The corrosion inhibition of the ordinary steel in 1.0 M HCl by a bismuth-based vitreous phase: An electrochemical study

Hind EL BOULIFI[1]*, M. Ouakki[1], H. Barebita[1], T. Guedira[1] and M. Cherkaoui[1]

Abstract— La présente étude consiste à l'évaluation du caractère inhibiteur d'une phase vitreuse à base de bismuth, en vue de leur application dans la lutte contre la corrosion de l'acier ordinaire. L'action inhibitrice du produit synthétisé, vis-à-vis de la corrosion de l'acier ordinaire dans un milieu corrosif constitué d'une solution aqueuse HCl 1.0 M a été étudiée à différentes températures et concentrations par les courbes de polarisation potentiodynamique (droites de Tefel). Les résultats ont montré que l'inhibiteur donne une efficacité inhibitrice de 73 à 298K avec 200 ppm du matériau. Les courbes de polarisation montrent que le matériau agit comme un inhibiteur de type cathodique. L'efficacité d'inhibition augmente avec l'augmentation des concentrations d'inhibiteur mais diminue avec l'augmentation des températures.

Index Terms— Acier, Corrosion, Concentration, HCl, Inhibiteur, Phase vitreuse, Polarisation.

1 Introduction

Aujourd'hui, l'acier est un matériau très employé dans notre vie en raison de ses diverses applications à savoir dans l'automobile, les appareils ménagers, les machines industrielles, le génie civil, le génie chimique, la construction naval. Cependant l'acier ordinaire est assujetti à la problématique de corrosion; vue son obligation des domaines qui ne sont pas inertes, ce qui impose leur protection par des différentes méthodes conventionnelles. A savoir la protection par des inhibiteurs à base des substances, minéraux, micellaire, micro-organismes; cependant, la méthode de l'inhibition par des inhibiteurs minérales reste une approche très efficace, en vue d'éviter une corrosion accentuée et rapide. L'utilisation des inhibiteurs est l'une des meilleures options de protection des métaux et alliages contre la corrosion, un meilleur inhibiteur de corrosion doit:

- Abaisser la vitesse de corrosion.
- Etre stable.
- Etre efficace à faible concentration.
- Etre peu onéreux.

Les inhibiteurs inorganiques (chromates, phosphates, molybdates ...) stabilisent la couche d'oxyde sur la surface métallique ou rendent plus alcalin le milieu corrosif. Notre travail est axé sur l'étude de l'effet d'une phase vitreuse (P_1) corrélée avec le système Bi_2O_3-B_2O_3- ($0.5V_2O_5$ -$0.5P_2O_5$) mélange stœchiométrique de matières premières selon le schéma réactionnel (1):

$$(1\text{-}x\text{-}y)Bi_2O_3+2yH_3BO_3+xV_2O_5+2x(NH_4)2HPO\rightarrow$$
$$(1\text{-}x\text{-}y)\ Bi_2O_3\ +\ yB_2O_3\ +\ xV_2O_5\ +\ xP_2O_5\ +3(y+x)H_2O\ +4xNH_3$$

Afin d'assurer une meilleure inhibition de la corrosion des plaques en acier dans une solution d'HCl 1.0 M à différentes concentrations d'inhibiteur. La température du milieu corrosif est l'un des facteurs pouvant modifier le comportement d'un milieu corrosif donné ainsi que l'efficacité inhibitrice du composé. L'effet de la temperature a été etudie pour évaluer la stabilité d'inhibiteur à hautes températures. La performance inhibitrice d'inhibiteur a été évaluée par la technique de polarisation potentiodynamique.

• *Hind EL BOULIFI poursuit actuellement le programme du doctorat au laboratoire matériaux, électrochimie et environnement à l'Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kenitra, Maroc, PH-0668540625. E-mail: elboulifi.hind@uit.ac.ma*

2 Materiels et Methodes

2.1 Testes Electrochimiques

L'étude électrochimique a été réalisée par polarisation potentiodynamique. Les mesures électrochimiques ont été effectuées à l'aide de Potentiostat / Galvanostat / Voltalab PGZ 100 contrôlé par un ordinateur personnel. Les mesures de polarisation ont été effectuées dans la plage de potentiel comprise entre -0.10 V et – 0.90 V avec une vitesse de balayage de 1 mV / s à différentes concentrations et températures

La détermination des paramètres électrochimiques, le potentiel de corrosion E_{corr} et la vitesse de corrosion i_{corr} de la courbe de polarisation ont été effectuées en utilisant une régression non linéaire par le logiciel Origin 6.0. L'électrode de travail est immergée dans la solution corrosive pendant 30 minutes avant chaque expérience afin de stabiliser le potentiel du circuit ouvert.

2.2 Matériau utilisé

L'acier ordinaire utilisé est composé d'un alliage du fer et le carbone; sa composition est: manganèse (0,3 à 0,5 %), silicium (0,1 à 0,6 %), soufre (moins de 0,05 %) et phosphore (moins de 0,05 %). L'inhibiteur est une phase vitreuse corrélée avec le système Bi_2O_3-B_2O_3- ($0.5V_2O_5$ -$0.5P_2O_5$) mélange stœchiométrique de matières premières selon le schéma réactionnel (1). La marge des concentrations étudiées est de 50 à 200 ppm.

3 Resultats et Discussion

3.1 Effet de la concentration

Les courbes de polarisation et les valeurs des paramètres électrochimiques sont respectivement représentées à la Fig. 1 et

tableau 1.

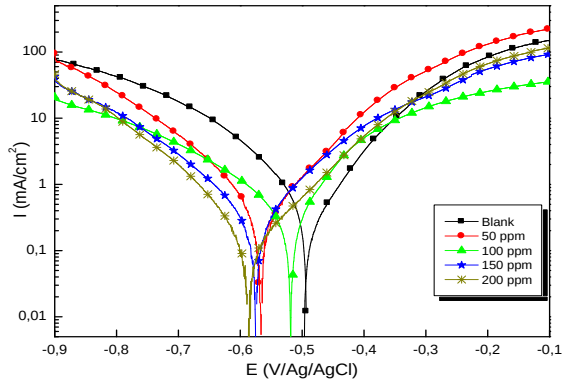

Fig. 1. Courbes de polarisation obtenues pour l'acier ordinaire immergé dans la solution corrosive aux différentes concentrations en inhibiteur.

Les diagrammes de Tafel (Fig. 1) ont montré que l'augmentation de la concentration d'inhibiteur diminue le courant cathodique et anodique et nous constatons que l'addition de ce composé vitreux (P_1) provoque un déplacement du potentiel de corrosion vers des valeurs plus cathodiques. Ce qui montre l'effect cathodique d'inhibiteur. Tandis que l'efficacité inhibitrice augmente avec la concentration de l'inhibiteur et atteint 73.5% à 200 ppm.

TABLEAU 1 : PARAMETRES OBTENUS A PARTIR DES COURBES COURANT-TENSION A DIFFERENTES CONCENTRATIONS EN P_1.

[C](ppm)	Ecorr(mV/SCE)	Icorr(µA/cm2)	-bc(mV)	ba(mV)	E%
Témoin	-498	983	140	-	-
50	-567	518	119	0.473	47,3
100	-523	433	138	0.559	55,9
150	-572	402	136	0.591	59,1
200	-585	252	113	0.743	73,5

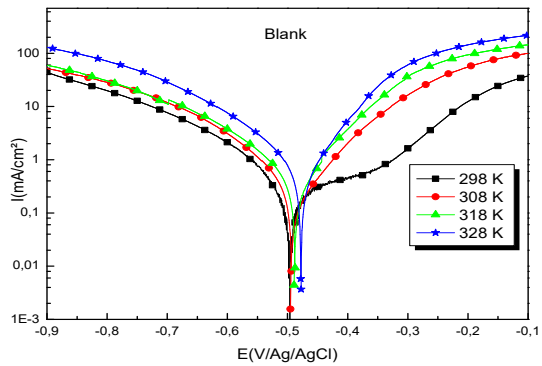

Fig. 2. Courbes de polarisation stationnaire à différentes températures relatives au comportement de l'acier dans HCl 1M sans inhibiteur.

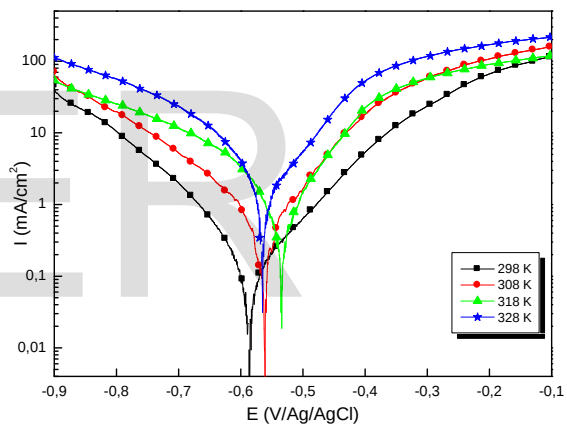

Fig. 3. Courbes de polarisation stationnaire à différentes températures relatives au comportement de l'acier dans HCl 1M + 200ppm d'inhibiteur P_1.

3.2 Effet de la Temperature

Pour déterminer l'effet de la température sur le pouvoir inhibiteur de P_1 sur l'acier ordinaire en milieu HCl 1.0 M, nous avons effectué une caractérisation électrochimique à différentes températures. Les courbes de polarisation sont représentées sur les Figures 2 et 3. Les paramètres électrochimiques sont regroupés dans le Tableau 2.

L'augmentation de la température provoque un accroissement des valeurs de la densité du courant de corrosion i_{corr} dans tout le domaine de température étudié et par conséquent l'efficacité inhibitrice a diminué.

En milieu acide, la dissolution du métal s'accompagne d'une libération d'hydrogène gazeux et l'élévation de la température augmente généralement la cinétique de désorption de l'inhibiteur de la surface du metal à température plus élevée, ce qui entraîne la dissolution du métal. C'est pourquoi l'efficacité d'inhibition diminue lorsque la température passe de 298 K à 328 K.

IJSER

TABLEAU 1 : PARAMETRES OBTENUS A PARTIR DES COURBES COURANT-TENSION A DIFFERENTES TEMPERATURES.

T(K)	E_{corr} (mV/ SCE)		I_{corr} (µA/cm²)		E%
	Témoin	Inhibiteur	Témoin	Inhibiteur	
298	-498	-585	983	252	73,5
308	-491	-562	1200	337	70,2
318	-475	-533	1450	438	67,6
328	-465	-565	2200	719	64,4

L'étude de l'influence de température sur la cinétique de la corrosion peut faciliter la compréhension du mode d'action de l'inhibiteur. En effet l'inhibiteur agit par simple adsorption physique à la surface du métal bloquant ainsi les sites actifs et par suite diminuent les courants de corrosion.

4 CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons étudié l'effet d'inhibiteur P_1 sur l'acier ordinaire en milieu HCl 1.0 M. Les résultats obtenus par l'utilisation de polarisation potentiodynamique nous ont permis de formuler les conclusions suivantes :

- Les résultats obtenus montrent que la phase vitreuse à base de verre borate étudiée est un bon inhibiteur de corrosion pour l'acier ordinaire en milieu HCl 1.0 M.
- L'efficacité augmente avec la concentration en inhibiteur P_1 pour atteindre 74 % à une concentration de 200 ppm.
- L'efficacité d'inhibition de P_1 diminue avec l'augmentation de la température.

Pour completer ce travail, une étude par spectroscopie d'impédance électrochimique sera réalisée. Elle permettra une bonne compréhension du mode d'action de cet inhibiteur.

ACKNOWLEDGMENT

L'auteur aimerait remercier le comité d'organisation de la conférence internationale de Recherche Scientifique et d'études Doctorales "Innovation et science moderne appliquée" de m'avoir donné l'occasion extraordinaire de publier mon article .

REFERENCES

[1] F.OKHA Mémoire de Desa, Faculté des sciences de Kénitra (2004).
[2] M. BELFAQUIR, T. GUEDIRA, S. M. D. ELYOUBI, J. L. REHSPRINGER. Étude structurales des verres borate du système Bi2O3-B2O3-P2O5. ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130302 (2013).
[3] A.K. Hassan, L. BOrjesson, L.M. Torell, J. Non-Cryst. Solids 172/174 ¨ (1994) 154–160
[4] Zuvi Zhang and N.Soga.Physics Chemestry of glasses Vol.32 N° 4 (1991)
[5] G.D. ,E.I.Kamitos and W.M.Risen Jr, Journal of Non-Crystalline Solids 93(1987)155
[6] T. Guedira, Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois (1989)
[7] M. Belfaquir, T. Guedira, S. M. D. Elyoubi, J. L. REHSPRINGER. Étude vibrationnelle et électrique des verres de phosphate isolés dans le système Bi2O3-B2O3-P2O5. ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5 , N ° 130303 (2013)
[8] X.Li, S.Deng, G.Mu, Hui.Fu, F.Yang, Corrosion Science, 50 (2008) 420–430.
[9] M.Sahin, S.Bilgic, H. Yılmaz , Applied Surface Science, 195(2002)1-7
[10] Elbadaoui, A., Galai, M., Cherkaoui, M., Guedira, T. Preparation and characterization of a vitreous phase and application as a corrosion inhibitor in acidic medium, Der Pharma Chemica. 8(6), 2016, 214-221

IJSER