

Fiches méthodes
Corrosion

Enseignement de l'électrochimie en :
- CPGE
- BTS/DUT
- Facultés



Corrosion

Corrosion généralisée (méthode de Tafel)

*Toute modification par le professeur est autorisée.
Toute suggestion à l'équipe Origalys est encouragée !*

Electrochem
Origalys



Lire la partie « Introduction aux essais Corrosion » pour l'installation du matériel et pour contextualiser cet essai.

Corrosion généralisée : Etude du fer par la méthode de Tafel

Introduction :

La corrosion uniforme ou généralisée est caractérisée par une corrosion uniforme (même vitesse de corrosion) en tous les points du métal entraînant une diminution régulière de l'épaisseur de celui-ci.

Le fer est un métal particulièrement sujet à la corrosion généralisée conduisant à la formation d'oxyde de fer aussi appelé rouille. Quand le fer (y compris celui constituant l'acier) entre en contact avec l'eau, un processus électrochimique lent commence. Sur la surface du métal, les atomes de fer (état d'oxydation 0) sont oxydés pour passer à l'état d'oxydation II.

La corrosion tend à progresser plus rapidement dans l'eau de mer que dans l'eau douce, cette dernière étant bien moins conductrice. L'eau de mer (solution saline) permet la conduction électrique et favorise les déplacements ioniques.

Au cours de cette première expérience, nous étudierons la corrosion généralisée du fer en déterminant le potentiel et le courant de corrosion.

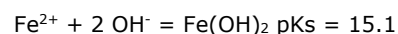
Questions préliminaires :

- 1) Ecrivez les demi-équation Red/Ox du fer et de l'eau et exprimez la réaction de corrosion du fer conduisant à la rouille.
- 2) A l'aide de la loi de Nernst, tracer le diagramme de Pourbaix (diagramme potentiel pH) de l'élément fer comprenant : $\text{Fe}_{(s)}$; Fe^{2+} ; Fe^{3+} ; $\text{Fe}(\text{OH})_{2(s)}$; $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$

Données (à 25°C et 1 bar)

$$E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 770\text{mV}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -440\text{ mV}$$

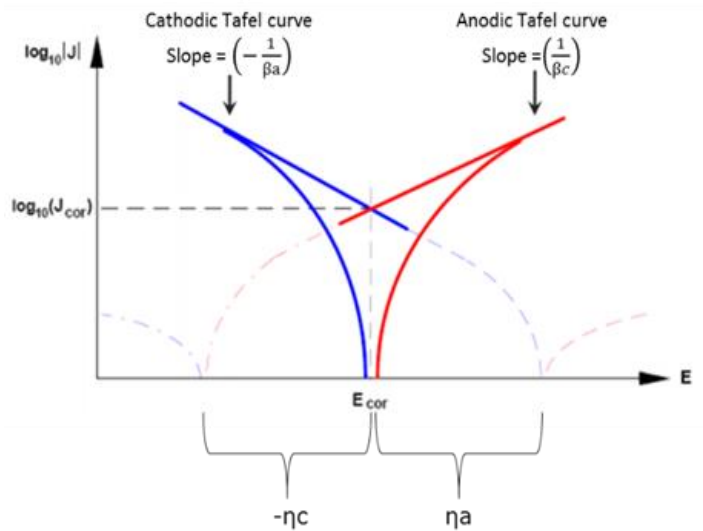


Expérience :

- Préparez une solution d'eau salée représentative de l'eau de mer, soit : $[\text{NaCl}] = 0,7\text{M}$
- Les fils d'acier sont utilisés comme électrode de travail dans un milieu salé.
- Lancer l'organigramme proposé. La méthode « Mesure de potentiel libre » permet d'observer la stabilisation du potentiel du métal dans la solution. La méthode qui suit (Voltammétrie linéaire) doit théoriquement être lancée uniquement si la mesure du potentiel libre est stable. Ce potentiel s'appelle aussi potentiel de corrosion pour les métaux. La voltammétrie linéaire permet d'observer la corrosion du métal (acier). Elle est analysée en suivant la méthode de Tafel, spécifique à l'analyse de la corrosion généralisée.
- Exploitation de la courbe de Tafel :
 - Allez dans l'onglet COURBE – à droite : Menu Corrosion

- Sélectionner « Méthode de Tafel ». Cela a pour effet de changer l'échelle des ordonnées afin de passer à une échelle logarithmique.

La méthode de Tafel sert à déterminer le **courant et potentiel de corrosion d'un métal** dans la solution. Il convient de tracer les tangentes à la courbe obtenue dans les domaines anodique et cathodique où l'on observe un début de linéarité. L'intersection donne le courant et le potentiel de corrosion.



Questions :

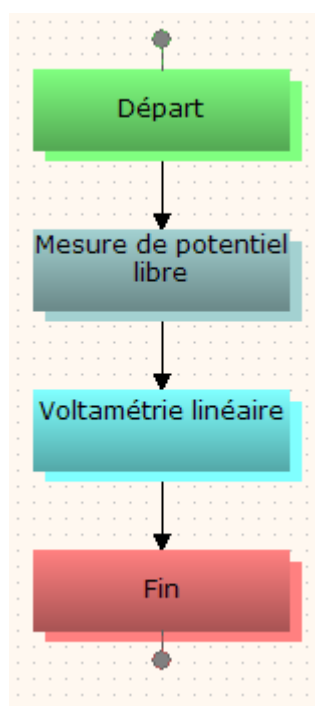
- 1) Quelles observations faites-vous au niveau des électrodes (à l'œil nu) ?
- 2) Grâce aux informations obtenues sur les courbes de Tafel, notez toutes les informations et concluez sur la résistance à la corrosion de cette pièce.
- 3) Vous avez mesuré le potentiel libre du métal sur la première courbe. Montrez où vous allez retrouver cette valeur sur la courbe de Tafel.

Annexes

A. Utilisation des appareils de la gamme **Origastat**

Le guide d'utilisation complet des OGS est le document : « Comment démarrer avec l'OGS ».

B. Organigramme spécifique pour cette fiche méthode



Propriétés		
Display all	Details	Graph
Mesure de potentiel libre		
Durée	4, min.	
Cadence de mesure (sec.)	0.2	
Seuil de dérive (mV/min.)	0	
Filtre Analogique	Auto	
Polarise à la fin	No	
Sauvegarder les points	Yes	
Entrée auxiliaire	No	

Propriétés		
Display all	Details	Graph
Voltamétrie linéaire		
Potentiel 1 (mV)	-100, FREE	
Potentiel 2 (mV)	100, FREE	
Vitesse de balayage (mV/...)	20, 0.0225, 0.45	
Taux d'échantillonnage	1:1	
Courant maximum (mA)	100	
Courant minimum (mA)	-100	
Compensation de chute Ohmi...	No	
Gamme maximum	Auto	
Gamme minimum	Auto	
Ouvre le circuit à la fin	Yes	
Sauvegarder les points	Yes	
Filtre Analogique	Auto	
Filtre numérique	0	

Propriétés		
Display all	Details	Graph
Polarisation pour corrosion (Tafel)		
Durée d'attente (sec.)	20	
Durée de stabilisation (sec.)	4	
Vitesse de balayage (mV/sec.)	2	
Potentiel initial (mV)	free	
Potentiel 1 (mV)	-100, FREE	
Potentiel 2 (mV)	100, FREE	
Gamme maximum	Auto	
Gamme minimum	Auto	
Filtre Analogique	Auto	
Ouvre le circuit à la fin	Yes	

Remarque : il est possible d'utiliser la méthode appelée méthode de Tafel dans l'item « Corrosion ». Il s'agit de la même méthode que la voltammétrie linéaire simplifiée.

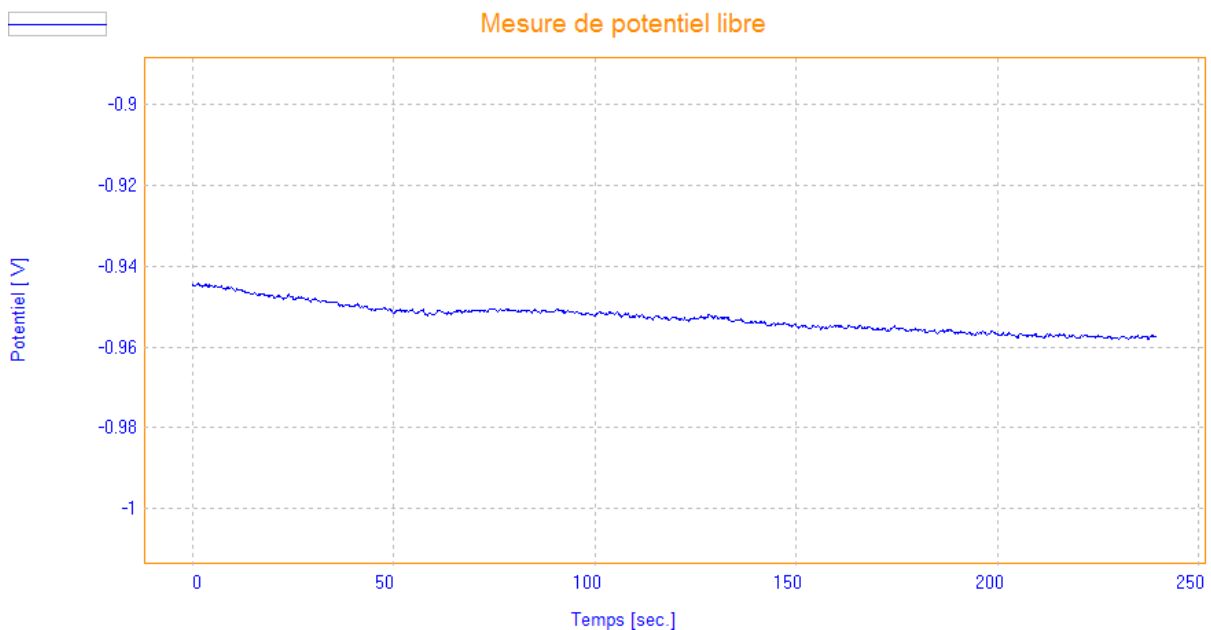
Pour le Professeur

Notions étudiées :

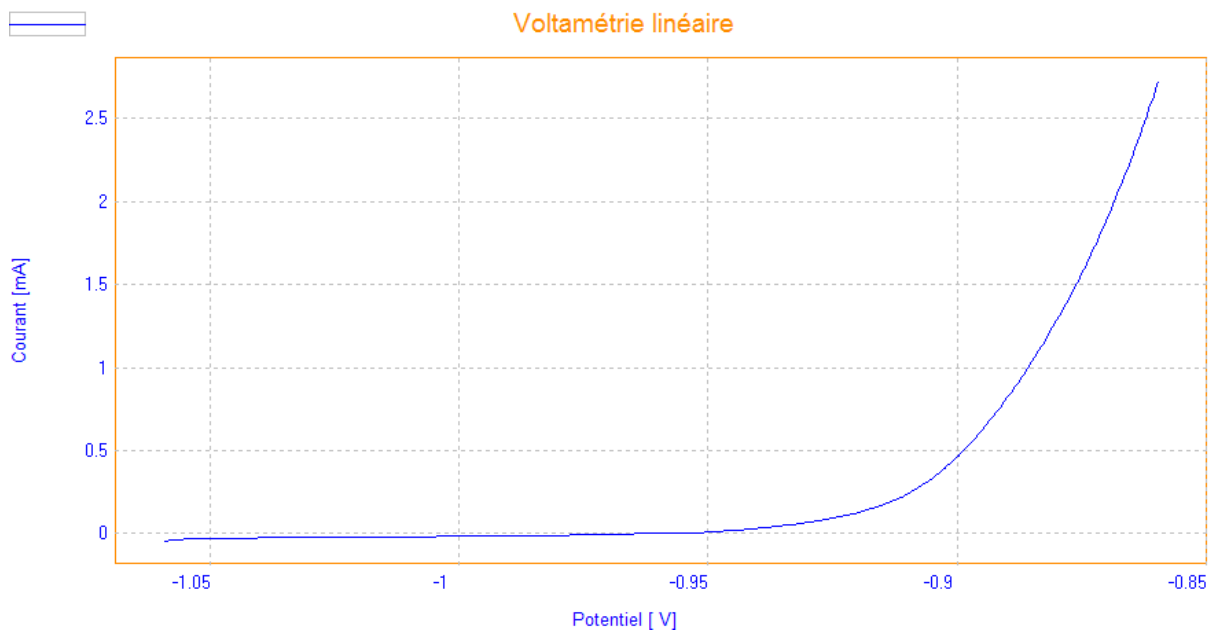
- Système oxydant-réducteur
- Un montage de mesure de la corrosion
- Les types de corrosion
- Méthode de Tafel

Courbes de correction :

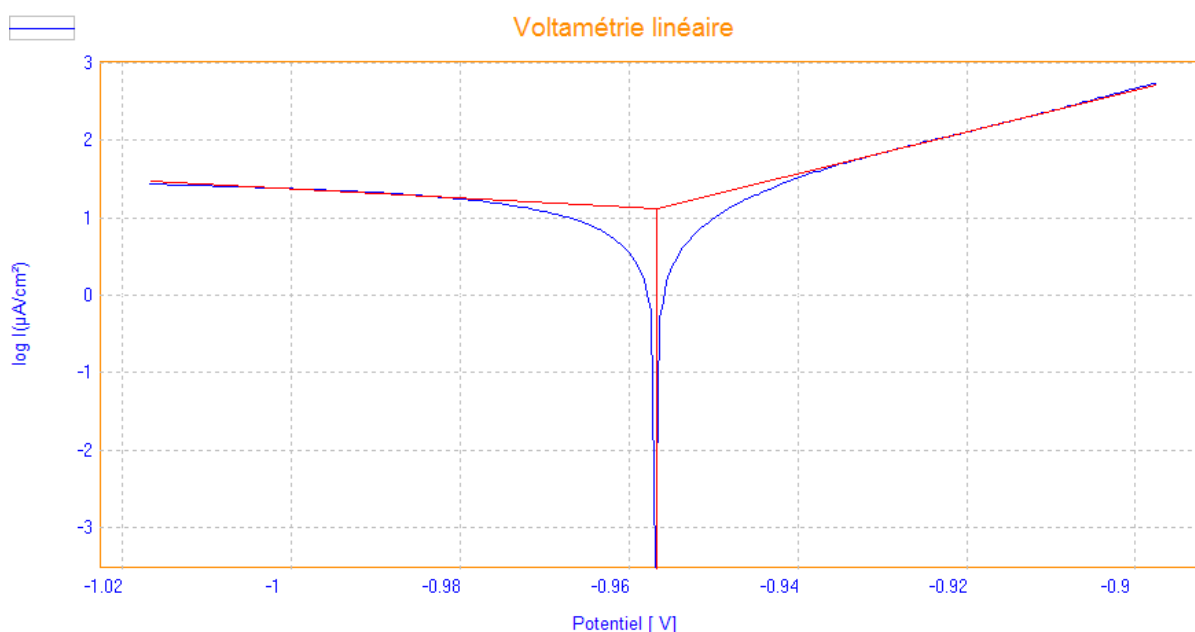
Même si l'allure générale reste identique, de nombreux paramètres peuvent affecter la forme de la courbe comme l'état de surface, la pureté des métaux, la température, ... Ne vous étonnez pas si la courbe est légèrement différente.



Courbe 1: Mesure de potentiel libre de l'acier dans $[NaCl]=0.7M$



Courbe 2 : Voltammétrie linéaire de l'acier dans [NaCl]=0.7M



Courbe 3 : Méthode de Tafel sur l'acier dans [NaCl]=0.7M

- Exploitation de la courbe de Tafel :
 - Allez dans l'onglet COURBE – Menu Corrosion
 - Sélectionner « Méthode de Tafel ». Cela a pour effet de changer l'échelle des ordonnées afin de passer à une échelle logarithmique.
 - Vous pouvez tracer les tangentes manuellement ou automatiquement.

Les paramètres à choisir dans la méthode de Tafel :

	<input checked="" type="radio"/> Auto	<input type="radio"/> Manuel
Lissage :	<input type="text" value="0"/>	
Zone de calcul :	<input type="text" value="60"/>	mV
Segment :	<input type="text" value="25"/>	mV
Masse atomique	<input type="text" value="55.85"/>	g
Valence :	<input type="text" value="2"/>	
Densité :	<input type="text" value="7.8"/>	

- Lissage : lisser la valeur du courant mesuré (entre 1 et 9) si besoin. Par exemple, la valeur 5 implique un lissage sur 11 points. Une moyenne est faite sur 11 points pour chaque point de la courbe.
- Zone de calcul : Zone considérée pour le tracé de la courbe en logarithme (60 mV : +/-30 mV autour du potentiel libre)
- Segment : Segment utilisé pour le tracé des tangentes
- Masse atomique/Valence/Densité : Paramètres utilisés dans le calcul de la vitesse de corrosion (en mm/an ou converti ($\mu\text{m}/\text{an}...$)) .

$$\text{Taux de corrosion} = \frac{M}{nFp} * i_{\text{corrosion}}$$

$$\text{Taux de corrosion} \left(\frac{\text{mm}}{\text{years}} \right) = \frac{i_{\text{corrosion}} \left(\frac{\text{A}}{\text{cm}^2} \right) \times M(\text{g})}{d \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times V(\text{cm}^3)} \times 3270$$

Avec : $3270 = 0.01 \times [1 \text{ an (en seconde)} / 96497.8]$

and $1F = 96497.6C$

Les paramètres calculés ou obtenus par la méthode de Tafel :

Résultats	
E(i=0) :	<input type="text" value="-278.8 mV"/>
Rp :	<input type="text" value="99.78 kohm.cm<sup>2</sup>"/>
i corr. :	<input type="text" value="31.2445 nA/cm<sup>2</sup>"/>
Ba :	<input type="text" value="35.7 mV"/>
Bc :	<input type="text" value="-41.4 mV"/>
Coef. :	<input type="text" value="0.9986"/>
Corrosion:	<input type="text" value="365.44 nm/Y"/>

- Potentiel de corrosion : obtenu sur l'axe des abscisses à l'intersection des tangentes
- Rp, Résistance de polarisation (aussi déterminée par la méthode de Stern) : elle est égale à la pente $\Delta E / \Delta I$ de la courbe de polarisation. Plus la valeur de la résistance de polarisation est élevée, plus l'intensité du courant de corrosion est faible.
- Courant de corrosion : obtenu sur l'axe des ordonnées à l'intersection des tangentes.
- β_a et β_c : Coefficient de Tafel anodique et cathodique. Obtenus sur les tangentes de Tafel : la pente de la tangente cathodique est égale à : $-1 / \beta_a$ et la pente de la tangente anodique est égale à $1 / \beta_c$
- Vitesse de corrosion (Corrosion ou taux de corrosion) en mm/an (ou convertie en $\mu\text{m}/\text{an} \dots$) obtenue avec la formule suivante :

$$\text{Taux de corrosion} = \frac{M}{nFp} * i_{\text{corrosion}}$$

$$\text{Taux de corrosion} \left(\frac{\text{mm}}{\text{years}} \right) = \frac{i_{\text{corrosion}} \left(\frac{\text{A}}{\text{cm}^2} \right) \times M(\text{g})}{d \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times V(\text{cm}^3)} \times 3270$$

Avec : $3270 = 0.01 \times [1 \text{ an (en seconde)} / 96497.8]$

and $1F = 96497.6C$

Remarque : Aller plus loin avec la méthode de Tafel :

La méthode de Tafel est la seule méthode qui permet de comparer directement deux métaux grâce à la vitesse de corrosion.

Vous pouvez donc comparer deux métaux en comparant la valeur de vitesse de corrosion (attention, il faut connaître la valeur de densité, de masse atomique et de densité).

Pour faire du comparatif, il faut travailler sur une surface immergée connue, donc faire attention lors de l'installation de l'électrode de travail à la surface immergée.