
**Principes généraux de la protection
cathodique en eau de mer**

General principles of cathodic protection in sea water

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12473:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12473:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006>

© ISO 2006

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée 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.

L'ISO 12473 a été élaborée par le comité européen de normalisation (CEN) (en tant que EN 12473) et a été adoptée, selon une procédure spéciale par «voie express», par le comité technique ISO/TC 156, Corrosion des métaux et alliages, parallèlement à son approbation par les comités membres de l'ISO.

[ISO 12473:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006>

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iii
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principes de la corrosion des métaux enfouis ou immergés	5
4.1 Nature de la corrosion métallique	5
4.2 Polarisation	6
5 Principes de la protection cathodique	8
6 Mise en oeuvre de la protection cathodique	10
6.1 Méthode par anodes galvaniques	10
6.2 Méthode à courant imposé	10
6.3 Systemes mixtes	11
7 Détermination du niveau de protection cathodique	13
7.1 Mesure du niveau de protection	13
7.2 Electrodes de référence	13
7.3 Potentiels des électrodes de référence	14
7.4 Mesure du potentiel	14
8 Recommandations pour la protection	14
8.1 Généralités	14
8.2 Acier	14
8.3 Autres matériaux métalliques	15
9 Conception - Facteurs principaux	18
9.1 Introduction	18
9.2 Données techniques et données d'exploitation	19
9.3 Surfaces à protéger	19
9.4 Revêtements protecteurs	19
9.5 Disponibilité d'énergie électrique	19
9.6 Limites de poids	20

9.7	Structures adjacentes.....	20
9.8	Considérations relatives aux installations.....	20
9.9	Besoins en courant.....	20
10	Effet des facteurs d'environnement sur les besoins en courant.....	20
10.1	Introduction.....	20
10.2	Oxygène dissous.....	21
10.3	Courants marins.....	21
10.4	Dépôts calco-magnésiens.....	21
10.5	Température.....	22
10.6	Salinité.....	22
10.7	pH.....	22
10.8	Salissures marines.....	22
10.9	Effet de la profondeur.....	23
10.10	Variations saisonnières et tempêtes.....	23
11	Effets secondaires de la protection cathodique.....	23
11.1	Alcalinité.....	23
11.2	Fissuration favorisée par l'environnement.....	23
11.3	Chlore.....	24
11.4	Courants vagabonds et effets d'interférence.....	24
12	Utilisation d'une protection cathodique associée à des revêtements.....	25
12.1	Introduction.....	25
12.2	Choix des revêtements.....	25
12.3	Dégradation du revêtement.....	25
	Annexe A (normative) Electrodes de référence.....	27
	Bibliographie.....	29

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12473:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/5791e17-6b7b-475d-923e281b5cfb024/iso-12473-2006>

Avant-propos

La présente norme européenne a été élaborée par le Comité Technique CEN/TC 219 "Cathodic Protection" dont le secrétariat est tenu par le BSI.

Cette norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en juillet 2000, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en juillet 2000.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application: Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

L'annexe A de cette norme européenne est normative.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 12473:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006>

1 Domaine d'application

La présente norme européenne traite des principes généraux de protection cathodique à savoir les critères de protection, les facteurs influant sur le calcul ceux relatifs à l'environnement et les effets secondaires de la protection cathodique. Elle sert aussi d'introduction aux autres normes européennes dans la série générale "Protection cathodique des structures en acier en eau de mer".

La présente norme européenne permet de relier les aspects théoriques aux applications pratiques de la protection cathodique figurant dans les normes européennes :

prEN 12474:1997, *Protection cathodique des canalisations sous marines*.

EN 12495:2000, *Protection cathodique des structures en acier fixes en mer*.

prEN 12496:1997, *Anodes galvaniques pour la protection cathodique en eau de mer et dans les fonds vaseux*.

prEN 13173:1998, *Protection cathodique des structures en acier flottantes en mer*.

Cet ensemble de normes européennes ne traite pas de la protection cathodique de l'acier dans le béton, qu'il soit immergé ou exposé à l'atmosphère. Ces problèmes sont traités par les prEN 12696-1:1997 et prEN 12696-2.

2 Références normatives

Cette Norme Européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette Norme Européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

EN ISO 8044, *Corrosion des métaux et alliages - Termes principaux et définitions (ISO 8044:1999)*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/579c1e17-6b7b-475d-923c-e281b5cfb024/iso-12473-2006>

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme Européenne, les définitions de l'EN ISO 8044 et les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

acidité

présence d'un excès d'ions d'hydrogène par rapport aux ions hydroxyles ($\text{pH} < 7$)

3.2

alcalinité

présence d'un excès d'ions hydroxyles par rapport aux ions d'hydrogène ($\text{pH} > 7$)

3.3

condition anaérobie

absence d'oxygène libre dans l'électrolyte

3.4

surface anodique

partie de la surface métallique qui se comporte comme une anode

3.5

liaison

conducteur métallique, généralement en cuivre, reliant deux points dans le but de les rendre équipotentiels

3.6

dépôt calco-magnésien

précipité minéral formé à la cathode (acier) du fait de l'augmentation de pH que provoque la protection cathodique

3.7
électrode de référence de calomel

électrode de référence composée de mercure et de chlorure mercurique dans une solution saturée de chlorure de potassium

3.8
surface cathodique

partie de la surface métallique qui se comporte comme une cathode

3.9
décollement cathodique

défaut d'adhérence entre un revêtement et une surface métallique directement imputable à l'application de la protection cathodique

3.10
système de protection cathodique

ensemble de l'installation qui assure la protection cathodique, ce qui inclut les éléments actifs et passifs

3.11
pile
système électrolytique complet composé d'une cathode et d'une anode en contact électrique avec un électrolyte intermédiaire

3.12
coefficient de défaillance du revêtement
réduction anticipée de la densité du courant de protection cathodique, liée à l'emploi d'un revêtement isolant électriquement, par rapport à la densité du courant pour l'acier nu

3.13
défaut du revêtement

solution de continuité dans le revêtement protecteur

3.14
résistance du revêtement

résistance électrique entre le métal revêtu et l'électrolyte. Elle est déterminée en grande partie par la taille et le nombre de défauts et de pores du revêtement et constitue, par conséquent, une bonne indication sur l'état du revêtement

3.15
conducteur

substance dans laquelle circule du courant électrique

3.16
liaison de continuité

liaison conçue et installée spécialement pour assurer la continuité électrique d'une structure

3.17
électrode de référence cuivre/sulfate de cuivre

électrode de référence constituée de cuivre dans une solution saturée de sulfate de cuivre

3.18
interférence de corrosion

augmentation ou réduction de la vitesse de corrosion, ou de la tendance à la corrosion, d'une structure immergée, due à l'interception d'une partie du courant de protection cathodique appliqué à une autre structure immergée

3.19
dépolarisation

élimination de facteurs limitant la circulation du courant dans une pile

**3.20
bouclier diélectrique**

revêtement organique résistant aux alcalis appliqué sur la structure protégée au voisinage immédiat d'une anode à courant imposé pour augmenter la portée de la protection cathodique et diminuer le risque de fissuration induite par l'hydrogène de la structure protégée à proximité de l'anode

**3.21
liaison de drainage**

liaison permettant le drainage du courant électrique

**3.22
potentiel menant**

différence entre le potentiel de la structure par rapport à l'électrolyte et celui de l'anode par rapport à l'électrolyte

**3.23
résistance électrique du revêtement**

voir résistance du revêtement

**3.24
électronégatif**

qualificatif appliqué à une électrode métallique pour indiquer que son potentiel est négatif par rapport à une autre électrode métallique du système

**3.25
électro-osmose**

passage d'un liquide à travers un milieu poreux sous l'effet d'une différence de potentiel

**3.26
fissuration favorisée par l'environnement**

rupture fragile d'un matériau normalement ductile favorisée par l'effet corrosif de l'environnement

**3.27
action galvanique**

réaction électrochimique spontanée qui se produit dans un système comprenant une cathode et une anode mises en contact électrique par un électrolyte intermédiaire et qui provoque la corrosion de l'anode

**3.28
prise de terre**

ensemble d'électrodes immergées reliées à la borne positive d'une source indépendante de courant continu et servant à amener le courant de protection cathodique vers la structure à protéger

**3.29
défaut d'enrobage**

voir défaut du revêtement

**3.30
anode à courant imposé**

anode dans une installation à courant imposé

**3.31
bride isolante**

joint à brides situé entre des longueurs de tubes adjacentes dont les écrous et les boulons sont isolés électriquement de l'une, (ou des deux), bride(s), et dont le joint d'étanchéité est non conducteur, de façon à obtenir à ce point, une discontinuité électrique dans la canalisation

**3.32
ion**

atome ou groupe d'atomes, portant une charge électrique positive ou négative

**3.33
joint isolant**

joint ou assemblage électriquement discontinu placé entre deux longueurs de tube pour créer une discontinuité électrique entre elles

**3.34
surpolarisation**

polarisation correspondant à des potentiels de la structure par rapport à l'électrolyte plus négatifs que ceux recommandés pour une protection cathodique satisfaisante. La surpolarisation ne présente aucune utilité et peut même endommager la structure par une production excessive de gaz qui peut entraîner une fragilisation de la structure ou une détérioration de son revêtement protecteur

**3.35
polarisation**

modification du potentiel d'une électrode résultant de la circulation du courant en direction ou en provenance de cette électrode

**3.36
gradient de potentiel**

différence de potentiel entre deux points séparés dans le même champ électrique

**3.37
structure protégée**

structure à laquelle une protection cathodique est efficacement appliquée

**3.38
courant de protection**

courant appliqué à une structure métallique depuis son environnement électrolytique afin d'obtenir la protection cathodique de la structure

**3.39
résistivité (d'un électrolyte)**

résistance d'un volume de l'électrolyte de section égale à l'unité et de longueur égale à l'unité. Elle est généralement exprimée en ohm x mètre (Ω m). La résistivité dépend entre autres de la quantité de sels dissous dans l'électrolyte

**3.40
formation de dépôt**

formation de composés chimiques insolubles à la surface d'une structure protégée cathodiquement. Ces composés sont appelés dépôts calco-magnésiens (voir 3.6)

**3.41
électrode de référence à l'argent/chlorure d'argent**

électrode de référence constituée d'argent, recouvert de chlorure d'argent et baignant dans un électrolyte contenant des ions chlorure

**3.42
essai à vitesse de déformation lente**

essai qui consiste à solliciter lentement une éprouvette de section circulaire à vitesse de déformation constante, la surface entre repères étant exposée au milieu d'essai

**3.43
électrode normale à hydrogène**

électrode de référence composée d'un métal électropositif, comme le platine, dans un électrolyte contenant des ions d'hydrogène à une concentration correspondant à l'unité d'activité, et saturée en hydrogène gazeux sous une pression égale à une atmosphère normale

3.44**potentiel de la structure par rapport à l'électrolyte**

différence de potentiel entre une structure et une électrode de référence particulière en contact avec l'électrolyte en un point situé à proximité immédiate de la structure sans toutefois la toucher, pour éviter l'erreur due à la chute de tension due à toute circulation de courant dans l'électrolyte

3.45**bactéries réduisant les sulfates**

famille de bactéries présentes dans la plupart des sols et eaux naturelles ; elles ne sont actives que dans des conditions de quasi neutralité et d'absence d'oxygène. Elles réduisent les sulfates dans leur environnement, produisant des sulfures, et accélèrent la corrosion des matériaux ferreux

3.46**courants telluriques**

courants électriques induits par des variations dans le temps du champ magnétique terrestre. Ces courants circulent en général dans la terre ou dans les océans. Ils sont capables de circuler dans des conducteurs métalliques enfouis ou immergés

3.47**transformateur redresseur**

dispositif qui transforme la tension alternative à une valeur appropriée et la redresse en courant continu. Le courant continu ainsi obtenu est utilisé comme source d'énergie pour les systèmes de protection cathodique à courant imposé

4 Principes de la corrosion des métaux enfouis ou immergés**4.1 Nature de la corrosion métallique**

Lorsqu'un métal se corrompt au contact d'un électrolyte, des atomes neutres passent dans la solution en formant des ions chargés positivement, alors que les électrons en excès restent dans le métal. Le processus pour le fer peut être exprimé comme suit :

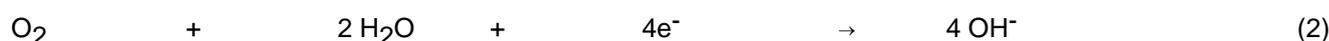


Ainsi, la corrosion s'accompagne d'un courant électrique circulant du métal vers l'électrolyte, courant du au mouvement des ions positifs dans l'électrolyte et des électrons dans le métal. Toute surface vers laquelle circule du courant est appelée surface anodique et la réaction est appelée réaction anodique. Les ions métalliques peuvent réagir avec des ions négatifs dans l'électrolyte et donner des produits de corrosion insolubles (par exemple de la rouille dans le cas de l'acier). Ces réactions n'ont pas d'effet concret sur le processus de corrosion sauf lorsque les produits de corrosion insolubles empêchent d'autres attaques de corrosion.

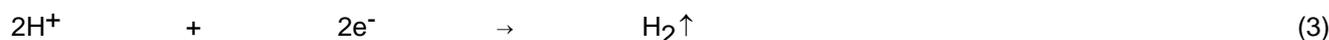
La réaction de corrosion est conditionnée par le maintien de la neutralité électrique globale. Par conséquent, le mouvement d'électrons dans le métal et d'ions positifs dans l'électrolyte aux surfaces anodiques doit être contrebalancé par la consommation d'autres électrons sur d'autres surfaces appelées surfaces cathodiques.

Différentes réactions peuvent se produire dans les surfaces cathodiques, elles sont appelées réactions cathodiques.

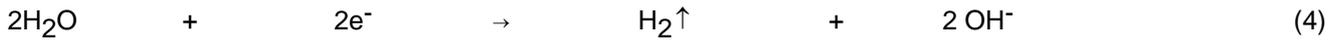
Les équations suivantes montrent les réactions les plus courantes qui se produisent aux cathodes :



oxygène eau électrons ions hydroxyles



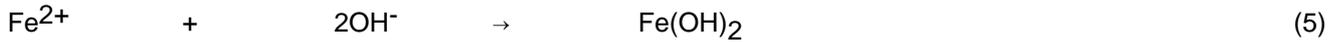
ions électrons hydrogène
hydrogène gazeux



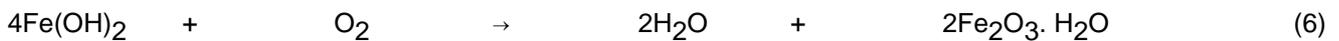
La première réaction (2) se produit en présence d'oxygène dissous et dans des conditions de quasi neutralité.

La deuxième réaction (3) est favorisée par l'acidité (excès d'ions d'hydrogène), alors que la troisième (4) domine à des valeurs de pH supérieures à celles correspondant à la neutralité.

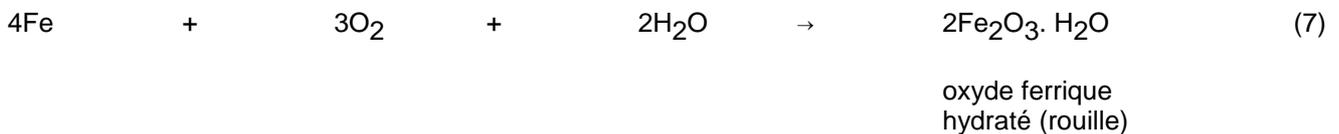
Dans des conditions aérées de quasi neutralité, les ions fer produits à l'anode réagissent avec les ions hydroxyles formés aux cathodes et produisent de l'hydroxyde ferreux :



L'hydroxyde ferreux est facilement oxydé par l'oxygène dissous pour former de l'oxyde ferrique hydraté $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$:



Ainsi la réaction globale qui se déroule en plusieurs étapes intermédiaires peut s'exprimer par l'équation suivante :



Dans la pratique, la vitesse de corrosion est souvent déterminée par la vitesse à laquelle la réaction cathodique peut être assurée.

Dans des environnements anaérobies saturés d'eau et voisins de la neutralité, les bactéries sulfato réductrices peuvent entraîner un autre type de réaction cathodique dans la corrosion du fer et de l'acier. Ces bactéries réduisent les sulfates dissous en sulfures probablement par la réaction :



et la corrosion se caractérise par le fait :

- a) qu'elle se produit en l'absence d'air ;
- b) que des sulfures sont présents dans les produits de corrosion.

A partir de la composition des produits effectivement formés, il est probable que le mécanisme de corrosion implique une dépolarisation cathodique qui peut être représentée par l'équation simplifiée (9) :



La stimulation de la réaction cathodique dépend des bactéries qui possèdent une enzyme (hydrogénase) ce qui leur permet d'oxyder l'hydrogène qu'elles trouvent aux cathodes.

Les ions sulfure produits par la réduction des sulfates peuvent parfois stimuler le processus anodique de dissolution du fer.

4.2 Polarisation

Aux sites de corrosion, c'est la différence de potentiel entre les deux réactions électrochimiques apparaissant à la surface qui fournit la source d'énergie de la réaction. Par conséquent, les deux réactions d'électrode évoluent depuis leurs conditions d'équilibre, provoquant une réaction anodique nette dans un cas et une réaction cathodique nette dans l'autre. Les deux potentiels se rapprochent l'un de l'autre car tout ou partie de la différence de potentiel permet et pilote le fonctionnement des réactions individuelles. Pour que la corrosion se produise spontanément, il faut non seulement qu'il y ait une différence entre les deux potentiels de réactions, mais que le potentiel cathodique soit plus positif que le potentiel anodique.