
**Méthode d'essai accéléré de
durabilité des anodes à oxydes
métalliques mixtes pour la protection
cathodique —**

Partie 2:
**Application dans les sols et aux
naturelles**

(standards.iteh.ai)

*Accelerated life test method of mixed metal oxide anodes for cathodic
protection*

19097-2:2018

<https://standards.iteh.org/catalog/standards/sist/bc879898-3367-4c2c-97a8-89a98e5f86b1/iso-19097-2-2018>
Part 2: Application in soils and natural waters



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19097-2:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc879898-3367-4c2c-97a8-89a98e5f86bf/iso-19097-2-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en oeuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
CP 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Méthode d'essai	2
4.1 Principe.....	2
4.2 Solution d'essai.....	2
4.3 Appareillage d'essai.....	2
4.4 Éprouvettes.....	3
4.5 Procédure d'essai.....	3
4.6 Continuité des essais.....	5
4.7 Traitement des éprouvettes après essai.....	5
5 Rapport des résultats des essais	6
6 Application des résultats	6
Annexe A (informative) Appareillage type pour essai accéléré de durabilité	7
Annexe B (informative) Évaluation de la durée de vie d'une anode à oxydes métalliques pour la protection cathodique	9
Bibliographie	13

[ISO 19097-2:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc879898-3367-4c2c-97a8-89a98e5f86bf/iso-19097-2-2018)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc879898-3367-4c2c-97a8-89a98e5f86bf/iso-19097-2-2018>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

(standards.iteh.ai)

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 19097 peut être consultée sur le site web de l'ISO.

Introduction

La protection cathodique par courant imposé (PCCI) est une méthode efficace pour contrôler la corrosion de structures métalliques immergées dans l'eau de mer, l'eau saumâtre et l'eau douce ou enterrées dans le sol. La PCCI est également largement appliquée à la prévention de la corrosion des armatures en acier dans le béton exposé aux environnements marins ou à d'autres environnements contaminés par des chlorures.

Les anodes à oxydes métalliques mixtes (MMO) sont largement utilisées comme anodes à courant imposé pour les systèmes de PCCI du fait de leur bonne activité électro-catalytique, de leur faible vitesse de consommation, de leur longue durée de vie, de leur poids léger, de leur malléabilité, de leur rapport performance sur coût élevé et de leur large compatibilité d'emploi avec les différents électrolytes.

La durabilité est l'une des propriétés les plus importantes des anodes MMO. L'ISO 19097 (toutes les parties) traite de la méthode d'essai accéléré de durabilité des anodes de protection cathodique à oxydes métalliques mixtes (MMO) destinée à évaluer leur capacité à atteindre une durée de vie visée. L'essai accéléré de durabilité peut également être utilisé pour comparer la stabilité de différentes anodes MMO. Le présent document est applicable aux anodes MMO destinées à être utilisées dans des environnements souterrains ou subaquatiques. La présente méthode n'a pas pour but d'indiquer la durée de vie exacte des anodes dans les applications pratiques, mais de fournir aux utilisateurs et aux fabricants d'anodes MMO un moyen d'évaluer si la durée de vie spécifiée lors des étapes de conception peut être atteinte.

D'importants passages du présent document proviennent de l'International Standard NACE TM0108-2012^[1].

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 19097-2:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc879898-3367-4c2c-97a8-89a98e5f86bf/iso-19097-2-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc879898-3367-4c2c-97a8-89a98e5f86bf/iso-19097-2-2018>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19097-2:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc879898-3367-4c2c-97a8-89a98e5f86bf/iso-19097-2-2018>

Méthode d'essai accéléré de durabilité des anodes à oxydes métalliques mixtes pour la protection cathodique —

Partie 2: Application dans les sols et aux naturelles

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode d'essai accéléré de durabilité des anodes à oxydes métalliques mixtes pour la protection cathodique par courant imposé, utilisées dans les sols ou les eaux naturelles. Les résultats de l'essai accéléré de durabilité peuvent être utilisés pour comparer la durabilité des anodes et pour évaluer si elles peuvent satisfaire aux exigences requises concernant la durée de vie visée au débit d'anode spécifié.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 8044, *Corrosion des métaux et alliages — Termes principaux et définitions*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 8044 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1

anode à oxydes métalliques mixtes

anode de protection cathodique par courant imposé constituée d'un revêtement conducteur à oxydes métalliques mixtes déposé sur un substrat en titane

Note 1 à l'article: Le mélange le plus courant utilisé pour la protection cathodique est composé d'oxyde d'iridium et d'oxyde de tantale. La composition exacte du revêtement peut varier.

3.2

durée de vie en condition d'essai accéléré

durée de vie d'une *anode à oxydes métalliques mixtes* (3.1) mesurée dans les conditions d'un essai accéléré réalisé à une densité de courant élevée, l'anode étant placée dans un électrolyte spécifique

Note 1 à l'article: La durée d'essai totale jusqu'à désactivation de l'anode correspond à la durée de vie en condition d'essai accéléré.

3.3

tension de cellule

tension entre l'anode et la cathode constituant une pile élémentaire

4 Méthode d'essai

4.1 Principe

L'essai accéléré de durabilité d'une anode à oxydes métalliques mixtes est réalisé dans des environnements spécifiques simulés à une densité de courant beaucoup plus élevée que celle utilisée dans les conditions de travail habituelles. Cela peut raccourcir significativement la durée de désactivation de l'anode.

4.2 Solution d'essai

4.2.1 La composition de l'électrolyte utilisé pour l'essai doit être appropriée et doit provoquer l'électrolyse de l'eau (transformation forcée) pour produire de l'oxygène à l'anode et de l'hydrogène à la cathode. Les concentrations ioniques doivent pouvoir engendrer une conductivité suffisante de la solution afin d'éviter qu'il ne soit nécessaire de trop augmenter la tension de l'alimentation électrique.

4.2.2 Exemples d'électrolytes appropriés:

- Acide sulfurique 1 M (H_2SO_4)
- Sulfate de sodium 1 M (Na_2SO_4)
- 180 g/l de sulfate de sodium additionné d'acide sulfurique 0,1 N pour maintenir le pH à 1.

4.2.3 Il convient que les électrolytes sélectionnés ne contiennent pas de chlorures. La présence de chlorures conduit à la production de chlore gazeux à l'anode au lieu de celle d'oxygène. Le chlore gazeux pose des problèmes de manipulation et de sécurité pendant l'essai. Les conditions d'essai accéléré de durabilité des anodes de titane revêtues de catalyseurs sont beaucoup plus sévères en présence d'oxygène qu'en présence de chlore.

4.2.4 L'électrolyte doit être renouvelé à chaque essai.

4.2.5 La concentration doit être maintenue à la valeur cible spécifiée pour toute la durée de l'essai, $\pm 5\%$.

4.2.6 La température de l'électrolyte doit être maintenue à $30\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

4.3 Appareillage d'essai

4.3.1 L'équipement d'essai se compose des éléments suivants: anode (échantillon pour essai), cathode, thermomètre, récipient en verre, dispositif d'agitation de l'électrolyte (par exemple, agitateur magnétique), bouchon en caoutchouc en cas d'utilisation d'un bécher en verre de grande taille, entonnoir pour l'ajout d'eau désionisée pendant l'essai, évent et alimentation électrique.

4.3.2 Le récipient en verre doit être dimensionné de manière à limiter au minimum la fluctuation du niveau résultant de l'électrolyse de l'eau pendant l'essai et des pertes par évaporation. Il est possible d'utiliser un bécher de 1 l.

4.3.3 Il est recommandé d'utiliser un dispositif permettant de maintenir les positions relatives de l'échantillon d'anode, de la cathode et du thermomètre. Ce dispositif peut être un bouchon en caoutchouc muni de trous pour les différents éléments de l'équipement et d'évents, ou une série de supports et de pinces. La distance entre l'anode et la cathode doit être fixe. Les bords supérieur et inférieur de l'anode doivent être à au moins 10 mm du niveau du liquide et du fond du bécher.

4.3.4 Il convient que la distance entre l'anode et la cathode soit approximativement de 20 mm.

4.3.5 La cathode doit être en zirconium, titane, niobium ou platine. Sa dimension doit être suffisante pour que son extrémité inférieure se situe au fond du bécher et son extrémité supérieure dépasse nettement par rapport au bord supérieur du bécher. À l'extérieur de la cellule, le conducteur de courant de la cathode doit être convenablement connecté à un câble de cuivre isolé de section supérieure ou égale à 1 mm². Ce câble doit être connecté au pôle négatif de l'alimentation.

4.3.6 Un thermomètre doit être inséré dans la cellule. En cas d'utilisation de plusieurs cellules, chaque cellule doit être dotée d'un thermomètre. Le type exact de thermomètre utilisé doit être conforme aux pratiques générales de sécurité du laboratoire et ne doit pas comporter de matériaux constitutifs dont l'exposition à l'électrolyte pourrait corroder et contaminer la solution. Une autre solution consiste à utiliser un thermocouple. La plage de températures du thermomètre doit être de 20 °C à 100 °C. Les thermocouples en acier inoxydable ou autres métaux ne doivent pas être exposés à l'électrolyte afin d'éviter toute corrosion et contamination.

4.3.7 L'alimentation doit être un équipement à courant constant contrôlé, d'usage courant en laboratoire. L'ampérage requis doit être déterminé à partir de la dimension de l'échantillon et de la densité de courant pour le point particulier de l'essai accéléré de durabilité. Par exemple, une intensité de 5 A convient pour un échantillon de 500 mm² activé à 10 kA/m². Une seule alimentation peut également alimenter plusieurs cellules électrolytiques connectées en série simultanément. La tension requise dépend du nombre de cellules d'essai connectées en série pouvant être utilisées. En général, une tension de 8 V par cellule multipliée par le nombre de cellules connectées en série est suffisante.

4.3.8 Utiliser un dispositif d'acquisition de données ou un voltmètre pour mesurer la tension de chaque cellule en continu jusqu'à la défaillance de l'anode. Le dispositif de mesure de la tension doit avoir une impédance d'entrée élevée de 10 MΩ ou supérieure, et doit pouvoir mesurer une tension de cellule selon une précision de ± 1 %.

4.3.9 Il peut être nécessaire d'utiliser un équipement de contrôle et de pilotage de la température pour maintenir la température de l'électrolyte à l'intérieur de la plage requise en fonction des conditions de laboratoire. Schématiquement, un fluide peut être utilisé pour réchauffer ou refroidir indirectement l'électrolyte. À titre d'exemple, on peut citer les béchers chemisés et le bain-marie pour béchers.

NOTE Un schéma de l'appareillage d'essai est présenté en [Annexe A](#).

4.4 Éprouvettes

4.4.1 Choisir le nombre et le type d'éprouvettes en fonction des spécifications relatives au matériau constituant l'anode ou au produit soumis à essai. Pour assurer l'exactitude des données, trois éprouvettes par anode doivent généralement être soumises à essai dans des conditions opératoires identiques mais dans des cellules séparées. Cependant, l'essai ne doit pas comporter moins de deux échantillons par anode soumise à essai.

4.4.2 Les éprouvettes doivent être nettoyées avec soin avant l'essai de manière à éliminer les traces (saleté, huile ou autre matière étrangère) susceptibles d'influer sur le résultat.

Veiller à ce que les éprouvettes ne soient pas contaminées après nettoyage par une manipulation sans précautions.

4.5 Procédure d'essai

4.5.1 L'essai doit être réalisé sous une hotte de laboratoire bien ventilée. Le gaz libéré au-dessus de la cellule est un mélange potentiellement explosif d'hydrogène et d'oxygène et il doit être éliminé par une ventilation efficace.

4.5.2 La cellule d'essai doit être remplie avec de l'électrolyte en veillant à immerger complètement l'échantillon d'anode dans la solution. La solution doit être agitée au moyen d'un agitateur magnétique ou d'un dispositif similaire permettant d'assurer un bon mélange.

4.5.3 L'eau perdue pendant l'essai doit être remplacée par de l'eau distillée ou désionisée afin de maintenir le niveau d'électrolyte constant à $\pm 5\%$. Le niveau ne doit jamais être inférieur à celui nécessaire pour conserver l'immersion complète de la cellule d'essai.

4.5.4 L'alimentation doit être mise en route, le courant doit être augmenté jusqu'au paramètre de l'essai et la cellule maintenue pour stabilisation pendant 3 h. La circulation du courant doit être confirmée par la production de bulles de gaz au niveau de l'anode et de la cathode.

Si le courant varie de plus de 1 % par rapport au point de consigne, l'essai doit être interrompu et la cause doit en être recherchée. L'essai peut être poursuivi après une action corrective appropriée.

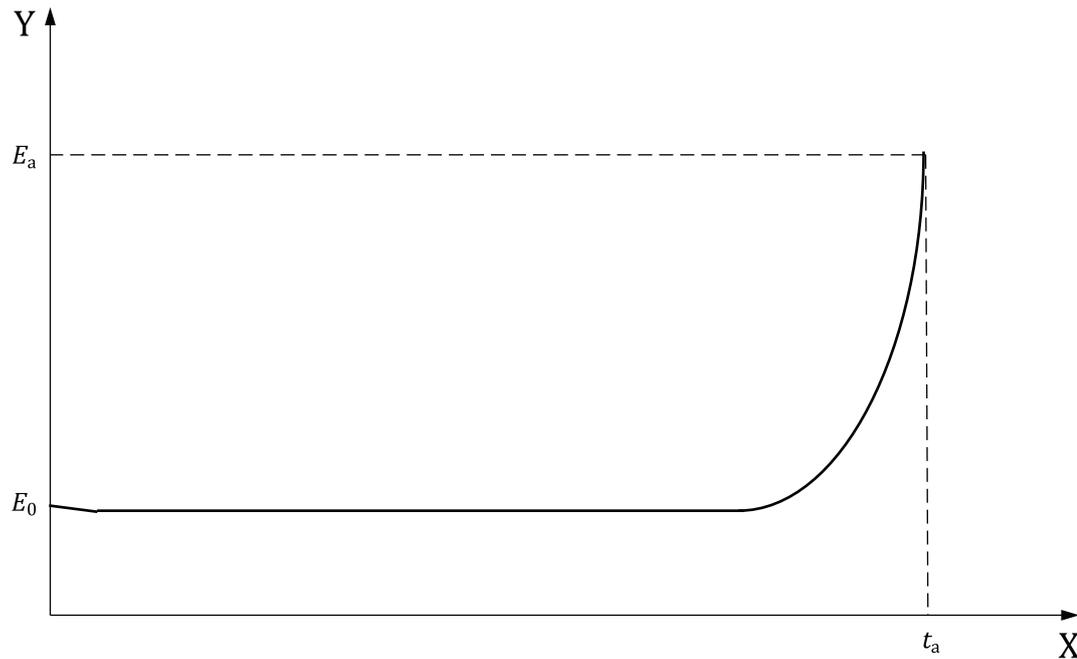
Si la tension de cellule dépasse la valeur cible, l'essai doit être interrompu de façon à pouvoir retirer la cellule du montage d'essai. Après le retrait de la cellule défaillante, l'essai peut être redémarré de sorte que les échantillons restants puissent être soumis à essai jusqu'à la fin de celui-ci.

4.5.5 La température de la solution d'essai doit être maintenue à $30\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ pendant toute la durée d'essai.

4.5.6 Le courant et la tension de la cellule doivent être surveillés et enregistrés toutes les heures pendant l'essai. Il convient d'inclure dans la durée d'essai les 3 h nécessaires à la stabilisation du fonctionnement des cellules avant l'enregistrement de la tension.

4.5.7 Une courbe type de la tension de la cellule en fonction de la durée d'électrolyse est représentée à la [Figure 1](#). Une défaillance de l'anode est repérée par une augmentation rapide de la tension de la cellule. La tension de cellule spécifique dépend de la densité de courant et des conditions d'essai choisies. L'essai prend fin lorsque l'échantillon d'anode soumis à l'essai est défaillant.

4.5.8 Lorsque la tension de la cellule E_a dépasse sa valeur initiale E_0 de 1,5 V (la tension de la cellule initiale est la tension de cellule 3 h après l'essai), l'anode soumise à l'essai peut être considérée comme étant défaillante. La durée écoulée entre le début de l'essai et le moment où se produit la défaillance de l'anode correspond à la durée de vie de l'anode en conditions accélérées t_a (voir [Figure 1](#)).



Légende

- X durée d'électrolyse
Y tension de cellule

iTeh STANDARD PREVIEW

Figure 1 — Courbe type de la tension de cellule en fonction de la durée d'électrolyse

4.5.9 Il convient de vérifier que l'augmentation de la tension n'est pas due à un autre facteur que la défaillance de l'anode, par exemple à une connexion électrique défaillante.

4.5.10 Une alimentation en courant fiable doit être utilisée afin d'avoir l'assurance que les fluctuations de courant et les pannes de secteur seront évitées pendant l'essai.

4.5.11 Si le résultat d'essai doit être comparé à une courbe de corrélation (voir [Annexe B](#)), il est possible de mettre fin à l'essai après un laps de temps suffisant démontrant que le produit est satisfaisant pour la conception prévue.

4.6 Continuité des essais

Il est préférable de ne pas interrompre les essais avant qu'ils ne soient complètement terminés. Lorsqu'il est nécessaire d'interrompre le déroulement de l'essai pour retirer les éprouvettes afin de les examiner, la durée de l'interruption doit être limitée au minimum.

Si une durée d'interruption prolongée est inévitable, les éprouvettes doivent être sorties de l'électrolyte et séchées dès que l'essai est interrompu. Il est recommandé de conserver les éprouvettes dans un dessiccateur jusqu'à ce que l'essai reprenne.

4.7 Traitement des éprouvettes après essai

À la fin de la période d'essai, les éprouvettes doivent être retirées de l'électrolyte, lavées à l'eau distillée ou désionisée et séchées.