
**Protection cathodique de l'acier dans le
béton**

Cathodic protection of steel in concrete

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12696:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 12696:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806e6666/iso-12696-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

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

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Généralités	2
4.1 Systèmes de management de la qualité	2
4.2 Personnel	3
4.3 Conception	3
5 Évaluation et réparation de la structure	3
5.1 Généralités	3
5.2 Enregistrements	4
5.3 Examen visuel et recherche de délamination	4
5.4 Analyse des chlorures	4
5.5 Mesurage de la profondeur de carbonatation	4
5.6 Enrobage et localisation des armatures	4
5.7 Continuité électrique des armatures	5
5.8 Potentiel acier/béton	5
5.9 Résistivité électrique du béton	5
5.10 Réparation	6
5.11 Couche de recouvrement à base de ciment	7
5.12 Structures neuves	7
6 Composants de l'installation de protection cathodique	8
6.1 Généralités	8
6.2 Ensembles anodiques	8
6.3 Capteurs de surveillance	14
6.4 Instrumentation de surveillance	16
6.5 Système de gestion de données	17
6.6 Câbles à courant continu	18
6.7 Boîtiers de jonction	19
6.8 Alimentations électriques	19
6.9 Transformateurs-redresseurs	19
7 Modes opératoires de mise en place	21
7.1 Continuité électrique	21
7.2 Système de surveillance de la performance	21
7.3 Connexions avec l'acier dans le béton	22
7.4 Réparations du béton associées aux composants de protection cathodique	22
7.5 Préparation des surfaces pour l'installation des anodes	23
7.6 Installation des anodes	23
7.7 Connexions à l'ensemble anodique	23
7.8 Recouvrement de l'anode, application d'un matériau d'étanchéité de surface ou d'un revêtement décoratif	24
7.9 Installation électrique	24
7.10 Essais en cours d'installation	25
8 Mise en service	25
8.1 Examen visuel	25
8.2 Mesurages avant mise sous tension	26
8.3 Mise sous tension initiale des systèmes à courant imposé	26
8.4 Réglage initial des systèmes à courant imposé	27
8.5 Évaluation de la performance initiale	27
8.6 Critères de protection: interprétation de l'évaluation de la performance	28
8.7 Réglage de la sortie de courant pour les systèmes à courant imposé	29

9	Enregistrement et documentation de l'installation	30
9.1	Enregistrements qualité et enregistrements d'essai	30
9.2	Rapport de mise en place et de mise en service	30
9.3	Manuel de fonctionnement et de maintenance	30
10	Exploitation et maintenance	31
10.1	Périodicité et modes opératoires	31
10.2	Suivi de l'installation	32
10.3	Rapport de suivi de l'installation	32
Annexe A (informative) Principes de la protection cathodique et son application à l'acier dans le béton		33
Annexe B (informative) Procédé de conception		39
Annexe C (informative) Notes sur les ensembles anodiques		43
Bibliographie		48

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12696:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012>

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 12696 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 219, *Protection cathodique*, du Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette première édition annule et remplace l'EN 12696:2000 qui a fait l'objet d'une révision technique.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 12696:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012>

Introduction

La présente Norme internationale s'applique à la protection cathodique de l'acier dans le béton, le béton étant exposé à l'atmosphère, enterré ou immergé.

Les critères de protection cathodique de l'acier dans le béton enterré ou immergé étant ceux applicables à la protection cathodique de l'acier dans le béton exposé à l'atmosphère, la présente révision de l'EN 12696:2000 intègre donc la protection cathodique de l'acier dans le béton enterré et le béton immergé. Pour la fourniture du courant de protection cathodique de l'acier dans le béton enterré ou immergé, il est souvent plus économique d'utiliser des ensembles anodiques enterrés ou immergés dont le détail est donné dans les Normes internationales pour les structures d'acier enterrées et immergées plutôt que les ensembles anodiques qui sont adaptés aux applications de l'acier dans le béton exposé à l'atmosphère. Par conséquent, il est fait référence à cet égard à d'autres Normes internationales tandis que les critères de performance de la protection cathodique pour l'acier dans le béton sont définis dans la présente Norme internationale pour tous les types d'expositions.

Il existe d'autres traitements électrochimiques ayant pour objet la maîtrise de la corrosion sur l'acier dans le béton, comme la ré-alkalinisation et l'extraction des chlorures, qui ne sont pas traitées dans la présente Norme internationale. Les CEN/TS 14038-1:2004^[7] et CEN/TS 14038-2:2011^[27] ont été publiées.

La protection cathodique de l'acier dans le béton est une technique qui s'est révélée satisfaisante pour des applications appropriées en assurant à long terme et économiquement la maîtrise de la corrosion de l'acier dans le béton. La mise en œuvre satisfaisante de cette technique nécessite des calculs de conception et une définition des procédures d'installation spécifiques. La présente Norme internationale ne constitue pas un code de conception de la protection cathodique de l'acier dans le béton, mais représente une norme de performance dans laquelle il est prévu, afin d'assurer la conformité avec celle-ci, la préparation d'une conception détaillée et des spécifications concernant les matériaux, l'installation, la mise en service et l'exploitation.

(standards.iteh.ai)

[ISO 12696:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cdf5806eccc6/iso-12696-2012>

Protection cathodique de l'acier dans le béton

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences de performance pour la protection cathodique de l'acier dans le béton à base de ciment, pour les structures nouvelles comme pour les structures existantes. Elle traite des bâtiments et des ouvrages d'art, y compris les armatures et les précontraintes noyées dans le béton. Elle s'applique aux armatures en acier non revêtu et aux armatures en acier recouvert par un revêtement organique.

La présente Norme internationale s'applique à l'acier noyé dans des éléments de bâtiments ou de structures qui sont exposés à l'atmosphère, enterrés, immergés ou soumis à la marée.

NOTE 1 L'Annexe A fournit des lignes directrices relatives aux principes de la protection cathodique et à son application à l'acier dans le béton.

NOTE 2 Bien qu'elle ne soit pas spécifiquement destinée à traiter de la protection cathodique de l'acier dans n'importe quel autre électrolyte que le béton, la présente Norme internationale peut s'appliquer à la protection cathodique de l'acier dans d'autres matériaux à base de ciment tels que ceux rencontrés, par exemple, dans les bâtiments à charpente d'acier du début du 20^e siècle à parement de maçonnerie, de brique et de terre cuite. Dans de telles applications, des considérations supplémentaires spécifiques à ces structures sont à prendre en compte en ce qui concerne la conception, les matériaux et l'installation de la protection cathodique; cependant, les exigences de la présente Norme internationale peuvent être appliquées à ces systèmes.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 8044, *Corrosion des métaux et alliages — Termes principaux et définitions*

ISO 13174, *Protection cathodique des installations portuaires*

EN 1504 (toutes les parties), *Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton — Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité*

EN 12954, *Protection cathodique des structures métalliques enterrées ou immergées — Principes généraux et application pour les canalisations*

EN 14629, *Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton — Méthodes d'essais — Mesurage du taux de chlorure d'un béton durci*

EN 14630, *Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton — Méthodes d'essais — Mesurage de la profondeur de carbonatation d'un béton armé par la méthode phénolphthaléine*

EN 15257, *Protection cathodique — Niveaux de compétence et certification du personnel en protection cathodique*

CEI 60502-1, *Câbles d'énergie à isolant extrudé et leurs accessoires pour des tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV) — Partie 1: Câbles de tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 61140, *Protection contre les chocs électriques — Aspects communs aux installations et aux matériels*

CEI 61558-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues — Partie 1: Exigences générales et essais*

CEI 61558-2-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues — Partie 2-1: Règles particulières et essais pour transformateurs d'isolement à enroulements séparés et alimentations incorporant des transformateurs d'isolement à enroulements séparés pour applications d'ordre général*

CEI 61558-2-2, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues — Partie 2-2: Règles particulières et essais pour les transformateurs de commande et les alimentations incorporant les transformateurs de commande*

CEI 61558-2-4, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V — Partie 2-4: Règles particulières et essais pour les transformateurs de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de séparation des circuits*

CEI 61558-2-13, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V — Partie 2-13: Règles particulières et essais pour les autotransformateurs et les blocs d'alimentation incorporant des autotransformateurs*

CEI 61558-2-16, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V — Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage*

CEI 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

3 Termes et définitions

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 8044 et l'EN 1504 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

zone

partie d'une installation de protection cathodique

ISO 12696:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-cd5806eccc6/iso-12696-2012>

NOTE Les ensembles anodiques peuvent être divisés en zones séparées afin de fournir le courant de protection au treillis d'armatures complètement continu. En variante, une zone n'ayant qu'une anode unique peut alimenter des zones séparées, électriquement isolées, de l'ensemble des armatures. Les zones peuvent comprendre une zone à anode unique pour chaque zone d'armatures ou condition d'exposition. Comme le courant fourni à chacune des zones dans chacun de ces cas peut être mesuré séparément, les zones sont toutes appelées génériquement «zones de protection cathodique», et spécifiquement «zones anodiques» ou «zones cathodiques».

3.2

humectant

matériau hygroscopique, c'est-à-dire substance qui favorise la rétention d'humidité

NOTE Il peut être appliqué à la surface d'une anode galvanique afin de maintenir l'interface béton-anode humide.

4 Généralités

4.1 Systèmes de management de la qualité

La conception, la mise en place, la mise sous tension, la mise en service et l'exploitation à long terme de tous les éléments relatifs aux installations de protection cathodique pour les aciers du béton doivent être consignées par écrit de façon complète.

NOTE L'ISO 9000 constitue une norme de systèmes de management de la qualité appropriée et pouvant de ce fait être utilisée.

Chaque partie du travail doit être effectuée conformément à un plan qualité intégralement détaillé par écrit.

Chaque phase de la conception doit être vérifiée et ces vérifications doivent être consignées par écrit.

Chaque phase de l'installation, de la mise sous tension, de la mise en service et de l'exploitation doit être soumise à des essais visuels, mécaniques et/ou électriques appropriés, et tous les essais doivent être consignés par écrit.

Tous les instruments d'essai doivent être munis de certificats d'étalonnage valides, dont la traçabilité par rapport à des étalons nationaux ou européens peut être établie.

L'ensemble des documents doit faire partie intégrante des enregistrements relatifs aux travaux, qui sont à conserver de façon permanente.

4.2 Personnel

Tous les aspects d'une installation de protection cathodique, comme la conception, la mise en place, les essais de l'installation, la mise sous tension, la mise en service et le contrôle de l'exploitation à long terme doivent être surveillés par un personnel ayant une qualification, une formation, une compétence et une expérience adéquate dans le domaine particulier dont ils sont responsables.

NOTE La protection cathodique de l'acier dans le béton est une activité pluridisciplinaire faisant appel à des spécialistes. Elle implique une compétence dans divers domaines comme l'électrochimie, le béton, le bâtiment et/ou les travaux publics et la protection cathodique proprement dite.

Le personnel qui réalise la conception, la supervision de l'installation, la mise en service, la supervision de l'exploitation, les mesurages, la surveillance de la maintenance des installations de protection cathodique doit avoir le niveau requis de compétence pour les tâches entreprises. L'EN 15257 spécifie une méthode appropriée utilisable pour l'évaluation de la compétence du personnel chargé de la protection cathodique.

Il convient de démontrer par la certification selon l'EN 15257, ou par une procédure équivalente de pré-qualification, la compétence du personnel chargé de la protection cathodique au niveau approprié pour les tâches entreprises.

4.3 Conception

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49fc91e7-e604-4dcc-8ad2-gd5806e6ee6/iso-12696-2012>

La présente Norme internationale n'est pas un code de conception mais une norme de performance.

Les installations de protection cathodique pour les aciers dans le béton doivent faire l'objet d'une étude de conception détaillée.

L'étude de conception doit, au minimum, inclure les informations suivantes:

- a) les calculs détaillés;
- b) les plans d'installation détaillés;
- c) les spécifications détaillées relatives aux matériaux d'installations;
- d) les déclarations ou spécifications détaillées relatives à la méthode d'installation, d'essai, de mise sous tension, de mise en service et d'exploitation;
- e) les structures comportant des éléments précontraints doivent être évaluées quant à leur sensibilité à la fragilisation par l'hydrogène et au risque de courants vagabonds.

NOTE L'Annexe B énumère les points qu'il convient de traiter dans l'étude détaillée de conception.

5 Évaluation et réparation de la structure

5.1 Généralités

Pour la protection cathodique (ou prévention cathodique) de nouvelles structures, voir 5.12.

L'évaluation d'une structure existante, comprenant son état matériel, son intégrité structurelle, la nécessité de certaines réfections et les méthodes de réparation, doit être effectuée conformément à l'EN 1504.

Lorsque la protection cathodique est proposée comme la méthode de réparation et/ou de protection d'une structure ou en constitue un élément, des recherches complémentaires doivent être réalisées afin de:

- a) confirmer la pertinence de la protection cathodique, et
- b) fournir des données nécessaires à la conception de l'installation. Voir Annexe B.

Ces recherches doivent inclure, sans que cela soit limitatif, celles mentionnées en 5.2 à 5.10.

5.2 Enregistrements

Tous les plans, spécifications, enregistrements et notes disponibles doivent être examinés pour évaluer l'emplacement, la quantité, la nature [par exemple ordinaires, galvanisé(e)s, revêtu(e)s de résine époxy, précontraint(e)s] des armatures et des éventuels aciers supplémentaires et leur continuité, ainsi que les matériaux constitutifs et la qualité du béton.

Les informations disponibles doivent être confirmées et complétées par un examen du site et par des essais en laboratoire, comme spécifié en 5.3 à 5.8.

5.3 Examen visuel et recherche de délamination

Les données de l'examen visuel doivent être recueillies pour déterminer avec certitude le type, les causes et l'étendue des défauts, ainsi que toutes les particularités de la structure ou de son environnement pouvant influencer sur la mise en œuvre et l'efficacité de la protection cathodique. Les zones qui ont été préalablement réparées ainsi que les méthodes de réparation et les matériaux employés doivent être identifiés.

Toutes les zones de la structure nécessitant l'application d'une protection cathodique doivent être vérifiées pour rechercher les délaminations de l'enrobage.

Les défauts tels que les fissures, nids de cailloux ou joints de mauvaise qualité laissant pénétrer de l'eau en quantité significative et pouvant ainsi compromettre l'efficacité ou la durabilité de la protection cathodique doivent être consignés par écrit.

Le cas échéant, l'examen et la recherche des éléments enterrés ou immergés seront facilités par l'excavation et/ou des batardeaux.

5.4 Analyse des chlorures

Si nécessaire, les valeurs et les distributions de la teneur en chlorures du béton doivent être déterminées conformément à l'EN 14629.

5.5 Mesurage de la profondeur de carbonatation

Si nécessaire, la distribution des profondeurs de carbonatation doit être déterminée conformément à l'EN 14630.

5.6 Enrobage et localisation des armatures

La répartition de l'enrobage, les caractéristiques dimensionnelles et la position de l'acier noyé et des armatures doivent être déterminées de façon à évaluer si l'espacement anode/cathode sera approprié à l'ensemble anodique envisagé et à identifier les zones à forte densité d'acier ou d'armatures, qui auraient besoin d'une densité de courant élevée. L'effet d'écran vis-à-vis de l'acier à protéger, dû à la présence dans le béton de treillis métalliques, de fibres ou de plaques métalliques, ou de feuilles de plastique ou de matériaux de réparation non conducteurs, qui pourrait réduire l'efficacité de la protection cathodique, doit être évalué. L'éventualité de courts-circuits entre les armatures et l'anode à courant imposé doit être évaluée.

Dans le cas des structures ou zones enterrées ou immergées, l'enrobage peut être moins significatif si le système anodique doit intégrer des anodes enterrées ou immergées et situées à une certaine distance de la structure.

5.7 Continuité électrique des armatures

La continuité des armatures et autres éléments en acier doit être vérifiée sur les plans et prouvée ensuite in situ par mesurage de la résistance électrique et/ou de l'écart de potentiel entre des barres éloignées l'une de l'autre dans la structure. Les essais doivent être tels que spécifié en 7.1 pour confirmer la faisabilité d'une protection cathodique et pour fournir des informations pour les études de conception. Cela doit inclure au moins une évaluation des points suivants sur une base représentative:

- a) continuité électrique entre les éléments de la structure dans chaque zone de l'installation de protection cathodique;
- b) continuité électrique des armatures au sein des éléments de la structure;
- c) continuité électrique des éléments métalliques autres que les armatures, par rapport à l'armature elle-même.

Ensuite, lors de la phase de réparation et d'installation de la protection cathodique, la continuité électrique des armatures et autres aciers doit être à nouveau vérifiée selon les méthodes considérées et comme spécifié en 7.1.

5.8 Potentiel acier/béton

La corrosion des armatures/acier de zones représentatives, qu'elles soient endommagées ou non, doit faire l'objet d'une auscultation, à l'aide d'électrodes de référence portables conformes à celles décrites en 6.3.2. Les mesurages doivent être réalisés de préférence selon un maillage orthogonal de 500 mm de côté maximum.

NOTE 1 Un contrôle du potentiel acier/béton n'est pas nécessaire sur la totalité de l'ouvrage. Il est préférable d'étudier plus en détail les zones où une installation permanente d'électrodes de référence est prévue, afin de les placer aux emplacements les plus anodiques ou à d'autres emplacements appropriés.

La continuité électrique des armatures et de l'acier au sein de toute zone dont on établit le potentiel acier/béton est essentielle et doit être vérifiée selon la méthode décrite en 7.1, avant de commencer toute investigation du potentiel acier/béton.

Il convient que les valeurs relevées sur les zones identifiées comme délaminées, lors de l'examen spécifié en 5.3, soient interprétées avec précaution, le délaminage pouvant donner des valeurs sans rapport avec le degré de corrosion des armatures ou autre acier noyé.

NOTE 2 Le document ASTM C876^[8], le rapport RILEM TC 154 (2003)^[9] et le Rapport technique 60 de la Concrete Society^[10] fournissent des lignes directrices relatives aux mesurages et à l'interprétation du potentiel acier/béton.

5.9 Résistivité électrique du béton

L'influence des variations de la résistivité du béton sur l'installation de protection cathodique doit être prise en compte. Il n'existe aucune lignes directrices établies relatives aux limites en matière de résistivité électrique pour ce qui concerne la protection cathodique, mais le concepteur doit tenir compte de la possibilité d'assurer une protection complète lorsqu'elle est nécessaire en fonction des gammes et valeurs absolues de résistivité électrique observées sur la structure.

NOTE Le rapport RILEM TC 154 (2000)^[11] et le Rapport technique 60 de la Concrete Society^[10] fournissent des lignes directrices relatives aux mesurages et à l'interprétation de la résistivité électrique du béton.

5.10 Réparation

5.10.1 Généralités

Toutes les opérations impliquant une réparation doivent être effectuées conformément à l'EN 1504, sauf indication contraire dans le présent paragraphe.

NOTE L'installation d'une protection cathodique sur une structure existante peut être associée à d'autres formes de travaux de réparation tels que le renforcement, le ragréage ou le revêtement comme déterminé conformément à l'EN 1504. Dans le présent paragraphe, on entend par «réparation» la restauration du béton détérioré ou endommagé, afin d'assurer un chemin ininterrompu pour le courant de protection cathodique, et cela avant l'installation de la protection cathodique, ainsi que sa restauration aux endroits où le béton a été retiré pour permettre l'accès à l'armature et autre acier, et pour mettre en place des câbles de connexion ainsi que des capteurs, etc.

5.10.2 Élimination du béton dégradé

Les matériaux des réparations antérieures présentant une résistivité sensiblement différente de celle du béton d'origine doivent être éliminés.

NOTE 1 En général, il convient d'éliminer les matériaux de réparation ayant une résistivité électrique en dehors de la gamme allant approximativement de la moitié au double de celle du béton d'origine lorsqu'elle est mesurée dans les mêmes conditions que le béton d'origine afin d'assurer une distribution relativement uniforme du courant dans les armatures. Par exemple, les matériaux de réparation à base prépondérante d'époxy ont une résistivité très élevée et peuvent former une barrière isolant l'armature de la protection cathodique. Le béton armé avec des fibres métalliques peut présenter une résistivité très faible et les fibres peuvent former un court-circuit électrique entre l'anode et l'acier.

Pour les systèmes de protection cathodique à courant imposé, tout fil d'attache, clou ou autre élément en métal visible à la surface du béton et susceptible d'entrer en contact avec l'ensemble anodique ou d'être trop près de l'anode pour un espacement anode/cathode optimal doit être coupé et éliminé, et le béton réparé.

NOTE 2 Tout objet métallique électriquement isolé du circuit de protection cathodique est susceptible de se corroder. Il peut être nécessaire de le raccorder électriquement à l'armature, ou de l'enlever.

Il n'est pas nécessaire d'éliminer, avant l'application de la protection cathodique, du béton adhérent contaminé par des chlorures ou carbonaté.

5.10.3 Préparation des armatures

Tout produit de corrosion non adhérent doit être éliminé de l'armature ou autre acier pour permettre un bon contact entre l'acier et le matériau de réparation, mais il n'est pas nécessaire de nettoyer l'armature ou autre acier jusqu'au métal nu.

Aucun primaire ni revêtement isolant ou résistif ne doit être utilisé.

5.10.4 Reconstitution du parement

La reconstitution du parement doit s'effectuer conformément à l'EN 1504, sauf indication contraire dans le présent paragraphe.

Le béton doit être reconstitué à l'aide de matériaux à base de ciment. Les matériaux de réparation contenant du métal (que ce soit sous forme de fibre ou de poudre) ne doivent pas être utilisés, notamment dans le cas des systèmes à courant imposé. Les caractéristiques de résistivité électrique et les caractéristiques mécaniques des matériaux de réparation doivent être compatibles avec celles du béton d'origine. Il ne faut pas utiliser de membranes de cure avant la phase suivante consistant à installer les anodes sur la zone à réparer. D'autres méthodes de cure doivent être utilisées.

La résistivité électrique des matériaux de reconstitution du béton doit être similaire à celle du béton d'origine.

NOTE En général, ces matériaux de reconstruction ont une résistivité électrique située dans la gamme allant approximativement de la moitié au double de celle du béton d'origine lorsqu'elle est mesurée dans les mêmes conditions que le béton d'origine. Cependant, la résistivité électrique du béton d'origine doit correspondre à celle d'un matériau vieilli (âge > 20 ans), tandis que la résistivité électrique du matériau de reconstitution reflète les propriétés d'un matériau relativement jeune, en prévoyant cependant un effet de vieillissement significatif sur la durée. De même, les mesures réalisées en laboratoire sur des prismes ne représentent pas les états de la structure. Une réparation de bonne qualité réalisée sur des matériaux réputés compatibles avec les installations de protection cathodique s'est révélée plus efficace que l'application de limites de résistivité arbitraires.

5.11 Couche de recouvrement à base de ciment

Pour les installations de protection cathodique utilisant des ensembles anodiques tels qu'indiqués en 6.2.2.2, suite à la réparation spécifiée en 5.10 et à une installation d'anode conforme à 7.5, 7.6 et 7.7, une couche de recouvrement à base de ciment doit être appliquée sur les types appropriés d'anode installée. Tous les matériaux et méthodes d'application doivent être conformes à l'EN 1504. La contrainte d'adhérence moyenne entre le béton existant et le recouvrement doit être supérieure à 1,5 MPa, la valeur minimale devant être supérieure à 1,0 MPa.

NOTE Si la contrainte d'adhérence du béton du substrat se révèle non satisfaisante à des valeurs inférieures à 1,5 MPa en moyenne et à 1,0 MPa au minimum, l'utilisation d'une couche de recouvrement à base de ciment peut ne pas être appropriée.

L'application du recouvrement peut s'effectuer en même temps que la reconstitution du parement.

La résistivité électrique de la couche de recouvrement de l'anode peut dépasser le double de la résistivité nominale du béton d'origine, sous réserve que l'anode enrobée puisse conduire le courant nominal sous la tension prévue lors de la conception dans un recouvrement présentant la résistivité considérée dans toutes les conditions atmosphériques et d'exposition applicables à la structure.

Le matériau choisi, l'épaisseur et la méthode de mise en place doivent être compatibles entre eux et avec le matériau d'anode et l'exposition de la structure.

La surveillance du potentiel entre l'anode et les armatures/l'acier (cathode) doit être effectuée pour la détection des courts-circuits. Les membranes de cure doivent être retirées du béton d'origine ou substrat ou s'être suffisamment dégradées pour éviter de gêner le fonctionnement de l'installation de protection cathodique.

5.12 Structures neuves

Dans le cas d'une structure neuve, si une protection cathodique doit être appliquée dès la construction à titre préventif, les points suivants doivent être évalués dans la conception, les spécifications et les procédures de construction, en plus des exigences du reste de la présente Norme internationale et de celles des normes relatives à la conception et à la construction de la nouvelle structure:

- a) réalisation et vérification de la continuité électrique des armatures/de l'acier, conformément à 7.1;
- b) fixation et protection appropriées des électrodes de surveillance, de tous les câbles et de leurs raccordements, pour éviter des endommagements ou des perturbations pendant la mise en place du béton et sa vibration;
- c) raccordement, localisation ou isolation des autres installations et fixations métalliques, ou tout autre élément, de façon à éviter des effets indésirables de l'installation de protection cathodique;
- d) dans le cas d'anodes à courant imposé noyées dans la structure en béton, il faut prévoir assez de cales et de fixations isolantes et suffisamment rigides pour maintenir les anodes en position et éviter les courts-circuits lors de la mise en place du béton et sa vibration. La surveillance du potentiel entre l'anode et l'armature/l'acier (cathode) doit être effectuée afin de détecter des courts-circuits pendant la mise en place du béton.

6 Composants de l'installation de protection cathodique

6.1 Généralités

L'installation de protection cathodique doit inclure un ensemble anodique destiné à distribuer le courant de protection cathodique aux surfaces de l'acier noyé à protéger. L'installation de protection cathodique à courant imposé doit en outre comporter des câbles positifs et négatifs reliant respectivement l'anode et l'acier au générateur de courant continu qui constitue la source du courant de la protection cathodique.

Pour les ensembles anodiques galvaniques, des raccordements permanents directs en métal doivent être assurés entre l'anode et l'acier, sauf lorsque le système de suivi qui nécessite la coupure du courant est installé.

Les électrodes de référence, les autres électrodes et les autres capteurs sont les éléments clés des installations de protection cathodique et constituent le système de suivi de son efficacité au sein même des installations de protection cathodique. Les données fournies par les électrodes et les capteurs peuvent être interrogées et affichées sur des instruments portables ou fixes, qui peuvent être automatiques ou manuels.

L'ensemble de l'installation de protection cathodique doit être conçu, monté et soumis à essai pour satisfaire à la durée de vie prévue dans l'environnement considéré.

Les installations de protection cathodique tant à courant imposé qu'à anode galvanique requièrent la fourniture d'un système de surveillance afin de déterminer la performance et de se conformer à la présente Norme internationale.

NOTE Les installations à anode galvanique peuvent être utilisées sans systèmes de surveillance ou méthodes de mesure de leur performance. De telles installations ne sont pas conformes à la présente Norme internationale.

6.2 Ensembles anodiques

(standards.iteh.ai)

Voir l'Annexe C.

ISO 12696:2012

L'ensemble anodique doit être capable d'assurer les performances requises par le projet de protection cathodique (voir 4.3). Sa durée de vie calculée ou prévue doit être suffisante pour assurer la durée de vie prévue par le projet, moyennant, le cas échéant, des travaux programmés d'entretien ou de remplacement de l'ensemble anodique ou de certains de ses éléments aux périodes indiquées à la conception.

Pour les anodes noyées dans le béton ou appliquées à sa surface, la densité du courant de l'anode doit être conforme à celle de la conception et ne doit pas dépasser les valeurs sous peine de réduire les performances soit

- a) du béton à l'interface anode/béton, soit
- b) de l'anode,

pendant la durée de vie prévue pour l'anode.

La conception et/ou la sélection du matériau de l'anode doit prendre en compte les variations probables de la densité de courant cathodique nécessaire, la répartition de l'acier, la résistivité électrique du béton et tout autre facteur qui peut occasionner une distribution inégale du besoin en courant ou une réduction du courant anodique, ainsi que la possibilité de provoquer ainsi une panne précoce des parties isolées de l'ensemble anodique.

NOTE 1 Un certain nombre d'ensembles anodiques ont été mis au point, soumis à essai et leur aptitude à l'emploi pour des applications pratiques à long terme en étant noyées dans le béton ou appliquées au béton a été principalement (mais pas exclusivement) prouvée dans la protection cathodique de l'acier dans le béton exposé à l'atmosphère. Les exigences s'appliquant à ces anodes sont exceptionnelles dans la pratique de la protection cathodique, car ces anodes doivent être installées ou appliquées de façon répartie sur la surface du béton ou à l'intérieur même du béton, suivant les prescriptions requises pour obtenir la répartition et l'intensité du courant prévues au projet. L'anode est donc en contact étroit avec l'eau fortement alcaline présente dans les pores du béton. En exploitation, les réactions électrochimiques qui se développent à l'interface anode/béton sont des réactions d'oxydation qui produisent de l'acide.

NOTE 2 Les ensembles anodiques décrits dans la présente Norme internationale se classent en deux catégories. Les ensembles anodiques qui ont été utilisés depuis cinq ans au minimum et pour lesquels on dispose d'une longue expérience généralement positive, sont traités en 6.2.1 et 6.2.2. Cependant, il n'est pas pour autant exclu d'utiliser pour réaliser les anodes, d'autres matériaux plus récents ou qui n'ont pas fait toutes leurs preuves. Une telle attitude aurait pour conséquence de restreindre la mise au point nécessaire et fructueuse de nouveaux matériaux anodiques éventuellement meilleurs. L'Annexe C donne une liste non exhaustive de ces anodes.

Il est probable que de nouveaux matériaux anodiques efficaces seront mis au point pour la réalisation d'anodes de protection cathodique de l'acier dans le béton. L'objet de la présente Norme internationale n'est pas d'en interdire l'usage. Il est recommandé que l'utilisation de toute anode ne soit envisagée que lorsque ses performances peuvent être démontrées par des essais en laboratoire ou sur site, et/ou sur la base de projets déjà réalisés.

Il est suggéré que les nouveaux matériaux destinés à la réalisation d'anodes de protection cathodique des aciers dans le béton soient soumis à des essais rigoureux en laboratoire et, chaque fois que cela est possible, à des essais sur site de longue durée et/ou accélérés avant de procéder à des applications pratiques commerciales.

NOTE 3 Il existe une méthode d'essai établie pour les essais de durée de vie accélérée des anodes noyées dans le béton, à savoir NACE TM 0294^[12] et pour les anodes à revêtements conducteurs à base organique^[13].

Les ensembles anodiques utilisés pour la protection de l'acier dans le béton enterré ou immergé sont détaillés dans les Normes européennes EN 12473, EN 12954, EN 12495, EN 12474 et l'ISO 13174.

6.2.1 Ensembles anodiques à revêtements conducteurs

6.2.1.1 Revêtements organiques

Ces revêtements sont utilisés comme anodes à courant imposé.

L'ensemble anodique doit comprendre un revêtement organique conducteur (revêtement en phase de solvant ou en émulsion dans l'eau et contenant un conducteur carboné) et une série de conducteurs (anodes primaires) fixés à la surface du béton ou intégrés dans le revêtement de sorte que les conducteurs puissent distribuer le courant à l'intérieur du revêtement. Les conducteurs doivent être fabriqués dans un matériau capable de résister aux réactions anodiques, comme le titane ou le niobium platinés ou plaqués de platine, le titane revêtu d'un oxyde métallique mixte. Ces matériaux peuvent comporter une âme en cuivre.

Avant d'utiliser un revêtement conducteur en combinaison avec des anodes primaires, il doit avoir été prouvé par des essais ou sur la base de projets déjà réalisés que les performances requises à l'anode peuvent bien être atteintes. L'espacement des anodes primaires dans le revêtement conducteur doit être tel qu'il peut être calculé ou démontré que les variations du courant anodique dues à la résistance, au sein du revêtement, entre les anodes primaires ne dépasse pas $\pm 10\%$ du débit de courant moyen mesuré comme une chute de tension de $\pm 10\%$.

La technique d'application particulière choisie doit être justifiée par des essais ou par des projets déjà réalisés pour attester que les performances requises à la conception pour l'anode peuvent bien être atteintes.

L'adhérence du revêtement au béton, ayant subi une préparation de surface appropriée et la technique d'application décrite ci-dessus, doit convenir pour assurer la durée de vie théorique de l'ensemble anodique.

Les données nécessaires à la définition des exigences relatives à l'épaisseur du film humide et/ou sec permettant d'obtenir la conductivité requise pour le film sec doivent être fournies.

Voir l'Annexe C pour toute information supplémentaire.

6.2.1.2 Revêtements métalliques projetés à chaud

L'ensemble anodique doit comprendre un revêtement métallique projeté à chaud de Zn, de Al-Zn, de Al-Zn-In ou de Ti.

Les revêtements de Zn sont utilisés tant comme anodes à courant imposé que comme anodes galvaniques; les anodes en alliage Al-Zn et Al-Zn-In sont utilisées comme anodes galvaniques. Le titane est utilisé comme une anode à courant imposé avec projection catalytique pour réduire la résistance à l'interface anode/béton.