



Norme internationale

ISO 15589-2

**Industries du pétrole et du gaz
y compris les énergies à faible
teneur en carbone — Protection
cathodique des systèmes de
transport par conduites —**

Partie 2:
Conduites en mer

**Troisième édition
2024-02**

(<https://standards.iteh.ai>)

Document Preview

Oil and gas industries including lower carbon energy — Cathodic protection of pipeline transportation systems —

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/a5ea9ea3-5b1b-4e3c-af88-c87d4ab68aa1/iso-15589-2-2024>

Part 2: Offshore pipelines

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 15589-2:2024](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/a5ea9ea3-5b1b-4e3c-af88-c87d4ab68aa1/iso-15589-2-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vii
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles et abréviations	4
4.1 Symboles	4
4.2 Abréviations	5
5 Généralités	6
5.1 Garantie de compétence	6
5.2 Conformité	6
6 Exigences relatives aux systèmes de protection cathodique	6
6.1 Généralités	6
6.2 Choix des systèmes de CP	7
6.2.1 Généralités	7
6.2.2 Considérations pour le choix d'un système	8
6.3 Joints isolants	8
7 Paramètres de conception	9
7.1 Généralités	9
7.2 Potentiels de protection	10
7.2.1 Critères de potentiels	10
7.2.2 Évaluation de la HISC	12
7.2.3 Aluminium projeté à chaud	13
7.3 Durée de vie de conception du système de CP	13
7.4 Densités de courant de conception pour l'acier nu	13
7.4.1 Généralités	13
7.4.2 Zone d'éclaboussures	15
7.4.3 Conduites enterrées	15
7.4.4 Conduites avec revêtement en aluminium projeté à chaud	15
7.4.5 Températures élevées	15
7.4.6 Drainages de courant	16
7.5 Coefficients de dégradation de revêtement	16
8 Anodes galvaniques	18
8.1 Conception du système	18
8.2 Choix du matériau des anodes	19
8.3 Propriétés électrochimiques	20
8.4 Forme des anodes et facteur d'utilisation	21
8.5 Considérations électriques	22
9 Fabrication des anodes galvaniques	22
9.1 Essai préalable à la fabrication	22
9.2 Revêtement	22
9.3 Matériaux destinés à l'âme des anodes	22
9.4 Matériaux des anodes en aluminium	23
9.5 Matériaux des anodes en zinc	24
10 Contrôle qualité des anodes galvaniques	24
10.1 Généralités	24
10.2 Âmes des anodes en acier	24
10.3 Analyse chimique de l'alliage des anodes	24
10.4 Masse des anodes	24
10.5 Dimensions et rectitude des anodes	25
10.5.1 Anodes longilignes	25

10.5.2	Anodes bracelets	25
10.6	Dimensions et positionnement des âmes d'anodes	25
10.7	Irrégularités de surface des anodes	26
10.7.1	Anodes longilignes	26
10.7.2	Anodes bracelets	26
10.8	Fissures	26
10.8.1	Généralités	26
10.8.2	Anodes longilignes en aluminium	27
10.8.3	Anodes bracelets en aluminium	27
10.9	Défauts internes et essais destructifs	27
10.10	Essais de contrôle qualité électrochimique	28
11	Installation des anodes galvaniques	29
12	Systèmes de CP à courant imposé	30
12.1	Sources et régulation du courant	30
12.2	Matériaux des anodes à courant imposé	30
12.3	Conception du système	31
12.4	Considérations relatives à la fabrication et à l'installation	32
12.5	Considérations mécaniques et électriques	32
13	Documentation	33
13.1	Documentation de conception, de fabrication et d'installation	33
13.2	Procédures de mise en service	34
13.3	Manuel d'utilisation et de maintenance	34
14	Fonctionnement, surveillance et maintenance des systèmes de CP	35
14.1	Généralités	35
14.2	Plans de surveillance	35
14.3	Réparations	35
Annexe A (normative) Procédures de conception de systèmes de CP à anodes galvaniques	36	
Annexe B (normative) Atténuation de la protection	43	
Annexe C (informative) Performance qualification testing of galvanic anode materials	47	
Annexe D (normative) Surveillance et inspections de la CP	48	
Annexe E (informative) Interference	55	
Annexe F (informative) Pipeline design for CP	57	
Bibliographie	63	

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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

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.

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 www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 67, *Industries du pétrole et du gaz, y compris les énergies à faible teneur en carbone*, sous-comité SC 2, *Systèmes de transport par conduites*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 219, *Protection cathodique*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 15589-2:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- à l'[Article 6](#), les recommandations concernant les joints isolants ont été développées;
- à l'[Article 7](#), les notes du [Tableau 1](#) et le texte de [7.4](#) ont été mis à jour de façon à éviter les divergences avec la [Figure 2](#); les coefficients de dégradation de revêtement ont été révisés en raison d'erreurs laissées dans l'édition précédente et des valeurs moins prudentes pour certains systèmes de revêtement ont été sélectionnées en fonction des retours de l'industrie;
- à l'[Article 8](#), des notes et des recommandations relatives à la conception du système ont été mises à jour, y compris les recommandations concernant les conduites enterrées; les facteurs d'utilisation de l'anode ont été étendus pour couvrir d'autres types d'anodes;
- à l'[Article 9](#), [Tableau 6](#) a été mis à jour pour refléter les compositions d'anodes conformes aux pratiques industrielles actuelles et à d'autres normes;
- à l'[Article 10](#), des références supplémentaires ont été ajoutées afin de fournir des recommandations relatives aux dimensions et au positionnement des âmes, ainsi qu'aux essais de contrôle qualité des propriétés électrochimiques des anodes;

- à l'[Annexe A](#), des équations supplémentaires de résistance de l'anode ont été ajoutées pour couvrir différents types d'anode;
- l'[Annexe B](#) a été modifiée afin de présenter la méthode NORSO K comme une exigence, tandis qu'une méthode alternative est donnée à titre d'information;
- l'[Annexe C](#) a été mise à jour en tant qu'informative et la méthode d'essai a été remplacée par des références aux méthodes d'essai actuelles conformes aux pratiques actuelles de l'industrie;
- l'Annexe E précédente a été supprimée et remplacée par des recommandations supplémentaires relatives aux essais de contrôle de la qualité des anodes du [paragraphe 10.10](#);
- à l'[Annexe E](#) (Interférences) mise à jour, des références supplémentaires concernant les interférences de courant alternatif ont été ajoutées.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 15589 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

**iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview**

[ISO 15589-2:2024](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/a5ea9ea3-5b1b-4e3c-af88-c87d4ab68aa1/iso-15589-2-2024>

Introduction

La protection cathodique des conduites est réalisée par l'application sur la surface extérieure du tube d'un courant continu suffisant pour que le potentiel de l'acier par rapport à l'électrolyte baisse sur toute la surface à des valeurs telles que la corrosion extérieure soit réduite à un niveau négligeable.

La protection cathodique est normalement utilisée en association avec un système de revêtement protecteur adapté, destiné à protéger les surfaces extérieures des conduites en acier de la corrosion.

Le présent document peut également s'appliquer aux conduites en mer ne relevant pas des industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 15589-2:2024](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/a5ea9ea3-5b1b-4e3c-af88-c87d4ab68aa1/iso-15589-2-2024>

Industries du pétrole et du gaz y compris les énergies à faible teneur en carbone — Protection cathodique des systèmes de transport par conduites —

Partie 2: Conduites en mer

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences et donne des recommandations pour les visites d'inspection avant installation, pour la conception, pour les matériaux, pour les équipements, pour la fabrication, pour l'installation, pour la mise en service, pour l'exploitation, pour l'inspection et pour la maintenance des systèmes de protection cathodique destinés aux conduites en mer pour les industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel telles que définies dans l'ISO 13623. Les conduites souples, les lignes de production, les manchettes et les colonnes montantes sont incluses dans le présent document. Les équipements et structures de production et d'injection sous-marines ne sont pas inclus dans ce document.

Le présent document est applicable aux conduites en acier au carbone et en acier inoxydable ainsi qu'aux conduites métalliques souples utilisées en mer.

Le présent document est applicable aux rénovations, modifications ou réparations effectuées sur les systèmes de conduites existants.

Le présent document s'applique à tous les types d'environnements eau de mer ou fond marin rencontrés en configuration submergée et sur les colonnes montantes jusqu'au niveau d'eau moyen.

[ISO 15589-2:2024](#)

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 630, *Aciers de construction*

ISO 1461, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier — Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 8044, *Corrosion des métaux et alliages — Vocabulaire*

ISO 8501-1, *Préparation des sujets d'acier avant application de peintures et de produits assimilés — Évaluation visuelle de la propreté d'un sujet — Partie 1: Degrés de rouille et degrés de préparation des sujets d'acier non recouverts et des sujets d'acier après décapage sur toute la surface des revêtements précédents*

ISO 9606-1, *Épreuve de qualification des soudeurs — Soudage par fusion — Partie 1: Aciers*

ISO 15589-1, *Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel — Protection cathodique des systèmes de transport par conduites — Partie 1: Conduites terrestres*

ISO 15607, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Règles générales*

AWS D1.1/D1.1M, *Structural Welding Code — Steel*

EN 10025 (toutes les parties), *Produits laminés à chaud en aciers de construction*

EN 10204:2004, *Produits métalliques — Types de documents de contrôle*

ASTM D1141, *Standard Practice for Preparation of Substitute Ocean Water*

DNV-RP-B401, *Cathodic Protection Design*

NACE TM0190, *Standard Test Method — Impressed Current Test Method for Laboratory Testing of Aluminium Anodes*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les 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:

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

3.1

traîneau d'anodes

anodes installées sur une structure et reliées à la conduite par un câble

3.2

potentiel en circuit fermé

potentiel d'anode lorsqu'elle est reliée électriquement à la conduite à protéger

3.3

coefficient de dégradation du revêtement

f_c

coefficient dépendant du temps relatif aux besoins croissants en courant dus à la dégradation du revêtement, reposant sur le rapport de la densité de courant nécessaire pour polariser une surface en acier revêtu par comparaison à une surface en acier nu

3.4

reprise

discontinuité d'une surface horizontale due à la solidification du ménisque des anodes partiellement coulées à la suite d'un écoulement interrompu du jet de coulée

3.5

tension disponible

différence entre le potentiel de la conduite par rapport à l'électrolyte et le potentiel de l'anode par rapport à l'électrolyte lorsque la protection cathodique fonctionne

3.6

gradient de champ électrique

variation de potentiel électrique par unité de distance à travers un milieu conducteur, suite au passage d'un courant électrique

3.7

capacité électrochimique

ϵ

quantité totale de charge électrique produite lorsqu'une masse fixe (en général, 1 kg) de matériau d'anode est consommée par réaction électrochimique

Note 1 à l'article: La capacité électrochimique est exprimée en ampères-heures.

3.8**densité de courant finale**

densité de courant nécessaire pour repolariser la conduite en fin de durée de vie de la protection cathodique

Note 1 à l'article: La densité de courant finale est exprimée en ampères par mètre carré.

3.9**fissuration sous contrainte par l'hydrogène****HISC**

fissuration due à une combinaison de charge et de fragilisation par l'hydrogène provoquée par l'entrée d'hydrogène formé au niveau de la surface d'acier en raison de la polarisation cathodique

3.10**chute ohmique**

tension due à un courant quelconque, mesurée entre deux points du métal de la conduite ou deux points de l'électrolyte, comme l'eau de mer ou le fond marin, conformément à la loi d'Ohm

Note 1 à l'article: La chute ohmique et le *gradient de champ électrique* ([3.6](#)) sont des termes associés.

3.11**électrode de référence principale**

électrode de référence, étalonnée avec l'*électrode de référence d'étalonnage principale* ([3.15](#)), utilisée pour la vérification des électrodes de référence employées pour les mesurages sur site ou en laboratoire

3.12**densité de courant moyenne**

estimation de la densité de courant cathodique moyenne pendant toute la durée de vie de la conduite

Note 1 à l'article: La densité de courant moyenne est exprimée en ampères par mètre carré.

3.13**potentiel de protection**

potentiel ouvrage-électrolyte pour lequel la vitesse de corrosion du métal est considérée comme négligeable

3.14**indice de résistance à la corrosion par piqûres****PREN**

indice, développé pour refléter et prévoir la résistance à la corrosion par piqûres d'un acier inoxydable, sur la base des proportions de Cr, Mo, W et N dans la composition chimique de l'alliage

3.15**électrode de référence d'étalonnage principale**

électrode de référence utilisée pour l'étalonnage d'*électrodes de référence maîtresses* ([3.11](#))

3.16**véhicule commandé à distance****ROV**

véhicule sous-marin actionné à distance depuis un navire ou une installation en surface

[SOURCE: ISO 14723:2009, 4.32]

3.17**colonne montante**

dans une installation en mer, partie d'une conduite en mer comprenant les manchettes de raccordement immergées, qui s'étend du fond marin jusqu'au point de terminaison de la conduite

[SOURCE: ISO 13623:2017, 3.1.20, modifié — ajout de «comprenant les manchettes de raccordement immergées».]

3.18 facteur d'utilisation

μ
fraction du poids d'un matériau anodique d'une anode galvanique qui peut être consommée avant que l'anode ne cesse de fournir l'intensité de courant minimale requise

3.19 durée de vie de la conduite

période qui comprend la durée de vie en service de la conduite, ainsi que toute période antérieure ou ultérieure prévue par l'exploitant

4 Symboles et abréviations

4.1 Symboles

ΔE_A	chute de potentiel électrolytique
ΔE_{Me}	chute de potentiel métallique
μ	facteur d'utilisation
A	surface exposée de l'anode
A_c	surface totale
A_w	section transversale de la paroi de la conduite
C	périmètre de la section transversale de l'anode
D	diamètre extérieur de la conduite
d	épaisseur de la paroi de la conduite
ΔE	tension disponible
D_i	diamètre intérieur de la conduite
E_0	abaissement du potentiel de la conduite par rapport à l'électrolyte au niveau de l'anode
E_a	potentiel de l'anode en circuit fermé de conception
E_c	potentiel de conception pour la protection
E_x	abaissement du potentiel de la conduite par rapport à l'électrolyte à une distance x
f_c	coefficient de dégradation du revêtement
f_{cf}	coefficient de dégradation du revêtement final
I_0	courant circulant dans la conduite au niveau de l'anode
I_{af}	intensité de courant individuelle en fin de vie
I_c	besoin en courant
i_c	densité de courant
I_{cf}	besoin en courant en fin de vie
I_{cm}	besoin en courant moyen

I_f	intensité de courant d'anode individuelle en fin de vie
I_x	courant circulant dans la conduite à une distance x
L	longueur de l'anode
L_d	distance entre anodes
L_m	moitié de la distance entre les points de soutirage
m	masse nette d'anode
m_a	masse nette individuelle d'une anode
n	nombre d'anodes
r	rayon de l'anode
R_0	résistance d'isolement de la conduite par rapport à l'électrolyte
R_a	résistance d'anode/résistance totale du circuit
R_{af}	résistance d'anode en fin de vie
R_L	résistance électrique linéaire du tronçon de la conduite
R_t	résistance transversale
S	moyenne arithmétique de la longueur et de la largeur de l'anode
t_{dl}	durée de vie de conception, exprimée en années
α	constante d'atténuation pour la conduite
ε	capacité électrochimique
ρ	résistivité de l'environnement ISO 15589-2:2024
ρ_{Me}	résistivité du matériau de la conduite

4.2 Abréviations

CA	courant alternatif
CAT	bande appliquée à froid
CE	carbone équivalent
CP	protection cathodique
CRA	alliage résistant à la corrosion
CSE	électrode au cuivre saturé (Cu/CuSO ₄)
CC	courant continu
EPDM	monomère d'éthylène-propylène-diène
FBE	résine époxy appliquée par fusion
HSS	manchon thermorétractable

ICCP	protection cathodique par courant imposé
MIC	corrosion induite par les microbes
PE	polyéthylène
PP	polypropylène
PREN	indice de résistance à la corrosion par piqûres
PU	polyuréthane
ROV	véhicule commandé à distance
SCE	électrode au calomel saturé (KCl)
SMYS	limite d'élasticité minimale spécifiée
SRB	bactéries sulfato-réductrices
STA	aluminium projeté à chaud
3LPE	polyéthylène tricouche
3LPP	polypropylène tricouche

5 Généralités

iTeh Standards

5.1 Garantie de compétence

Le personnel chargé de la conception, de la supervision de l'installation, de la construction, de la mise en service, de la supervision du fonctionnement, des mesurages, de la surveillance et de la supervision de la maintenance des systèmes de protection cathodique doit avoir le niveau approprié de compétence pour les tâches qui lui sont confiées.

<https://standards.iteh.ai>

Il convient que le niveau de compétence du personnel chargé de la protection cathodique pour le niveau approprié des tâches soit démontré par une certification conforme à des procédures de préqualification telles que l'ISO 15257 ou tout autre système équivalent.

5.2 Conformité

Il convient d'appliquer un système qualité et un système de gestion environnementale afin de favoriser la conformité aux exigences du présent document.

NOTE L'ISO 29001 fournit des recommandations propres au secteur relatives aux systèmes de management de la qualité et l'ISO 14001 donne des recommandations relatives au choix et à l'utilisation d'un système de gestion environnementale.

6 Exigences relatives aux systèmes de protection cathodique

6.1 Généralités

Le système de CP doit être conçu pour empêcher la corrosion externe pendant la durée de vie de la conduite et pour:

- fournir un courant suffisant à la conduite à protéger et distribuer ce courant de façon à atteindre réellement les critères choisis pour la CP sur toute la surface;