



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : Oussedik khedidja  
Saadi Samia**

**DOMAINE : Sciences et Technologies  
FILIERE : Génie des Procédés  
OPTION : Génie Chimique**

### **Thème**

**INHIBITION DE LA CORROSION DE L'ACIER AU  
CARBONE XC70 EN MILIEU CHLORHYDRIQUE MOLAIRE  
PAR L'ACETATE D'AMMONIUM**

#### **Jury de soutenance:**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
H.Boudellioua		Président
N.Boutassouna		Examinatrice
K.Ameur		Rapportrice

**Promotion : JUIN 2021**

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercions Dieu, le tout-puissant de nous avoir donnée la volonté pour réaliser ce travail. Ensuite nous remercions chaleureusement nos très chers parents qui nous ont tout donné pour qu'on puisse arriver à ce niveau.

Nous tenons également à remercier plus particulièrement  
Notre encadrice **K. Aneur**.

Tous les professeurs du département **génie des procédés**, à qui l'on doit tout le respect.

Tous les membres du jury, d'avoir accepté de porter un jugement sur ce travail. Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou loin A l'élaboration de ce mémoire.

A decorative border of pink roses with green leaves and stems, framing the text on the page.

# Dédicace

Je tiens C'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

À l'être le plus cher de ma vie, **ma mère.**

- A celui qui m'a fait de moi une femme forte, **mon père.**
  - A mes chers frères **Mokhtar et Kadour et Omar.**
- A mes chères sœurs **Masouda, Zohra, Fatiha et Loubna.**

Surtout pour les **jeunes enfants**

- A mon arrière-grand-mère et grand-père.
- A ma sœur et mon amie d'enfance : **Gharbi Safia**
- A ma chère binôme : **OUSSEDIK KHEDIDJA.**
- A tous mes amis de promotion de 2<sup>ème</sup> année Master **Génie Chimie.**
- Toute personne qui occupe une place dans mon cœur.
- A tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom de **SAADI et REZZOUG.** Je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.

**SAADI Samia**

# Dédicace

Ce mémoire est dédié à ma mère Rekia et mon père Mohammed  
(رحمة الله عليه)

Mes frères Abderrahman, Mustapha et Ilyes

Mes sœurs Fatima, Messaouda, Meriem et Hasna

les jeunes enfants Nejoude, Nada, Rayen, Walid et Malak

A mon fiancé

A ma famille, Mes amis et collègues Afaf, Roumissa, Assia,  
Raouia, Souad et Safia. A ma chère binôme Saadi Samia et tous  
mes amis de promotion de 2<sup>ème</sup> année Master Génie Chimie.

Je tiens à leur exprimer l'assurance de mes sentiments  
respectueux et dévoués pour leurs aides lors de la réalisation de  
ce mémoire et pour le soutien moral et financier qu'ils n'ont cessé  
de m'apporter durant ces années de travail.

**Khedijsa Ousseddik**

# Sommaire

<b>Introduction Générale</b>	2
------------------------------	---

## Partie I : Le Travail expérimentale

I.1. Méthode de mesure : Méthode de dosage volumétrique	5
I.1.1. Principe de la méthode	5
I.1.2. Précision d'un dosage	5
I.2. Produits et matériaux	5
I.2.1. Produits	5
I.2.1.1. Echantillon	5
I.2.1.2. Milieu corrosif	6
I.2.1.3. Solution de dosage	6
I.2.1.4. L'inhibiteur à tester	7
I.2.2. Les matériaux	7
I.3. Mode opératoire	9
I.3.1. Préparation des échantillons	9
I.3.1.1. Préparation de surface	9
I.3.2. Préparation des solutions utilisées	10
I.3.3. Les étapes d'expérience	11
I.3.4. Observations	11
I.4. La relation entre la masse perdue de fer et le volume de permanganate de Potassium	11
I.4.1. Dosage des ions fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) par les ions permanganate ( $\text{MnO}_4^-$ )	11
I.4.2. Couples en présence et demi-équations de couple	12
I.4.3. Demi-équations de réaction et équation de réaction	12
I.4.4. Bilan des grandeurs et quantités de matière accessibles	12
I.5. Le taux de corrosion	13

## Partie II : résultats et discussions

II.1. Résultats	15
II.2. Interprétation des résultats	20
II.3. Le taux d'inhibition	21
II.4. Interprétation de taux d'inhibition	22
<b>Conclusion générale</b>	24
<b>Bibliographie</b>	

## Liste des figures

Figure	Titre	page
Figure (I, 1)	Echantillon (acier XC70)	6
Figure (I, 2)	La structure d'acétate d'ammonium	7
Figure (I, 3)	Le 1er montage d'expérience (échantillon dans la solution)	8
Figure (I, 4)	Le 2ème montage d'expérience (dosage)	9
Figure (I, 5)	L'opération de polissage	10
Figure (II, 1)	Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1mol/l) en absence d'inhibiteur à $T = T_{\text{ambient}}$	16
Figure (II, 2)	Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1mol/l) et en présence d'inhibiteur (5 ppm) à $T = T_{\text{ambient}}$	17
Figure (II, 3)	Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1mol/l) et en présence d'inhibiteur (10 ppm) à $T = T_{\text{ambient}}$	18
Figure (II, 4)	Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1 mol/l) et en présence d'inhibiteur (15 ppm) à $T = T_{\text{ambient}}$	19
Figure (II, 5)	Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1 mol/l) et en présence d'inhibiteur (20 ppm) à $T = T_{\text{ambient}}$	20
Figure (II, 6)	Comparaison les vitesses de corrosion en fonction de temps à différentes concentration d'inhibiteur (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm) à $T = T_{\text{ambient}}$	20
Figure (II, 7)	La variation de la vitesse de corrosion en fonction de concentration d'inhibiteur à 100 minutes	22
Figure (II, 8)	Présent le taux d'inhibition d'inhibiteur (acétate d'ammonium) dans milieu acide HCl (1 M) à température ambiante	22

## *Liste des tableaux*

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
Tableaux (I, 1)	Composition de l'acier au carbone (XC70)	6
Tableaux (II, 1)	Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl 1 mol/l) en absence d'inhibiteur à $T = T_{\text{ambiante}}$	15
Tableaux (II, 2)	Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (5 ppm) à $T = T_{\text{ambiante}}$	16
Tableaux (II, 3)	Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (10 ppm) à $T = T_{\text{ambiante}}$	17
Tableaux (II, 4)	Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (15 ppm) à $T = T_{\text{ambiante}}$	18
Tableaux (II, 5)	Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en Présence d'inhibiteur (20 ppm) à $T = T_{\text{ambiante}}$	19
Tableaux (II, 6)	Le taux d'inhibition à différent concentrations de l'inhibiteur	21

## *Liste des symboles*

**mp (Fe):** La masse perdue de fer dans la solution [KMnO<sub>4</sub>] : la concentration de permanganate de potassium.

**M (Fe) :** La masse molaire de fer (55.8 g/mol).

**N :** nombre de prélèvement.

**Ox/Red :** Couple oxydant /réducteur.

**ppm :** Partie par million de (kg).

**S :** La surface d'échantillon (parallèle des rectangles).

**t :** Le temps d'immersion de l'échantillon dans une solution corrosive.

**V<sub>0</sub> :** Volume de solution initial.

**V :** Volume de solution dosée par KMnO<sub>4</sub> (10ml).

**V<sub>éq</sub> :** Volume de permanganate de potassium dosé.

**V<sub>p</sub> :** Volume de solution prélevé chaque fois.

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Dans l'industrie pétrolière, les installations de surface et pipelines sont des outils essentiels pour le transport d'importants débits d'hydrocarbures sur de grandes distances. Ils sont le mode de transport le plus sûr et le plus économique. Un réseau de pipelines sur plusieurs kilomètres a été construit à travers le monde. En Algérie on estime ce réseau à plus de 18000Kms. Cependant, le transport du pétrole brut et du gaz naturel ne passe pas toujours sans problèmes même si des solutions sont toujours trouvées, ces problèmes restent complexes et nombreux. Parmi ceux-ci, il est au moins un qui rencontrent les pétroliers et qui reste assez mal connu et plus imprévisible : il s'agit de la corrosion, elle provoque les arrêts de production imprévus et des accidents. [1]

La corrosion résulte d'une action chimique ou électrochimique d'un environnement sur les métaux et les alliages. C'est un fléau qui touche les matériaux utilisés dans de nombreux domaines industriels : industries pétrolières, chimiques, électriques, nucléaires, installations portuaires, génie civil, santé, environnement et agroalimentaire. Les conséquences sont importantes dans divers domaines et en particulier dans l'industrie : arrêt de production, remplacement des pièces corrodées, accidents et risques de pollutions sont des événements fréquents avec parfois de lourdes incidences économiques. La corrosion provoque des pertes économiques importantes de 2,5 billions de dollars dans le monde. [2]

L'objectif de ce travail de recherche a été d'étudier le comportement électrochimique par la méthode gravimétrique d'un acier au carbone de type XC70 qui est utilisé dans la construction de réseau de pipelines dans un milieu d'acide chlorhydrique molaire. Ainsi que l'efficacité d'inhibiteur soit l'acétate d'ammonium de corrosion par une méthode simple de dosage volumétrique (des ions de fer (II) résultent de l'émersion) par le  $\text{KMnO}_4$ .

En matière de protection, les inhibiteurs constituent un moyen original pour lutter contre la corrosion. L'acétate d'ammonium est composé organique.

Les inhibiteurs organiques se sont des inhibiteurs de corrosion de bonnes propriétés telle que :

- ✓ Abaisser la vitesse de corrosion sans affecter les caractéristiques physico-chimiques du métal.
- ✓ Etre stables en présence des autres constituants du milieu.
- ✓ Etre stables aux températures d'utilisation, efficaces à faible concentration.

- ✓ Etre utilisés en vue d'une protection permanente ou plus couramment en vue d'une protection temporaire : durant une période où le matériau à protéger est particulièrement sensible à la corrosion ou encore lorsqu'il est soumis à des usinages.

De tous les métaux produits, le Fer est le plus employé. Toute la technologie moderne est liée à la mise en œuvre de ce métal et de ses alliages. Ces derniers sont les plus utilisées dans l'industrie. Les aciers sont répartis en groupes selon leur composition chimique et leur destination ; les fontes le sont aussi d'après la forme d'existence de leur carbone. Le Fer et le carbone, composants principaux des fontes et des aciers. Ils ne sont pas les seuls constituant des aciers et fontes industriel. En effet, ils contiennent toujours d'autres éléments métalliques (Ti, Zr, Mn, Cu) ceux-ci servant à améliorer leurs propriétés mécaniques.

Ce manuscrit a été divisé en deux parties :

- ✓ La première présente le travail expérimental réalisé dans ce mémoire par la méthode de dosage volumétrique qui est basée sur la détermination de la masse de métal dissoute dans le milieu corrosif par dosage avec une solution donnée
- ✓ La deuxième partie expose les résultats expérimentaux et leurs discussions.

Une conclusion générale résumera l'essentiel de nos résultats de cette étude.

*Partie I :*  
*Travail*  
*expérimental*

## I.1. Méthode de mesure : Méthode de dosage volumétrique

Le principe de la méthode de dosage volumétrique est basé sur la détermination de la masse de métal dissoute dans le milieu corrosif par dosage avec une solution donnée. [3]

### I.1.1. Précision d'un dosage

Un titrage est précis s'il fournit une valeur de concentration précise, c'est-à-dire avec le maximum de chiffres significatifs. Pour cela, il faut :

- Connaître le plus précisément possible le volume initial de la solution titrée.
- Connaître le plus précisément possible la concentration de la solution titrant.
- Estimer le plus précisément possible le volume équivalent.

Dans notre travail, nous avons utilisé la méthode expérimentale de dosage volumétrique.

L'utilisation de cette dernière nécessite :

- L'électrode de travail (échantillon)
- La solution corrosive (acide chlorhydrique molaire)
- La solution de titrage (permanganate de potassium  $\text{KMnO}_4$  0,0002 M)
- L'inhibiteur (l'acétate l'ammonium)

## I.2. Produits et matériaux

### I.2.1. Produits

#### I.2.1.1. Echantillon

L'acier est l'acier au carbone (XC 70) de composition chimique présentée dans le tableau

(I, 1), de dimensions ( $x=0.75$  cm ;  $y=3.6$  cm ;  $z=3.9$ cm) (figure (I, 1), et de surface égale à  $39.33\text{cm}^2$ .



**Figure (I, 1) : Echantillon (acier au carbone XC70)**

**Tableau (I, 1) : Composition chimique de l'acier au carbone XC70**

Composant	C	P	I	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Al	Nb	V	Ti	Mo	Fe
Pourcentage(%).10 <sup>-3</sup>	65	02	01	245	1685	42	26	10	42	67	14	19	05	Reste

### I.2.1.2. Milieu corrosif

La solution d'acide chlorhydrique molaire HCl (1M) est préparée à partir d'acide chlorhydrique Commercial de propriétés suivantes :

M= 36.45 g/mol ; p = 37.25% ; d =1.19.

### I.2.1.3. Solution de dosage

La solution utilisée pour le dosage est la solution de permanganate de potassium KMnO<sub>4</sub> (0.0002 M) qui est préparée à partir de propriétés suivantes :

M= 158.034 g/mol ; p = 99.4 %.

#### a. Préparation de la solution de KMnO<sub>4</sub>

- 1 Mélanger environ 0.032g de permanganate de potassium dans 1 L d'eau distillée.
- 2 Chauffer la solution jusqu'à l'ébullition et laisser le tout refroidir.
3. Laisser reposer dans une bouteille avec bouchon de verre jusqu'à refroidir.

## I.2.1.4. L'inhibiteur à tester

L'inhibiteur utilisé dans ce travail est Acétate d'ammonium (5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm).

Acétate d'ammonium est un sel azoté de formule brute  $C_2H_7NO_2$ . C'est un solide blanc qui peut être obtenu par la réaction entre l'ammoniac et l'acide acétique.

**Formule :**  $C_2H_7NO_2$

**Mass molaire :** 77,0825 g/mol

**Nom IUPAC :** Ammonium éthanoate

**Masse volumique :** 1,17 g/cm<sup>3</sup>

**Nom UICPA :** Acétate d'ammonium

**Solubilité :** Eau, Méthanol

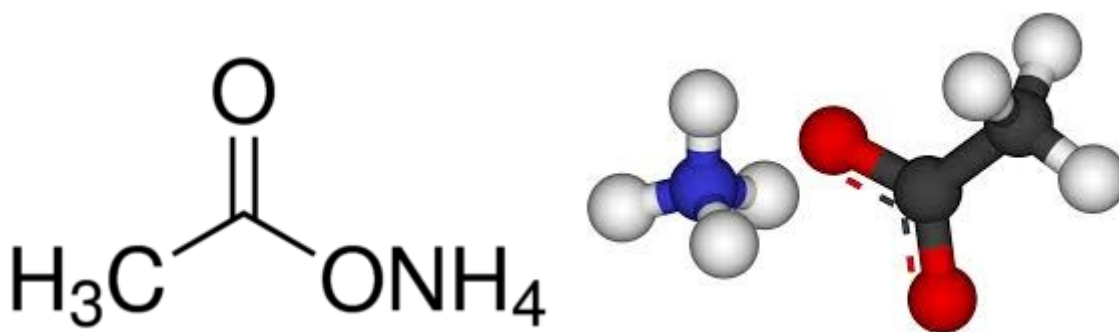


Figure (I, 2) : La structure d'acétate d'ammonium

## I.2.2. Les matériaux

Dans le 1<sup>er</sup> montage (expérience), nous avons besoin du matériel suivant :

- Echantillons.
- Bêchers.
- Balance analytique.
- Fil de potence.
- Fil en nylon.



Figure (I, 3) : Le 1<sup>er</sup> montage d'expérience (échantillon dans la solution)

Dans le 2<sup>ème</sup> montage, nous avons utilisé le matériel de laboratoire suivant :

- Une burette graduée contenant le réactif titrant.
- Un agitateur magnétique (boîtier et aimant).
- Un bécher de garde.
- Pipette.
- Un bécher contenant la solution à titrer (prélevée par une pipette jaugée).

Il faut également une pissette d'eau distillée pour rincer le bécher entre les deux prélèvements.

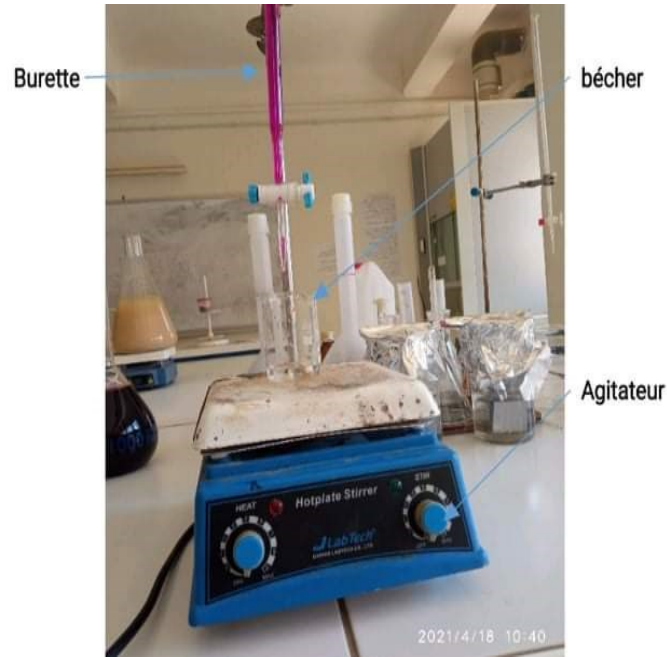


Figure (I, 4): Le 2ème montage d'expérience (dosage)

## I.3. Mode opératoire

### I.3.1. Préparation des échantillons

Le matériau utilisé dans notre travail est l'acier. Ce dernier a été obtenu sous forme de plaquettes de dimensions déterminées (3.9 cm ; 3.6 cm ; 0.75 cm).

#### I.3.1.1. Préparation des surfaces

Puisque la corrosion est un phénomène inter faciale entre le métal et son environnement, alors l'état de surface joue un rôle très important dans le comportement du métal vis-à-vis de la corrosion. La préparation des surfaces d'échantillon a été effectuée en utilisant le matériel suivant :

Une polisseuse mécanique du papier abrasif et l'eau distillée.

##### a. Polissage

L'opération de polissage a été effectuée avec du papier abrasif de différentes granulométries : 400, 600, 800, 1000, 1200, 2000 afin d'obtenir un état de surface adéquat. Ensuite, les échantillons ont été lavés avec une solution savonneuse, puis rincés avec de l'eau distillée. Une fois séchés, ils ont été de nouveau rincés avec de l'acétone.

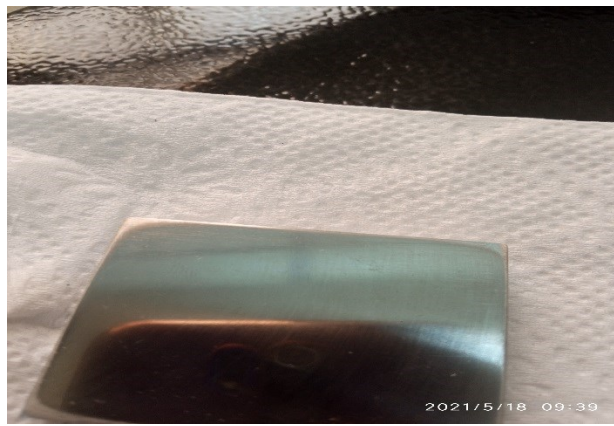


Figure (I, 5) : l'opération de polissage

### I.3.2. Préparation de solutions utilisées

La préparation de la solution corrosive (1 M de HCl) a été obtenue par la dilution de 82.91 ml de HCl dans un litre d'eau distillée.

- La concentration de solution corrosive  $C_s = 1 \text{ mol/L}$ .
- Le volume de solution corrosif  $V_s = 1 \text{ L}$
- La concentration de HCl concentré :

$$C(\text{HCl}) = (10 \cdot d \cdot \rho) / M = (10 \cdot 1.19 \cdot 37) / 36.5 = 12.06 \text{ mol/L}$$

- Le volume de HCl concentré prélève :

$$V(\text{HCl}) = (C_s \cdot V_s) / C(\text{HCl}) = (1 \cdot 1000) / 12.06 = 82.91 \text{ mL}$$

C : concentration d'acide initial.

V : volume d'acide initial.

Après la préparation de la solution corrosive, nous préparons des solutions HCl + inhibiteur à

différentes concentrations d'inhibiteur (5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm).

- 5ppm (ajoutée 0.0025 g de l'inhibiteur dans 500 ml de la solution corrosive)
- 10ppm (ajoutée 0.005 g de l'inhibiteur dans 500 ml de la solution corrosive)
- 15ppm (ajoutée 0.0075 g de l'inhibiteur dans 500 ml de la solution corrosive)
- 20ppm (ajoutée 0.01 g de l'inhibiteur dans 500 ml de la solution corrosive)

### I.3.3. Les étapes d'expérience

- Un bêcher de 500 ml rempli de solution corrosive ou de solution corrosive plus l'inhibiteur et dans lequel on place l'échantillon d'acier pendant 140 minutes à une température ambiante.
- Après chaque 20 minute on prélève trois volumes de 10 ml. Pour déterminer le volume de  $\text{KMnO}_4$  correspondant à la quantité de fer dissous pendant cette durée.
- On titre dans un bêcher la solution prélevée avec la solution de  $\text{KMnO}_4$  (0.0002 M) jusqu'à virement au rose pâle, la couleur doit rester au moins 30 seconde.

### I.3.4. Observations

Au cours des expériences on observe :

- Dégagement de gaz.
- Formation d'une couche marron ou noir sur la surface du métal.

## I.4. La relation entre la masse perdue de fer et le volume de permanganate de potassium

### I.4.1. Dosage des ions fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) par les ions permanganate ( $\text{MnO}_4^-$ )

Les ions permanganate  $\text{MnO}_4^-$ , violet, et les ions ferreux  $\text{Fe}^{2+}$  non colorés réagissent ensemble pour donner des ions manganèse  $\text{Mn}^{2+}$ , incolores, et des ions ferreux  $\text{Fe}^{3+}$ , jaune pâle presque incolores.

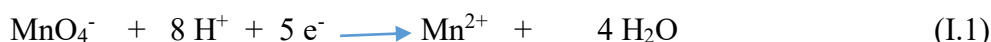
Tant qu'il reste des ions ferreux  $\text{Fe}^{2+}$  dans le mélange réactionnel, les ions permanganate versés deviennent des ions manganèse incolores et le mélange réactionnel reste incolore.

Au moment où tous les ions ferreux  $\text{Fe}^{2+}$  ont réagi, la première goutte versée contenant des ions permanganate ne se décolorent plus, les ions permanganate ne réagissent plus, et donne une teinte rose au mélange réactionnel, c'est l'équivalence.

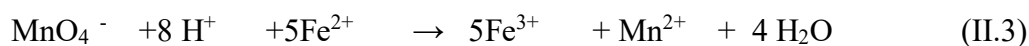
### I.4.2. Couples en présence et demi-équations de couple



### I.4.3. Demi-équations de réaction et équation de réaction



(I.2)



### I.4.4. Bilan des grandeurs et quantités de matière accessibles

- De quelles grandeurs disposons-nous ?
  - ✓ De la concentration en ions  $\text{MnO}_4^-$  [ $\text{MnO}_4^-$ ].
  - ✓ Du volume de la solution contenant les ions  $\text{Fe}^{2+}$  dans le bécher (V).
  - ✓ Et du volume versé  $V_{\text{éq}}$ , à l'équivalence, de la solution contenant les ions  $\text{MnO}_4^-$ .
- Nous recherchons la concentration en ions fer [ $\text{Fe}^{2+}$ ].
- Quantité de matière d'ions  $\text{Fe}^{2+}$  dans le bécher.

$$n_i(\text{Fe}^{2+}) = [\text{Fe}^{2+}] \times V$$

- Quantité de matière d'ions permanganate versée à l'équivalence.

$$n_v(\text{MnO}_4^-) = [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{éq}}$$

- Relation entre les quantités de matière à l'équivalence.

Les ions  $\text{Fe}^{2+}$  ont réagi avec la totalité des ions permanganate versés. Leurs quantités à l'équivalence sont nulles,  $x_{\text{éq}}$  représente l'avancement à l'équivalence lorsque les conditions sont stœchiométriques.

$$N_{\text{éq}}(\text{Fe}^{2+}) = n_i(\text{Fe}^{2+}) - 5 x_{\text{éq}} = 0 \quad = \quad x_{\text{éq}} = n_i(\text{Fe}^{2+}) / 5$$

$$n_{\text{éq}}(\text{MnO}_4^-) = n_v(\text{MnO}_4^-) - x_{\text{éq}} = 0 \quad = \quad x_{\text{éq}} = n_v(\text{MnO}_4^-)$$

Vous en déduisez la relation suivante :  $x_{\text{éq}} = n_i$

$(\text{Fe}^{2+}) / 5 = n_v(\text{MnO}_4^-)$  Qui peut s'écrire encore :

$$[\text{Fe}^{2+}] \times V / 5 = [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{éq}}$$

Il reste à exprimer la concentration en ion fer II :

$$[\text{Fe}^{2+}] = 5 [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{éq}} / V \text{-----(1)}$$

Toutes les grandeurs sont connues (concentration en ions permanganate, volume équivalent, volume de la solution contenant les ions fer II), la concentration en ions fer II est donc déterminable.

A autre coté :

$$[\text{Fe}^{2+}] = n(\text{Fe}) / V_b = (m_p(\text{Fe}) / M(\text{Fe})) / V_b = m_p(\text{Fe}) = [\text{Fe}^{2+}] \times M(\text{Fe}) \times V_b \text{-----(2)}$$

$V_b$  : volume de solution dans un bécher avant le prélève.

Remplacée la valeur de concentration de fer à l'équation (1) dans l'équation (2)

$$m_p(\text{Fe}) = (5 \times [\text{MnO}_4^-] \times M(\text{Fe}) / V) \times V_{\text{éq}} \times V_b$$

$V_b$  : volume de solution avant prélève  $V_b = V_0 - N \times V_p$

$N$  : nombre de prélèvements.

$$m_p(\text{Fe}) = (2.79 - N \times 0.0558) \times V_{\text{éq}}$$

## I.5. Le taux de corrosion

On peut calculer le taux de corrosion selon la relation suivante :

$$\tau = m_p / S.t$$

# **Partie II: Résultats et discussions**

## II.1. Résultats

Les vitesses de corrosion de l'acier immergé dans les solutions sont déterminées par techniques de dosage volumétrique ( $\text{Fe}^{2+}$  par  $\text{MnO}_4^-$ ). Les séries d'expérience ci-dessous sont réalisées avec l'addition d'un inhibiteur de corrosion (acétate d'ammonium), dans le but de déterminer les concentrations optimales assurant une protection maximale du métal considéré.

Tableau (II, 1) : Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en absence d'inhibiteur à  $T = T_{\text{ambient}}$

Nombre de prélèvement	Temps (min)	Volume de $\text{KMnO}_4$ (ml)	La masse perdue mp(g)	Taux de corrosion ( $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ )
0	20	3,25	0,0090675	1,15275E-05
1	40	4,15	0,01134693	7,21264E-06
2	60	4,9	0,01312416	5,56156E-06
3	80	5,4	0,01416204	4,50103E-06
4	100	6,25	0,0160425	4,07895E-06
5	120	7,4	0,0185814	3,93707E-06
6	140	8,4	0,02062368	3,74554E-06

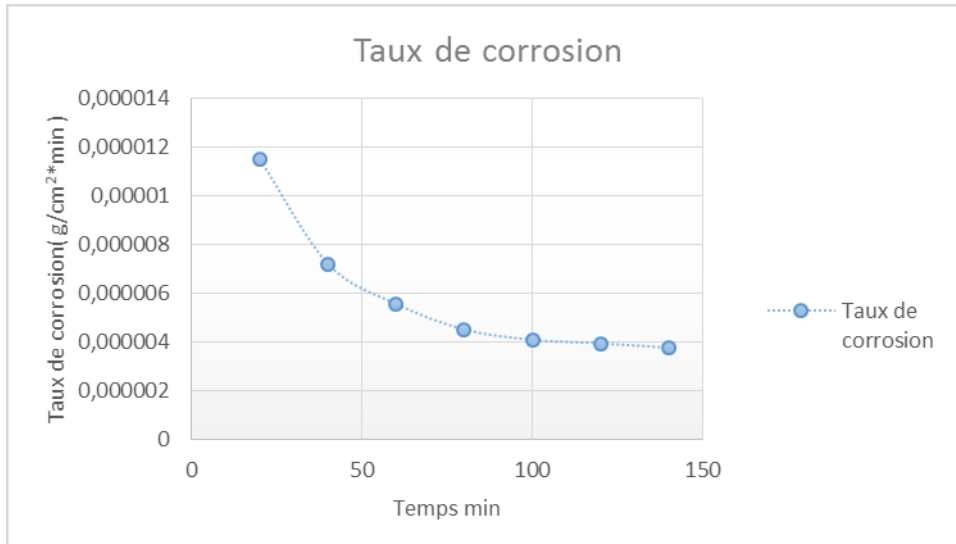


Figure (II, 1) : Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCL (1 mol/l) en absence d'inhibiteur à  $T = T_{\text{ambiant}}$

Tableau (II, 2) : Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (5 ppm) à  $T = T_{\text{ambiant}}$

Nombre de prélèvement	Temps (min)	Volume de KMnO4 (ml)	La masse perdue mp (g)	Taux de corrosion (g/cm².min)
0	20	2,25	0,0062775	7,98055E-06
1	40	2,6	0,00710892	4,51876E-06
2	60	3,1	0,00830304	3,51854E-06
3	80	3,55	0,00931023	2,95901E-06
4	100	4,05	0,01039554	2,64316E-06
5	120	4,35	0,01092285	2,31436E-06
6	140	5,05	0,01239876	2,25178E-06

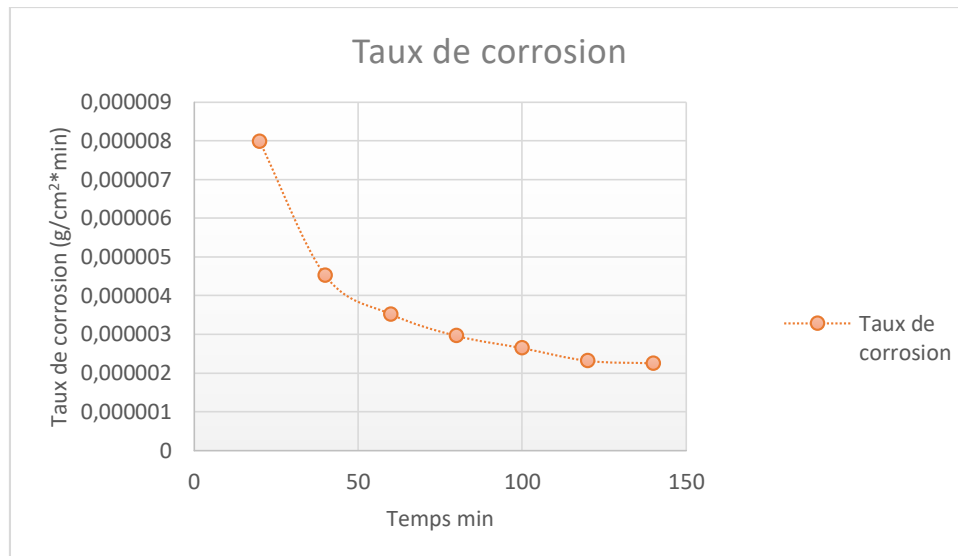


Figure (II, 2): Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCL (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (5 ppm) à  $T = T_{\text{ambient}}$

Tableau (II, 3) : Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (10 ppm) à  $T = T_{\text{ambient}}$

Nombre de prélèvement	Temps (min)	Volume de KMnO4 (ml)	La masse perdue mp (g)	Taux de corrosion (g/cm².min)
0	20	2	0,00558	7,09382E-06
1	40	2,3	0,00628866	3,99737E-06
2	60	2,6	0,00696384	2,95103E-06
3	80	3,15	0,00826119	2,6256E-06
4	100	3,45	0,00885546	2,25158E-06
5	120	4,35	0,01092285	2,31436E-06
6	140	4,85	0,01190772	2,1626E-06

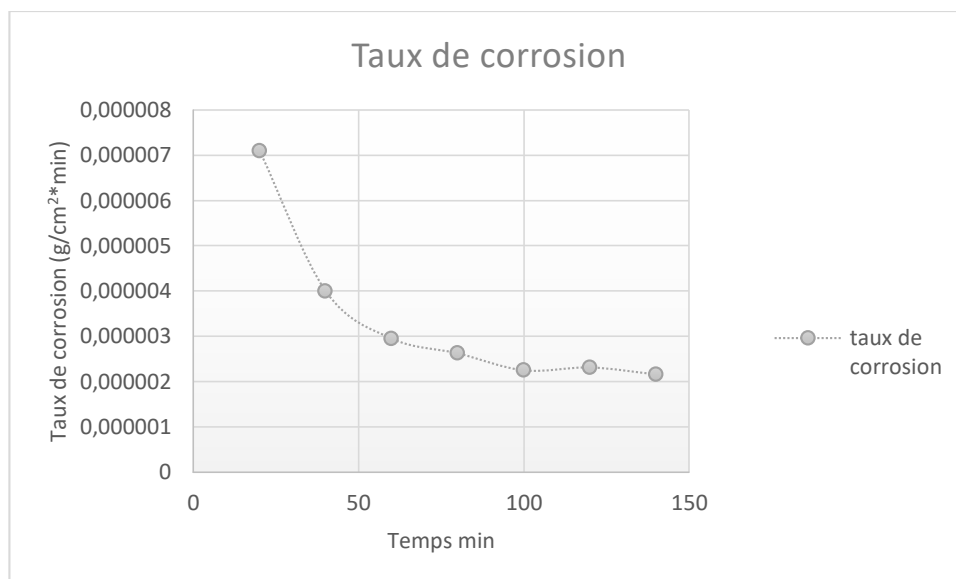


Figure (II, 3): Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (10 ppm) à  $T = T_{\text{ambiant}}$

Tableau (II, 4): Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (15 ppm) à  $T = T_{\text{ambiant}}$

Nombre de prélèvement	Temps (min)	Volume de KMnO4 (ml)	La masse perdue (g)	Taux de corrosion (g/cm².min)
0	20	1,85	0,0051615	6,56178E-06
1	40	2,1	0,00574182	3,64977E-06
2	60	2,35	0,00629424	2,66728E-06
3	80	3,05	0,00799893	2,54225E-06
4	100	3,25	0,0083421	2,12105E-06
5	120	3,95	0,00991845	2,10154E-06
6	140	4,4	0,01080288	1,96195E-06

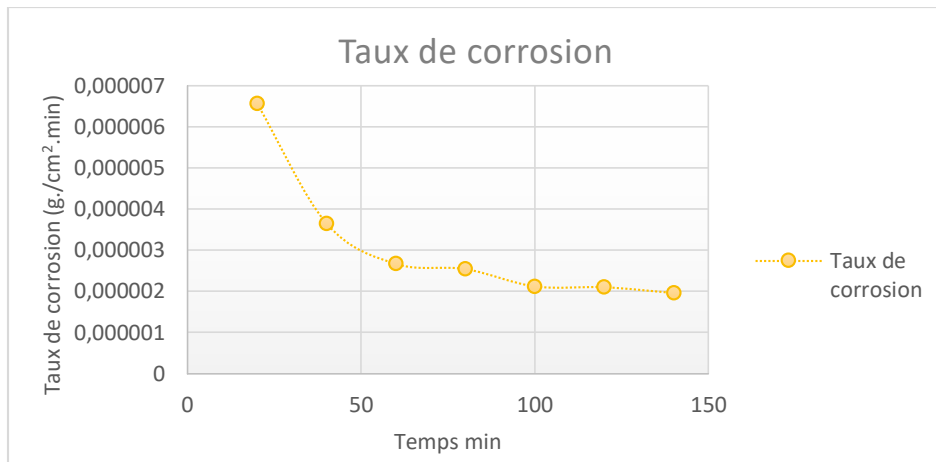


Figure (II, 4) : Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (15 ppm) à  $T = T_{\text{ambiant}}$

Tableau (II, 5) : Les valeurs expérimentales de la vitesse de corrosion d'acier (XC70) en fonction du temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (20 ppm) à  $T = T_{\text{ambiant}}$

Nombre de prélèvement	Temps (min)	Volume de KMnO4 (ml)	La masse Perdue (g)	Taux de corrosion (g/cm².min)
0	20	1,3	0,003627	4,61098E-06
1	40	1,75	0,00478485	3,04148E-06
2	60	2,25	0,0060264	2,55378E-06
3	80	2,75	0,00721215	2,29219E-06
4	100	3,05	0,00782874	1,99053E-06
5	120	3,4	0,0085374	1,80892E-06
6	140	4,25	0,0104346	1,89506E-06

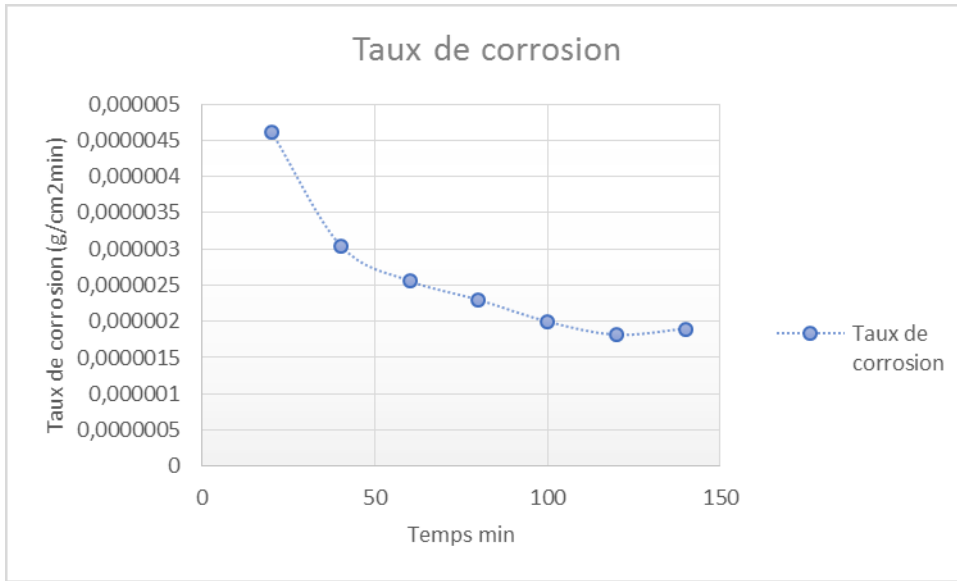


Figure (II, 5): Evaluation de la vitesse de corrosion en fonction de temps en milieu acide HCl (1 mol/l) en présence d'inhibiteur (20 ppm) à  $T = T_{\text{ambiant}}$

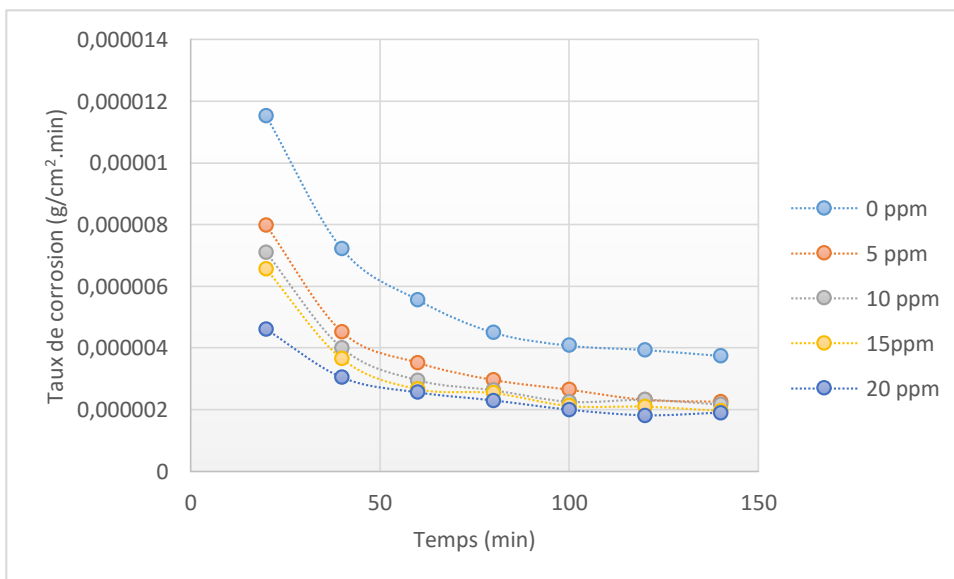


Figure (II, 6): Comparaison les vitesses de corrosion en fonction de temps à différentes concentration d'inhibiteur (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm) à  $T = T_{\text{ambiant}}$

## II.2. Interprétation des résultats

La vitesse de corrosion la plus élevée dans chaque expérience précédent (1, 2, 3, 4, 5) est respectivement (1,15275E-05, 7,98055E-06, 7,09382E-06, 6,56178E-06, 4,61098E-06), elle résulte après 20 minutes d'immersion de l'échantillon dans le milieu corrosif (acide chlorhydrique 1 M). Puis elle est diminuée graduellement en fonction du temps jusqu'à l'obtention des valeurs para-

stables après 100 minutes. Cette diminution peut s'expliquer comme suit :

La surface de l'échantillon qui s'expose en contact avec son environnement donc elle est corrodée rapidement mais, au cours du temps on observe la formation d'une couche des oxydes de fer (rouille) sur cette dernière ce qui exprime une protection partielle contre la corrosion (par passivation).

Parmi les résultats notés au-dessus, la vitesse de corrosion résulte après 100 minutes, donc nous avons choisis : V corrosion ( $V_0$  = (la vitesse sans inhibiteur) = 4,07895E-06, 2,64316E-06, 2,25158E-06, 2,12105E-06, 1,99053E-06)

### II.3. Le taux d'inhibition

$$R = (V_0 - V)/V_0$$

R : le taux d'inhibition.

$V_0$  : la vitesse de corrosion sans inhibiteur.

V : la vitesse de corrosion en présence inhibiteur à C (ppm)

Tous les résultats ont été pris après 100 minutes (d'après l'équilibre), les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau (II, 6): Présent le taux d'inhibition à différent concentrations de l'inhibiteur

Concentration des inhibiteurs (PPM)	La masse perde (g)	La vitesse de corrosion ( $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ )	Le taux d'inhibition
0	0,0160425	4,07895E-06	–
5	0,01039554	2,64316E-06	35,2
10	0,00885546	2,25158E-06	44,8
15	0,0083421	2,12105E-06	48
20	0,00782874	1,99053E-06	51,2

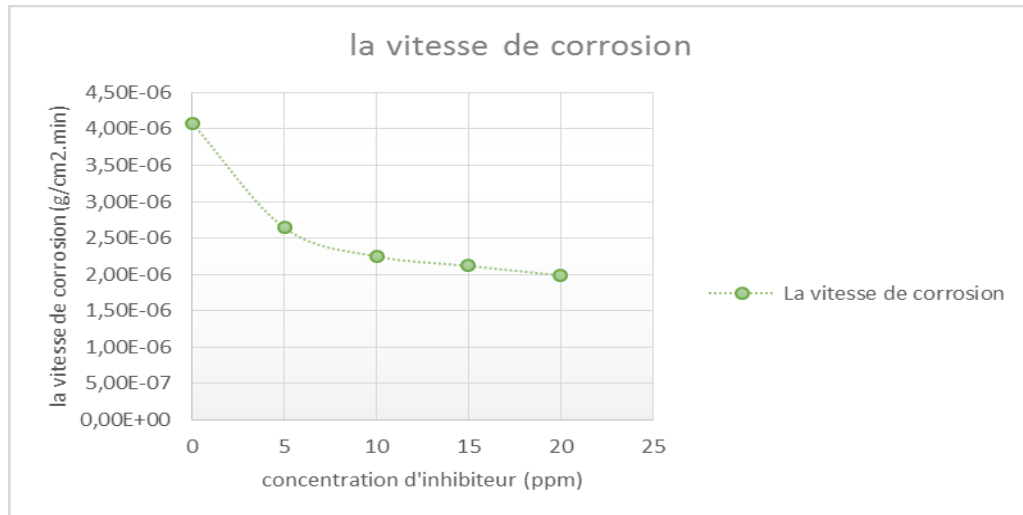


Figure (II, 7) : La variation de vitesse de corrosion en fonction de concentration d'inhibiteur à 100 min

Nous remarquons de la figure (II, 7) : la vitesse de corrosion est diminuée par l'addition de concentration des inhibiteurs jusqu'à stable à concentration 20ppm (concentration optimale des inhibiteurs)

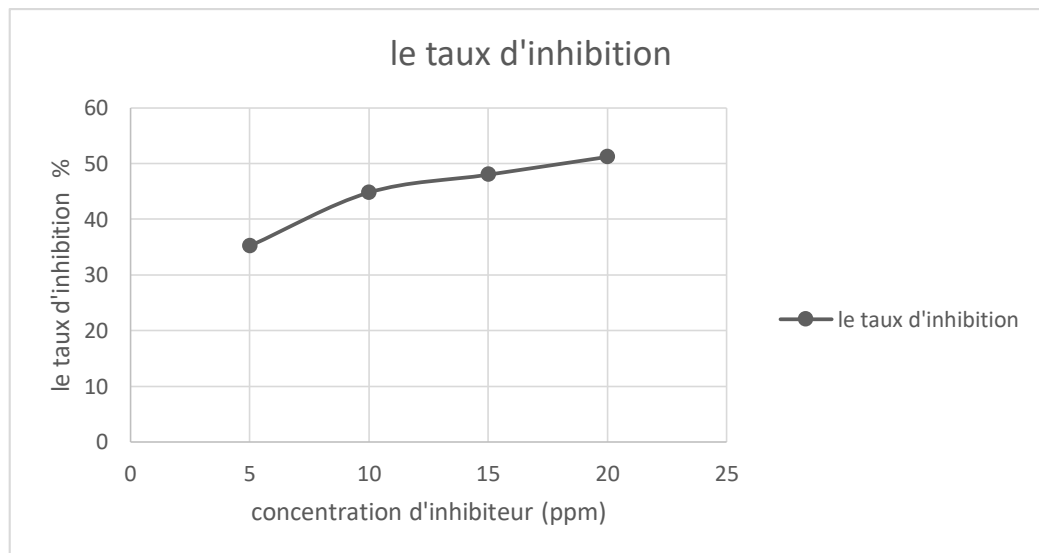


Figure (II, 8) : Présent le taux d'inhibition d'inhibiteur (acétate d'ammonium) dans milieu acide HCL (1M) à température ambiante

Et dans la figure (II, 8) : on observe l'augmentation de taux d'inhibition par l'augmentation de concentration des inhibiteurs jusqu'à para stable à taux maximale 51.2%. cette dernière valeur représente la concentration de l'inhibiteur pour la meilleure protection d'acier dans milieu acide HCL (1M)

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

L'objectif de ce travail de recherche a été d'étudier les propriétés inhibitrices et l'évaluation du pouvoir protecteur d'un inhibiteur organique ; Acétate d'ammonium contre la corrosion de l'acier au carbone XC70 dans un milieu aqueux d'acide chlorhydrique molaire.

Tout d'abord nous avons étudié le comportement électrochimique d'un acier au carbone de type XC70 qui est utilisé dans la construction de réseau de pipelines dans un milieu chloruré molaire ; par une méthode simple de dosage volumétrique (des ions de fer (II) résultent de l'émersion) par le  $\text{KMnO}_4$ .

Les résultats obtenus, montrent que :

- La vitesse de corrosion la plus élevée dans chaque expérience est respectivement ( $1,15275\text{E}-05$ ,  $7,98055\text{E}-06$ ,  $7,09382\text{E}-06$ ,  $6,56178\text{E}-06$ ,  $4,61098\text{E}-06$ ), elle résulte après 20 minutes d'immersion de l'échantillon dans le milieu corrosif (acide chlorhydrique 1 M). Puis elle est diminuée graduellement en fonction du temps jusqu'à l'obtention des valeurs para- stables après 100 minutes.
- La vitesse de corrosion diminue avec l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur jusqu'à une concentration optimale puis se stabilise, nous avons constaté que notre inhibiteur est efficace.
- La concentration optimale de l'inhibiteur donne un rendement de 51.2% et la vitesse de corrosion  $1,99053\text{E}-06 \text{ g/cm}^2\cdot\text{min}$ . Cette dernière valeur représente la concentration de l'inhibiteur pour la meilleure protection d'acier dans le milieu d'acide chlorhydrique molaire

En fin, ce travail nous a permis d'étudier le phénomène de corrosion et de conclure que l'application des résultats de l'utilisation de cet inhibiteur ne peut qu'apporter des résultats bénéfiques.

## Bibliographie

- [1] Sonatrach.entreprise-dz/amont-exploration.html
- [2] Imane Bouali. Étude d'inhibiteurs de corrosion métallique à base d'orthophosphates de zirconium lamellaires fonctionnalisés : synthèse, caractérisations et applications. Matériaux. Université de Lorraine; Université Caddi Ayyad, Marrakech (Maroc), 2018. Français
- [3] TOUHAMI Lanez la corrosion et protection contre la corrosion université d'ouargla 2001/2002
- [4] B. GROSGOGEAT, P. COLON, La Corrosion : Société Francophone de Biomatériaux Dentaires - © Université Médicale Virtuelle Francophone – Date de création du document 2009-2010
- [5] B. Adel, H. Haddi et T. Antara : étude du pouvoir protecteur de l'anode de zinc dans différents milieux sur l'acier ordinaire, Mémoire, université Annaba promotion 2002.
- [6] Dieter Landolt, corrosion et chimie de surfaces des métaux, presses polytechniques et universitaires romandes, Réimpression corrigée 2003.
- [7] BELLOUFI Abderrahim Comportement à la Corrosion d'un Acier Doux, dans un Milieu à Différents pH, en Présence de  $ZnCl_2$  ;MEMOIRE DE MAGISTER ; UNIVERSITÉ HADJ LAKHDAR DE BATNA ; ANNEE UNIVERSITAIRE 2009 / 2010
- [8] JOSEPH F.BOSICH, « prévention de la corrosion », 1977.
- [9] JOHN C.SCULLY, corrosion protection, principes fondamentaux, paris 1995.
- [10] Bechki Lazhar, Synthèse et étude électrochimique, photochimique et structurale de quelques N- alkyl-N-acylferrocenylméthylamines, Thèse de Doctorat en Sciences, Université HADJ LAKHDAR – Batna -2010-2011
- [11] Solokova , E.B., Shebanova, M.P., Zhichkina, V.A., Obshch, Zh., Khim., (1960)

عنوان المذكرة: تثبيط تآكل الفولاذ الكربوني XC70 في وسط حمض الكلور المولاري باستعمال مركب عضوي  
اللقب: اوالصديق.سعدي  
الإسم: خديجة.سامية  
المؤطر: خيرة عامر  
ملخص:..

كرس هذا العمل لدراسة تثبيط أسيتات الأمونيوم (خلات الأمونيوم) لتآكل الفولاذ الكربوني XC70 المستعمل في صنع شبكات نقل الغاز والبتروال في وسط حمضي مشكل بحمض الكلور المولاري، باستعمال طريقة بسيطة وهي معايرة ايونات الحديد الثنائي الناتجة عن الغمر في هذا الوسط الأكال بمحلول برمنغنات البوتاسيوم  $KMnO_4$ . بينت النتائج المتحصل عليها بواسطة هذه الطريقة التقليدية للغمر المباشر في المثبط أنّ هذا الأخير يثبط بشكل فعال تآكل الفولاذ الكربوني في هذا الوسط وتزداد فعاليته بدلالة تركيزه، مع إعطاء التركيز الأمثل بنسبة تثبيط 51.2% وبسرعة  $1.99053 \cdot 10^{-6}$  مع سم  $d/2$ .

كلمات مفتاحية: التآكل، الفولاذ الكربوني XC70، حمضي الكلور، تثبيط، خلالات الأمونيوم، الطريقة الوزنية بالمعايرة، سرعة التآكل، نسبة التثبيط.

**Memory title : Inhibition of corrosion of carbon steel XC70 in molar hydrochloric media by ammonium acetate**

**Name : Ousseddik.Saadi**

**First name :Khedidja.Samia**

**Directed by :**

**K.ameur**

**Abstract**

This work was devoted to the study of ammonium acetate corrosion inhibition of XC70 steel which is used in pipeline system construction in a molar chlorinated medium. By a simple method of volumetric determination (iron ions (II) result from the emersion) by  $KMnO_4$ . The results obtained by this conventional method of direct immersion of the inhibitor have shown that this compound effectively inhibits corrosion of the steel in an acidic environment. Its inhibitory efficiency increases on the one hand with its concentration. The optimum concentration gives a yield of 51.2% and the rate of corrosion  $1,99053E-06$  g/cm<sup>2</sup>.min. This last value represents the concentration of the inhibitor for the best steel protection in the molar hydrochloric acid medium.

**Key words: Corrosion, XC70 carbon steel, chlorinated medium, inhibition, ammonium acetate, volumetric determination, corrosion rate, corrosion rate.**

**Titre du mémoire : Inhibition de la corrosion de l'acier au carbone xc70 en milieu chlorhydrique molaire par l'acétate d'ammonium**

**Nom: Ousseddik.Saadi**

**Prénom: Khedidja.Samia**

**Encadreur: K.Ameur**

**Résumé**

Ce travail a été consacré à l'étude de l'inhibition d'acétate d'ammonium de la corrosion de l'acier XC70 qui est utilisé dans la construction de réseau de pipelines dans un milieu chloruré molaire. Par une méthode simple de dosage volumétrique par le  $KMnO_4$ . Les résultats obtenus par-là cette méthode classique d'immersion directe de l'inhibiteur, ont montré que ce composé inhibe efficacement la corrosion de l'acier en milieu acide. Son efficacité inhibitrice augmente avec sa concentration. La concentration optimale donne un rendement de 51.2% et la vitesse de corrosion  $1,99053E-06$  g/cm<sup>2</sup>.min. Cette dernière valeur représente la concentration de l'inhibiteur pour la meilleure protection d'acier dans ce milieu.

**Mots clés : Corrosion, acier au carbone XC70, milieu chloruré, inhibition, acétate d'ammonium, dosage volumétrique, vitesse de corrosion, taux de corrosion.**