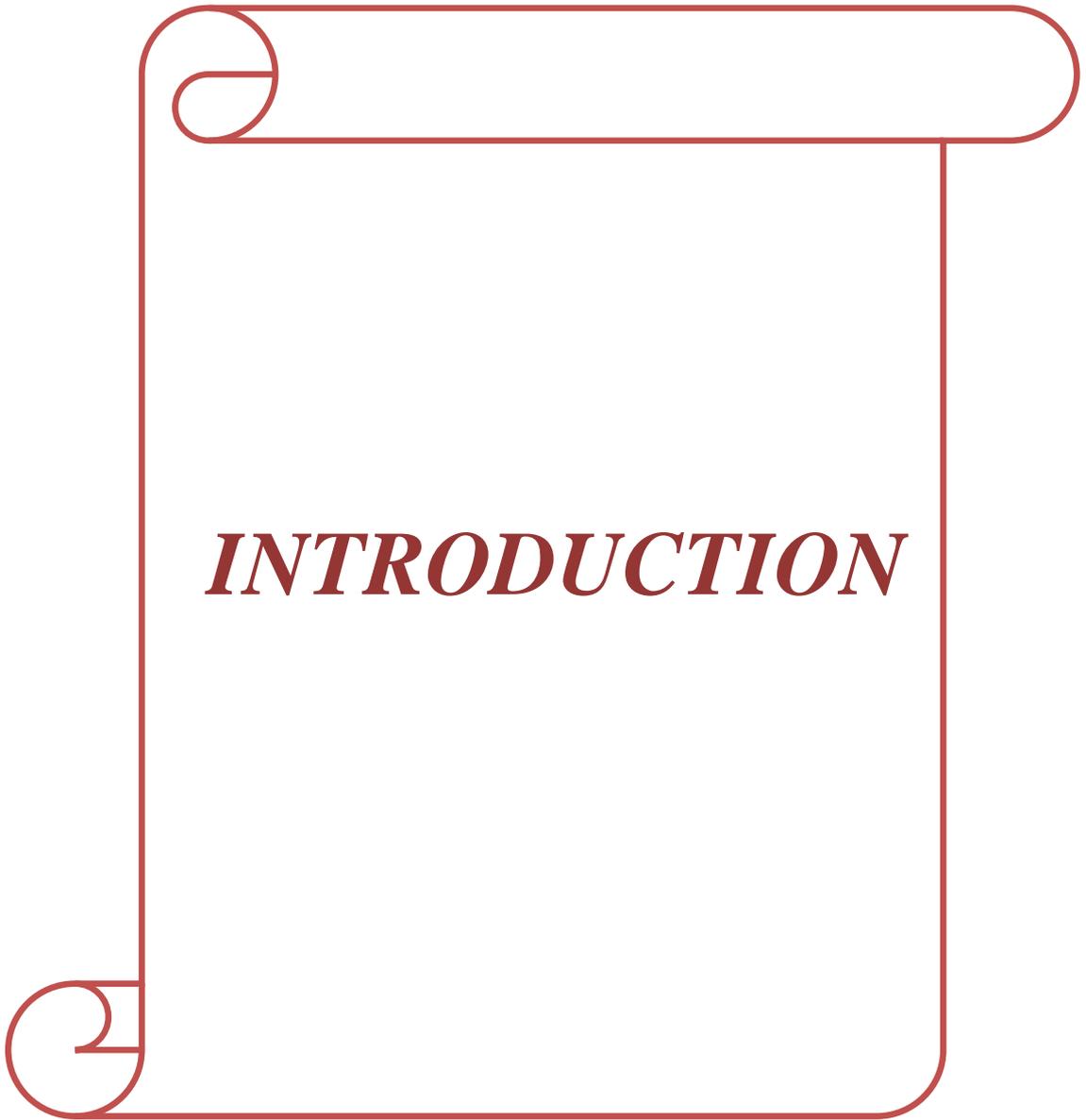
ENCT : entreprise nationale de contrôle technique

ENAP : entreprise nationale de peinture

RBI : (risk based inspection base) L'inspection basée sur le risque

AMDEC analyse des modes de défaillance et évaluation de leur criticité

CND les contrôles non destructifs



La corrosion est un phénomène universel, responsable de l'altération et de la destruction de la plupart des matériaux naturels ou élaborés. La plupart des matériaux ont une interaction plus ou moins prononcée avec un grand nombre de milieux ambiants. Cette interaction altère souvent l'utilité du matériau en raison de la détérioration de ses propriétés mécaniques telles que la ductilité, la résistance ou encore son apparence ce qui entraîne des conséquences fâcheuses. Tout se corrode et tout milieu peut être corrosif suivant le matériau considéré.

L'importance économique de la lutte contre la corrosion dans notre vie quotidienne, domestique ou industrielle, n'est plus à démontrer. Les dégâts causés par ce phénomène entraînent dans le monde des pertes qui se chiffrent chaque année à des milliards de dollars et sans les méthodes de prévention et de protection ces chiffres peuvent être plus élevés. De ce fait, le développement de technologies de protection plus sûres, économiques et non nuisibles à l'environnement représente un nouveau défi pour l'ingénieur qui devra posséder des connaissances scientifiques approfondies dans les domaines de l'électrochimie et de la corrosion des métaux, il devra se familiariser avec les méthodes expérimentales modernes ainsi que les nouveaux matériaux.

La protection contre la corrosion peut s'impliquer sur cinq facteurs :

- ✓ Le matériau : choix du matériau résistant à l'environnement.
- ✓ L'environnement : maîtrise de l'environnement.
- ✓ L'interface matériau/environnement : forme et état de surface, traitement de surface.
- ✓ Les réactions chimiques : modification des conditions thermodynamiques et cinétiques.
- ✓ La maintenance : suivi et remplacement de la pièce avant rupture.

A cet effet ce projet de fin d'étude propose des méthodes de protection contre la corrosion au niveau des sites industriels complexe pétrochimie D'ARZIW es (SONATRACH) et Mini centre d'emplissage 202 EL_BAYADH (NAFTAL). En se focalisant sur et les méthodes de lutte, de protection et de prévention utilisés.

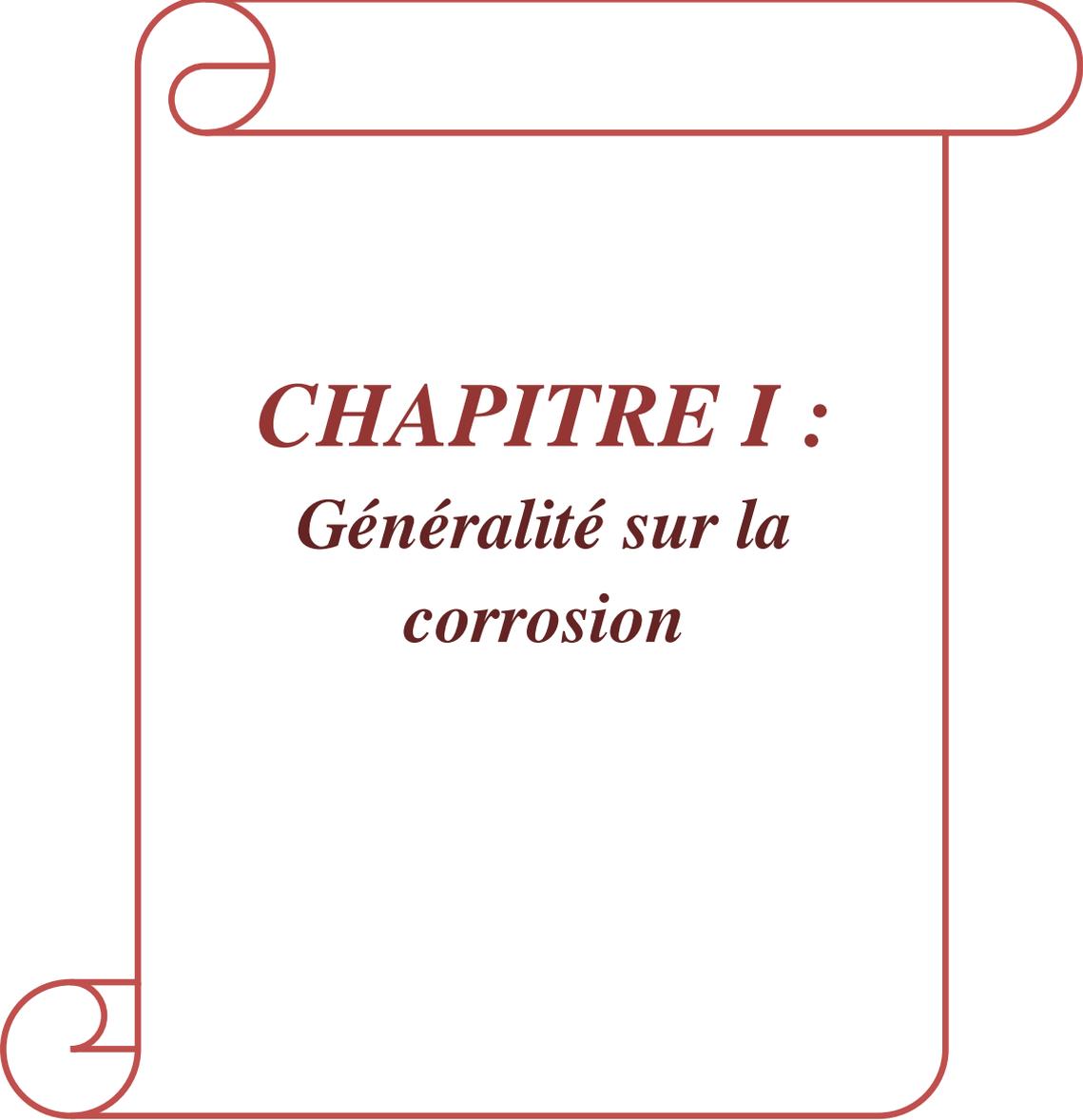
Dans ce contexte, le présent mémoire se structure en trois chapitres précédés d'une introduction et suivi d'une conclusion et des recommandations souhaitées ; il se présente comme suit :

Le premier chapitre : est consacré à une étude bibliographique axée sur les phénomènes de

corrosion

Le deuxième chapitre : nous sommes focalisé sur les moyens de protection contre la corrosion

Le troisième chapitre : nous avons pris le cas des installations de SONATRACH et de NAFTAL comme un exemplaire de notre projet. Nous avons utilisé les informations de plusieurs sources à l'intérieur et l'extérieur de ces sociétés pour arriver à objectif.



CHAPITRE I :
Généralité sur la
corrosion

I.1. DEFINITION DE LA CORROSION :

La corrosion est la destruction chimique ou électrochimique des matériaux métallique par leur environnement. C’est, en fait, le phénomène selon lequel les métaux ont tendance à revenir à leur état naturel d’oxyde, sulfate, carbonate...etc. Plus stable par rapport au milieu corrosif, et ainsi à subir la dégradation de leurs propriétés [01].

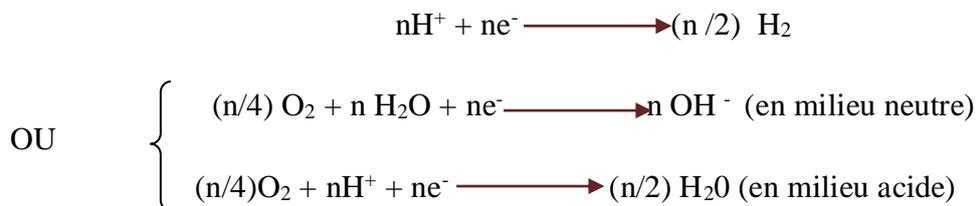
La réaction de base de corrosion des métaux est la corrosion électrochimique. Elle correspond à une réaction d’oxydoréduction, dont :

- La réaction d’oxydation d’un métal est appelée réaction « anodique ». (perte délectons)
- La réaction de réduction d’un agent oxydant est appelée réaction « cathodique ». (gain d’électrons)

Pratiquement tous les cas de corrosion peuvent être décrit ou expliqués à partir de concepts électrochimique même si au premier abord ils apparaissent comme ayant un caractère chimique. Ainsi la réaction fondamentale d’un métal M est la réaction anodique:



À laquelle est couplée une réaction cathodique qui sera dans la plupart des cas:



en résulte que le métal attaqué sera l’anode couplée a une cathode sur laquelle se produira l’une des trois réactions précédentes.

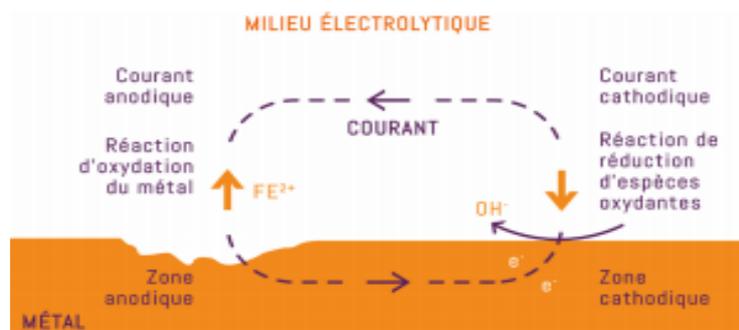


Figure. I.1 : Principe général de la corrosion.

I.2. Les différents processus de la corrosion :

La corrosion peut se développer suivant différents processus qui définissent son type de corrosion. En général on peut résumer les différents processus de la corrosion comme ci-dessous :

I.2.1. Corrosion chimique ou corrosion sèche :

C'est une réaction hétérogène entre une phase solide (métal) et une phase gazeuse (l'électrolyte). Le plus souvent c'est l'oxydation des métaux par les gaz à température élevée, on parle donc de corrosion sèche. Il se produit donc une attaque du métal avec formation d'un produit de corrosion à la surface. Ce type de corrosion, se rencontre sur tout dans les fours, les chaudières et les turbines à gaz.

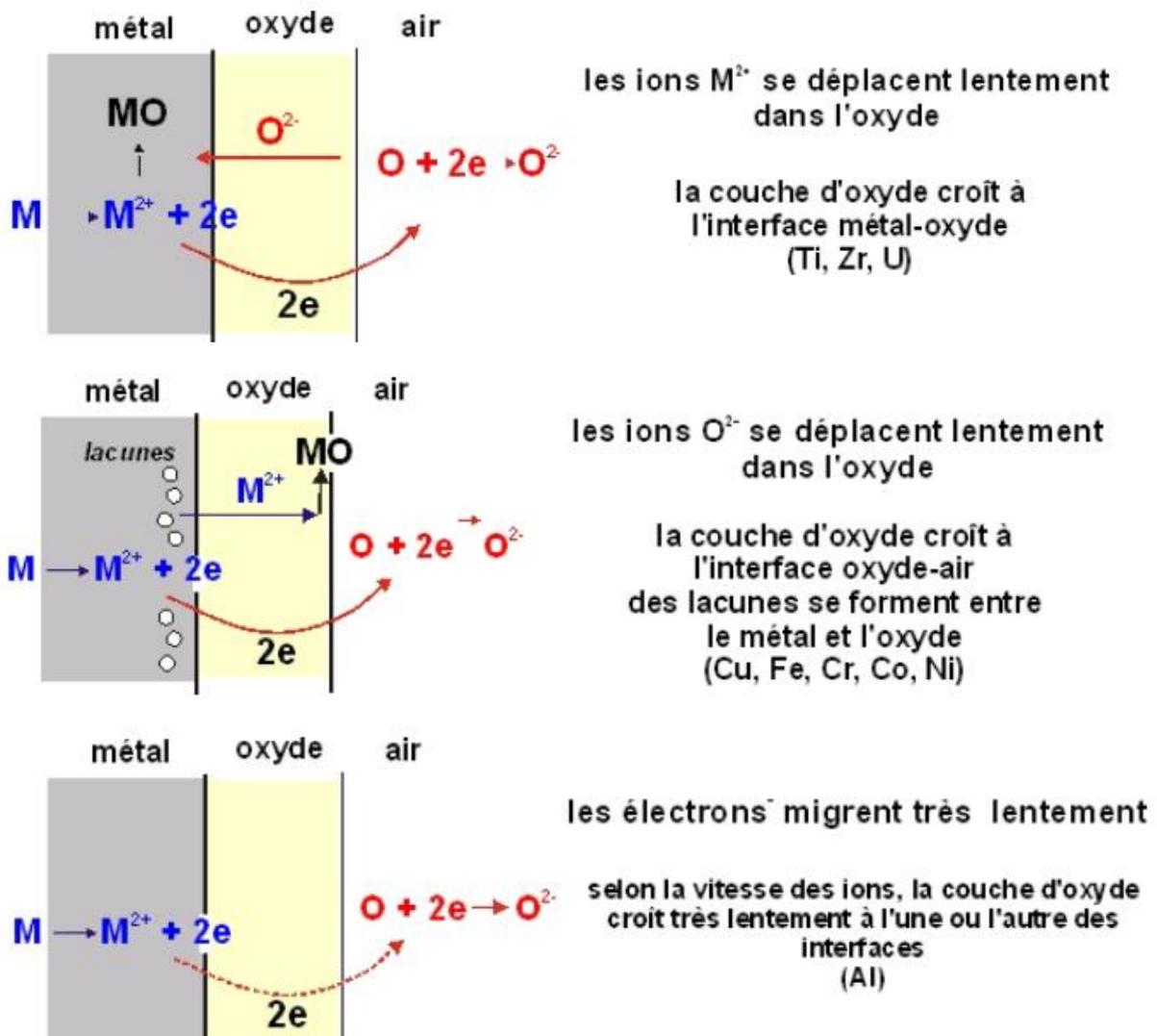


Figure I.2 : Mécanismes de la corrosion sèche

I.2.2. Corrosion électrochimique ou corrosion humide :

Elle se produit lorsqu'il existe des hétérogénéités, soit dans le métal, soit dans la solution corrosive. Ces hétérogénéités déterminent la formation à la surface du métal de microanodes et de microcathodes qui constituent des micros piles. Un courant électrique circule entre les électrodes. Les zones appelées anodes sont attaquées et les zones appelées cathodes sont le siège d'une ou plusieurs réactions de réduction. La corrosion électrochimique représente par ailleurs la grande majorité des problèmes de corrosion rencontrés car liée à la présence de l'eau au contact des métaux. C'est le cas en particulier des environnements naturels, tels que les eaux douces, l'eau de mer ou les sols. C'est aussi le cas de la plupart des milieux liquides de l'industrie, ainsi que des gaz conduisant à des condensations liquides contenant de l'eau (seulement si l'eau acide ou contient de l'oxygène dissous). [02]

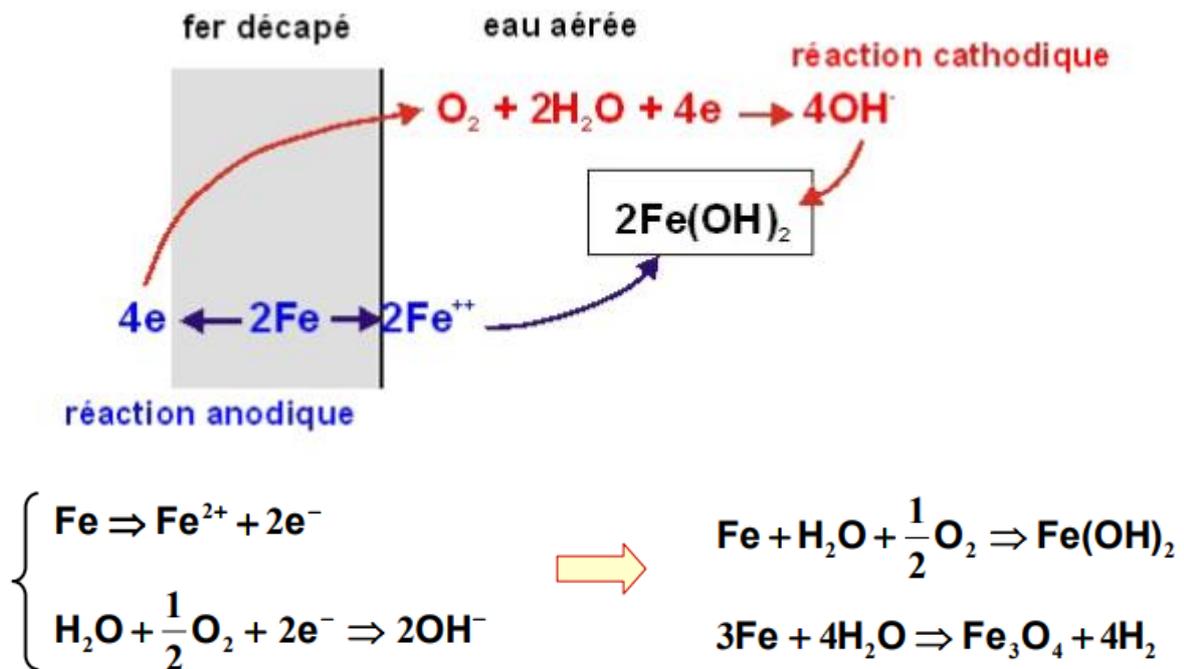


Figure I.3 : Mécanisme de la corrosion humide

I.2.3. Corrosion biochimique ou corrosion bactérienne :

La corrosion bactérienne est l'attaque des métaux par les produits du métabolisme de certains micro-organismes[03]. Ce type de corrosion n'a pas été, à notre connaissance, rencontré dans l'industrie laitière. On l'observe le plus souvent sur les canalisations enterrées et sur les ouvrages immergés en eau de mer.

I.3 MORPHOLOGIE DE LA CORROSION

Selon la nature de l'attaque, la corrosion peut présenter des aspects très divers regroupés en deux grandes familles :

- La corrosion uniforme ou généralisée.
- La corrosion localisée.

I.3.1 La corrosion uniforme :

La corrosion généralisée ou uniforme est une corrosion progressant approximativement à la même vitesse sur la totalité de la surface d'un métal donné en contact avec un milieu environnant corrosif. C'est la forme de corrosion la plus simple et, dans une certaine mesure, la mieux connue (lorsque le matériau et le milieu sont strictement définis). [03]

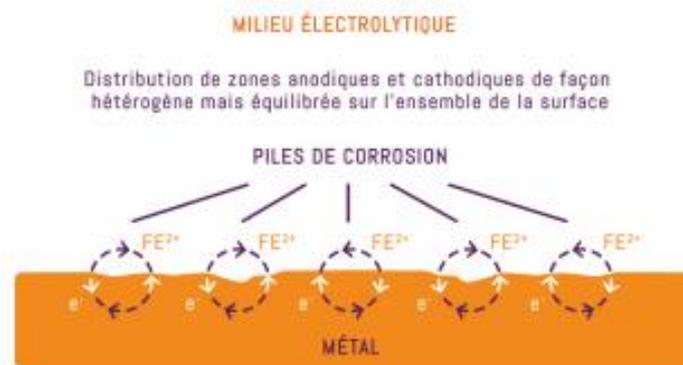


Figure I.4 .Principe de la corrosion généralisée ou uniforme

Sa vitesse est généralement facile à prévoir avec une précision suffisante pour déterminer la durée de vie probable d'un appareil (exprimée /an). [03]

$$V = \frac{P \cdot 365}{J \cdot S \cdot d} \quad \text{Eq I.1}$$

- **V** : vitesse de corrosion en μ/an .
- **P** : perte de poids en mg.
- **J** : nombre de jours d'exposition au milieu agressif.
- **S** : surface externe de l'éprouvette en μ^2 .
- **d** : masse spécifique du métal de l'éprouvette en mg/μ^3 .
- **365** : nombre de jours dans une année.

I.3.2. La corrosion localisée :

La corrosion localisée est basée sur le même principe comme la corrosion uniforme, bien que le potentiel d'entraînement peut être assuré par des mécanismes différents. Elle est caractérisée par la distinction claire des endroits anodiques et cathodiques. En outre, la cathode peut être plus grande de plusieurs ordres de grandeur que l'anode, ce qui augmente considérablement la vitesse de corrosion de l'anode.

Donc, ce type de corrosion se manifeste par une attaque localisée pouvant entraîner des dommages très importants (perforation de conduite), sans que le métal présente dans son ensemble une perte de poids significative.

Cette forme de corrosion représente un phénomène particulièrement dangereux puisque les produits de la corrosion ne sont pas nécessairement visibles et de plus, la perte de poids n'est pas toujours appréciable.

I.3.2. 1. Corrosion galvanique:

Appelée aussi corrosion bimétallique. C'est, en générale, lorsque deux étaux différents sont en contact ou reliés électriquement dans un milieu corrosif aqueux. La corrosion s'établit sur le métal le moins noble et s'arrête sur le métal le plus noble. Les sites anodiques et cathodiques sont distincts. Mais elle se manifeste aussi lorsque les deux parties d'un objet métallique d'un même métal ne sont plus au même potentiel à cause d'une hétérogénéité ou à cause d'un âge différent. [04]

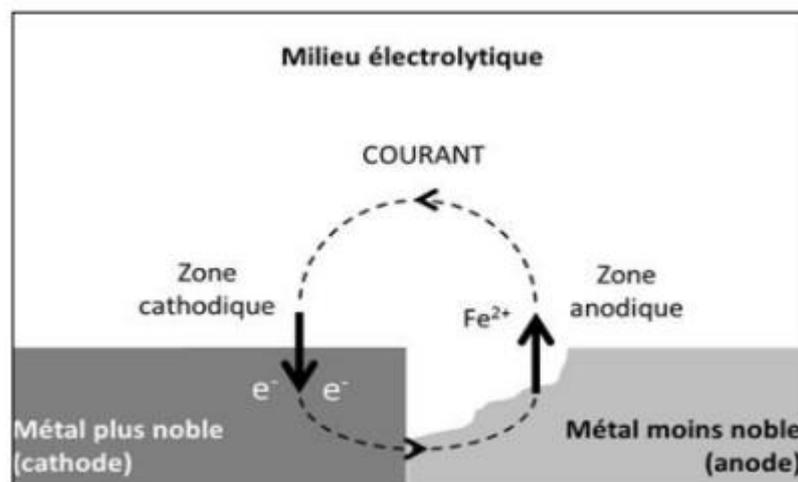


Figure. I.5 : le principe de la corrosion galvanique.

I.3.2. 2. La corrosion caverneuse :

Est associée à la présence d'une ouverture étroite (joints, interstices, dépôts), c'est-à-dire une zone confinée avec un faible volume d'eau et une vitesse d'écoulement proche de zéro. Ce phénomène concerne tous les matériaux. Il induit une différence d'accessibilité d'oxygène et/ou d'autres formes chimiques entre deux parties d'une structure, créant une pile de corrosion.[05]

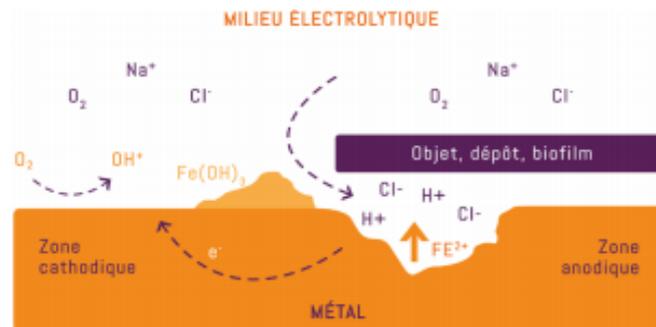


Figure. I.6 : Principe de la corrosion caverneuse ou par effet de crevasse.

I.3.2. 3. Corrosion par piqûres :

La corrosion par piqûres est produite par certains anions, notamment les chlorures, sur les métaux protégés par un film d'oxyde mince (ce qui est typiquement le cas des alliages passivés tels que les aciers inoxydables par exemple). Ce type de corrosion se traduit par l'apparition de piqûres (c'est-à-dire de cavités), progressant à partir de la surface du métal. Ce phénomène concerne une grande variété de matériaux (aciers, aciers inoxydables, alliages de nickel, de titane, d'aluminium ou de cuivre) ; il se produit souvent en présence de paramètres aggravants tels que les chlorures et n'engendre que de faibles pertes de masse, mais peut parfois conduire à des perforations rapides.[06]

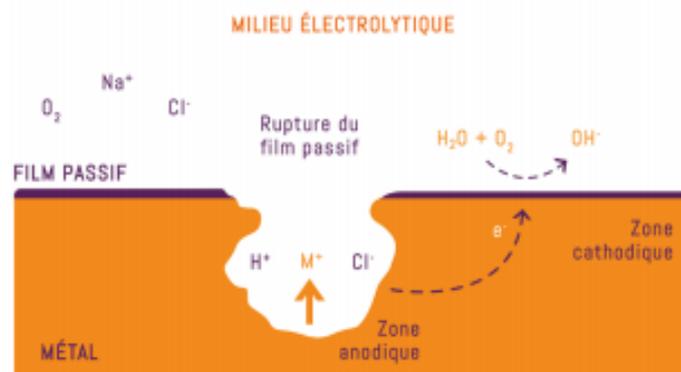


Figure. I.7 : Principe de la corrosion par piqûres .

I.3.2. 4. Corrosion par érosion, abrasion, cavitation :

Sont dues à l'action conjointe d'une réaction électrochimique et d'un enlèvement mécanique de matière. Elles ont souvent lieu sur des métaux exposés à l'écoulement rapide d'un fluide. Elles affectent de nombreux matériaux (aluminium, acier au carbone...) et sont particulièrement connues pour les alliages de cuivre en milieu marin.[07].

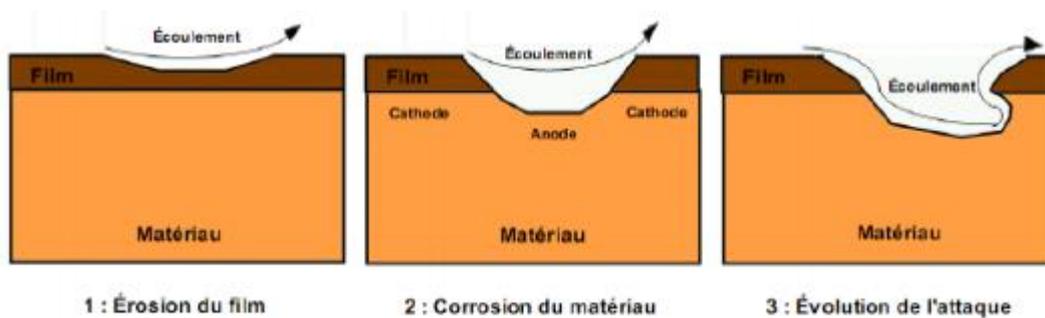


Figure I.8 : Représentation schématique du phénomène de corrosion érosion

I.3.2. 5. 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. Ce type de corrosion peut être dû, soit à la présence d'impuretés dans le joint, soit à l'enrichissement (ou l'appauvrissement) local en l'un des constituants.

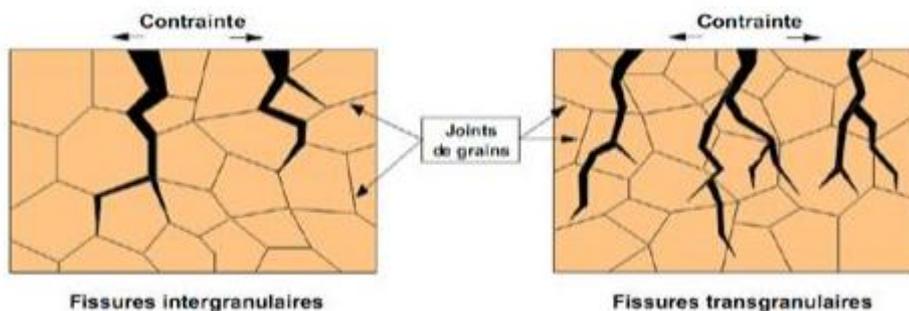


Figure I.9 : Corrosion inter granulaire d'un acier inoxydable.

I.3.2.6. Corrosion sélective :

Correspond à une oxydation d'un composant de l'alliage, conduisant à la formation d'une structure métallique poreuse (dont les différents constituants réagissent en proportion différente de leur teneur).[08]

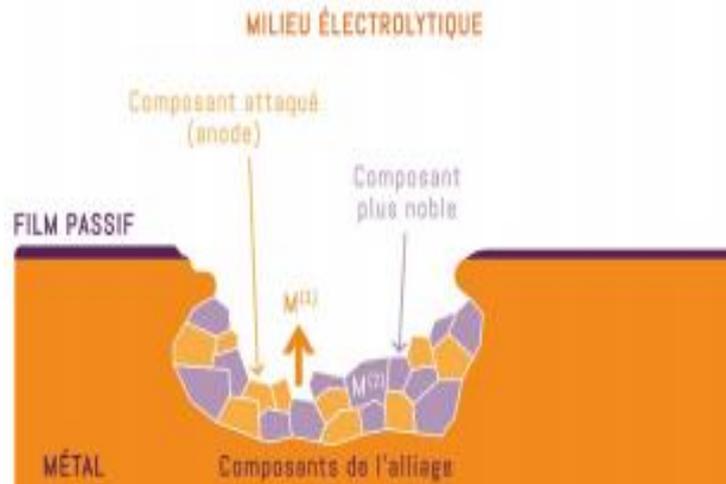


Figure. I.10 : Principe de la corrosion sélective

I.3.2.7. Corrosion induite microbiologiquement (CIM) :

La figure I.10 présente la corrosion bactérienne. Les bactéries, que l'on trouve couramment dans l'eau stagnante, favorisent la corrosion induite microbiologiquement (CIM). Le phénomène peut se produire avec ou sans oxygène, parce que certaines bactéries ont évolué de manière à se reproduire dans l'une ou l'autre condition.[09]

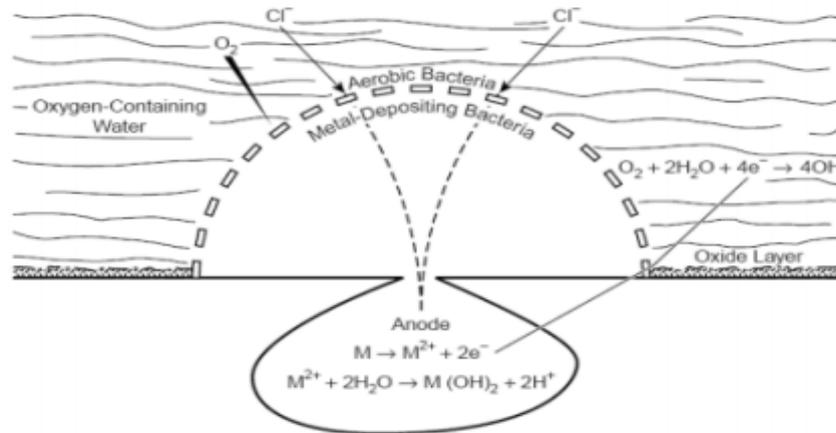


Figure. I.11 : Principe de la corrosion bactérienne.

I.3.2.8. Corrosion sous contrainte (stress corrosion) :

Résulte de l'action commune de la corrosion et d'une contrainte mécanique (déformation du métal sous l'effet de contraintes appliquées ou résiduelles). Ce phénomène concerne un grand nombre de matériaux, notamment passivables, dont le film protecteur se rompt localement sous l'action des contraintes, entraînant alors une corrosion localisée.[06]

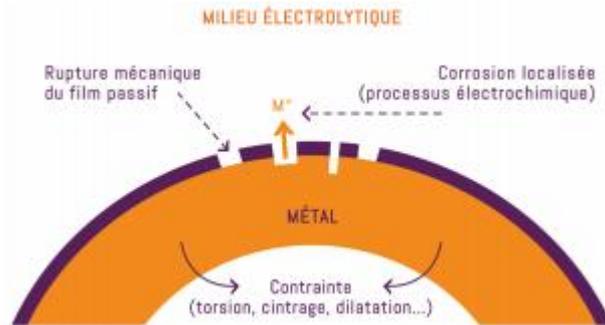


Figure. I.12.Principe de la corrosion sous contrainte

I.3.2.9.La Fatigue-corrosion :

Est un phénomène très comparable à la corrosion sous contrainte, la différence étant que la sollicitation est alors cyclique. La rupture peut intervenir même si la contrainte appliquée est très inférieure à la résistance mécanique attendue pour l'acier. Les mécanismes évoqués pour rendre compte de la fatigue-corrosion sont les mêmes que ceux présentés pour la corrosion sous contrainte. [10]

I.3.2.10. Corrosion par frottement :

Concerne les dommages provoqués par la corrosion au niveau du contact de deux surfaces métalliques en mouvement relatif l'une par rapport à l'autre. Elle se produit essentiellement lorsque l'interface est soumise à des vibrations (mouvement relatif répété de deux surfaces en contact) et à des charges de compression. Ce mouvement relatif peut être très faible (« petits débattements » de l'ordre de quelques micromètres). En présence d'un mouvement de frottement continu en milieu corrosif.[03]

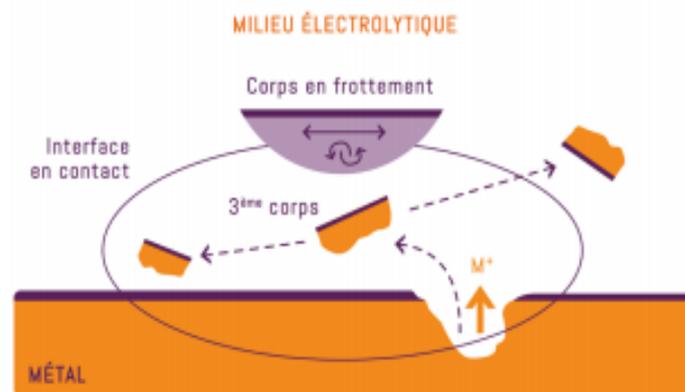


Figure .I.13 .Principe de la corrosion par frottement.

I.4 LES FACTEURS DE LA CORROSION

Les phénomènes de corrosion dépendent de plusieurs facteurs qui peuvent être classés en quatre groupes principaux tels que les [11] :

- facteurs définissant les modes d'attaque
- facteurs métallurgiques.
- facteurs définissant les conditions d'emploi.
- facteurs dépendant du temps.

Tous ces facteurs sont représentés sur le tableau suivant :

Tableau I.1 : Les facteurs de la corrosion [11].

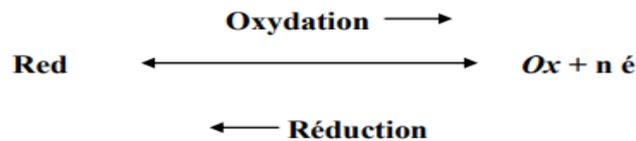
Facteurs définissant les modes d'attaque	Facteurs métallurgiques	Facteurs définissant les conditions d'emploi	Facteur dépendant du temps
<ul style="list-style-type: none"> – Concentration du réactif – Teneur en oxygène – PH du milieu – Additions d'inhibiteur – Température – Pression 	<ul style="list-style-type: none"> – Composition de l'alliage – Procédé d'élaboration – Impuretés – Traitement thermiques – Traitement mécaniques – Additions protectrices 	<ul style="list-style-type: none"> – Etat de surface forme des pièces – Sollicitation mécaniques – Emploi d'inhibiteurs – Procédés d'assemblage 	<ul style="list-style-type: none"> – Vieillessement – Tensions mécaniques – Température – Modification des revêtements protecteurs

I.5. ASPECTS THERMODYNAMIQUE DE LA CORROSION

On exprime la possibilité thermodynamique de corrosion d'un métal donné en fonction du pH car il est oxydé par l'eau si son potentiel d'équilibre (de Nernst) est inférieur à celui de l'eau ($E^{eq}_{(M^+)} < E^{eq}(H^+/H_2)$) ; tant que le potentiel de l'eau dépend du pH et celui du métal aussi en cas de formation d'hydroxyde métallique.

I.5.1. Loi de Nernst :

Les métaux se trouvent en principe à l'état d'oxydes. Une fois réduits à leur état métallique, ils ont tendance à revenir à leur état initial, c'est-à-dire à la forme oxydée qui est thermodynamiquement stable. C'est un phénomène chimique qui est appelé corrosion. Il se crée vite un équilibre dynamique qui correspond à la dissolution du métal (oxydation).



Réduction Cet équilibre correspond à un potentiel E représentant la différence de potentiel entre le métal Ox et l'électrolyte contenant les ions.

I.5.2. Diagramme de Pourbaix :

Les nombreuses réactions chimiques ou électrochimiques intervenant dans les phénomènes de corrosion dépendent du pH de la solution. Pourbaix a établi des diagrammes potentiel-pH qui délimitent différents domaines dans lesquels (Figure I.14).

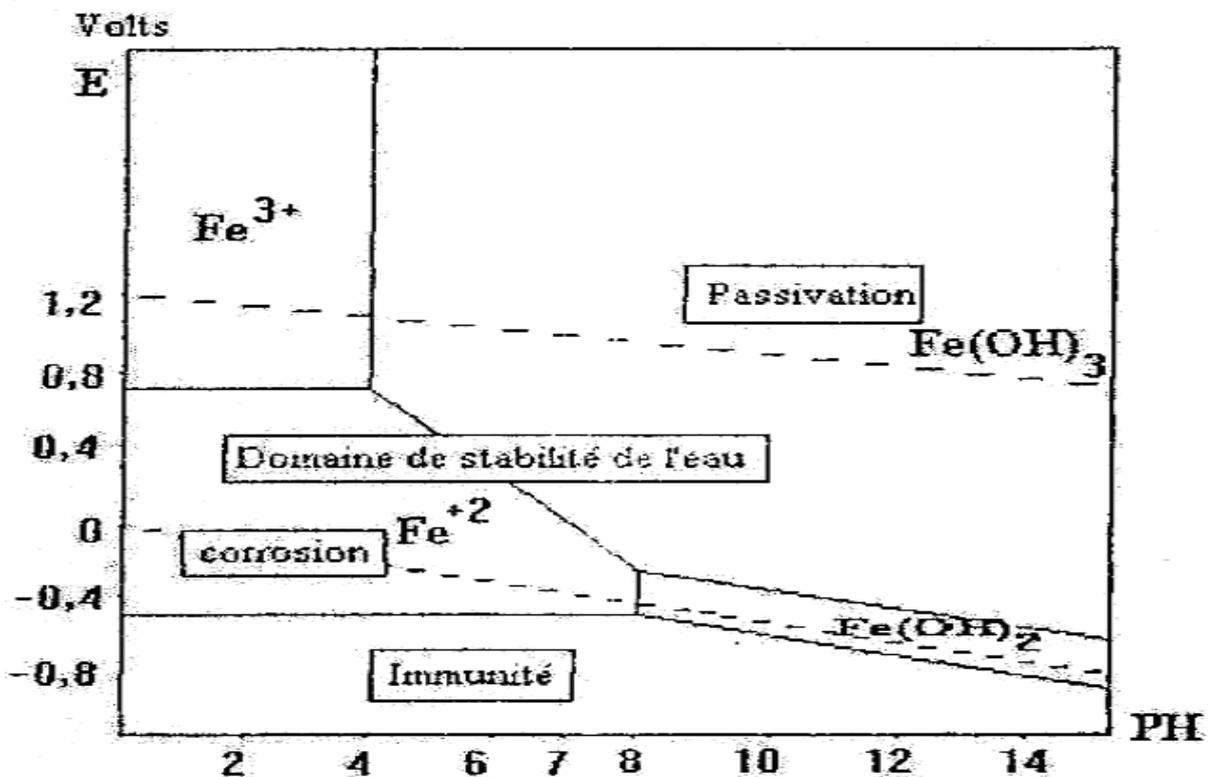


Figure 1.14 : Le diagramme potentiel-pH du fer

Dans ce diagramme on peut distinguer trois domaines [13] :

- **Corrosion** : le métal est corrodé, le produit de corrosion possède principalement une forme soluble.
- **Passivité** : le métal est susceptible de passiver. Le produit de corrosion est un solide insoluble susceptible de protéger le métal. La passivation du métal ne peut pas être observée si le produit solide de la corrosion n'isole pas parfaitement le métal du réactif.
- **Immunité** : le métal est stable vis-à-vis du réactif (aucune réaction n'est thermodynamiquement possible).

Pour utiliser avec profit ces diagrammes, on doit bien connaître les conditions dans lesquelles ils sont valables. Ces diagrammes sont établis par le calcul, à partir de données de la thermodynamique, ils font intervenir toutes les réactions auxquelles peuvent participer tous les composés susceptibles de se former. Ils sont établis à 25°C pour les corps supposés purs et ne sont donc pas applicables aux alliages. Le réactif est de l'eau pure. On admet que le métal est corrodable si la quantité qui peut être dissoute dans l'eau est au moins à 10^{-6} g/l (0,06 mg/l pour le fer).

Le pH indiqué en abscisse des diagrammes est celui qui existe au contact de la surface métallique. Etant donné leur nature thermodynamique, ces diagrammes ne font intervenir aucune considération de cinétique. Or les phénomènes de corrosion ne se développent que très rarement suivant un processus réversible. Ces diagrammes sont utilisés en particulier pour tout ce qui concerne la protection électrochimique du fer.

I.5.3. Aspects cinétiques de la corrosion :

La thermodynamique ne précise pas la nature des phénomènes qui se passent pour l'instant, elle ne fournit que la première règle pour évaluer la résistance à la corrosion et donne une indication simple de la possibilité ou impossibilité des réactions ou transformations pour des conditions données. Pour cela, il faudra une analyse des paramètres cinétiques liée aux phénomènes divers de corrosion.

I.5.3.1 Méthodes classiques :

On exprime la vitesse de corrosion (V_{corr}) en termes de perte de masse, de réduction d'épaisseur ou de densité de courant. Elle peut être définie à partir des analyses suivantes :

A. Mesure de perte de masse (gravimétrie) :

Dans le cas d'une perte de masse Δm au cours d'une durée Δt , on exprime la vitesse de corrosion V_{corr} par la relation :

$$V_{\text{corr}} = \Delta m / (S \cdot \Delta t) \quad \text{Eq I.2}$$

Avec :

- ✓ V_{corr} : Vitesse de corrosion (mm/an).
- ✓ $\Delta m / (\Delta t)$: Perte de masse par unité de temps g/an.
- ✓ S : Surface de l'échantillon en contact avec le liquide (mm²).

B. Dosages de la concentration de cations en solution :

$$V_{\text{corr}} = \Delta c / (V \cdot \Delta t) \quad \text{Eq I.3}$$

Avec :

- ✓ $\Delta c / (\Delta t)$: Variation de la concentration métallique dans la solution par unité de temps (g/l/an).
- ✓ V : volume de solution (L).

C. Exploitation de la réaction de réduction :

À condition qu'il n'y qu'un seul moteur de corrosion. La mesure du dégagement d'hydrogène permet de quantifier l'endommagement.

$$V_{\text{corr}} = (\Delta V H_2) / (V_{\text{mol}} \cdot S \cdot \Delta t) \quad \text{Eq I.4}$$

Avec :

- ✓ $(\Delta V H_2) / \Delta t$: Variation de la concentration métallique dans la solution par unité de temps (g/l/an).
- ✓ V_{mol} : Volume molaire (22.4 l/mol, dans les conditions normales de températures et de pression).

D. Mesure de perte d'épaisseur :

Effectuée par mesure directe, elle nécessite d'avoir accès à la surface se corrodant. Des mesures ultrasonores facilitent l'obtention de l'information, qui reste cependant ponctuelle, tant du point de vue géométrique que temporel.

I.5.3.2 Méthodes électrochimiques :**A. Méthodes stationnaires :**

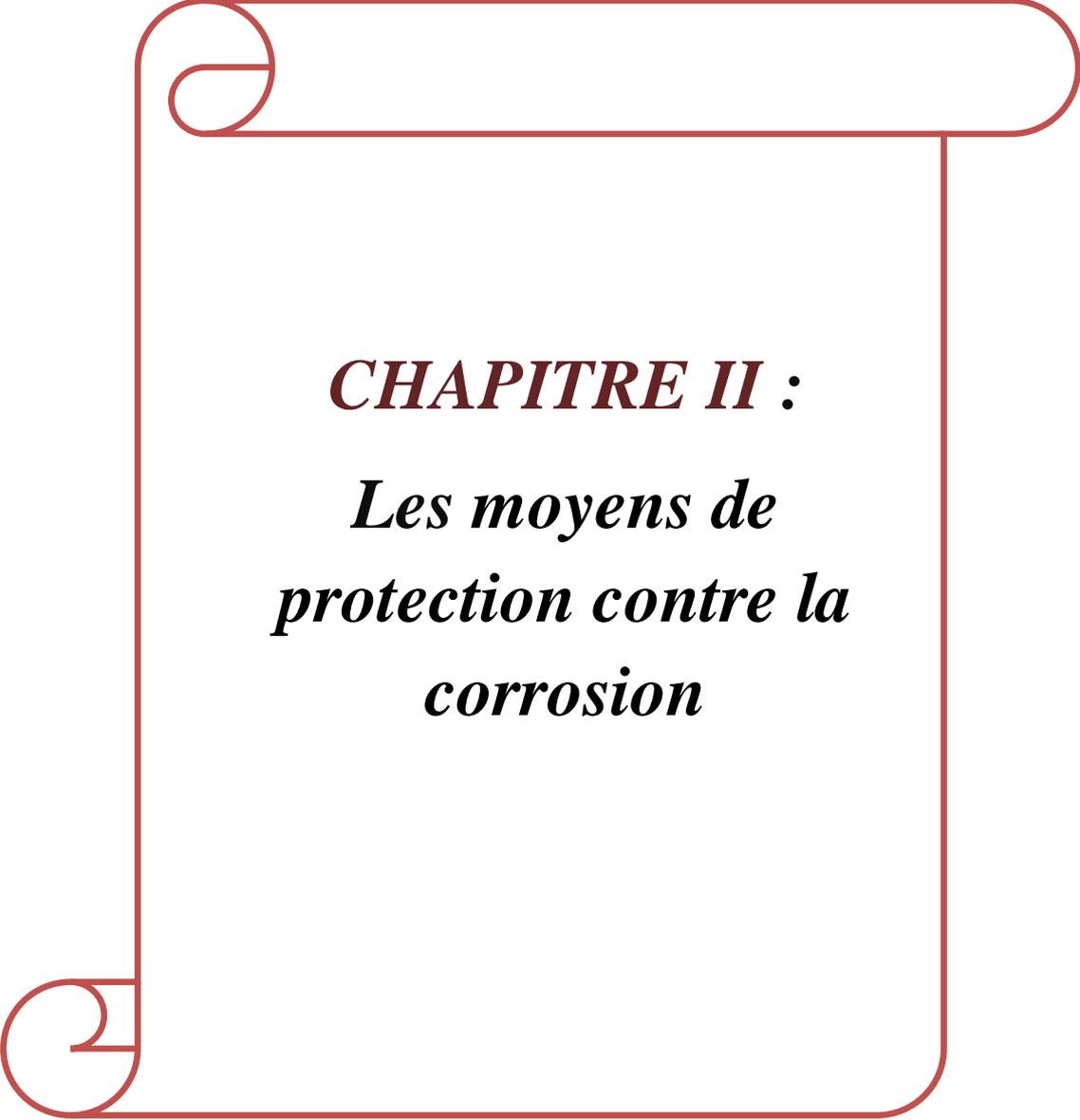
Permettent d'étudier un système se trouvant dans un état de pseudo-équilibre

- **Courbes de polarisation :** Les courbes courant-tension stationnaires permettent d'estimer la vitesse de corrosion et d'appréhender la formation de films inhibiteurs.
- **Suivi du potentiel en circuit ouvert :** Cette mesure permet également de connaître la durée d'immersion minimale nécessaire à l'établissement d'un état stationnaire indispensable pour le tracé des diagrammes d'impédance électrochimique.
- **Méthode des droites de Tafel :** insuffisantes pour caractériser des mécanismes complexes, mettant en jeu plusieurs étapes réactionnelles et ayant des cinétiques caractéristiques différentes.

B. Méthodes transitoires :

Sont basées sur la perturbation des grandeurs physiques du système électrochimique, Ces techniques ont été développées afin de pallier un certain nombre de contraintes apparues lorsque l'on veut calculer la vitesse de corrosion d'un métal ou lorsque l'on étudie les mécanismes réactionnels mis en jeu.

- **La spectroscopie d'impédance électrochimique :** SIE permet de séparer et/ou d'identifier les contributions des différents phénomènes chimiques et électrochimiques élémentaires se déroulant à l'interface métal-solution.



CHAPITRE II :
Les moyens de
protection contre la
corrosion

II. 1. INTRODUCTION

Etant donné que la corrosion résulte de l'action de deux partenaires, le métal ou l'alliage d'une part, le milieu agressif d'autre part, il sera possible de lutter contre ces effets en agissant sur l'un ou l'autre des deux partenaires. Il existe plusieurs formes de protection contre la corrosion ; comme il est possible d'agir sur l'environnement avec lequel le matériau est en contact, sur le matériau lui-même (choix Judicieux, formes adaptées, contraintes en fonction des applications,), ou sur la surface du matériau (revêtement, peinture, tout type de traitement de surface,...).

Les différents moyens de lutte contre la corrosion sont [05] :

- La protection électrochimique
- La protection par revêtement et traitement de surface
- L'action sur le milieu de corrosion
- Le choix des matériaux
- Protection par inhibiteurs
-

II. 2. PROTECTION ELECTROCHIMIQUE :

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. On parle alors de protection cathodique et anodique.

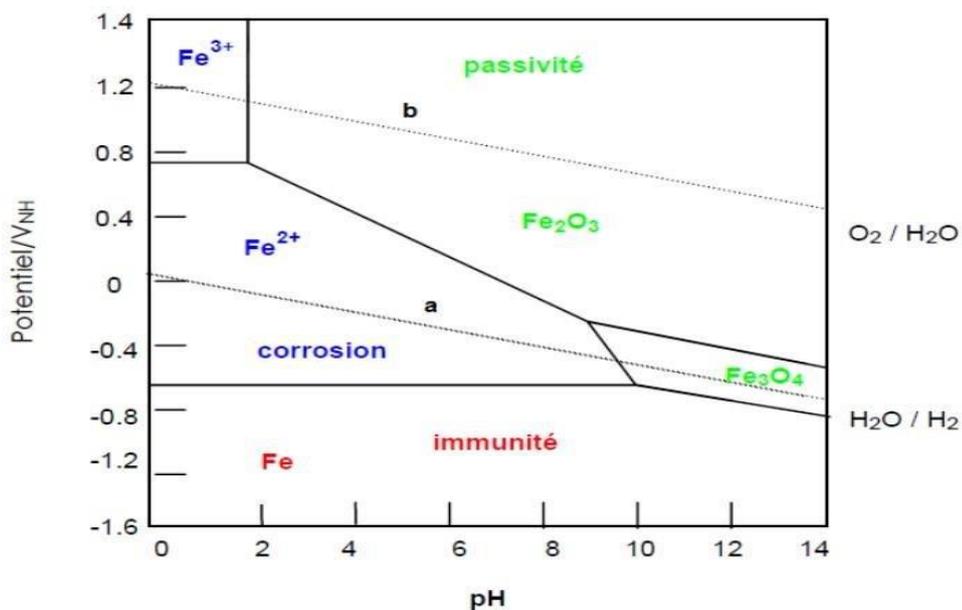


Figure II.1 : Diagramme de Pourbaix simplifié du système fer-eau à 25°C et 1atm

II.2.1. Protection cathodique :

La protection cathodique consiste à amener par des moyens extérieurs et artificiels l'ensemble de la surface extérieure du métal à un potentiel suffisamment négatif pour rendre le métal entièrement cathodique et supprimer ainsi tout risque de corrosion.

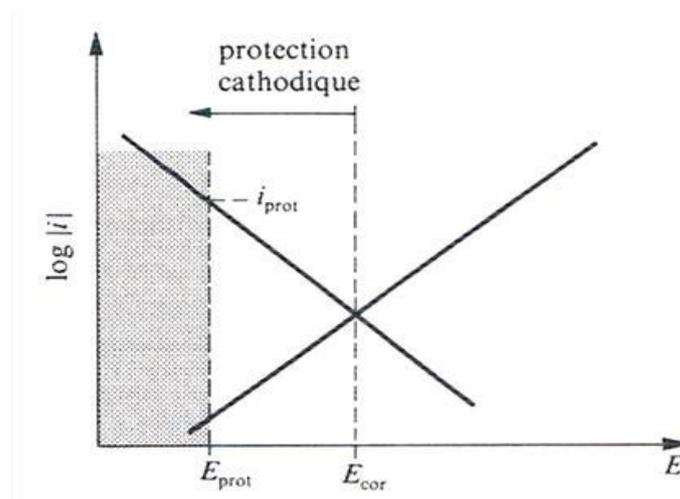


Figure II.2 : Principe de la protection cathodique.

- ✓ E_{prot} : potentiel de protection.
- ✓ E_{corr} : potentiel de corrosion.
- ✓ i_{prot} : la densité de la protection.
- ✓ i_c : la densité du courant cathodique.

Le principe de la protection cathodique est schématisé par (**Figure II.2**). Elle montre que le déplacement du potentiel dans le domaine de protection (zone hachurée) correspond à $E < E_{\text{prot}}$. la densité du courant partiel cathodique au potentiel de protection vaut : $i_c = i_{\text{prot}}$

Type de protection cathodique :

Il existe deux méthodes de protection cathodique sont souvent utilisées en pratique :

A. La protection par anode sacrificielle :

L'anode sacrificielle forme une pile électrochimique avec le métal à protéger qui joue le rôle de cathode. L'anode sacrificielle doit avoir un potentiel réversible inférieur à celui du métal à protéger. Pour protéger l'acier par exemple on utilise des anodes sacrificielles en Zn, Mg ou Al ainsi que leurs alliages. [04]

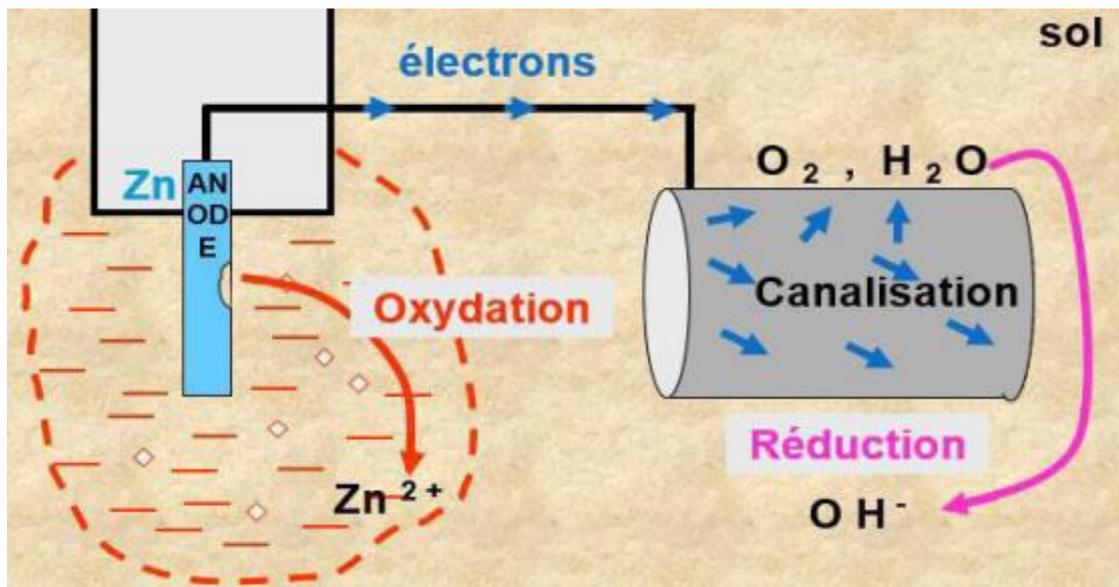


Figure II.3 : Principes de la protection par anodes sacrificielles.

B. La protection par courant imposé :

Elle implique l'utilisation d'un redresseur. Cette technique offre l'avantage de pouvoir régler la tension ou le courant selon le besoin. [04].

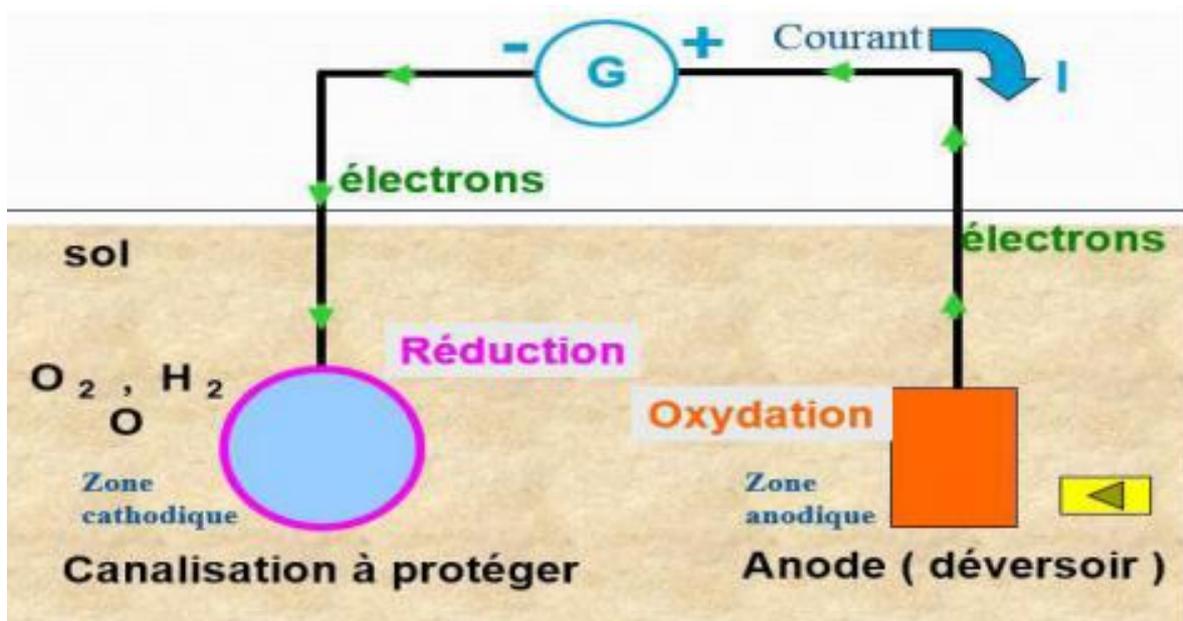


Figure II.4 : Principe de la protection par courant imposé

II.2.2. La protection anodique :

Le principe de la protection anodique diffère de celui de la protection cathodique en ce sens qu'on fait augmenter le potentiel de corrosion de façon qu'il se situe dans la zone passive (figure II.5) Cette méthode est donc uniquement applicable aux métaux qui peuvent être passivés.

La protection anodique s'applique aux métaux passivables uniquement, dont le potentiel de corrosion se situe dans le domaine actif $E_{\text{corr}} < E_{\text{pass}}$. 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.

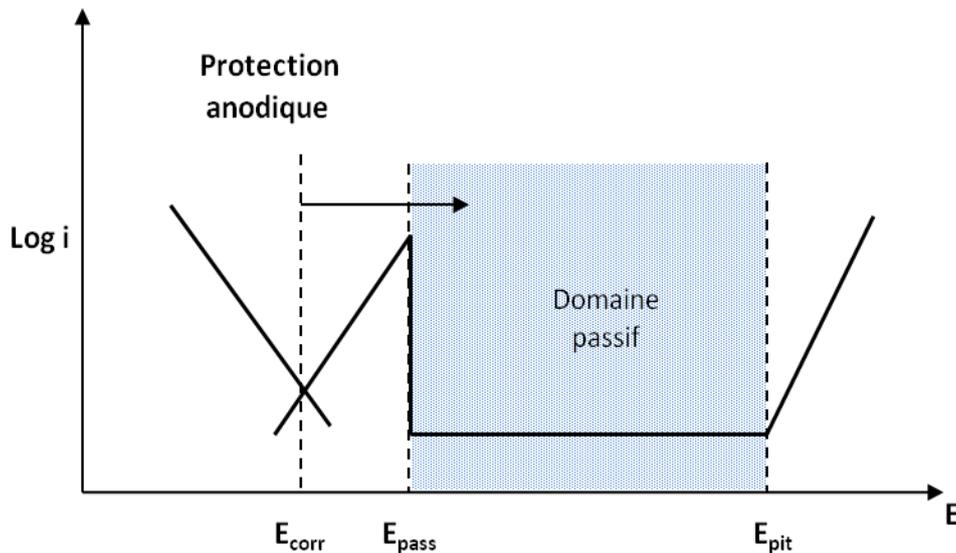


Figure II.5 : Principe de la protection anodique d'un métal passivable : déplacement du potentiel dans le domaine passif correspondant à: $E_{\text{pass}} < E < E_{\text{pit}}$.

AVEC :

- ✓ E_{pass} : potentiel de passivation.
- ✓ E_{corr} : potentiel de corrosion .
- ✓ E_{pit} : potentiel de dé passivation ou de piqûration.

II.3. PROTECTION PAR REVETEMENTS

Un revêtement ayant pour fonction d'isoler le métal du milieu corrosif, il doit être continu, adhérent et inerte par rapport à l'environnement.

A. 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 :

- **revêtements nobles ou cathodiques** : Le métal à protéger est moins noble que le revêtement. C'est le cas par exemple d'un revêtement de nickel ou de cuivre sur l'acier.
- **revêtements moins nobles anodiques ou sacrificiel** : Le substrat est plus noble que le revêtement, c'est le cas du procédé de galvanisation (revêtement de zinc) [15]

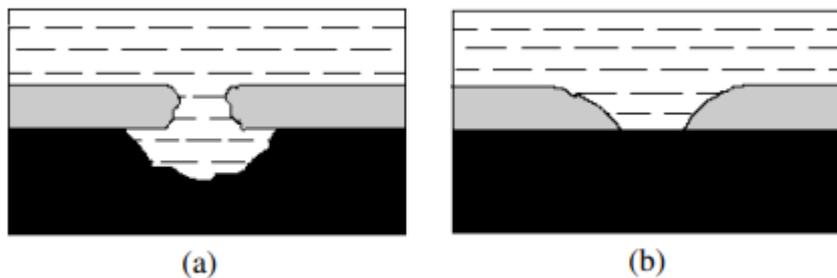


Figure II.6 : Corrosion en présence de revêtements métalliques plus nobles (a), et moins nobles (b) que le substrat.

B. Revêtement inorganiques non métalliques :

Les revêtements inorganiques non métalliques sont de deux types :

- **Les couches de conversion** Ces couches sont obtenues par une réaction du métal avec un milieu choisi ; elles contiennent donc toujours des ions provenant du substrat. On différencie les couches de conversion selon leur procédé de fabrication, à savoir : L'anodisation, la phosphatation, la sulfuration.
- **Les couches étrangères au substrat** Parmi les revêtements inorganiques non métalliques étrangères au substrat, il y a : Ceux plus nobles que le substrat, Les émaux, Les ciments, Les céramiques réfractaires.

C. Revêtement organiques :

Les revêtements organiques forment une barrière plus au moins imperméable entre le métal et le milieu électrolytique. Ils sont classés en trois familles [16]:

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

Tableau II.1 : Types de revêtement organique [16]

Type	Caractéristiques
Revêtement en bitume	Il est utilisé pour la protection des conduites en acier et en fonte
Les peintures	Effet barrière et esthétique
Les bandes	Ces produits sont essentiellement utilisés pour la réparation des revêtements aux endroits des soudures de raccordement ou des zones importantes de dégradation
Polyéthylène	Excellente isolation électrique et sont très imperméables à l'eau comme aux gaz mais adhérence moyenne
Époxyde	Très bonne adhérence et résistance moyenne

II.4 PROTECTION PAR INHIBITEURS

Les inhibiteurs de corrosion sont des substances qui, ajoutées en très faible quantité dans le milieu corrosif, diminuent la vitesse de corrosion en modifiant la nature de l'interface : substrat métallique/électrolyte.[17]

On peut classer les inhibiteurs de différentes façons [18] :

- Par domaine d'application.
- Par réaction partielle.
- Par mécanisme réactionnel.

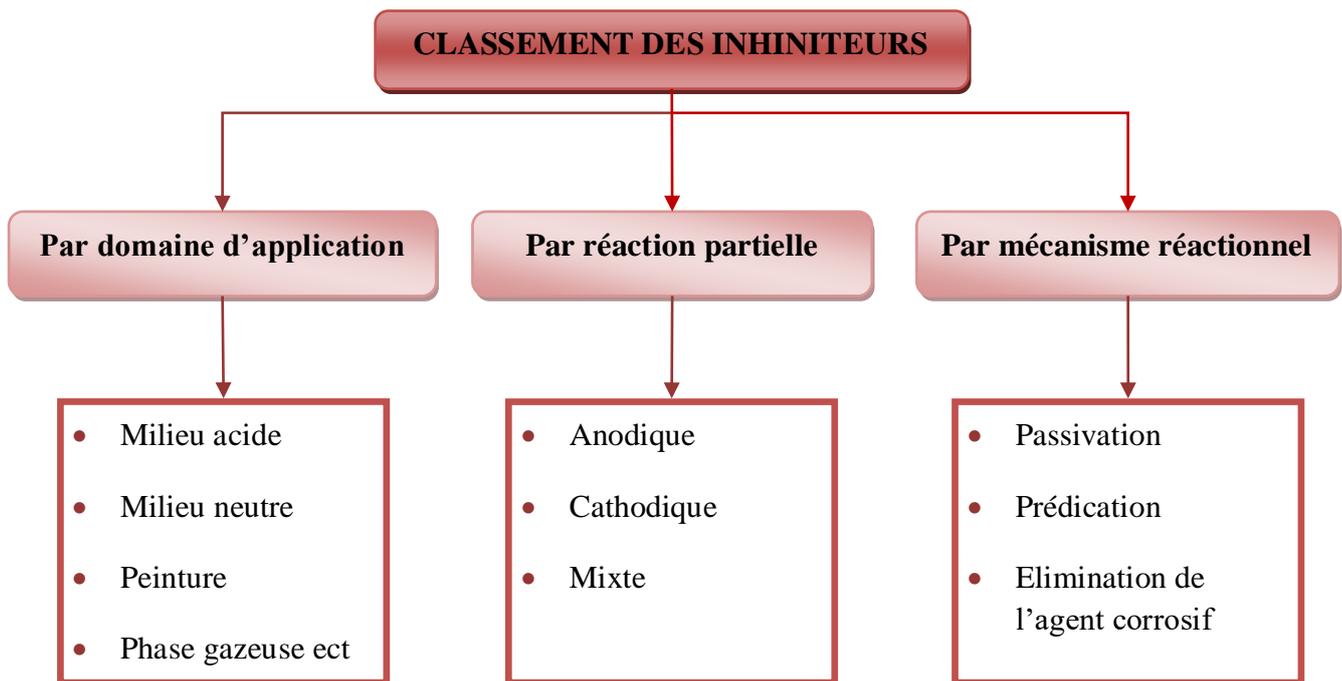


Figure II.7 : Classement des inhibiteurs de corrosion.

A. Par domaine d'application :

On peut distinguer : les Inhibiteurs de corrosion utilisés en milieux aqueux, organiques ou gazeux. Ceux utilisés en milieux aqueux sont choisis en fonction du pH du milieu : en milieu acide, ils sont utilisés afin d'éviter l'attaque chimique de l'acier lors d'une opération de décapage ou de détartrage et en milieu neutre/alcalin, ils sont souvent utilisés pour protéger les conduites des circuits de refroidissement.

B. Par réaction électrochimique partielle :

D'après leur influence sur la vitesse des réactions électrochimiques partielles, on différencie trois types d'inhibiteur :

➤ **Les inhibiteurs anodiques** : ont une action sur la diminution du courant sur la partie anodique de la surface du métal. Si ce blocage n'est que partiel, il peut entraîner localement une augmentation de la densité de courant sur ces surfaces. Il peut conduire à un processus de corrosion localisé, plus intense qu'en l'absence d'inhibiteur, d'où l'importance de la teneur en élément actif au droit de l'acier.

➤ **Les inhibiteurs cathodiques** : induisent une augmentation de la surtension cathodique, et réduisent donc le courant de corrosion. Si ces inhibiteurs ne stoppent jamais complètement la réaction de corrosion, ils ne présentent pas par contre le danger de corrosion

localisée. Ces inhibiteurs précipitent souvent des sels ou hydroxydes, du fait de l'accumulation d'ions OH^- sur les cathodes.

➤ **Les inhibiteurs mixtes** : ont à la fois les propriétés des inhibiteurs anodiques et cathodiques.

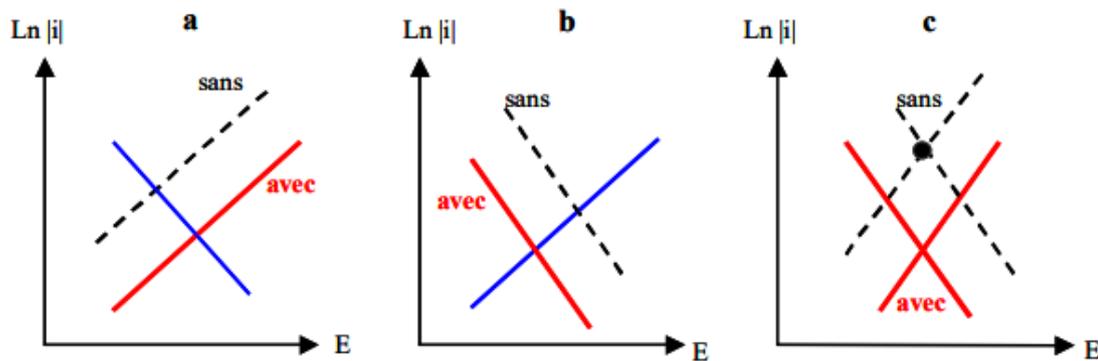


Figure II.8 : Mode d'action électrochimique des inhibiteurs : a. Contrôle anodique, b. Contrôle cathodique et c. Contrôle mixte

Un inhibiteur anodique diminue la densité de courant partiel anodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens positif. Un inhibiteur cathodique diminue la densité de courant cathodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens négatif. Un inhibiteur mixte diminue la vitesse des deux réactions mais il influe peu sur le potentiel de corrosion.

C. Par mécanisme réactionnel :

D'après le mécanisme réactionnel, on distingue l'inhibition :

- par adsorption, par passivation,
- par formation d'un film,
- par élimination de l'agent corrosif.

La corrosion peut ralentir suite à l'adsorption d'un inhibiteur à la surface du métal. Le degré d'inhibition dépend alors de l'équilibre entre espèces dissoutes et adsorbées, exprimé par une isotherme d'adsorption. Ce mécanisme est particulièrement important en milieu acide. Certains inhibiteurs oxydants provoquent une passivation spontanée du métal diminuant ainsi la vitesse de corrosion.

D'autres inhibiteurs provoquent la formation de films superficiels par précipitation de sels minéraux ou de complexes peu solubles. Ces films réduisent l'accessibilité de la surface vis-à-vis de l'oxygène et, en plus, ils bloquent partiellement la dissolution anodique. L'inhibiteur par élimination de l'agent corrosif n'est que dans des systèmes fermés. Elle se

pratique notamment dans les circuits d'eau chaude fermés des centrales thermique.

II.4.1. Mode d'action des inhibiteurs de corrosion :

Le mode d'action des inhibiteurs a fait l'objet de nombreuses hypothèses et reste encore assez mal connu.

En effet, il n'existe pas de mode d'action unique des inhibiteurs de corrosion. Un même composé aura d'ailleurs souvent un mécanisme d'action qui sera en fonction du système de corrosion (métal + solution) en présence duquel il se trouvera.

On peut concevoir l'action de l'inhibiteur comme :

- L'interposition d'une barrière entre le métal et le milieu corrosif ; dans ce cas, qui est essentiellement celui des milieux acides, le rôle de l'adsorption du composé à la surface sera primordial ;
- Le renforcement d'une barrière préexistante, en général la couche d'oxyde ou d'hydroxyde formée naturellement en milieu neutre ou alcalin.
- La formation d'une barrière par interaction entre l'inhibiteur et une ou plusieurs espèces du milieu corrosif, ce type de mécanisme étant également spécifique des milieux neutres ou alcalins ;
- La stabilisation de films d'oxyde protecteurs (anodiques) par les nitrites, chromates, silicates, phosphates, borates ...etc.
- La participation aux réactions d'électrode en jouant le rôle de « catalyseur » ,

Il est clair, en considérant ces notions générales, que le mécanisme d'action d'un inhibiteur peut être considéré sous deux aspects : Un aspect mécanique (intervention dans les processus fondamentaux de la corrosion) et un aspect morphologique (intervention de la molécule d'inhibiteur dans la structure inter faciale).

L'action des inhibiteurs dépend des conditions telles que :

- ✓ La température: l'adsorption décroît quand la température augmente,
- ✓ Le pH du milieu,
- ✓ La concentration en inhibiteur.

II.4.2 Nature des inhibiteurs :

A. Inhibiteurs organiques :

Les molécules organiques sont promises à un développement plus que certain en termes d'inhibiteur de corrosion : leur utilisation est actuellement préférée à celles d'inhibiteurs organiques pour des raisons d'écotoxicité essentiellement. Les inhibiteurs organiques sont

généralement constitués de sous-produits de l'industrie pétrolière [18]. Ils possèdent au moins un atome servant de centre actif pour leur fixation sur le métal tel que l'azote (amines, ammoniums quaternaires, amides, imidazolines, triazoles...), l'oxygène (alcools acétyléniques, carboxylates, oxadiazoles...), le soufre (dérivés de la thiourée, mercaptans, sulfoxydes, thiazoles...) ou le phosphore (phosphonates). L'une des limitations dans l'utilisation de ces produits peut être l'élévation de température, les molécules organiques étant souvent instables à chaud

B. Inhibiteurs inorganiques (minéraux) :

Les molécules minérales sont utilisées le plus souvent en milieu proche de la neutralité, voire en milieu alcalin, et plus rarement en milieu acide. Les produits se dissocient en solution et ce sont souvent leurs produits de dissociation qui assurent les phénomènes d'inhibition (anions ou cations). Les cations inhibiteurs sont essentiellement Ca^{2+} et Zn^{2+} et ceux qui forment des sels insolubles avec certains anions tels que l'hydroxyle OH^- . Les principaux anions inhibiteurs sont les oxo-anions de type XO_4^{n-} tels les chromates, molybdates, phosphates, silicates..., [19][20]

II.4. 3.Choix d'un inhibiteur :

Le choix de l'inhibiteur doit être conforme aux normes et aux réglementations concernant la toxicité et l'environnement. Cela remet en cause l'utilisation de certains inhibiteurs, en particulier les chromates de sodium et de potassium. Ils ont été utilisés par ce qu'ils sont parmi les inhibiteurs les plus efficaces. Il en est de même de l'usage des inhibiteurs volatils.

Depuis des années, des recherches ont été menées pour les remplacer par d'autres sels minéraux tels que les vanadates, les molybdates, les silicates ... etc.

II.5. CONCLUSION :

Nous avons présenté dans ce chapitre les principales méthodes de protection contre la corrosion ainsi que les facteurs influant sur la corrosion des métaux. Cette étude permet de choisir la méthode de protection la plus adéquate pour chaque installation.

CHAPITRE III :
Étude de cas
(Prévention et lutte
contre la corrosion des
installations dans CP1Z
(SONATRACH) et MCE
202(NAFTAL))

III.1. INTRODUCTION :

La corrosion est un problème industriel important : le coût de la corrosion, qui recouvre l'ensemble des moyens de lutte contre la corrosion, le remplacement des pièces ou ouvrages corrodés et les conséquences directes et indirectes des accidents dus à la corrosion, est estimé à 2 % du produit brut mondial. Afin de faire face à cette situation, il faut un programme de maintenance et d'entretien qui soit spécifique au problème de la corrosion. Plusieurs méthodes ont été citées dans la littérature concernant la protection des canalisations, conduisant toutes à des résultats très encourageants.

Dans ce chapitre, on a choisi deux sociétés qui sont parmi les grandes sociétés en Algérie dans la production et la distribution de GPL « SONATRACH » et « NAFTAL » afin de savoir les méthodes de la protection contre la corrosion les plus utiliser.

III.2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE :

III.2. 1. Présentation de l'entreprise NAFTAL (MCE202 EL Bayadh) :

Les gaz de pétrole liquéfiés GPL constituent une source d'énergie incomparable en Algérie, ils sont destinés aux unités de la société NAFTAL, Le mini centre GPL d'EL_Bayadh est l'un de ces unités, qui est un centre de stockage et de livraison des produit GPL.

Le mini centre emplisseur MCE 202 El Bayadh créé en 1999, est autorisé par l'Arrêté n° 155/09 délivré le 30 juin 2009 à exercer son activité ; A pour activité principale le conditionnement, le stockage et la distribution du GPL sous forme de bouteilles : B3, B6 avec valves, B6 avec robin et B13

III.2. 1. 1. Situation géographique :

Le Mini Centre Emplisseur « MCE 202 EL BAYADH » est délimité :

- Au nord par un terrain privé
- Au sud par un centre multi produit (Dépôt carburant).
- A l'Ouest par des terrains privés + Jardins.
- A l'Est par la nouvelle route + terrains privés.



Figure III.01 : Localisation du site « MCE 202 EL Bayadh »

III.2. 1. 2. Présentation des principales installations :

Le mini centre emplisseur MCE 202 EL Bayadh s'entend sur une superficie totale de 30907 m². Sa capacité totale de stockage est 200 m³ de butane. Il est composé de plusieurs zones d'exploitation et d'annexes permettant la gestion des ressources humaines et matériels, d'ateliers de maintenance et réparation, de stations électriques, et d'une station anti-incendie.

Sur le plan de masse [Annexe 01] on peut voir que les installations principales sont :

- les réservoirs horizontaux de stockage de butane positionnés à l'opposé de la sortie de secours posés sur massif béton armé
- le hall d'emplissage dans le bâtiment fermé
- le hall de ré épreuve dans un local fermé
- la zone de déchargement des camions
- la pomperie GPL dispose de deux électropompes et deux compresseurs

La figure III.2 présente les installations principale dans le procédé d'emplissage voir

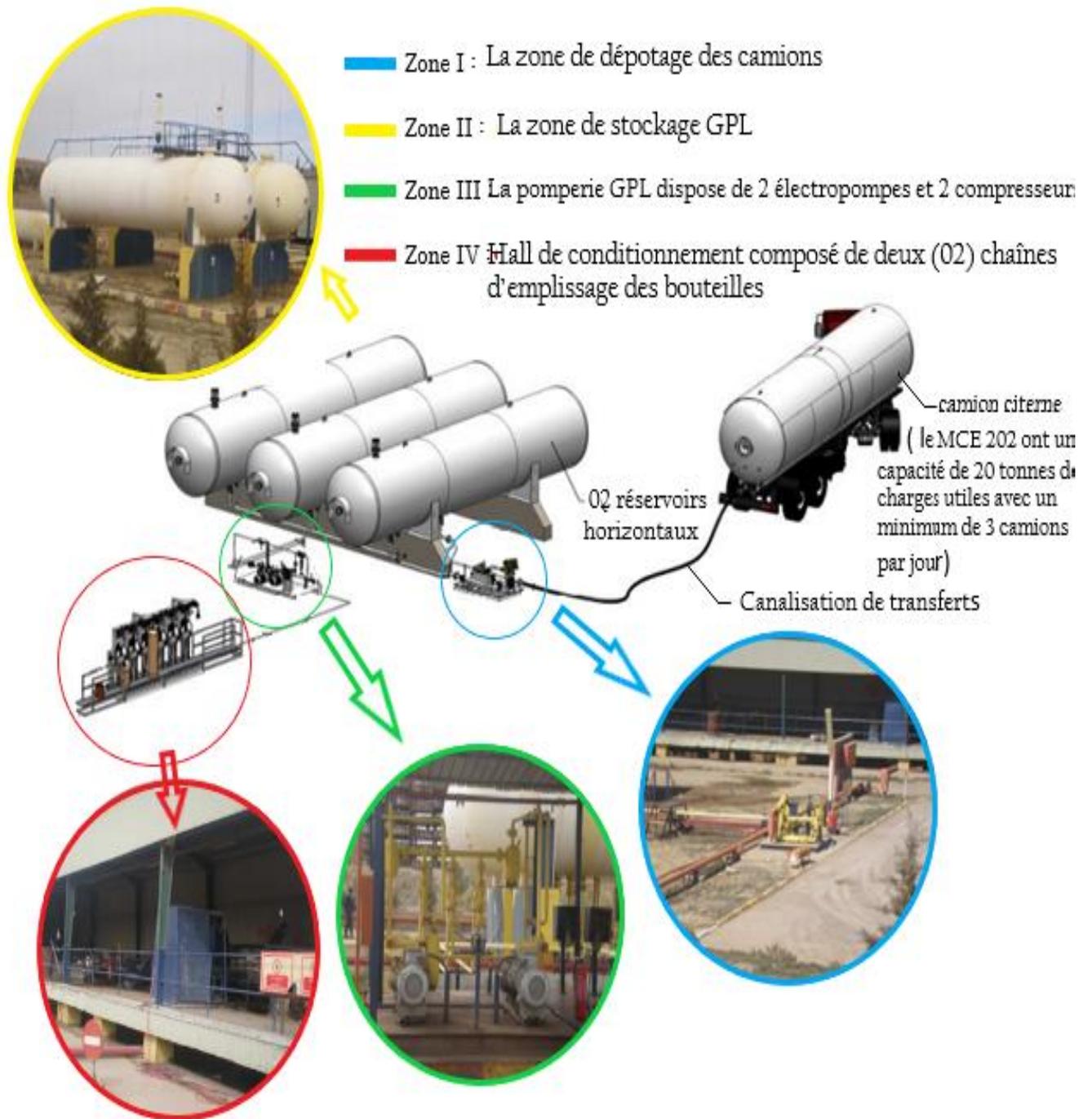


Figure III.02 : Les installations principales dans MCE 202

III.2. 1. 3. La corrosion des installations :

Toutes les installations qui sont attaquées par la corrosion au niveau du mini centre d'emplissage « MCE 202 » sont représentés sur le tableau suivant :

Tableau III.1 : les installations attaquées par la corrosion dans « MCE 202 »

LES INSTALLATION	LES SOUS SYSTEMES EXPOSENT A LA CORROSION
Réservoirs de stockage (cigare)	<ul style="list-style-type: none"> • Les parois du cigare • Les instruments de mesures. • Les joints des vannes.
Système de refroidissement et arrosage système de sprinklers	<ul style="list-style-type: none"> • Le système d'arrosage • Réseau de tuyauterie • Les buses de sprinkler • Les vannes
Station de pompage	<ul style="list-style-type: none"> • Le système d arrosage. • Les vannes. • Les instruments de mesures et de protection des pompes.
Hall d'emplissage	<ul style="list-style-type: none"> • Les détecteurs de fuit • Le manage d'emplissage
Station de changement et déchargement	<ul style="list-style-type: none"> • Le système d'arrosage • Les vannes • Les joints d'articulations des bras de changement
Canalisation pour produit	<ul style="list-style-type: none"> • Les vannes • Les filtres • Les pipes
Système anti incendie	<ul style="list-style-type: none"> • Réservoirs du stockage d'eau • Les joints des vannes • Les pompes

On peut estimer les points les plus corrodés dans les différentes installations de MCE 202 on remarque que les installations qui sont les plus sensibles à la corrosion sont essentiellement : les réservoirs, Système d'arrosage, les vannes et le système anti incendie.

Il existe des installations attaquées par la corrosion et ne présentent pas un risque important sur la sécurité, en cas de dommages dans ces installations, cela entraîne un arrêt temporaire du processus de remplissage des bouteilles exemple de ces installations : le manage d'emplissage, les pompes et les vannes.

III.2.1.4. Inspection et détection de la corrosion :

La corrosion est la cause principale de détérioration de réservoirs de stockage en acier et des accessoires. La localisation et l'évaluation de l'étendue de la corrosion sont donc une raison majeure de réalisation d'inspection.

Les inspections au niveau de MCE 202 sont réalisés par l'entreprise nationale de contrôle technique ENCT qui dispose un département spécial appelé service d'inspection / corrosion, composé des ingénieurs et des techniciens sont consacrés à l'inspection et le control des moyens de prévention et de lutte contre la corrosion. Par la détermination de l'épaisseur de la paroi des réservoirs .

La technique de détermination de l'épaisseur résiduelle des parois des réservoirs en acier consiste à utiliser un mesureur d'épaisseur par Ultrasons. En se référant à la norme des mesures longitudinales, les mesures ont été effectuées à différentes zones. Le principe de la méthode repose sur l'émission d'une onde Ultrasonore par un palpeur spécialement conçu pour ce genre de mesure. L'onde émise par le palpeur traverse la paroi métallique. Le signal émis est ensuite renvoyé à partir de la limite de l'épaisseur de la paroi. [10]. La mesure affichée sur l'écran de l'appareil indique l'épaisseur résiduelle de la conduite

Tableau III.2 : Les facteurs de la corrosion et leurs effets sur les réservoirs GPL et d'eau

Types de corrosion	Facteurs de dégradation	Défauts
Corrosion externe	Milieu agressif vis à vis des parois	Perte d'épaisseur
Corrosion externe non Identifiée	Combinaison de plusieurs facteurs à déterminer par une analyse de l'environnement	Perte d'épaisseur
Corrosion externe sous calorifuge	Mauvaise étanchéité de la gaine. Equipement extérieur avec température de peau < à 110°C Mauvaise étanchéité et milieu agressif	Perte d'épaisseur, Cratères
Corrosion galvanique	Corrosion différentielle sous dépôt	Perte d'épaisseur (au niveau du couplage)
Corrosion interne acide	Conditions environnementales. Stockage non adapté	Perte d'épaisseur, fissures débouchantes
Corrosion interne caustique	Conditions environnementales. Stockage non adapté	Perte d'épaisseur
Corrosion interne non identifiée	Combinaison de plusieurs facteurs à déterminer	. Perte d'épaisseur
Corrosion interne sous dépôt	Création de zones de corrosion en milieu aéré. Mauvaise circulation du fluide	Cratères
Corrosion microbiologique	Eau de forage. Milieu anaérobie. pH de 5 à 8. Présence de sulfate	. Perte d'épaisseur, cratères Présence de concrétions en forme de tubercules
Corrosion par les chlorures sur les aciers inoxydables	Présence d'ions chlorures en milieu acide	Piqûres

III.2. 2. Présentation du complexe de liquéfaction du gaz naturel CP1Z :

Le complexe CP1Z a pour activité la prise en charge de toute opération de transformation chimique des hydrocarbures liquides ou gazeux ainsi que leurs dérivés pour la production de produits pétrochimiques de base et des produits finis destinés au marché national et à l'exportation.

Le complexe fabrique principalement le méthanol et quelques résines :

- Méthanol, Grade A
- Formaldéhyde 36%
- Formurée 80
- Résines uréiques liquides L10

III.2. 2. 1. Situation géographique :

Le complexe CP1Z occupe une superficie de 27 hectares sur le plateau du Mahgoun dominant la baie d'Arzew, il est situé au nord de la raffinerie à deux kilomètres de la ville, sur l'axe routier Oran-Arzew-Mostaganem.

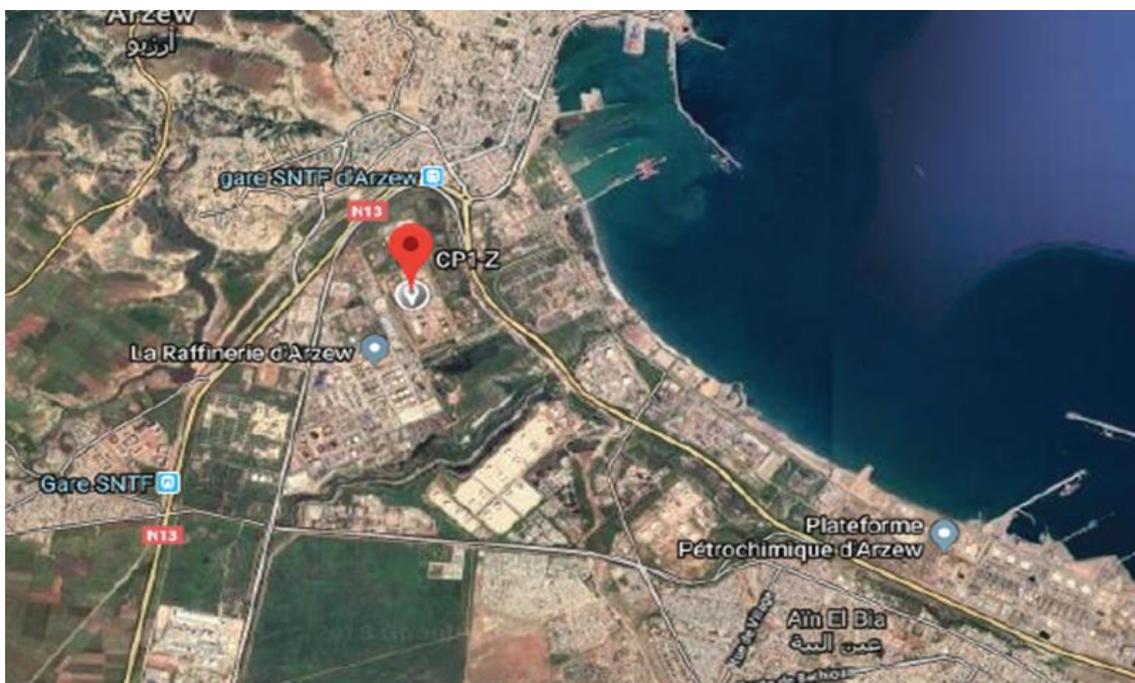


Figure III.03 : Localisation du complexe CP1Z

III.2. 2. 2. Présentation des principales installations :

Le complexe CP1Z est divisé en plusieurs unités, dont chacune a sa propre tâche à accomplir. Le schéma suivant montre la répartition des différentes unités et les lieux d'implantation des équipements

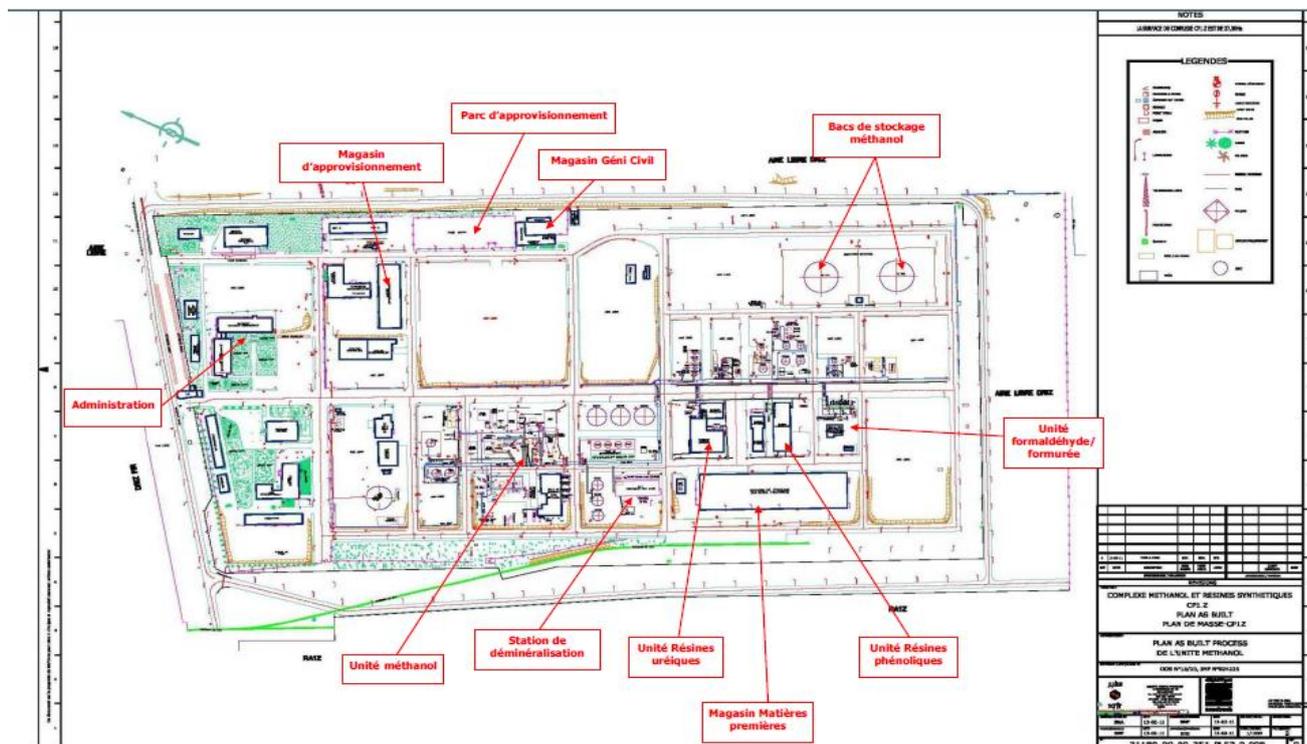


Figure III.04 : Les principales installations complexe CP1/Z

III.2. 2. 3. La corrosion des installations :

Tous les équipements, qu'ils soient sous pression ou non, que ce soient des récipients, des tuyauteries, des générateurs de vapeur, des réservoirs de stockage, sont menacés de la corrosion.

III.2. 2. 4. INSPECTION ET DETECTION DE LA CORROSION :

III.2. 2. 4.1. Inspection basée sur la criticité (RBI) :

L'inspection basée sur le risque (RBI) est une méthode dans laquelle les biens sont identifiés pour une inspection en fonction de leurs risques associés par opposition à un intervalle de temps fixe prédéterminé. En d'autres termes, il s'agit d'un outil de priorisation et de planification, principalement utilisé dans les industries du pétrole et du gaz, qui aide à identifier les éléments hautement prioritaires (c'est-à-dire ceux à haut risque). [10]

Cette démarche, similaire à l'AMDEC (analyse des modes de défaillance et évaluation de leur criticité), est la base de la démarche « d'inspection basée sur la criticité » (IBC), ou *risk based inspection* (RBI).

On peut évaluer la criticité à l'aide d'une matrice comme ci-contre :

			B	H	E	E	
	Haute		B	H	E	E	
	Moyenne		B	M	H	E	
Probabilité	Basse		N	B	M	H	
	Négligeable		N	N	B	M	
			Négligeable	Basse	Moyenne	Haute	
				GRAVITE			

Avec :

- N= Criticité négligeable
- B= Criticité basse
- M = Criticité moyenne
- H= Criticité haute
- E = Criticité élevée

Figure III.05 : une représentation de la criticité sous forme matricielle.

III.2. 2. 4.2. Principe de la méthode proposée :

Le principe de la méthode est le suivant :

- Établissement de la criticité d'un équipement en fonction de la combinaison de la probabilité de défaillance et de la gravité de la défaillance.
- Détermination du plan d'inspection (natures, localisations, étendues et périodicités des actions d'inspection) en fonction de la criticité, du facteur de confiance et de la durée de vie résiduelle estimée.

III.2. 2. 4.3. Les techniques d'inspection et de contrôle :

L'entreprise a été établi un programme du contrôle aide à la détection de la corrosion, Les principales techniques d'inspections et de contrôle des équipements procédés du complexe CP1Z sont nommés les contrôles non destructifs (CND) :

A. L'examen visuel (vérification de l'aspect global) :

On observe le respect des dimensions et de l'état macroscopique des surfaces à l'œil nu ou avec des instruments type loupe. C'est le contrôle le plus « simple » ; cependant, il nécessite une connaissance de l'équipement très étendue pour être efficace.

B. Le ressuage (contrôle de la qualité de surface) :

Un liquide pénétrant est appliqué en surface puis celle-ci est nettoyée. On applique ensuite un révélateur qui met en évidence les discontinuités débouchantes (où le liquide a pénétré) dans la surface.

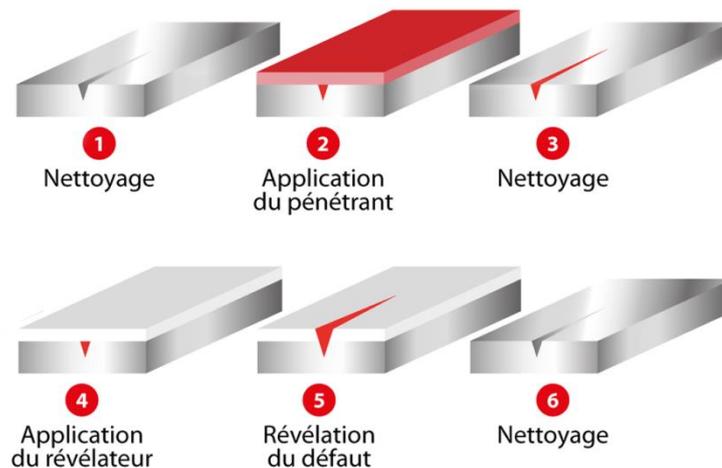


Figure III.06 : contrôle par ressuage

C. La magnétoscopie :

Est une technique de contrôle non destructif qui consiste à créer un champ magnétique important (> 2000 Tesla) qui traverse la pièce à contrôler jusqu'à saturation magnétique avec l'application simultanée en surface d'une liqueur magnétique colorée ou fluorescente constituée de traceurs comme produit indicateur. En présence d'un défaut plan ou volumique, les lignes de force du champ sont déviées et accumulent la poudre magnétique au droit du défaut pour le rendre visible à l'œil nu. La perpendicularité du défaut par rapport aux lignes du champ magnétique accentue la sensibilité de détection du contrôle.

D. La radiographie (examen interne) :

On contrôle la compacité de la structure à l'aide de rayons X. Les défauts internes tels que les soufflures, les porosités ou les fissures internes sont ainsi révélés.



Figure III.07: Diffractomètre de rayons X.

E. ultrason (UT)

Un contrôle par l'utilisation de l'appareil ultrason pour mesurer l'épaisseur des matériaux. Ces appareils génèrent une onde ultrasonore qui se transmettent et réfléchies à l'intérieur de la pièce à contrôler traversant la tôle par un palpeur dont les fréquences entre 100KHz et 25 MHz.

On prend ces mesures sur chacune des faces après on la comparer avec un seuil appelé l'épaisseur de calcul minimale. si l'épaisseur mesurée est inférieure ou égale à l'épaisseur de calcul minimal cela veut dire que l'équipement est corrodé et doit le changer par un autre.



Figure III.08 : Appareil DM4 avec palpeur pour la prise d'épaisseur à l'ultrason.

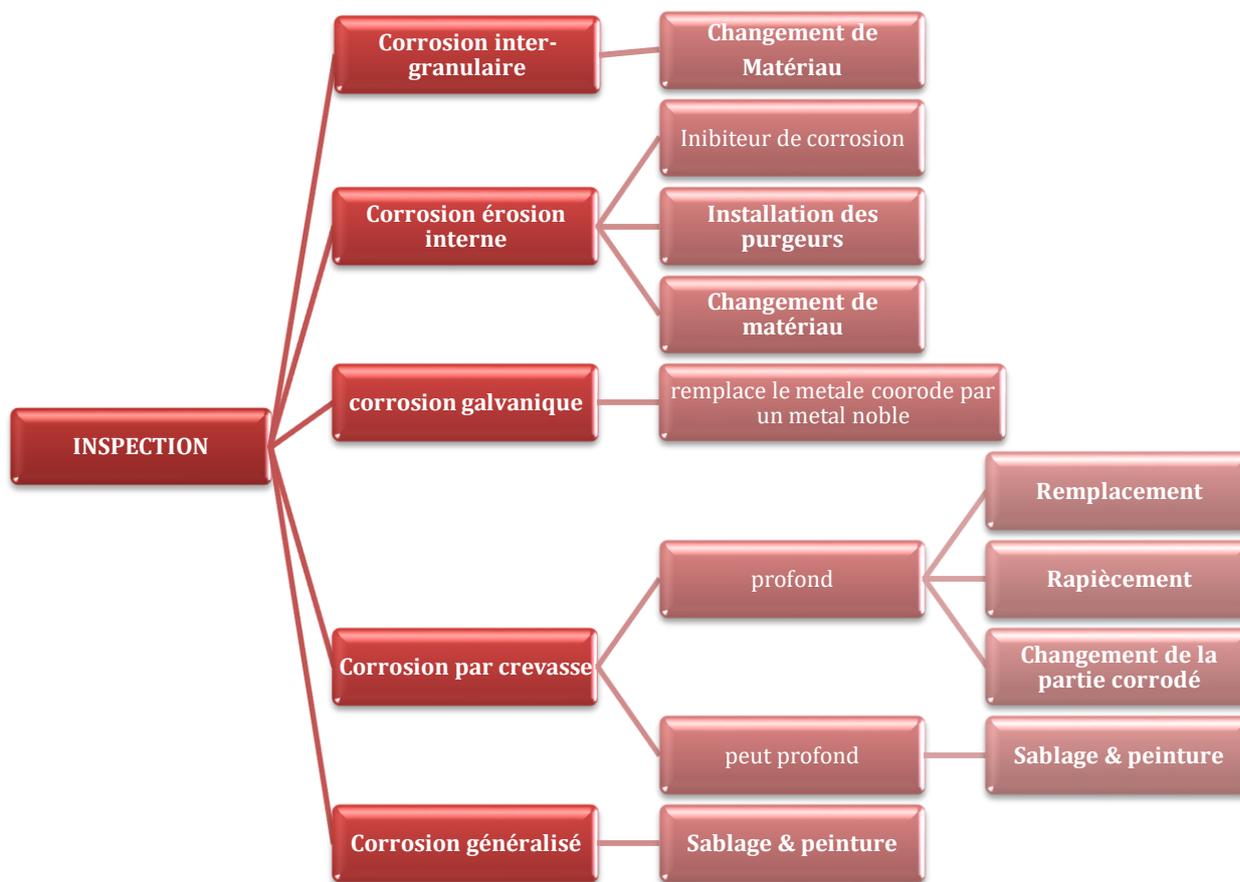


Figure III.9 Organigramme d'inspection aux complexe CP1Z et les méthodes de protection utilisé pour chaque type de corrosion.

III. 3. METHODES DE PROTECTION CONTRE LA CORROSION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION :

Pour lutter contre la corrosion, il ne suffit pas de choisir un matériau qui résiste bien à un certain milieu, il faut également penser à toutes les interactions électrochimique et mécaniques qui pourraient influencer le comportement du système métal/milieu. Ainsi, en plus des mesures de préventions permettant d'éviter de nombreux problèmes de corrosion (le choix des matériaux, la forme des pièces qu'on veut obtenir, etc.), il existe des méthodes de protection qui demandent en général des connaissances plus spécifiques et amènent des frais supplémentaires.

Au complexe « **CP1Z** » et « **Mini centre emplisseur MCE 202** » il y a des méthodes pour maîtriser la corrosion :

- ✓ L'utilisation des inhibiteurs.
- ✓ La protection cathodique.
- ✓ La protection par revêtement.
- ✓ Réparation des structures par patch en composite.

III.3.1. La protection par l'injection des inhibiteurs de corrosion :

La stratégie retenue pour le complexe CP1Z consiste à injecter un type d'inhibiteur à base d'amine, qui est : **Le CHIMEC 7268** est un inhibiteur filmant/neutralisant voir, qui offre une fonction neutralisante de l'acidité par l'élévation de pH du milieu, et une fonction filmant permettant d'isoler l'eau agressive du métal.

III.3.2 La protection cathodique :

La protection cathodique appliquée est la protection par courant imposé ,elle utilise une source d'énergie électrique en courant continu qui débite dans un circuit comprenant un déversoir (ou masse anodique), dont le pôle positif de la source est relié au déversoir alors que le pôle négatif est relié à la structure à protéger, et le courant venant du déversoir traverse l'électrolyte, puis entre dans la structure créant ainsi un abaissement de potentiel recherché correspondant à l'immunité du métal, cette technique permet de conserver dans son intégrité la surface extérieure des conduites en aciers enterrées, en s'opposant au processus électrochimique du métal par le milieu ambiant, c'est à dire la corrosion. Le paramètre essentiel déterminant pour la protection cathodique est le seuil de protection cathodique en dessous duquel la corrosion est industriellement maîtrisée.

III.3.2.1 Contrôle de protection cathodique :

Le système de protection cathodique doit, obligatoirement, être contrôlé avant et après sa mise en marche. Ainsi, avant l'installation d'un système de PC on doit, au préalable, avoir des données sur les points suivants :

- Déterminer le type de matériau à installer : acier, fonte et sa résistance électrique.
- Savoir si le métal est associé à un revêtement et quel est le type de revêtement utilisé.

- Connaître la position des sources de protection cathodique qui peuvent être proche de la structure à étudier.

Après l'installation du système, le contrôle s'effectue notamment sur deux points, en l'occurrence, le courant électrique qui circule dans la structure et la résistance électrique du revêtement. Notons que sur le plan industriel, le test le plus fréquent est la mesure du potentiel entre la structure à protéger et le milieu qui s'effectue.

III.3.2.1.1 Mesure du potentiel:

On mesure le potentiel cathodique grâce à une électrode de référence $Cu/CuSO_4$ à l'aide de :

A. Électrode de sulfate de cuivre

C'est l'électrode de référence, très généralement utilisée pour la mesure de potentiel des structures enterrées telles que les canalisations et les bacs de stockage.

La structure cette électrode de référence est représentée sur la **Figure III.9**.

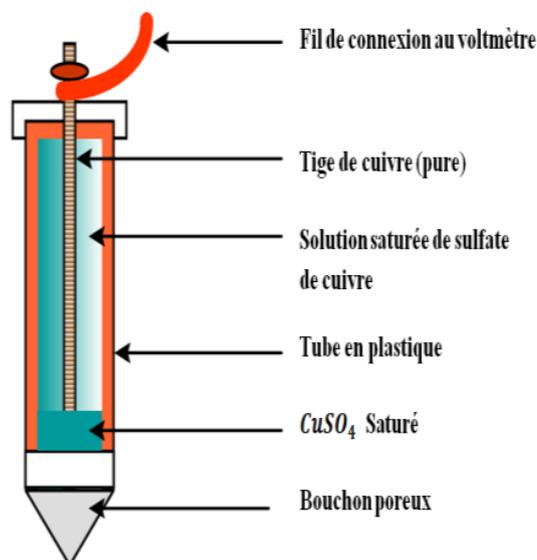


Figure III.10: Électrode de référence $Cu/CuSO_4$ pour l'utilisation dans les sols.

B. Voltmètre :

Il est plus précis dans les mesures du potentiel, avant d'effectuer les mesures, on doit le régler à une valeur de 2V.



Figure III.11: Voltmètre utilisé pour mesurer le potentiel de PC

III.3.2.1.2 Méthode de mesure du potentiel :

On plonge la partie poreuse de l'électrode $Cu/CuSO_4$ dans le sol préalablement humidifié si ce dernier est sec. La valeur du potentiel mesuré dépend de la position de l'électrode par rapport à la structure en acier comme le présente Figure III.12.

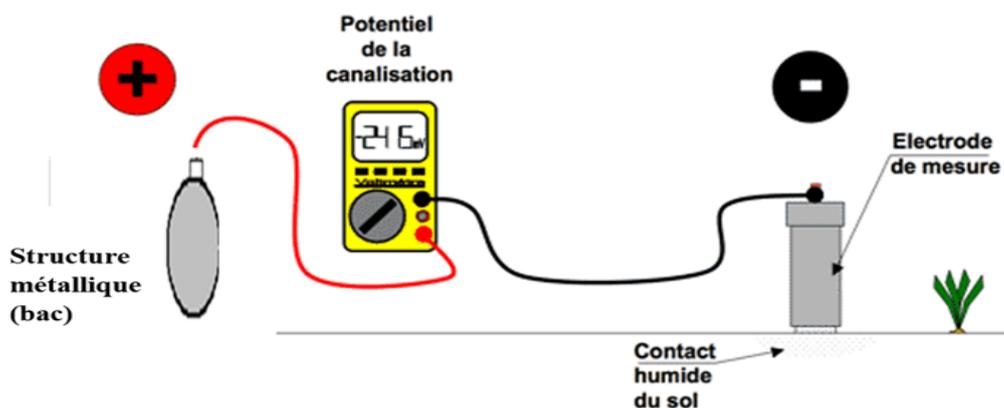


Figure III.12: Méthode de la mesure de potentiel de la protection cathodique.

Des mesures multiples peuvent être effectuées sur chaque contact de la sonde avec la cathode en déplaçant l'électrode de référence à différents points de la surface du sol.

$E = - 0,85 \text{ V}/ECu/CuSO_4$ est considérée comme une indication satisfaisante de la protection.



Figure III.13 : photographie de mesure de potentiel de la protection cathodique.

Le potentiel mesuré sur le site d'ARZEW est de **-1,072 mV**, cette valeur indique que la structure métallique est toujours dans son domaine d'immunité $E < -0,85 \text{ mV}$ ce que signifie que le bac est protégé.

Le contrôle de la protection cathodique s'effectue deux fois par an; une fois en hiver et l'autre en été. La valeur de potentiel mesuré durant cette période peut diminuer $E < -0,85 \text{ mV}$ ou bien augmenter $E > -0,85 \text{ mV}$, cette différence est due aux paramètres déstabilisant le système de protection tel que: les courants vagabond, courants alternatifs, les structures voisines ainsi que les caractéristiques du sol, la valeur de potentiel défère d'une structure à l'autre.

III. 3. 3. La protection par revêtement :

L'utilisation de revêtements protecteurs rencontre un profond et vaste intérêt. Il lui est de plus demandé d'une part, des performances notables, une durée de vie longue et sûre ; d'autre part des prix bas et des composants favorables à l'environnement. Les systèmes de protection contre la corrosion sont conçus pour garantir durablement la conservation de la valeur et de la fonction des bâtiments et constructions à structures métalliques.

III.3.3.1 Préparation de la surface :

- Avant le début du sablage un abri doit être installé autour du bac afin d'éviter la projection du sable abrasif dans la zone adjacente.
- Les surfaces à peindre doivent être parfaitement nettoyées et exemptes de tout contaminant avec une méthode adéquate et efficace.

- Avant l'opération de sablage, les surfaces doivent être ébavurées, les angles vifs doivent être arrondis et toutes autres imperfections doivent être éliminées avant l'application des revêtements.
- Le nettoyage ne doit être adopté qu'à une humidité relative inférieure à 80% et une température de la surface de moins de 3°C au-dessus du point de rosée.
- L'abrasif utilisé doit être du sable sec, propre et exempt de tous contaminants avec des arrêtes aigues et une granulométrie adéquate pour l'obtention d'une rugosité (pic /creux) de l'ordre de 50-75microns (qualité SA 21/2).
- Après le sablage et avant l'application de la première couche une opération de dépoussiérage très soignée doit être effectuée.

III.3.3.2 Application du revêtement :

- Le fournisseur doit spécifier les températures minimales et maximales d'utilisation du revêtement.
- La surface préparée doit recevoir la première couche dans les 4 heures qui suivent avant l'apparition des signes de rouilles.
- Les peintures seront appliquées en conformité avec les recommandations du fournisseur de peinture.
- Les instructions sur le mélange et la fluidification doivent être en corrélation avec les recommandations des fournisseurs.
- Les durées minimales et maximales entre l'application des différentes couches et les températures de séchage recommandées par le fournisseur doivent être respectées.
- La peinture doit être appliquée à une température minimale de 10°C.
- Les couches du revêtement ne doivent pas contenir des piqures, des bulles d'air...
- Une épaisseur excessive doit être évitée.
- Les couches de peinture doivent être facilement identifiables grâce à l'utilisation des couleurs différentes.

- Les défauts d'application, tels que les surcharges, les couleurs, les manques seront immédiatement repris.
- Les plaques d'identification d'équipement seront protégées contre les projections d'abrasif et peinture.
- Avant tout recouvrement, le séchage de chaque couche d'un système sera contrôlé et devra prendre le temps minimum précisé par le fabricant,
- Toutes les préparations des surfaces et la mise en peinture seront réalisées à la lumière du jour uniquement.

III.3.3.3 système de peinture ainsi les épaisseurs à respect

Le « CP1Z » et « MCE202 » utilisent le même système de peinture qui es te revêtement anticorrosion à l'époxy modifié qui présente la particularité de pouvoir être utilisé à la fois comme couche primaire, comme couche intermédiaire et comme couche de finition. En cas d'indisponibilité du produit, les autres produits pourront être utilisés en faisant cependant attention sur la compatibilité des peintures les unes avec les autres.

- 1- Couche primaire EPOXY GALZINEPOX épaisseur (2x45 μ m). (**annexe 02**).
- 2- Couche intermédiaire en EPOXY HR BLANC épaisseur (2x45 μ m). (**annexe 03**).
- 3- Couche de finition en EPOXAMINE ou POLYRAMINE épaisseur (2x40 μ m) (**annexes 04**).

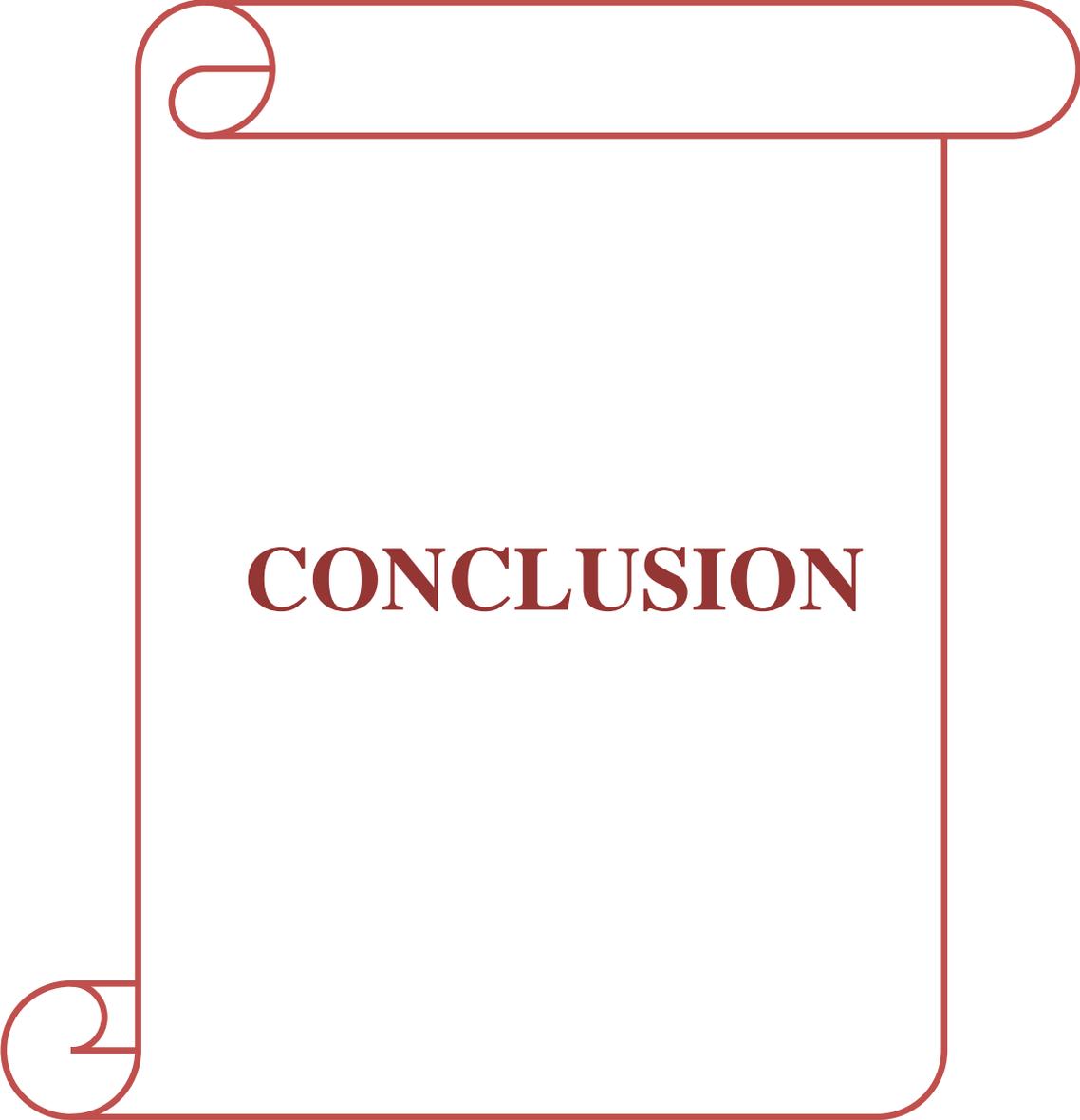
III.3.4 Réparation des structures par patch

Les patches est une solution de renforcement d'urgence et temporaire pour les réservoirs et les cuves présentant des défauts de corrosion interne ou externe jusqu'a 100 mm maximum.

Patch est un système de réparation durable multi couches compose d'une plaque en acier soudée à froid Il peut être installée sans coupure de ligne sauf en cas de fuit.



Figure III.13: photographie de réparation par patch



CONCLUSION

La lutte contre la corrosion doit être une préoccupation constante, depuis la conception des équipements jusqu'à leur entretien quotidien. Si les moyens à mettre en œuvre sont variés et dépendent en grande partie des situations d'utilisations particulières, le but recherché est d'enrayer la dégradation des équipements pour augmenter leur durée de vie.

Il existe plusieurs formes de protection contre la corrosion ; comme il est possible d'agir sur l'environnement, sur le matériau lui-même ou sur la surface du matériau.

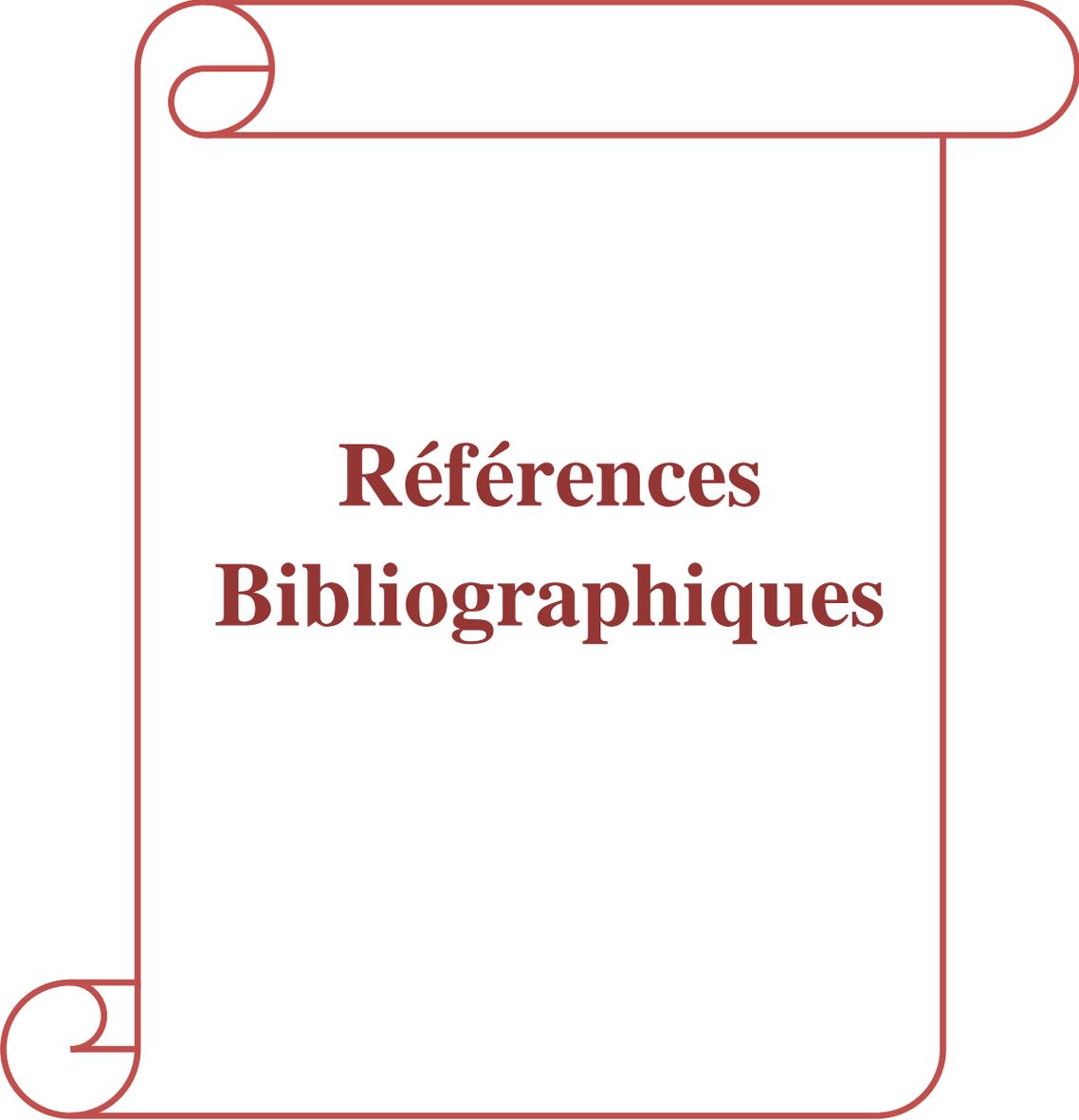
Le travail réalisé au cours de ce mémoire est pour savoir les méthodes de protections contre la corrosion dans les sites industriels

Les différents moyens de lutte contre la corrosion les plus utilisés sont :

- La protection électrochimique
- La protection par revêtement et traitement de surface
- La protection par inhibiteur

La protection contre la corrosion, au niveau de complexe CP1Z (SONATRACH) et de MCE202 ELBAYADH (NAFTAL), deux catégories : une protection interne qui consiste à injecter des inhibiteurs de corrosion ou par revêtement interne, et une protection externe par le revêtement externe et c'est la méthode qui est appliquée dans l'ensemble des équipements parce qu'elle ne rencontre aucune contrainte ou de sélectivité quand on l'adopte.

Avant d'utiliser les méthodes décrites précédemment, il est possible de lutter contre la corrosion dès le début c'est à dire sur la table de dessin. En fait, pour minimiser les possibilités de corrosion, il faut étudier très soigneusement la conception des équipements et des assemblages et choisir avant tout des matériaux qui ne se dégradent pas dans leur environnement ou, du moins, qui se corroderont de façon uniforme afin qu'on puisse connaître le plus exactement possible la durée de vie utile de l'équipement. Il faut en outre porter une attention spéciale aux conditions d'utilisation.

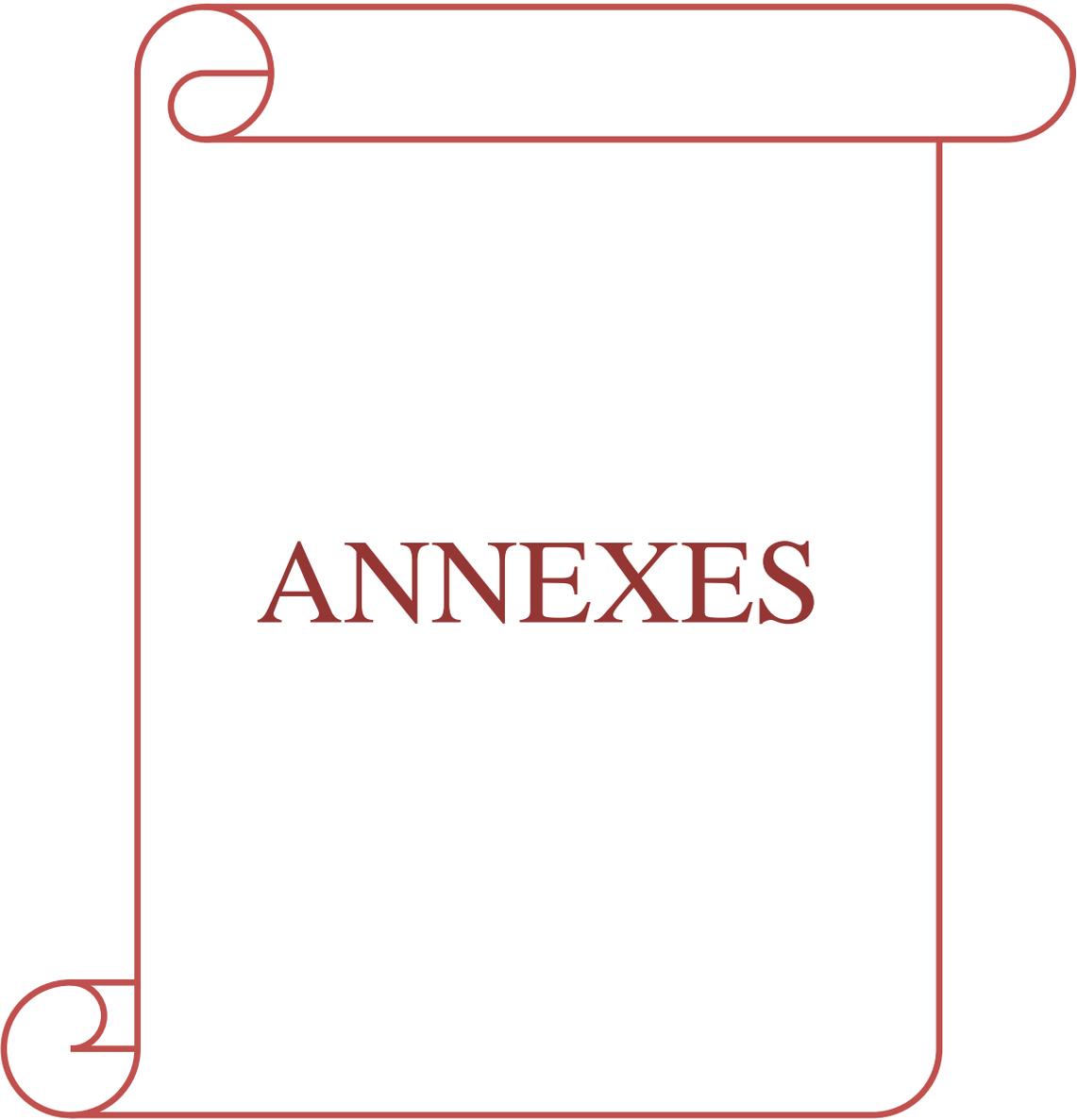


Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [01]. G.Daufin, J.Talbot. HAL « Etude de quelques problèmes de corrosion dans l'industrie laitière ». 1^{ère} partie Généralités sur la corrosion des métaux et alliages. Le lait, INRA édition. 1971. pp 375-398.
- [02]. H. Bensabra. Cours de corrosion et protection des métaux. Université de Jijel 2016
- [03]. H.Mamache. « Etude du problème de corrosion au niveau des installations du surface ». Mémoire de fin de période de mise en situation professionnel Ingénieur Exploitation. IAP. 2017.
- [04]. A.Marif. « Etude sur la méthode de maintenance par protection cathodique - Cas de la ligne de pipeline GZ1 40 ». Mémoire Pour l'obtention du diplôme du master génie mécanique. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. 2014.
- [05]. P.MALOU « Etude de la corrosion et maintenance des installations pétrolières de Shell Sénégal: Cas du dépôt de Jetée Nord » Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception. Ecole Supérieure Polytechnique Centre de THIES. 2002-2003.
- [06]. M.Aliouat. M. Rouissat. « Etude de la corrosion bactérienne des aciers API – 5L grade B pour pipelines Utilisés dans le transport d'eau ». Mémoire en Science et Génie des Matériaux. Ecole national supérieure des mines et métallurgie Annaba. 2015.
- [07]. N.Redon « Resistance à la corrosion des fils copper Ni-Ti 35 et des fils acier inoxydable multi brins D-Rect en milieu acide ». Mémoire pour l'obtention du certificat d'études cliniques spéciales mention orthodontie. Université Lorraine. 2012.
- [08]. D.Lando. « Corrosion et chimie de surface des matériaux ». Presse polytechniques et universitaires romandes. 1997.
- [09]. Y.CHEMANI « Étude Sur les Procédés de Traitement des Tubes de Pipelines Corrodés Acier API 5L X60 ». Mémoire master, université de Tlemcen .2013
- [10]. D.NEGGAZ « Optimisation des Méthodes de Réparation des Gazoducs »These en vue delobtrntion du diplome de Doctorat en sience . universite MOHAMED BOUDIAF (USTO) ORAN . 2019-2020

- [11] G. Daufin, J. Talbot « Etude de quelques problèmes de corrosion dans l'industrie laitière ». PREMIERE PARTIE. GENERALITES SUR LA CORROSION DES METAUX ET ALLIAGES. Le Lait, INRA Editions, 1971
- [12] A.Jarrah « Développement de méthodes statiques et probabilistes en corrosion par piqûres pour l'estimation de la profondeur maximale-application de l'Aluminium A5 ». Thèse Doctorat .Ecole nationale supérieure d'arts et matières.. Paris. 2009.
- [13]. D. Bouzidi « corrosion et protection cathodique des conduites souterrains ». Ecole de technologie supérieure université du Québec. 2001.
- [14]. G.Seica. M.V.Grabinsky. The role of soil in the external corrosion of cast iron. Water mains in Toronto. Canada. 2003.
- [15]. J.Catonné, L.Lacourcelle. « les revêtements protecteurs dans l'industrie, principe application choix ». CAST Lyon. 1977.
- [16]. Matériaux métalliques. Phénomène de corrosion. 5^{ème} chapitre protection et lutte contre la corrosion. Pp 89.104.
- [17] Richardson DE, Goree JG. Experimental verification of a new two parameter fracture model. Fracture mechanics: twenty-third symposiums. ASTM STP 1189, 1993. p. 738–50
- [18]. I. Uhlig, Corrosion et Protection, DUNOD, 1970
- [19]. C.Fiaud, Inhibiteur de Corrosion, Université Pierre & Marie Curie, ENSC, Paris. Techniques de l'ingénieur, Traité de corrosion – Vieillessement, Vol. Cor. 1005, 2006, pp 1-14.
- [20]. J.L.Crolet, G.Beranger, Corrosion en Milieu Aqueux des Métaux et Alliage, Techniques de l'ingénieur, Traité des matériaux métallurgiques, 2006, Vol M 153, pp 6- 12.



ANNEXES

III.2. 2. 2. Présentation des principales installations :

Le complexe CP1Z est divisé en plusieurs unités, dont chacune a sa propre tâche à accomplir. Le schéma suivant montre la répartition des différentes unités et les lieux d'implantation des équipements

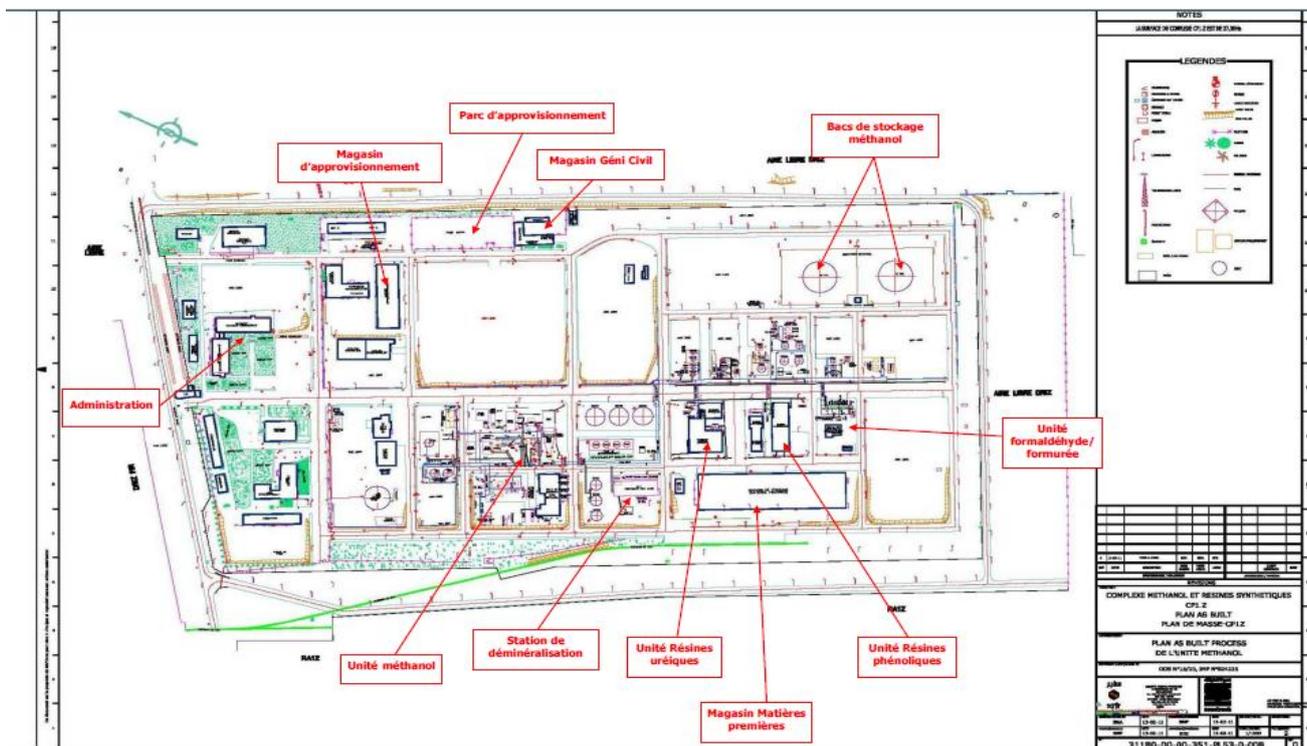


Figure III.04 : Les principales installations complexe CP1/Z

III.2. 2. 3. La corrosion des installations :

Tous les équipements, qu'ils soient sous pression ou non, que ce soient des récipients, des tuyauteries, des générateurs de vapeur, des réservoirs de stockage, sont menacés de la corrosion.

III.2. 2. 4. INSPECTION ET DETECTION DE LA CORROSION :

III.2. 2. 4.1. Inspection basée sur la criticité (RBI) :

L'inspection basée sur le risque (RBI) est une méthode dans laquelle les biens sont identifiés pour une inspection en fonction de leurs risques associés par opposition à un intervalle de temps fixe prédéterminé. En d'autres termes, il s'agit d'un outil de priorisation et de planification, principalement utilisé dans les industries du pétrole et du gaz, qui aide à identifier les éléments hautement prioritaires (c'est-à-dire ceux à haut risque). [10]

Cette démarche, similaire à l'AMDEC (analyse des modes de défaillance et évaluation de leur criticité), est la base de la démarche « d'inspection basée sur la criticité » (IBC), ou *risk based inspection* (RBI).

On peut évaluer la criticité à l'aide d'une matrice comme ci-contre :

			B	H	E	E	
	Haute		B	H	E	E	
	Moyenne		B	M	H	E	
Probabilité	Basse		N	B	M	H	
	Négligeable		N	N	B	M	
			Négligeable	Basse	Moyenne	Haute	
				GRAVITE			

Avec :

- N= Criticité négligeable
- B= Criticité basse
- M = Criticité moyenne
- H= Criticité haute
- E = Criticité élevée

Figure III.05 : une représentation de la criticité sous forme matricielle.

III.2. 2. 4.2. Principe de la méthode proposée :

Le principe de la méthode est le suivant :

- Établissement de la criticité d'un équipement en fonction de la combinaison de la probabilité de défaillance et de la gravité de la défaillance.
- Détermination du plan d'inspection (natures, localisations, étendues et périodicités des actions d'inspection) en fonction de la criticité, du facteur de confiance et de la durée de vie résiduelle estimée.

III.2. 2. 4.3. Les techniques d'inspection et de contrôle :

L'entreprise a été établi un programme du contrôle aide à la détection de la corrosion, Les principales techniques d'inspections et de contrôle des équipements procédés du complexe CP1Z sont nommés les contrôles non destructifs (CND) :

A. L'examen visuel (vérification de l'aspect global) :

On observe le respect des dimensions et de l'état macroscopique des surfaces à l'œil nu ou avec des instruments type loupe. C'est le contrôle le plus « simple » ; cependant, il nécessite une connaissance de l'équipement très étendue pour être efficace.

B. Le ressuage (contrôle de la qualité de surface) :

Un liquide pénétrant est appliqué en surface puis celle-ci est nettoyée. On applique ensuite un révélateur qui met en évidence les discontinuités débouchantes (où le liquide a pénétré) dans la surface.

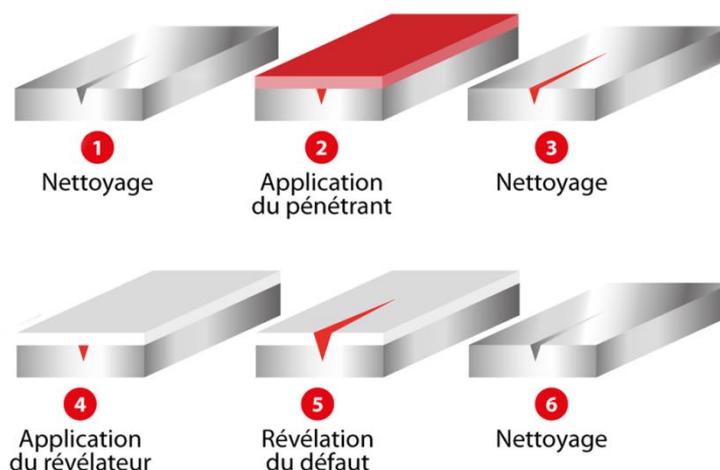


Figure III.06 : contrôle par ressuage

C. La magnétoscopie :

Est une technique de contrôle non destructif qui consiste à créer un champ magnétique important ($> 2000 \text{ A / m}$) qui traverse la pièce à contrôler jusqu'à saturation magnétique avec l'application simultanée en surface d'une liqueur magnétique colorée ou fluorescente constituée de traceurs comme produit indicateur. En présence d'un défaut plan ou volumique, les lignes de force du champ sont déviées et accumulent la poudre magnétique au droit du défaut pour le rendre visible à l'œil nu. La perpendicularité du défaut par rapport aux lignes du champ magnétique accentue la sensibilité de détection du contrôle.

D. La radiographie (examen interne) :

On contrôle la compacité de la structure à l'aide de rayons X. Les défauts internes tels que les soufflures, les porosités ou les fissures internes sont ainsi révélés.



Figure III.07: Diffractomètre de rayons X.

E. ultrason (UT)

Un contrôle par l'utilisation de l'appareil ultrason pour mesurer l'épaisseur des matériaux. Ces appareils génèrent une onde ultrasonore qui se transmettent et réfléchies à l'intérieur de la pièce à contrôler traversant la tôle par un palpeur dont les fréquences entre 100KHz et 25 MHz.

On prend ces mesures sur chacune des faces après on la comparer avec un seuil appelé l'épaisseur de calcul minimale. si l'épaisseur mesurée est inférieure ou égale à l'épaisseur de calcul minimal cela veut dire que l'équipement est corrodé et doit le changer par un autre.



Figure III.08 : Appareil DM4 avec palpeur pour la prise d'épaisseur à l'ultrason.

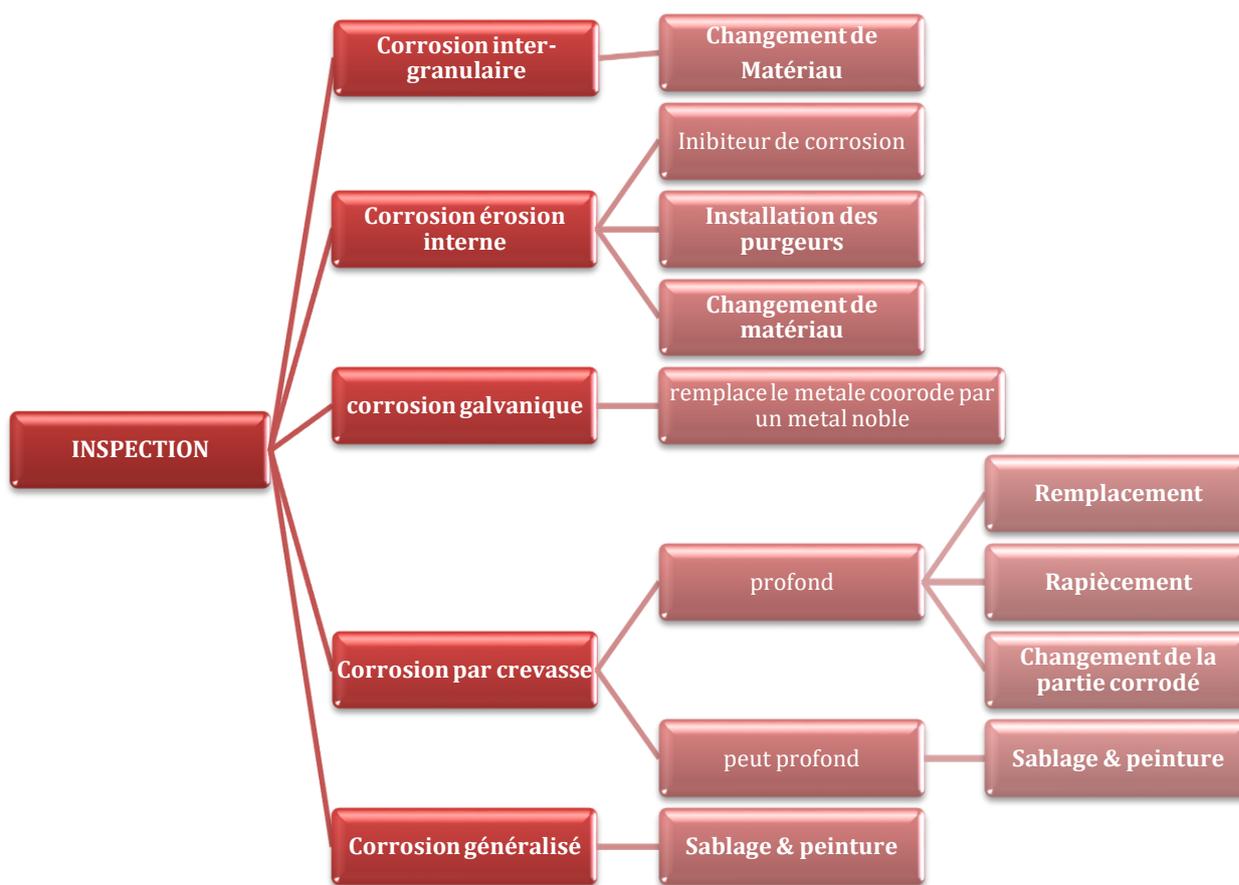


Figure III.9 Organigramme d'inspection aux complexe CP1Z et les méthodes de protection utilisé pour chaque type de corrosion.

III. 3. METHODES DE PROTECTION CONTRE LA CORROSION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION :

Pour lutter contre la corrosion, il ne suffit pas de choisir un matériau qui résiste bien à un certain milieu, il faut également penser à toutes les interactions électrochimique et mécaniques qui pourraient influencer le comportement du système métal/milieu. Ainsi, en plus des mesures de préventions permettant d'éviter de nombreux problèmes de corrosion (le choix des matériaux, la forme des pièces qu'on veut obtenir, etc.), il existe des méthodes de protection qui demandent en général des connaissances plus spécifiques et amènent des frais supplémentaires.

Au complexe « **CP1Z** » et « **Mini centre emplisseur MCE 202** » il y a des méthodes pour maîtriser la corrosion :

- ✓ L'utilisation des inhibiteurs.
- ✓ La protection cathodique.
- ✓ La protection par revêtement.
- ✓ Réparation des structures par patch en composite.

III.3.1. La protection par l'injection des inhibiteurs de corrosion :

La stratégie retenue pour le complexe CP1Z consiste à injecter un type d'inhibiteur à base d'amine, qui est : **Le CHIMEC 7268** est un inhibiteur filmant/neutralisant voir, qui offre une fonction neutralisante de l'acidité par l'élévation de pH du milieu, et une fonction filmant permettant d'isoler l'eau agressive du métal.

III.3.2 La protection cathodique :

La protection cathodique appliquée est la protection par courant imposé ,elle utilise une source d'énergie électrique en courant continu qui débite dans un circuit comprenant un déversoir (ou masse anodique), dont le pôle positif de la source est relié au déversoir alors que le pôle négatif est relié à la structure à protéger, et le courant venant du déversoir traverse l'électrolyte, puis entre dans la structure créant ainsi un abaissement de potentiel recherché correspondant à l'immunité du métal, cette technique permet de conserver dans son intégrité la surface extérieure des conduites en aciers enterrées, en s'opposant au processus électrochimique du métal par le milieu ambiant, c'est à dire la corrosion. Le paramètre essentiel déterminant pour la protection cathodique est le seuil de protection cathodique en dessous duquel la corrosion est industriellement maitrisée.

III.3.2.1 Contrôle de protection cathodique :

Le système de protection cathodique doit, obligatoirement, être contrôlé avant et après sa mise en marche. Ainsi, avant l'installation d'un système de PC on doit, au préalable, avoir des données sur les points suivants :

- Déterminer le type de matériau à installer : acier, fonte et sa résistance électrique.
- Savoir si le métal est associé à un revêtement et quel est le type de revêtement utilisé.

- Connaître la position des sources de protection cathodique qui peuvent être proche de la structure à étudier.

Après l'installation du système, le contrôle s'effectue notamment sur deux points, en l'occurrence, le courant électrique qui circule dans la structure et la résistance électrique du revêtement. Notons que sur le plan industriel, le test le plus fréquent est la mesure du potentiel entre la structure à protéger et le milieu qui s'effectue.

III.3.2.1.1 Mesure du potentiel:

On mesure le potentiel cathodique grâce à une électrode de référence $Cu/CuSO_4$ à l'aide de :

A. Électrode de sulfate de cuivre

C'est l'électrode de référence, très généralement utilisée pour la mesure de potentiel des structures enterrées telles que les canalisations et les bacs de stockage.

La structure cette électrode de référence est représentée sur la **Figure III.9**.

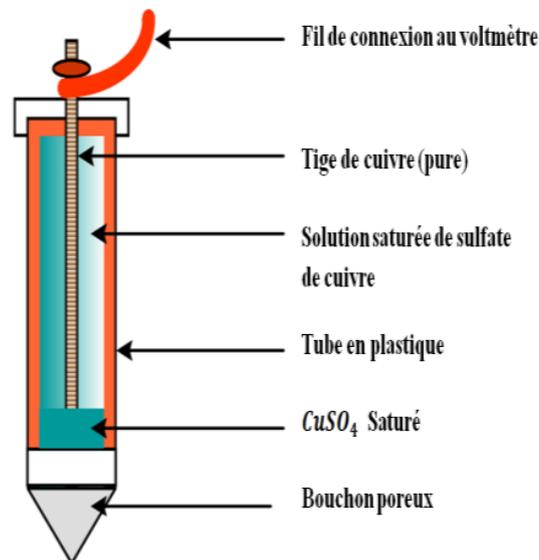


Figure III.10: Électrode de référence $Cu/CuSO_4$ pour l'utilisation dans les sols.

B. Voltmètre :

Il est plus précis dans les mesures du potentiel, avant d'effectuer les mesures, on doit le régler à une valeur de 2V.



Figure III.11: Voltmètre utilisé pour mesurer le potentiel de PC

III.3.2.1.2 Méthode de mesure du potentiel :

On plonge la partie poreuse de l'électrode $Cu/CuSO_4$ dans le sol préalablement humidifié si ce dernier est sec. La valeur du potentiel mesuré dépend de la position de l'électrode par rapport à la structure en acier comme le présente Figure III.12.

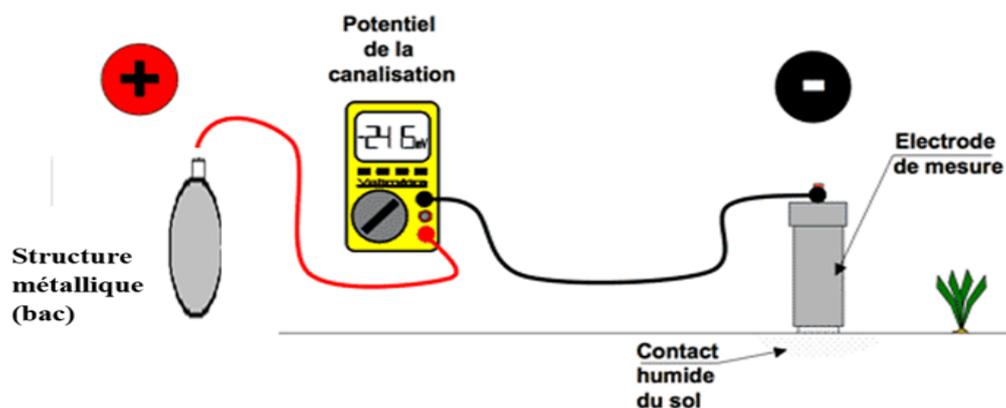


Figure III.12: Méthode de la mesure de potentiel de la protection cathodique.

Des mesures multiples peuvent être effectuées sur chaque contact de la sonde avec la cathode en déplaçant l'électrode de référence à différents points de la surface du sol.

$E = - 0,85 \text{ V}/ECu/CuSO_4$ est considérée comme une indication satisfaisante de la protection.



Figure III.13 : photographie de mesure de potentiel de la protection cathodique.

Le potentiel mesuré sur le site d'ARZEW est de **-1,072 mV**, cette valeur indique que la structure métallique est toujours dans son domaine d'immunité **$E < -0,85 \text{ mV}$** ce que signifie que le bac est protégé.

Le contrôle de la protection cathodique s'effectue deux fois par an; une fois en hiver et l'autre en été. La valeur de potentiel mesuré durant cette période peut diminuer **$E < -0,85 \text{ mV}$** ou bien augmenter **$E > -0,85 \text{ mV}$** , cette différence est due aux paramètres déstabilisant le système de protection tel que: les courants vagabond, courants alternatifs, les structures voisines ainsi que les caractéristiques du sol, la valeur de potentiel défère d'une structure à l'autre.

III. 3. 3. La protection par revêtement :

L'utilisation de revêtements protecteurs rencontre un profond et vaste intérêt. Il lui est de plus demandé d'une part, des performances notables, une durée de vie longue et sûre ; d'autre part des prix bas et des composants favorables à l'environnement. Les systèmes de protection contre la corrosion sont conçus pour garantir durablement la conservation de la valeur et de la fonction des bâtiments et constructions à structures métalliques.

III.3.3.1 Préparation de la surface :

- Avant le début du sablage un abri doit être installé autour du bac afin d'éviter la projection du sable abrasif dans la zone adjacente.
- Les surfaces à peindre doivent être parfaitement nettoyées et exemptes de tout contaminant avec une méthode adéquate et efficace.

- Avant l'opération de sablage, les surfaces doivent être ébavurées, les angles vifs doivent être arrondis et toutes autres imperfections doivent être éliminées avant l'application des revêtements.
- Le nettoyage ne doit être adopté qu'à une humidité relative inférieure à 80% et une température de la surface de moins de 3°C au-dessus du point de rosée.
- L'abrasif utilisé doit être du sable sec, propre et exempt de tous contaminants avec des arêtes aigues et une granulométrie adéquate pour l'obtention d'une rugosité (pic /creux) de l'ordre de 50-75microns (qualité SA 21/2).
- Après le sablage et avant l'application de la première couche une opération de dépoussiérage très soignée doit être effectuée.

III.3.3.2 Application du revêtement :

- Le fournisseur doit spécifier les températures minimales et maximales d'utilisation du revêtement.
- La surface préparée doit recevoir la première couche dans les 4 heures qui suivent avant l'apparition des signes de rouilles.
- Les peintures seront appliquées en conformité avec les recommandations du fournisseur de peinture.
- Les instructions sur le mélange et la fluidification doivent être en corrélation avec les recommandations des fournisseurs.
- Les durées minimales et maximales entre l'application des différentes couches et les températures de séchage recommandées par le fournisseur doivent être respectées.
- La peinture doit être appliquée à une température minimale de 10°C.
- Les couches du revêtement ne doivent pas contenir des piqures, des bulles d'air...
- Une épaisseur excessive doit être évitée.
- Les couches de peinture doivent être facilement identifiables grâce à l'utilisation des couleurs différentes.

- Les défauts d'application, tels que les surcharges, les couleurs, les manques seront immédiatement repris.
- Les plaques d'identification d'équipement seront protégées contre les projections d'abrasif et peinture.
- Avant tout recouvrement, le séchage de chaque couche d'un système sera contrôlé et devra prendre le temps minimum précisé par le fabricant,
- Toutes les préparations des surfaces et la mise en peinture seront réalisées à la lumière du jour uniquement.

III.3.3.3 système de peinture ainsi les épaisseurs à respect

Le « CP1Z » et « MCE202 » utilisent le même système de peinture qui est le revêtement anticorrosion à l'époxy modifié qui présente la particularité de pouvoir être utilisé à la fois comme couche primaire, comme couche intermédiaire et comme couche de finition. En cas d'indisponibilité du produit, les autres produits pourront être utilisés en faisant cependant attention sur la compatibilité des peintures les unes avec les autres.

- 1- Couche primaire EPOXY GALZINEPOX épaisseur (2x45 μ m). (**annexe 02**).
- 2- Couche intermédiaire en EPOXY HR BLANC épaisseur (2x45 μ m). (**annexe 03**).
- 3- Couche de finition en EPOXAMINE ou POLYRAMINE épaisseur (2x40 μ m) (**annexes 04**).

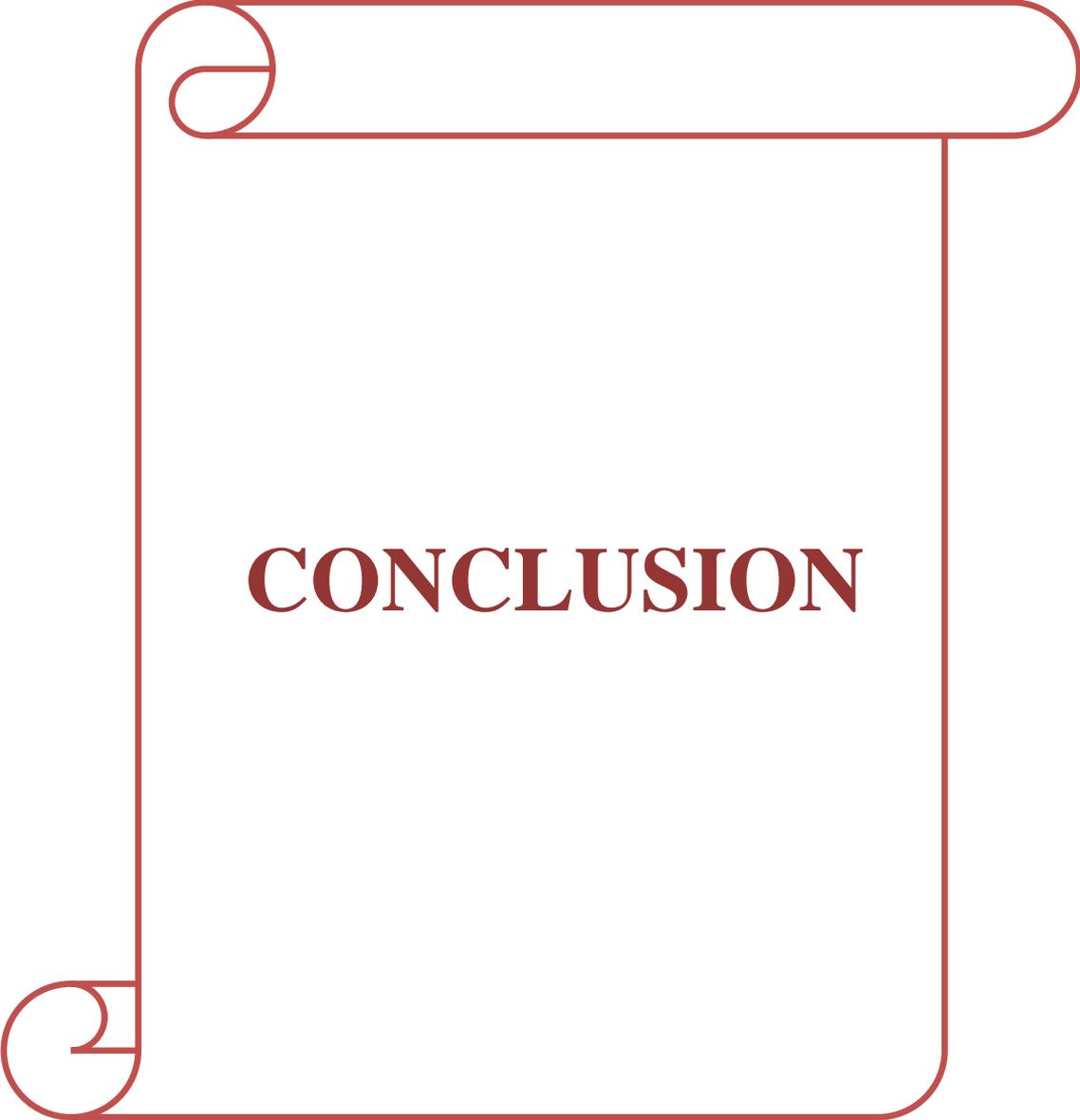
III.3.4 Réparation des structures par patch

Les patches est une solution de renforcement d'urgence et temporaire pour les réservoirs et les cuves présentant des défauts de corrosion interne ou externe jusqu'à 100 mm maximum.

Patch est un système de réparation durable multi couches composé d'une plaque en acier soudée à froid Il peut être installée sans coupure de ligne sauf en cas de fuite.



Figure III.13: photographie de réparation par patch



CONCLUSION

La lutte contre la corrosion doit être une préoccupation constante, depuis la conception des équipements jusqu'à leur entretien quotidien. Si les moyens à mettre en œuvre sont variés et dépendent en grande partie des situations d'utilisations particulières, le but recherché est d'enrayer la dégradation des équipements pour augmenter leur durée de vie.

Il existe plusieurs formes de protection contre la corrosion ; comme il est possible d'agir sur l'environnement, sur le matériau lui-même ou sur la surface du matériau.

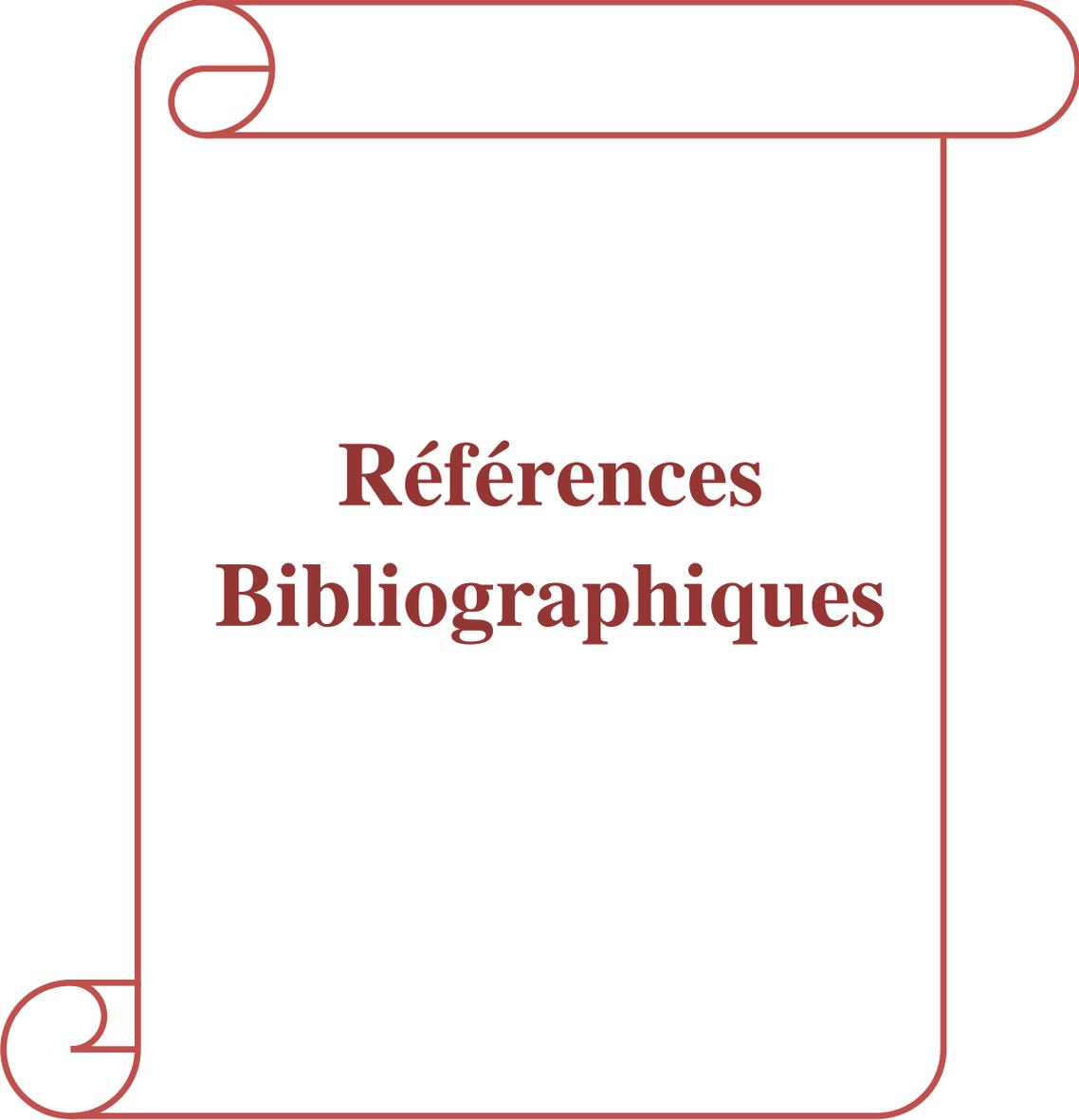
Le travail réalisé au cours de ce mémoire est pour savoir les méthodes de protections contre la corrosion dans les sites industriels

Les différents moyens de lutte contre la corrosion les plus utilisés sont :

- La protection électrochimique
- La protection par revêtement et traitement de surface
- La protection par inhibiteur

La protection contre la corrosion, au niveau de complexe CP1Z (SONATRACH) et de MCE202 ELBAYADH (NAFTAL), deux catégories : une protection interne qui consiste à injecter des inhibiteurs de corrosion ou par revêtement interne, et une protection externe par le revêtement externe et c'est la méthode qui est appliquée dans l'ensemble des équipements parce qu'elle ne rencontre aucune contrainte ou de sélectivité quand on l'adopte.

Avant d'utiliser les méthodes décrites précédemment, il est possible de lutter contre la corrosion dès le début c'est à dire sur la table de dessin. En fait, pour minimiser les possibilités de corrosion, il faut étudier très soigneusement la conception des équipements et des assemblages et choisir avant tout des matériaux qui ne se dégradent pas dans leur environnement ou, du moins, qui se corroderont de façon uniforme afin qu'on puisse connaître le plus exactement possible la durée de vie utile de l'équipement. Il faut en outre porter une attention spéciale aux conditions d'utilisation.

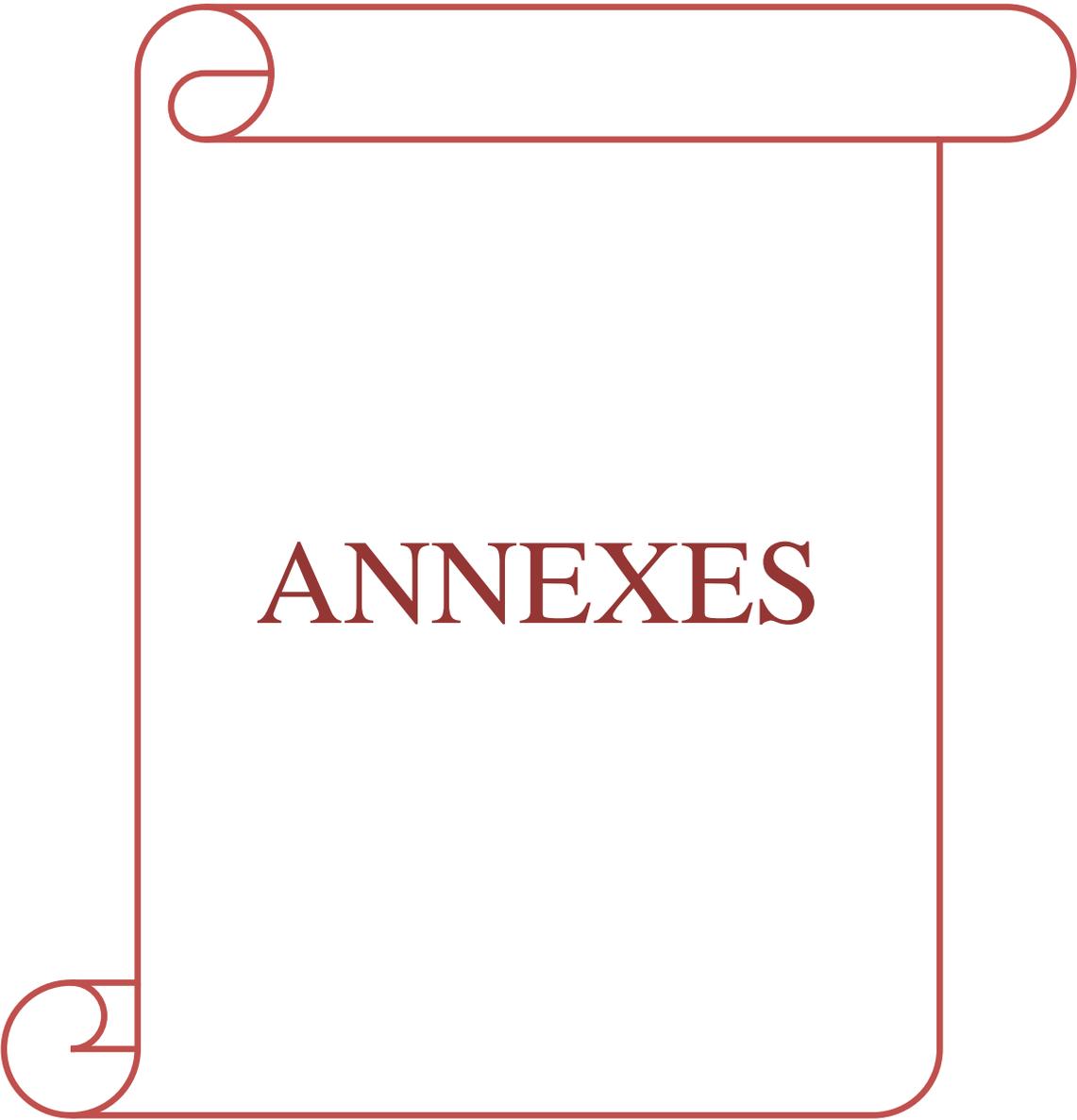


Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [01]. G.Daufin, J.Talbot. HAL « Etude de quelques problèmes de corrosion dans l'industrie laitière ». 1ère partie Généralités sur la corrosion des métaux et alliages. Le lait, INRA édition. 1971. pp 375-398.
- [02]. H. Bensabra. Cours de corrosion et protection des métaux. Université de Jijel 2016
- [03]. H.Mamache. « Etude du problème de corrosion au niveau des installations du surface ». Mémoire de fin de période de mise en situation professionnel Ingénieur Exploitation. IAP. 2017.
- [04]. A.Marif. « Etude sur la méthode de maintenance par protection cathodique - Cas de la ligne de pipeline GZ1 40 ». Mémoire Pour l'obtention du diplôme du master génie mécanique. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. 2014.
- [05]. P.MALOU « Etude de la corrosion et maintenance des installations pétrolières de Shell Sénégal: Cas du dépôt de Jetée Nord » Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception. Ecole Supérieure Polytechnique Centre de THIES. 2002-2003.
- [06]. M.Aliouat. M. Rouissat. « Etude de la corrosion bactérienne des aciers API – 5L grade B pour pipelines Utilisés dans le transport d'eau ». Mémoire en Science et Génie des Matériaux. Ecole national supérieure des mines et métallurgie Annaba. 2015.
- [07]. N.Redon « Resistance à la corrosion des fils copper Ni-Ti 35 et des fils acier inoxydable multi brins D-Rect en milieu acide ». Mémoire pour l'obtention du certificat d'études cliniques spéciales mention orthodontie. Université Lorraine. 2012.
- [08]. D.Lando. « Corrosion et chimie de surface des matériaux ». Presse polytechniques et universitaires romandes. 1997.
- [09]. Y.CHEMANI « Étude Sur les Procédés de Traitement des Tubes de Pipelines Corrodés Acier API 5L X60 ». Mémoire master, université de Tlemcen .2013
- [10]. D.NEGGAZ « Optimisation des Méthodes de Réparation des Gazoducs » These en vu delobtrntion du diplôme de Doctorat en sience . universite MOHAMED BOUDIAF (USTO) ORAN . 2019-2020

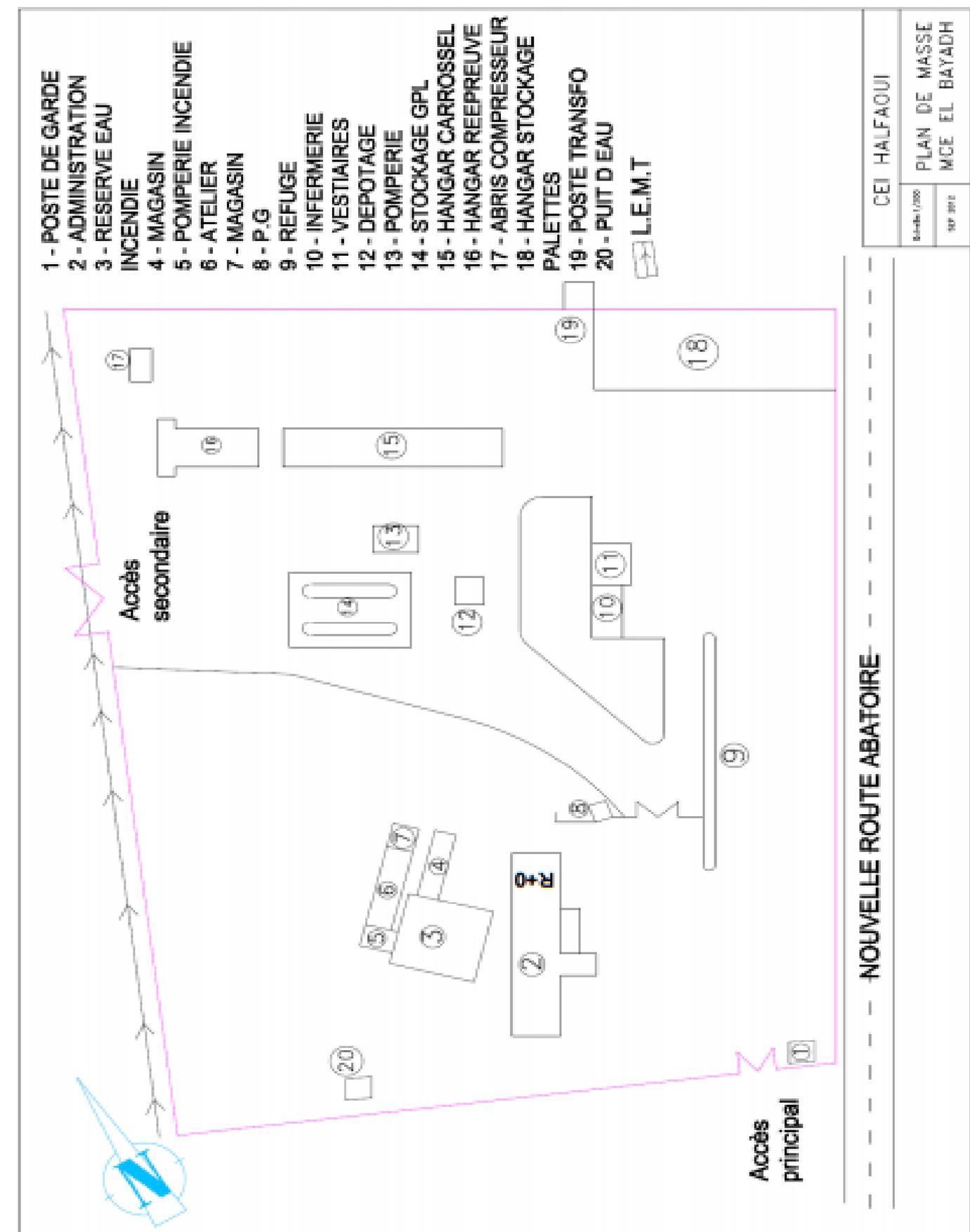
- [11] G. Daufin, J. Talbot « Etude de quelques problèmes de corrosion dans l'industrie laitière ». PREMIERE PARTIE. GENERALITES SUR LA CORROSION DES METAUX ET ALLIAGES. Le Lait, INRA Editions, 1971
- [12] A.Jarrah « Développement de méthodes statiques et probabilistes en corrosion par piqûres pour l'estimation de la profondeur maximale-application de l'Aluminium A5 ». Thèse Doctorat .Ecole nationale supérieure d'arts et matières.. Paris. 2009.
- [13]. D. Bouzidi « corrosion et protection cathodique des conduites souterrains ». Ecole de technologie supérieure université du Québec. 2001.
- [14]. G.Seica. M.V.Grabinsky. The role of soil in the external corrosion of cast iron. Water mains in Toronto. Canada. 2003.
- [15]. J.Catonné, L.Lacourcelle. « les revêtements protecteurs dans l'industrie, principe application choix ». CAST Lyon. 1977.
- [16]. Matériaux métalliques. Phénomène de corrosion. 5^{ème} chapitre protection et lutte contre la corrosion. Pp 89.104.
- [17] Richardson DE, Goree JG. Experimental verification of a new two parameter fracture model. Fracture mechanics: twenty-third symposiums. ASTM STP 1189, 1993. p. 738–50
- [18]. I. Uhlig, Corrosion et Protection, DUNOD, 1970
- [19]. C.Fiaud, Inhibiteur de Corrosion, Université Pierre & Marie Curie, ENSC, Paris. Techniques de l'ingénieur, Traité de corrosion – Vieillessement, Vol. Cor. 1005, 2006, pp 1-14.
- [20]. J.L.Crolet, G.Beranger, Corrosion en Milieu Aqueux des Métaux et Alliage, Techniques de l'ingénieur, Traité des matériaux métallurgiques, 2006, Vol M 153, pp 6- 12.



ANNEXES

ANNEXE:01

Plan de masse de MCE 202 ELBAYADH





ANTICORROSION

PRIMEPOX BRUN ROUGE

216209000

Entreprise Nationale
des Peintures - Algérie

FICHE TECHNIQUE

Nature	Epoxy/polyaminoamide.
Utilisation	Sous couche anticorrosion bicomposant pour une structure en acier ambiances marine et industrielle.
Proprietes	Bonne adhérence. Bonne résistance à la corrosion. Séchage rapide.
Caracteristiques	Densité: 1.512 ± 0.050 Viscosité à 20-25°C (Brookfield M3/V2): 275 Po ± 10 Po Rendement: 9.5 m ² /kg ± 0.5 ou 14 m ² /l pour une épaisseur du film humide de 110-120 μ sec). Séchage à 20-25°C: - HT : 2-3h - Sec : 16-18h Rapport de mélange en poids EA/EB: 91/09 Durée de vie en pot à 20-25°C: 7-8h Aspect: Mat Délai de stockage sous abri: 06 mois dans son emballage d'origine fermé. Conditionnement: - Primepox brun rouge EA(216209000): 18.2kg. - Primepox EA(durcisseur)(216209100): 0.9kg, 1.8kg.
Preparation de surface	Support bien dégraissé et sec.
Application	Pistolet, brosse, rouleau.
Conseils d'emploi	Bien mélanger les deux composants A et B dans le rapport 91/09. Diluer avec le diluant Epoxamine et filtrer. Laisse sécher 10-15' avant application. Ne pas appliquer à des températures < 5°C et > 40°C et à un taux d'humidité > 80%.

N.B: Les indications ci-dessus sont données à titre d'informations de base. Les circonstances d'emploi échappant à notre contrôle, nous ne sommes responsables que d'une qualité constante de nos produits. pour tous cas particuliers , il y a lieu de nous consulter.



ANTICORROSION

EPOXY HR BLANC

216210000

Entreprise Nationale
des Peintures - Algérie

FICHE TECHNIQUE

Nature	Epoxy/Polyaminoamide.
Utilisation	Couche intermédiaire bicomposant pour structures en acier ambiances marine et industrielle.
Propriétés	Bonne adhérence. Renforce la résistance à la corrosion du système appliqué.
Caractéristiques	Densité: 1.515 ± 0.050 Viscosité à 20-25°C (Brookfield M4/V2): 500 Po ± 20 Po Rendement: 6.5 m ² /kg ± 0.5 ou 10 m ² /l pour une épaisseur du film humide de 125-150 μ (50-60 μ sec). Séchage à 20-25°C: - HT : 3-4h - Sec: 16-18h Rapport de mélange en poids EA/EB: 93/07 Durée de vie en pot à 20-25°C: 7-8h Aspect: Mat Délai de stockage sous abri: 12 mois dans son emballage d'origine fermé. Conditionnement: - Epoxy HR EA (216210000): 4kg, 10kg, 20kg. - Epoxy HR EB (durcisseur) (216210100): 0.300kg, 0.750kg.
Préparation de surface	Support bien dégraissé, dégraissé et sec.
Application	Brosse, rouleau, pistolet.
Conseils d'emploi	Bien mélanger les deux composants A et B dans le rapport 93-07. Diluer avec le diluant Epoxamine et filtrer. Laisser sécher 10-15' avant application. Ne pas appliquer à des températures < 5°C et > 40°C et à un taux d'humidité > 80%.



N.B: Les indications ci-dessus sont données à titre d'informations de base. Les circonstances d'emploi échappant à notre contrôle, nous ne sommes responsables que d'une qualité constante de nos produits. pour tous cas particuliers, il y a lieu de nous consulter.



ANTICORROSION

EPOXAMINE BLANC

216208901

Entreprise Nationale
des Peintures - Algérie

FICHE TECHNIQUE

Nature	Epoxy/Polyaminoamide.
Utilisation	Peintures de finition bicomposant pour structures en acier en intérieur.
Propriétés	Bonne adhérence. Bonne propriétés mécaniques. Bon brillant.
Caractéristiques	Densité: 1.196 ± 0.050 Viscosité à 20-25°C: 100" ± 10" CF4 Rendement: 11m ² /kg ± 0.5 ou 13m ² /l pour une épaisseur du film humide de 115-120µ (35-40µ sec). Séchage à 20-25°C: - HT : 8-9h - Sec: 16-18h Rapport de mélange en poids EA/EB: 86/14 Durée de vie en pot à 20-25°C: 6-8h Aspect: brillant Délai de stockage sous abri: 12mois dans son emballage d'origine fermé. Conditionnement: - Epoxamine blanc EA(216208901): 3kg, 9.2kg, 18kg. - Epoxamine EB(durcisseur)(216208000): 0.245kg, 0.300kg, 0.750kg, 3kg.
Préparation de surface	Support bien dérouillé, dégraissé et sec.
Application	Pistolet, brosse, rouleau.
Conseils d'emploi	Bien mélanger les deux composants A et B dans le rapport 86/14. Diluer avec le diluant Epoxamine et filtrer. Laisser sécher 10-15' avant application. Ne pas appliquer à des températures < 5°C et > 40°C et à un taux d'humidité > 80%.
Remarques	Peut être fabriqué en d'autres teintes à la demande.



N.B: Les indications ci-dessus sont données à titre d'informations de base. Les circonstances d'emploi échappant à notre contrôle, nous ne sommes responsables que d'une qualité constante de nos produits. pour tous cas particuliers , il y a lieu de nous consulter.