

Propriétés inhibitrices de la corrosion de la fonte par une molécule organique en milieu acide chlorhydrique

FERHAT Nesrine Souad⁽¹⁾ *, FERHAT Mahmoud⁽¹⁾, SAHMI Abdelghani⁽²⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de Mécanique, université Amar Telidji Laghouat

⁽²⁾ department of chemistry, faculty of science, university of Saida, Algeria

Email* : souadnesrineferhat@gmail.com

Résumé

Un composé organique nouvellement synthétisé (Z)-4-(4-(diméthylamino)-benzylidène)-3-méthylisoxazol-5(4H) one noté OX, est testé comme inhibiteur de corrosion de la fonte dans une solution HCl 1M. Nous avons montré que la molécule OX possède de bonne propriété inhibitrice. Une EI de 68% par la méthode de perte de masse et 71% par la méthode de Tafel, 76% par EIS. Les différents paramètres cinétiques et thermodynamique calculées, ont permis d'établir le type d'isotherme d'adsorption ; une isotherme de type Langmuir. Les valeurs de ΔG_{ads}° montrent que cette molécule interagit avec la fonte par simple adsorption en bloquant les sites actifs de la surface de la fonte ductile

Mots clés Molécule organique synthétisée, la fonte, corrosion ; inhibition, Isotherme d'adsorption, étude électrochimique, DFT

Méthode de perte de masse

Variation de la perte de masse de la fonte en fonction de la concentration d'OX en milieu acide HCl 1M après 24h d'immersion.

| [OX] (μM) | Δ m (g) | I (μg/cm ² .h) | η (%) |
|-----------|---------|---------------------------|-------|
| 0 | 1.0470 | 8.57 | / |
| 5 | 0.8809 | 8.0 | 6.60 |
| 10 | 0.798 | 7.46 | 12.99 |
| 50 | 0.4817 | 4.54 | 46.98 |
| 100 | 0.4687 | 4.46 | 47.91 |
| 500 | 0.4028 | 4.24 | 50.47 |
| 1000 | 0.3153 | 3.47 | 59.51 |
| 5000 | 0.2859 | 3.22 | 62.45 |
| 10000 | 0.2102 | 2.54 | 68.28 |

Tableau 1: paramètres calculés à partir de technique gravimétrie

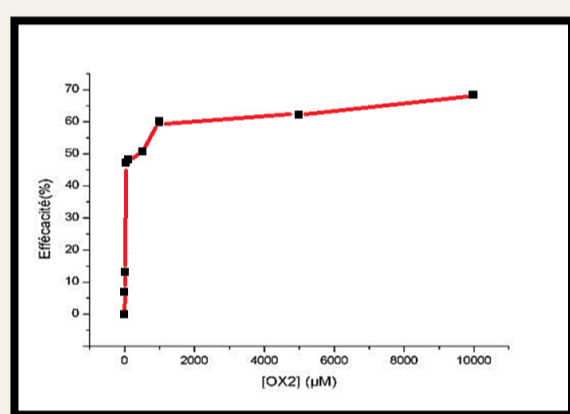


Fig. 1: l'efficacité inhibitrice de la fonte en milieu acide HCl 1M en fonction de concentration d'OX après 24h immersion selon la méthode perte de masse.

Etude électrochimique

Effet de concentration de la molécule OX sur la fonte
Spectroscopie d'impédance électrochimique

Cette figure représente le diagrammes de Nyquist de la fonte à différent concentration OX, ce sont des demi-cercles conséquences d'une surface moins rugueuse, et ont un comportement purement capacitif.

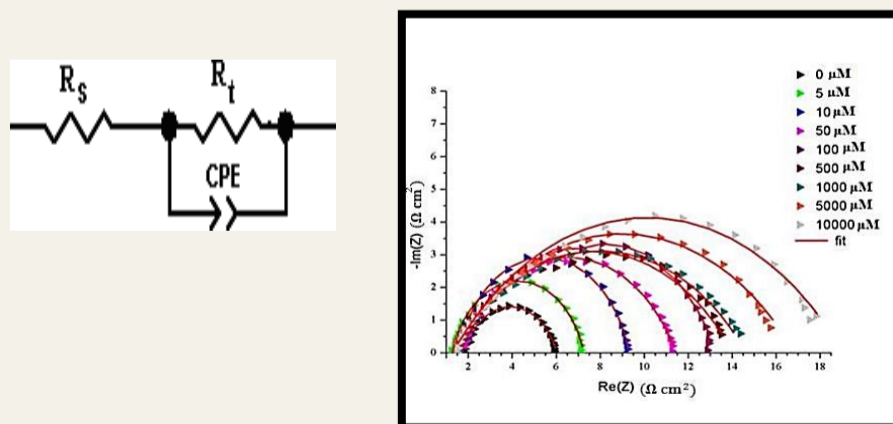


Fig 2: diagramme de Nyquist de la fonte dans HCl 1M a différents concentration

Tableau 2: paramètres cinétiques calculés à partir des techniques électrochimiques avec l'addition de la molécule OX

| [OX2] (μM) | R_s (Ω cm ²) | R_{tc} (Ω cm ²) | $Q_{dl} \cdot 10^{-3}$ (mF cm ⁻²) | n1 | η _{im} (%) |
|------------|----------------------------|-------------------------------|---|--------|---------------------|
| 0 | 1.798 | 4.232 | 9.67 | 0.7498 | / |
| 5 | 1.265 | 5.997 | 4.19 | 0.8065 | 29.43 |
| 10 | 1.543 | 7.768 | 2.53 | 0.8232 | 45.52 |
| 50 | 1.665 | 9.781 | 4.10 | 0.6867 | 56.73 |
| 100 | 1.591 | 11.67 | 3.91 | 0.669 | 63.74 |
| 500 | 1.29 | 12.73 | 6.69 | 0.5764 | 66.75 |
| 1000 | 1.295 | 13.34 | 6.40 | 0.5568 | 68.28 |
| 5000 | 1.174 | 15.64 | 7.92 | 0.5543 | 72.94 |
| 10000 | 1.284 | 17.73 | 7.33 | 0.5556 | 76.13 |

Courbes de polarisation

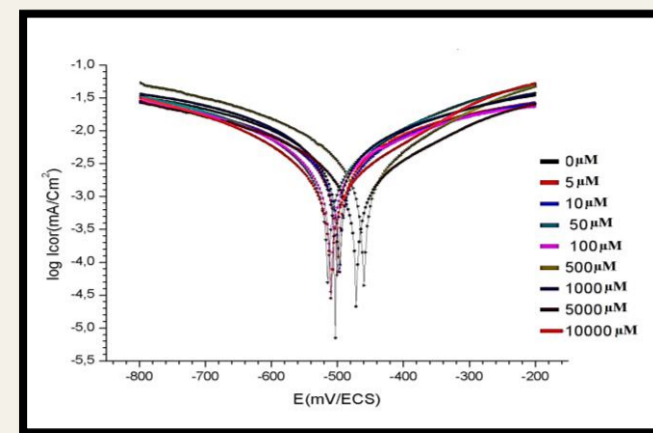
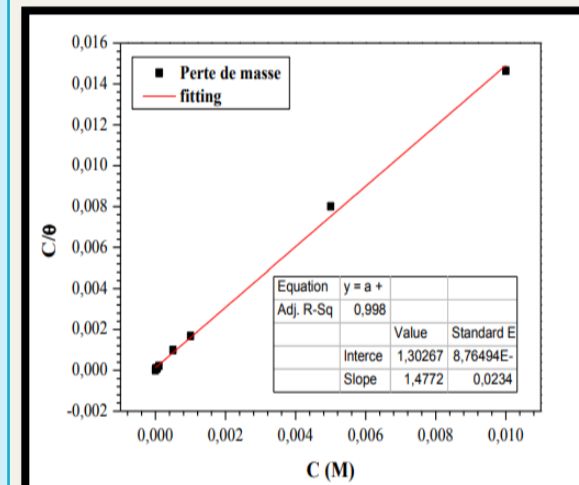


Fig 3: Courbes de polarisation de la fonte dans HCl 1M à différents Concentration d'inhibiteur OX.

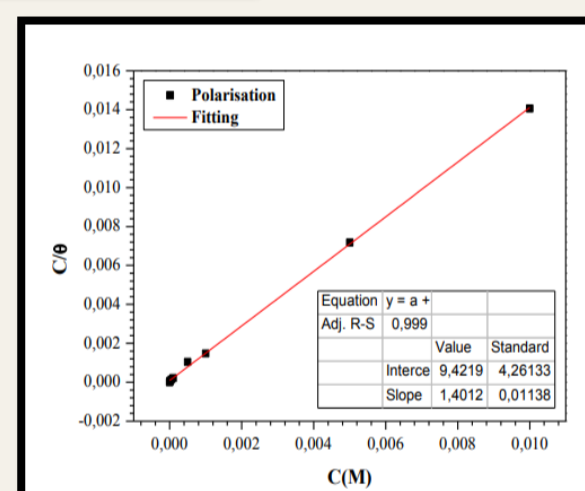
Tableau 3: paramètres cinétiques calculés à partir des techniques électrochimiques avec l'addition des molécules DAO/DDO.

| [OX2] (μM) | E_{corr} (mV/EC S) | β_a (mV/Dec) | $-\beta_c$ (mV/Dec) | i_{corr} (mA/cm ²) | η _{Taf} (%) |
|------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|
| 0 | -506 | 224 | 260 | 4.96 | / |
| 5 | -507 | 306 | 308 | 4.20 | 15.30 |
| 10 | -504 | 307 | 317 | 4.16 | 15.97 |
| 50 | -522 | 220 | 233 | 3.23 | 34.78 |
| 100 | -517 | 235 | 211 | 2.58 | 47.92 |
| 500 | -467 | 183 | 183 | 2.57 | 48.06 |
| 1000 | -478 | 194 | 185 | 1.59 | 67.84 |
| 5000 | -474 | 167 | 154 | 1.50 | 69.63 |
| 10000 | -517 | 168 | 169 | 1.43 | 71.14 |

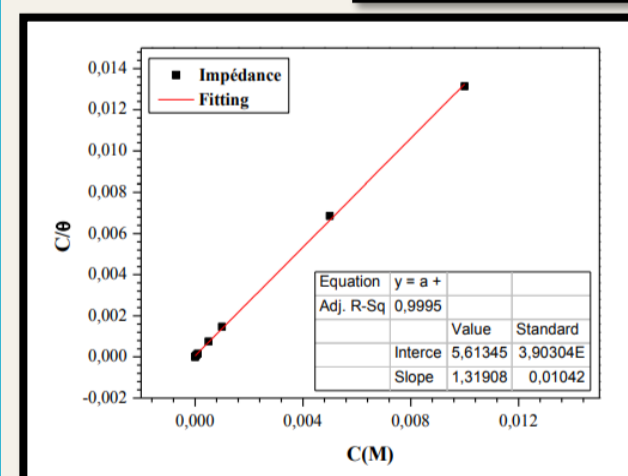
Isotherme d'adsorption



Méthode de la perte de masse.



Méthode de la polarisation électrochimique



Méthode d'impédance électrochimique

Fig 4: Isotherme d'adsorption Langmuir pour la molécule OX sur la fonte avec les trois méthodes

Tableau 4: Paramètres thermodynamique d'adsorption de la molécule sur la fonte

| | Perte de masse | Polarisation | Impédance |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| K_{ads} (l/mol) | 8×10^3 | 11×10^3 | 18×10^3 |
| ΔG_{ads}° (kJ/mol) | -32.12 | -32.92 | -34.20 |

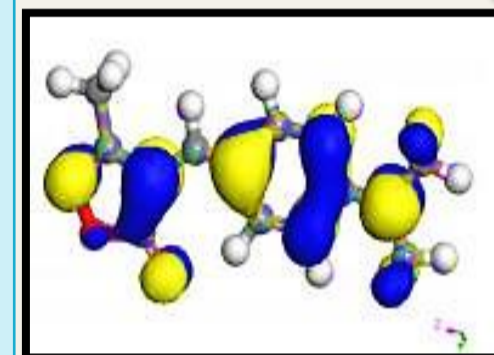
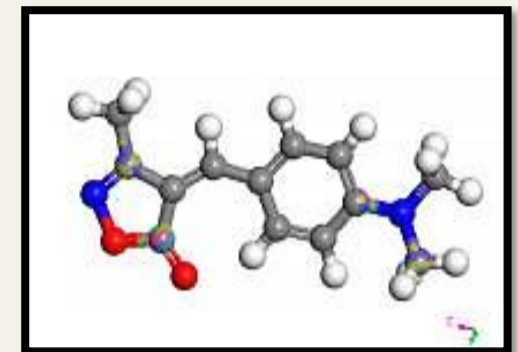
$-40 < \Delta G_{ads}^{\circ}$ (kJ/mol) < -20 \Rightarrow caractère double physicochimique d'adsorption

$\Delta G_{ads}^{\circ} < 0$ Réaction spontanée

Etude théorique

DFT

Structure optimisée



HOMO

LUMO

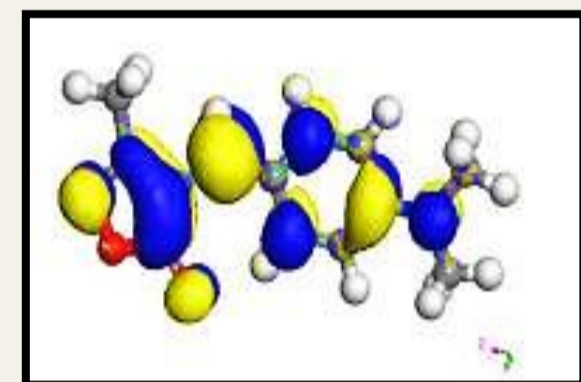


Fig. 5 Orbitale moléculaire de l'inhibiteur OX en milieu HCl.

| Paramètres quantiques | Inhibiteur OX |
|-----------------------|---------------|
| E_{HOMO} (eV) | -5.121 |
| E_{LUMO} (eV) | -3.163 |
| ΔG_{gap} (eV) | 1958 |
| $I = -E_{HOMO}$ (eV) | 5.121 |
| $A = -E_{LUMO}$ (eV) | 3.163 |
| χ (eV) | 4.142 |
| η (eV) | 0.979 |
| σ | 1.021 |
| ΔN | -1.460 |

Tableau 5: Paramètres chimiques quantiques de l'inhibiteur OX

Microscope électronique a balayage MEB

Microscope électronique à balayage

Les échantillons sont immergés pendant 24h dans l'HCl 1M et dans la concentration optimum de la molécule OX

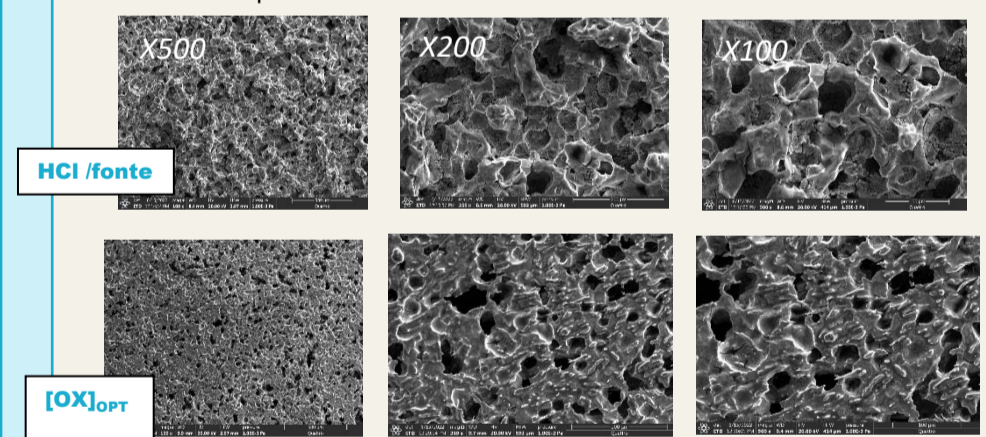


Fig. 7: microstructure des deux aciers en présence des molécules organiques

Une nette différence de texture en présence et en absence de la molécule ce qui confirme la formation d'une couche protectrice.

Conclusion

- La fonte ductile en milieu HCl (1M) subit une forme de détérioration, connue sous le nom de corrosion graphitique propre à la fonte avec une vitesse d'environ de 4,9 mA/cm²
- méthode de perte de masse: montre que la vitesse de corrosion diminue en fonction des concentrations d'OX.
- courbes de Tafel révèle que l'OX agit comme un inhibiteur de type mixte. Son efficacité d'inhibition augmente avec la concentration jusqu'à atteindre une valeur limite de 71%, avec une diminution de vitesse de corrosion d'environ quatre fois, à la concentration optimale (10-2M).
- EIS: a montré que le processus de corrosion est régi par un régime de transfert de charge pur sur une surface hétérogène pour toutes les concentrations d'inhibiteur étudié.
- MEB: Confirme la formation d'une couche protectrice sur la surface des fonte.
- les résultats obtenus montrent que les efficacités inhibitrices calculées par les trois méthodes d'étude sont en très bon accord en grande concentration d'inhibiteur