

Spectroscopie d'Impédance électrochimique : Suivi du colmatage et du nettoyage in situ d'une membrane d'ultrafiltration.

Zine-Ellabidine Hammache,^a Anne Pensel,^a Anthony Szymczyk^a

^a *Univ Rennes, CNRS, ISCR (Institut des Sciences Chimiques de Rennes) - UMR 6226, F-35000 Rennes, France*
anne.pensel@univ-rennes.fr

Les systèmes à membrane actionnés par la pression et en particulier l'ultrafiltration (UF) sont largement utilisés dans les industries de traitement des eaux usées et des eaux usées huileuses. Le fluide à filtrer contient souvent des matériaux qui ne peuvent pas traverser la porosité de la membrane, provoquant un colmatage à l'intérieur de cette porosité et/ou à la surface par dépôt et/ou adsorption de composés organiques et/ou inorganiques [1]. Cela entraîne alors une baisse considérable des performances du procédé. Diverses procédures de nettoyage (physique, chimique/enzymatique et oxydation) sont nécessaires pour une utilisation efficace et à long terme. Il est donc essentiel de détecter le colmatage dès ses premiers stades afin de choisir la méthode de nettoyage la plus appropriée. Dans cette étude, la spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS) a été utilisée pour la détection du colmatage. Deux modèles de colmatage organique ont été utilisés : l'un basé sur l'huile, qui provoque un colmatage externe (à la surface de la membrane) et interne irréversible (à l'intérieur de la porosité), et l'autre basé sur les protéines d'albumine sérique bovine (BSA) qui pourrait provoquer également les deux types de colmatage mais contrairement à l'huile, le colmatage avec la BSA ne permet pas un blocage total des pores. Les mesures in situ d'impédance électrochimique ont permis de distinguer ces deux types de colmatage, qui ne se comportent pas de la même manière. Contrairement à la membrane UH050 vierge, le diagramme de Nyquist révèle une boucle inductive dans la plage 10^5 - 10^3 Hz [2], après 18h de colmatage avec de l'huile de tournesol en utilisant la méthode décrite par Rouquié et al. [3]. Cette boucle inductive est directement liée à la présence de l'huile à l'intérieur de la porosité de la membrane. Le lien entre la boucle inductive et la matière colmatante a été mis en évidence pour la première fois dans le présent travail. Le tracé de Nyquist de la membrane colmatée par BSA après 18 heures de temps d'exposition diffère par rapport au colmatage à l'huile de tournesol ; aucune boucle inductive n'a été observée. Le suivi in situ du nettoyage de la membrane UH050 colmatée par l'huile de tournesol par le dodécylsulfate de sodium (SDS) montre la disparition de la boucle inductive après seulement 13,36 min de nettoyage. Cette disparition est progressive, et après 16 minutes, la membrane retrouve son tracé de Nyquist original. Le lien entre la présence du matériau colmatant dans la porosité de la membrane a été vérifié par microscopie électronique à balayage (MEB) et par des mesures des taux de gonflement. Après nettoyage, le taux de gonflement déterminé est très proche de celui de la membrane vierge, la membrane retrouve à nouveau son caractère hydrophile. Cela confirme l'efficacité du nettoyage chimique utilisé. Cette étude démontre que l'EIS, technique non invasive, permettrait de détecter et distinguer le type de colmatage ainsi que le suivi in situ du nettoyage.

Références

- (1) Tanudjaja, H.J.; et al. *J. Water Process Eng.* **2022** 50, 103294.
- (2) Sim, L.N.; et al. *J. Memb. Sci.* **2013** 443, 45–53.
- (3) Rouquié, C.; et al. *J. Memb. Sci.* **2020** 599, 117707.

Revisiter la dissolution du Ni dans l'acide sulfurique : cinétique de dissolution élémentaire *via* AESEC-EIS

Junsoo Han^a, Kevin Ogle^b, Bernard Tribollet^a

^aSorbonne Université, CNRS, Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques, LISE, F-75005 Paris, France

^bChimie ParisTech, PSL University, CNRS, Institut de Recherche Chimie Paris (IRCP), F-75005, Paris, France

junsoo.han@sorbonne-universite.fr

La spectroélectrochimie d'émission atomique (atomic emission spectroelectrochemistry, AESEC) couplée à la spectroscopie d'impédance électrochimique (electrochemical impedance spectroscopy, EIS) peut fournir des informations complémentaires aux mesures électrochimiques conventionnelles, car on pourrait décomposer les réactions faradiques spécifiques aux éléments contribuant à la réponse de l'impédance.¹ Ce couplage permet de distinguer les mécanismes de dissolution anodique et cathodique d'une part, et entre dissolution et formation de film d'autre part.^{2,3}

Dans ce travail, la cinétique de dissolution du Ni dans l'acide sulfurique est revisitée en utilisant le couplage AESEC-EIS. Les deux pics anodiques observés lors de la dissolution active du Ni dans l'expérience de voltamétrie à balayage linéaire^{4,5} sont dus au balayage de potentiel cathodique précédent. Le deuxième pic d'oxydation mesuré par l'AESEC a montré une dissolution faradaïque : courant de dissolution équivalent du Ni = courant électrique. Avec cette observation, on peut exclure la possibilité que certains des mécanismes proposés précédemment comme l'oxydation des oxydes provoque ce pic anodique qui n'est pas une réaction faradaïque.⁶ Le balayage du potentiel cathodique a provoqué une formation intense d'espèces d'hydroxyde de Ni, qui ont un effet catalytique sur la dissolution du Ni, démontré par les résultats de l'AESEC-EIS.

Les paramètres électrochimiques à l'échelle élémentaire peuvent être obtenus par AESEC-EIS, par exemple les pentes de Tafel élémentaires, les diagrammes de Nyquist/Bode élémentaires, ce qui pourrait aider à mieux comprendre le mécanisme de dégradation élément par élément. Des mécanismes de réaction anodiques et cathodiques « raffinés » peuvent être obtenus en distinguant les composantes anodiques (Z_a) et cathodiques (Z_c) de l'impédance à partir des données AESEC-EIS. L'impédance inductive à basse fréquence de diagramme de Nyquist est due à la relaxation des espèces d'hydrogène adsorbées, indiqué par l'analyse du diagramme de Bode élémentaire, obtenu par AESEC-EIS.

Références

- ¹ B. Sultan *et al.*, *Curr. Opi. Electrochem.*, **2023**, 41:101350, <https://doi.org/10.1016/j.coelec.2023.101350>
- ² J. Han *et al.*, *npj Mater. Degrad.*, **2020**, 4:19, <https://doi.org/10.1038/s41529-020-0123-0>
- ³ J. Han *et al.*, *J. Electrochem. Soc.*, **2022**, 169:081507, <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ac862b>
- ⁴ M. Itagaki *et al.*, *Corros. Sci.*, **1997**, 39(5):901-911, [https://doi.org/10.1016/S0010-938X\(97\)81157-2](https://doi.org/10.1016/S0010-938X(97)81157-2)
- ⁵ H. Saifi *et al.*, *J. Fail. Anal. & Preven.*, **2019**, 19:1597-1606, <https://doi.org/10.1007/s11668-019-00761-4>
- ⁶ T.S. De Gromoboy *et al.*, *Electrochim. Acta*, **1966**, 11:895-904, [http://doi.org/10.1016/0013-4686\(66\)87066-4](http://doi.org/10.1016/0013-4686(66)87066-4)

Etude de l'influence des paramètres électriques sur la morphologie, la résistance à la corrosion et les propriétés mécaniques des couches obtenues par oxydation électrolytique plasma de l'alliage d'aluminium AA2024

José RAKOTONIRINA^{a,b}, Alex MONTAGNE^a, Marie-Georges OLIVIER^b

^a *LAMIH, CNRS, UMR 8201, Université Polytechnique Haut-de-France, 59313 Valenciennes, France*

^b *Service science des matériaux, Université de Mons, 20 Place du Parc, 7000 Mons, Belgique*
Courriel de l'auteur présentant : HeriniainaJose.RAKOTONIRINA@umons.ac.be

Résumé :

Les alliages d'aluminium AA2024 sont largement utilisés dans le domaine de l'aéronautique et de l'aérospatial en raison de leur légèreté et de leurs propriétés mécaniques. Ces alliages ont comme principaux éléments d'alliage le cuivre et le magnésium qui leur confèrent des propriétés mécaniques améliorées grâce à la précipitation des phases comme Al_2Cu et Al_2CuMg . Cependant, ces composés intermétalliques limitent la résistance à la corrosion de l'alliage par la formation de couplages galvaniques avec la matrice en aluminium. Afin de combiner propriétés mécaniques et résistance à la corrosion de l'alliage d'aluminium AA2024, des procédés de traitement de surface sont utilisés. L'oxydation électrolytique par Plasma (PEO) fait partie de ces procédés. Ce procédé est innovant, simple et respectueux de l'environnement. Il consiste à la création de micro-décharges plasma, par l'application d'un courant électrique principalement anodique, sur la surface du substrat dans une solution électrolytique permettant la formation d'une couche d'oxyde cristalline et intrinsèquement poreuse. Les caractéristiques de cette couche d'oxyde dépendent de la nature du substrat, de la composition et de la température de l'électrolyte, de la durée du traitement et des paramètres électriques. Dans ces travaux, nous avons étudié les effets des paramètres électriques et de la hausse de température générée dans l'électrolyte sur la résistance à la corrosion, la morphologie, la dureté et la résistance à l'usure de la couche de revêtement. Nous avons utilisé un générateur de courant continu bipolaire pulsé qui nous permet, selon la valeur du RCQ imposée, d'avoir deux types de régimes : le régime arc ($RCQ > 1$) et le régime soft ($RCQ < 1$). RCQ ou le ratio charge quantité est le rapport entre la charge positive Q_P et la charge négative Q_N . L'épaisseur, la morphologie ainsi que la composition chimique et cristallographie ont été déterminées par microscopie électronique à balayage, analyse EDS et diffraction des rayons X. La résistance à la corrosion de la couche de revêtement est évaluée dans une solution de 0.1 M NaCl par spectroscopie d'impédance-électrochimique réalisée pendant une durée de 4 semaines. La dureté a été déterminée par nanoindentation et la résistance à l'usure par essais de tribologie. Les différents régimes de PEO affectent la microstructure, la composition chimique, le taux de croissance ainsi que les caractéristiques mécaniques de la couche.

Using Scanning Electrochemical Microscopy (SECM) as the Water Sensor for Organic Coatings

Dao Trinh^a, Ismail Kada^a, Stéphanie Mallarino^a, Sébastien Touzain^a

^a *Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (LaSIE) UMR CNRS 7356, Université de La Rochelle, La Rochelle, France*
Email: quang-dao.trinh@univ-lr.fr

During hygrothermal aging of organic coatings, water uptake results in a modification of barrier properties and potentially causes swelling, which is challenging to estimate (1). A DGEBA/DAMP polyepoxide resin was allowed to swell under two conditions: as free films and as coatings applied onto a metallic substrate. The swelling of the coatings was in situ monitored using scanning electrochemical microscopy (SECM). SECM is used as the sensor to monitor water adsorption and swelling during the physical aging of the coatings.

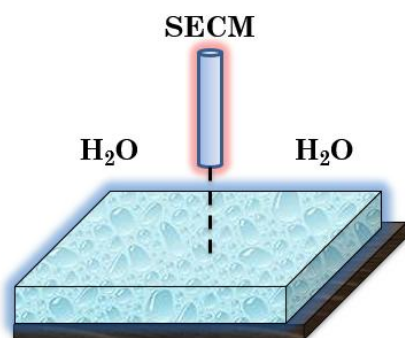


Figure 1: Using SECM as the water probe for organic coatings.

The phenomenon of hygroscopic swelling was then observed and linked to the water content (2), the amount of pigment (3), and the film thickness. Subsequently, the swelling of free films was compared to that of coated substrates. The coatings exhibited greater swelling than the free films, likely due to residual stresses generated at the interface between the coating and substrate.

It was shown that the physical aging of organic coatings strongly affects the water uptake process, resulting in lower water uptake values at saturation. The service life of an organic coating can be linked to the water content at saturation, which may induce corrosion of the substrate. Additionally, it is related to adhesion, which prevents direct contact between the substrate and the aggressive environment. The effect of physical aging on water uptake of epoxy coatings onto is also investigated (4).

References

- (1) G Bouvet, **D Trinh**, S Mallarino, X Feugas, S Touzain, *Progress in Organic Coatings* (2016), 13
- (2) Mallarino, A Renaud, **D Trinh**, S Touzain, *Journal of Applied Polymer Science* 139 (2022), e53162
- (3) CV Lacombe, G Bouvet, **D Trinh**, S Mallarino, S Touzain, *Progress in Organic Coatings* 124 (2018), 249-255
- (4) I Kada, **D Trinh**, S Mallarino, S Touzain, *Electrochimica Acta* 454 (2023), 142381

Influence de l'oxygène sur la corrosion des aciers bas carbone

Sylvie Delpech, Quentin Le Moene, Davide Rodrigues, Céline Cannes

Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab, 91405 Orsay, France
Email / Courriel de l'auteur présentant: sylvie.delpech@ijclab.in2p3.fr

Résumé

Les déchets nucléaires de haute et moyenne activité à vie longue issus du retraitement du combustible des centrales nucléaires, représentent moins de 4% en volume de la totalité des déchets produits mais concentrent près de 99,9% de la radioactivité émise. Ces déchets sont actuellement entreposés en attendant la mise en service du Centre Industriel de stockage Géologique (Cigéo). La sûreté du centre Cigéo est basée sur un principe multi-barrière qui doit assurer le confinement des radionucléides le temps nécessaire à leur décroissance radioactive. La première barrière est constituée par la roche, le Callovo-Oxfordien et le centre est prévu d'être creusé à - 500 m sous terre. Les déchets de Haute Activité (HA) seront stockés dans des alvéoles, micro-tunnel d'une centaine de mètres, constitués d'un chemisage en acier de nuance API 5L X65 dans lequel seront placés les colis de stockage. Cet acier est soumis à un environnement qui évoluera dans le temps de la période de creusement des alvéoles jusqu'à leur fermeture. Elles sont caractérisées par des variations de température (de l'ambiante à 50°C), de teneur en oxygène (de 0 à 20%) et de composition de solution (apport d'ions sulfates, chlorures...) au contact de cet acier (évolution du pH dans le temps, du fait de la présence d'un matériau cimentaire mis en place à l'extrados du chemisage). Après fermeture de l'alvéole, l'air de la galerie pouvant s'infiltrer à travers les fractures de la roche ("Excavation Damage Zone (EDZ)"), l'Andra propose d'inertiser l'alvéole en le mettant sous gaz contrôlé à faible teneur en O₂.

L'objectif de cette étude est de quantifier l'influence de la teneur en oxygène sur la vitesse de corrosion de l'acier de chemisage après fermeture des alvéoles afin de s'assurer que malgré une faible teneur en oxygène, la cinétique de corrosion du matériau de chemisage reste dans un domaine compatible avec l'épaisseur et la durée de vie de l'acier.

L'étude expérimentale a été réalisée dans une solution correspondant à la composition de l'eau qui pourrait arriver à l'intérieur de l'alvéole à 50°C (température maximale des premiers colis HA stockés) pour des teneurs en oxygène comprises entre 0% et 20%. Un dispositif expérimental spécifique a été développé pour étudier la corrosion de l'acier immergé dans la solution porale en équilibre avec différentes atmosphères gazeuses. En parallèle, des études électrochimiques ont été menées afin de proposer un mécanisme réactionnel de corrosion de l'acier qui corroborent les observations expérimentales. Finalement, nous avons mis en évidence une corrélation directe entre la vitesse de corrosion et la teneur en O₂ de la phase gazeuse.

Les auteurs tiennent à remercier l'Andra pour le co-financement de cette étude.

Inhibition de la corrosion de l'acier au carbone par effet de synergie apporté par l'hydroxyde double lamellaire intercalant l'éthylènediamine-disuccinique

Gata Joseph. Ayemi^a, Sabrina Marcelin^a, Sandrine Thérias^b, Fabrice Leroux^b, Bernard Normand^a

^a INSA Lyon, CNRS, UCBL1, MATEIS UMR5510, 69621 Villeurbanne, France

^b Université Clermont-Auvergne-CNRS-UMR 6296, ICCF, 63178 Aubière, France
sabrina.marcelin@insa-lyon.fr

Les hydroxydes doubles lamellaires (HDL) sont considérés comme des réservoirs intéressants en tant qu'inhibiteurs de corrosion, car ils ont une grande capacité à libérer l'inhibiteur sous forme anionique et à capturer les ions agressifs de la solution aqueuse. Pour la protection contre la corrosion de l'acier au carbone XC38, l'anion l'éthylènediamine-N,N' -disuccinate (EDDS⁴⁻) a été intercalé avec succès entre les feuillets de HDL, ce qui a conduit à un assemblage hybride $[Zn_2Al(OH)_6]^+ [EDDS]^{4-} \cdot 0,25 \cdot 2H_2O$ (HDL-EDDS⁴⁻).

Le comportement électrochimique de l'acier au carbone a ensuite été étudié dans une solution de chlorure de sodium neutre et aérée et a montré que la réactivité de la surface de l'acier au carbone était significativement réduite en présence des HDL-EDDS⁴⁻ fonctionnalisés. Pour élucider le mécanisme d'inhibition fourni par le composé intercalé HDL-EDDS⁴⁻, chaque composé constituant la phase HDL fonctionnalisée a été étudié seul (Zn^{2+} , Al^{3+} ou EDDS⁴⁻) ou en combinaison. Un effet de synergie entre les cations Zn^{2+} et les anions EDDS⁴⁻ a été démontré par le tracé des courbes de polarisation dans le domaine anodique couplé à des observations visuelles et par microscopie électronique à balayage de la surface de l'acier après exposition au milieu au potentiel de corrosion. Pour élucider le mécanisme d'inhibition de la corrosion de l'acier au carbone et évaluer l'efficacité apportée par le composé hybride HDL-EDDS⁴⁻, la spectroscopie d'impédance électrochimique a été mise en œuvre (1) et sera présentée lors de cette présentation.

Reference

(1) Ayemi, G. J., Marcelin, S., Thérias, S., Leroux, F., Normand, B., *Applied Clay Science* **2022**, 222, 106497.

Revêtements anticorrosion à base de polymères naturels

Ambre Bousseau,^a Corinne Nardin,^a Cyril Cugnet,^a and Viktoriia Drebezghova^b

^a *Université de Pau, IPREM UMR CNRS 5254, Technopôle Helioparc 2 av. Président Pierre Angot, Pau, France*

^b *Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, Le Mans, France*

ambre.bousseau@etud.univ-pau.fr

Abstract / Résumé

La corrosion, un phénomène omniprésent dans notre environnement, est une réaction chimique complexe qui résulte de l'interaction entre un matériau et son environnement. Ce processus insidieux peut causer des dommages considérables aux infrastructures, aux équipements industriels, particulièrement à ceux composés de métaux. À cette problématique s'ajoute la réglementation REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) qui va conduire très prochainement à une modification massive des procédés de traitement de surface pour lutter contre la corrosion afin que ces procédés respectent les normes environnementales.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce projet, le but étant d'anticiper les évolutions possibles de cette réglementation et donc de chercher un revêtement toujours plus respectueux de l'environnement. L'approche envisagée dans ce projet est l'utilisation de polymères biosourcés, biodégradables, biocompatibles ayant des propriétés anticorrosion comme revêtements protecteurs sur des surfaces métalliques [1][2].

Ce projet comprend plusieurs grandes étapes dont l'élaboration des revêtements, leurs caractérisations, l'analyse de leurs propriétés anticorrosion et l'optimisation de la préparation de surface.

References

- (1) Drebezghova, V. *Publication en cours 2024*
- (2) Schindler, S.; Aguiló-Aguayo, N.; Dornbierer, U.; Bechtold, T. *Anodic Coating of 1.4622 Stainless Steel with Polydopamine by Repetitive Cyclic Voltammetry and Galvanostatic Deposition*. **2019**, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(1), 236-244

Newly synthesized benzylamine compound as green corrosion inhibitor for brass 62/38 in 200 ppm NaCl medium

Hamza HAILOU^a, Sara Taghzouti^a, I. AIT LAHCEN^b, Mohamed EBN TOUHAMI^a,
Nourdine ERRAHMANI^a, Rachid TOUIR^c, El Hassan EL KAFSSAOUI^a

^a *Advanced Materials and Process Engineering Laboratory, Ibn Tofail University,
Kénitra, Morocco*

^b *Equipe de Chimie de Coordination et Catalyse, Département de Chimie, Faculté des
Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, BP 2390, 40001 Marrakech, Morocco*

^c *Regional Center for Education and Training Professions (CRMEF), Kenitra, Morocco.
Email: hamza.hailou@uit.ac.ma*

Abstract

The inhibition effect of recently green synthesized benzylamine compound on the brass 62/38 corrosion in 200 ppm NaCl solution, using electrochemical techniques, spectroscopy analysis and theoretical investigation. It is found that this compound reacts as a good inhibitor for brass 62/38 corrosion, where its inhibition increases with its concentration, reaching 94% at low concentration (100 ppm). Polarization measurements indicated that the tested product acts as a mixed type inhibitor, by the change for both anodic and cathodic reactions. In addition, the EIS measurements indicated the presence of two loops and the polarization resistance value increases with the inhibitor addition, indicating its performance for the corrosion brass 62/38.[1, 2]

The temperature impact on corrosion behavior of brass 62/38 in the range of 298 to 328 K was investigated and it was found that the inhibitor take its inhibition efficiency. Complementary SEM/EDX analysis corroborated the formation of a protective layer on the brass 62/38 surface, confirming the electrochemical results. Finally, this study was confirmed and explained using theoretical studies.[3]

References

- (1) Khelifou, R., Touir, R., Koulou, A., Bakri, H. El, Rbaa, M., Touhami, M.E., Zarrouk, A., Benhiba, F.: The influence of low concentration of 2-(5-methyl-2-nitro-1H-imidazol-1-yl)ethyl benzoate on corrosion brass in 0.5 M H₂SO₄ solution. *Surfaces and Interfaces*. 24, 101088 (2021). <https://doi.org/10.1016/J.SURFIN.2021.101088>
- (2) Liu, Y., Hu, Y., Hao, H., Zheng, X.: Electrochemical and Theoretical Studies of Corrosion Inhibition Effect of Durio zibethinus Peel Extract on Copper in the Artificial Seawater. *Int J Electrochem Sci*. 17, 220343 (2022). <https://doi.org/10.20964/2022.03.27>
- (3) Vashishth, P., Bairagi, H., Narang, R., Shukla, S.K., Mangla, B.: Thermodynamic and electrochemical investigation of inhibition efficiency of green corrosion inhibitor and its comparison with synthetic dyes on MS in acidic medium. *J Mol Liq*. 365, 120042 (2022). <https://doi.org/10.1016/J.MOLLIQ.2022.120042>

An experimental and theoretical study by DFT of the corrosion inhibition of carbon steel in a 3% NaCl medium by a new terpolymer chemically synthesized.

Abdelkader BENCHIKH^a, Samir BELKACEMI^a, Laid MAKHLOUFI^a

^a *Laboratoire d'Electrochimie, Corrosion et de Valorisation Energétique (LECVE), Faculté de Technologie, Université de Bejaia, 06000, Bejaia, Algeria*
Email : abdelkader.benchikh@univ-bejaia.dz

Abstract

Research into conductive polymers, which are new conductive materials that can be easily synthesized by chemical and electrochemical means, has led to an explosion in fundamental research, which has considerably increased the field of application of these materials, giving new impetus to the fight against corrosion.

In this work, A terpolymer and polymers were synthesized by chemical oxidative polymerization using ammonium persulfate as an oxidant in a hydrochloride aqueous medium. The resultant terpolymer and polymers were characterized by different characterization methods, we investigated the use of this synthesized terpolymer as an organic corrosion inhibitor for carbon steel in an aggressive medium of 3% NaCl. This study was carried out using potentiodynamic and electrochemical impedance measurements using a steel electrode. The results showed that the cathodic and anodic currents are affected by the addition of the copolymer, so the inhibitory action of the terpolymer is of the mixed type. The phenomenon of adsorption of this inhibitor was demonstrated by electrochemical impedance measurements. The inhibitory efficiency increases proportionally with the inhibitor concentration while remaining in the low concentration range.

The molecular structure effect on the corrosion inhibition efficiency was investigated using DFT calculations. The parameters for the structural and electronic systems were calculated and discussed. The obtained results show that the experimental studies agree well and confirm that the terpolymer is a good inhibitor.

References

- (1) Benchikh, A; Belkacemi, S and all, Journal of Molecular Structure, Chemical synthesis and characterization of a soluble copolymer poly (methoxyaniline-co-orthotoluidine), application as corrosion inhibitor of carbon steel in 3% NaCl medium, (2023) 1274, 134562.