
Protection cathodique de l'acier dans le béton

Cathodic protection of steel in concrete

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12696:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b194d55-dca7-4086-ae74-86d00a703990/iso-12696-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 12696:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b194d55-dca7-4086-ae74-86d00a703990/iso-12696-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

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 Généralités	3
4.1 Management de la qualité	3
4.2 Qualifications	3
4.3 Conception	3
5 Évaluation et réparation de la structure	4
5.1 Généralités	4
5.2 Enregistrements	4
5.3 Examen visuel et recherche de délamination	4
5.4 Analyse des chlorures	5
5.5 Mesurage de la profondeur de carbonatation	5
5.6 Enrobage et localisation des armatures	5
5.7 Continuité électrique des armatures	5
5.8 Potentiel acier/béton	6
5.9 Résistivité électrique du béton	6
5.10 Réparation	6
5.10.1 Généralités	6
5.10.2 Élimination du béton dégradé	6
5.10.3 Préparation des armatures	7
5.10.4 Reconstitution du parement	7
5.11 Couche de recouvrement à base de ciment	7
5.12 Structures neuves	8
6 Composants de l'installation de protection cathodique	8
6.1 Généralités	8
6.2 Ensembles anodiques	9
6.2.1 Généralités	9
6.2.2 Ensembles anodiques à revêtements conducteurs	10
6.2.3 Ensembles anodiques à titane activé	11
6.2.4 Anodes céramiques à l'oxyde de titane	12
6.2.5 Anodes conductrices à base de ciment	12
6.2.6 Anodes galvaniques noyées	13
6.2.7 Anodes galvaniques montées en surface	13
6.2.8 Anodes enterrées ou immergées	14
6.3 Capteurs de surveillance	15
6.3.1 Généralités	15
6.3.2 Électrodes de référence portables	16
6.3.3 Autres capteurs	17
6.4 Instrumentation de surveillance	17
6.4.1 Généralités	17
6.4.2 Instruments de mesure numériques	18
6.4.3 Centrales de mesure	18
6.5 Système de gestion de données	19
6.6 Câbles à courant continu	20
6.7 Boîtiers de jonction	21
6.8 Alimentations électriques	21
6.9 Transformateurs-redresseurs	21
7 Procédures de mise en place	23
7.1 Continuité électrique	23

7.2	Système de surveillance de la performance.....	24
7.3	Connexions avec l'acier dans le béton.....	24
7.4	Réparations du béton associées aux composants de protection cathodique.....	25
7.5	Préparation des surfaces pour la mise en place des anodes.....	25
7.6	Mise en place des anodes.....	25
7.7	Connexions à l'ensemble anodique.....	26
7.8	Recouvrement de l'anode, application d'un matériau d'étanchéité de surface ou d'un revêtement décoratif.....	26
7.9	Installation électrique.....	26
7.10	Essais en cours d'installation.....	27
8	Mise en service.....	28
8.1	Examen visuel.....	28
8.2	Mesurages avant mise sous tension.....	28
8.3	Mise sous tension initiale des systèmes à courant imposé.....	29
8.4	Réglage initial des systèmes à courant imposé.....	29
8.5	Évaluation de la performance initiale.....	29
8.6	Critères de protection : interprétation de l'évaluation de la performance.....	31
9	Enregistrement et documentation de l'installation.....	32
9.1	Enregistrements qualité et enregistrements d'essai.....	32
9.2	Rapport de mise en place et de mise en service.....	32
9.3	Manuel de fonctionnement et de maintenance.....	33
10	Exploitation et maintenance.....	34
10.1	Périodicité et modes opératoires.....	34
10.2	Suivi de l'installation.....	35
10.3	Rapport de suivi de l'installation.....	35
Annexe A (informative) Principes de la protection cathodique et son application à l'acier dans le béton.....		36
Annexe B (informative) Procédé de conception.....		45
Annexe C (informative) Notes sur les ensembles anodiques.....		53
Annexe D (informative) Notes sur les électrodes de référence.....		59
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'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.

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/iso/fr/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 219, *Protection cathodique de l'acier dans le béton*, 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 12696:2016), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes :

- révision du domaine d'application dans le but de préciser que, pour assurer la conformité au présent document, il est nécessaire que l'installation de protection cathodique dispose d'un système de surveillance suffisant pour démontrer que l'installation respecte les critères de protection spécifiés en [8.6](#) ;
- révision du paragraphe [8.6](#) ;
- révision de l'[Annexe A](#) et mise à jour de ses figures ;
- déplacement de l'[Article A.7](#) dans la nouvelle [Annexe D](#) et ajout d'un nouvel [Article A.7](#) « Avantages du courant de protection cathodique lorsque les critères énoncés en [8.6](#) ne sont pas entièrement satisfaits » ;
- révision complète de l'[Annexe B](#) ;
- ajout d'un nouvel [Article C.5](#), « Anodes hybrides » ;
- ajout d'une nouvelle [Annexe D](#), « Notes sur les électrodes de référence » ;

— révision des références dans l'intégralité du document.

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 STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12696:2022
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b194d55-dca7-4086-ae74-86d00a703990/iso-12696-2022>

Introduction

Le présent document 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'ISO 12696:2016 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 spécifiés dans le présent document pour tous les types d'expositions.

Il existe d'autres traitements électrochimiques ayant pour objet la maîtrise de la corrosion de l'acier dans le béton, comme la réalcalinisation et l'extraction des chlorures, qui ne sont pas traités dans le présent document. Voir l'EN 14038-1:2016^[10] et l'EN 14038-2:2020^[11] pour obtenir des informations sur les traitements électrochimiques.

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 requiert des calculs de conception et une définition des procédures de mise en place spécifiques. Le présent document 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 la préparation par des experts et des personnes expérimentées d'une conception détaillée et des spécifications concernant les matériaux, la mise en place, la mise en service et l'exploitation.

ISO 12696:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b194d55-dca7-4086-ae74-86d00a703990/iso-12696-2022>

Protection cathodique de l'acier dans le béton

1 Domaine d'application

Le présent document 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. Il traite des bâtiments et des ouvrages d'art, y compris les armatures et les précontraintes en acier au carbone noyées dans le béton. Il s'applique aux armatures en acier non revêtu et aux armatures en acier recouvert par un revêtement organique. Il ne s'applique pas au béton renforcé comportant des fibres conductrices d'électricité (par exemple, le carbone ou l'acier).

Le présent document 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.

Le présent document s'applique uniquement aux applications de protection cathodique de l'acier dans le béton qui sont conçues dans l'intention de répondre aux critères de protection spécifiés en 8.6 et dont il peut être démontré qu'elles y répondent. Cela requiert la mise en place de systèmes de surveillance de la performance suffisants, tels que spécifiés en 6.3, pour toutes les parties de la structure destinées à être protégées, afin d'évaluer dans quelle mesure les critères en 8.6 sont satisfaits.

Le présent document ne s'applique pas aux anodes galvaniques ou ensembles appliqués dans les réparations ragréées pour réduire les effets d'« anodes induites ». Le présent document ne s'applique également pas à toutes formes d'installations de protection cathodique ou d'autres traitements électrochimiques qui soit ne peuvent pas répondre aux exigences de 8.6, soit ne sont pas équipées des systèmes de surveillance de la performance (voir 6.3) nécessaires pour évaluer si les critères de protection spécifiés en 8.6 sont satisfaits.

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

NOTE 2 Bien qu'il ne soit pas spécifiquement destiné à traiter de la protection cathodique de l'acier dans n'importe quel autre électrolyte que le béton, le présent document 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 XX^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 la mise en place de la protection cathodique ; cependant, les exigences du présent document peuvent être appliquées à ces systèmes.

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 8044, *Corrosion des métaux et alliages — Vocabulaire*

ISO 15257, *Protection cathodique — Niveaux de compétence des personnes en protection cathodique — Base pour un dispositif particulier de certification*

IEC 60502-1, *Câbles d'énergie à isolant extrudé et leurs accessoires pour des tensions assignées de 1 kV (UM égal 1,2 kV) à 30 kV (UM égal 36 kV) — Partie 2 : Câbles de tensions assignées de 6 kV (UM égal 7,2 kV) à 30 kV (UM égal 36 kV)*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP).*

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

IEC 61558-2-1, *Sécurité des transformateurs, alimentation, 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 application d'ordre général*

IEC 61558-2-2, *Sécurité des transformateurs, alimentation, 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*

IEC 61558-2-4, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions 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*

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

IEC 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*

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

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

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*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 8044 et l'EN 1504 (toutes les parties) 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 zone

partie d'une installation de protection cathodique

Note 1 à l'article: Les ensembles anodiques peuvent être divisés en zones séparées afin de fournir le courant de protection à un treillis d'armatures complètement continu. En variante, une zone n'ayant qu'une seule anode 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 qui favorise la rétention d'humidité

Note 1 à l'article: Il peut être appliqué à la surface d'une anode galvanique afin de maintenir l'interface béton-anode humide.

4 Généralités

4.1 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 dans le béton doivent être documentées de façon complète. Pour de plus amples informations, voir [Annexe B](#).

NOTE L'ISO 9001 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 documenté.

Chaque phase de la conception doit être vérifiée et ces vérifications doivent être documentées.

Chaque phase de la mise en place, de la mise sous tension, de la mise en service et de l'exploitation doit être soumise à des essais visuels, mécaniques ou électriques appropriés ou à ces trois types d'essais, et tous les essais doivent être documentés.

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

L'ensemble des documents doit faire partie intégrante des enregistrements relatifs aux travaux, qui sont à conserver de façon permanente. [ISO 12696:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b194d55-dca7-4086-ae74-86d00a703990/iso-12696-2022)

4.2 Qualifications

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 des personnes ayant une qualification, une formation, une compétence et une expérience adéquate dans le domaine particulier dont elles 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 tout ou partie des domaines de l'électrochimie, du béton, du bâtiment, des travaux publics et de la protection cathodique.

Les personnes qui réalisent la conception, la supervision de la mise en place, la mise en service, la supervision de l'exploitation, les mesurages, la surveillance de la maintenance des installations de protection cathodique doivent avoir le niveau requis de compétence pour les tâches entreprises. L'ISO 15257 spécifie une méthode appropriée qui peut être utilisée pour évaluer la compétence des personnes chargées de la protection cathodique.

Il convient de démontrer par la certification selon l'ISO 15257 ou par une procédure équivalente de préqualification, la compétence des personnes chargées de la protection cathodique au niveau approprié pour les tâches entreprises.

4.3 Conception

Le présent document 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 et documenter les informations suivantes :

- a) les calculs détaillés ;
- b) les plans de mise en place détaillés ;
- c) les spécifications détaillées relatives aux matériaux et équipements ;
- d) les déclarations ou spécifications détaillées relatives à la méthode de mise en place, 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.

La conception détaillée doit être entreprise par les personnes qui satisfont aux exigences en [4.2](#). L'[Annexe B](#) donne les informations correspondantes en matière de conception. L'[Annexe B](#) fournit des informations sur la conception détaillée qu'il convient que les personnes qui satisfont aux exigences en [4.2](#) entreprennent. Si l'ISO 15257 est utilisée pour démontrer leurs compétences, elles doivent être titulaires d'une certification de niveau 4 ou supérieur dans le secteur « structures en béton armé ».

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 (toutes les parties).

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 supplémentaires 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 (pour en savoir plus, voir [Annexe B](#)).

Ces recherches doivent inclure, sans que cela soit limitatif, celles mentionnées de [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 aciers ordinaires, galvanisés, revêtus de résine époxy, précontraints) 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 qui requièrent d'être protégées cathodiquement doivent être inspectées afin de rechercher des 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 l'installation de 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 mesurée 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 est approprié à l'ensemble anodique envisagé et à identifier les zones à forte densité d'acier ou d'armatures, qui peuvent requérir une densité de courant élevée par mètre carré de béton. 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, de feuilles de plastique ou de matériaux de réparation non conducteurs noyés qui peuvent réduire l'efficacité de la protection cathodique, doit être évalué. L'éventualité de courts-circuits entre les armatures en acier 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 l'ensemble anodique intègre des anodes enterrées ou immergées et situées à une certaine distance de la structure.

5.7 Continuité électrique des armatures

Les caractéristiques dimensionnelles, la répartition, les chevauchements et la continuité des armatures et autres éléments en acier doivent être vérifiés sur les plans. Leur continuité doit ensuite être prouvée in situ par mesurage de la résistance électrique, de l'écart de potentiel, ou des deux, entre des barres éloignées l'une de l'autre dans la structure. Les essais doivent être tels que spécifiés 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 de mise en place de la protection cathodique, les caractéristiques dimensionnelles, la répartition, les chevauchements et la continuité électrique des armatures et autres aciers doivent être à nouveau vérifiés selon les méthodes considérées et comme spécifié en 7.1.

5.8 Potentiel acier/béton

La corrosion de l'acier des armatures dans les 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 autres aciers, au sein de toute zone de campagne de mesure de potentiel acier/béton, est essentielle et doit être vérifiée selon la méthode décrite en 7.1, avant de commencer tout contrôle 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 autres aciers noyés.

NOTE 2 Les Références [12], [13] et [14] fournissent des recommandations 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 recommandation établie relative 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 requise en fonction des gammes de résistivité du béton observées sur la structure.

NOTE Les Références [14] et [15] fournissent des recommandations 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 (toutes les parties), sauf indication contraire en 5.10.

NOTE La mise en place 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 (toutes les parties). Dans le présent paragraphe, « réparation » désigne la reconstitution du béton détérioré ou endommagé afin d'assurer un chemin ininterrompu pour le courant de protection cathodique, et cela avant la mise en place de la protection cathodique, ainsi que sa restauration aux endroits où le béton a été retiré pour permettre l'accès aux armatures et autres aciers, et pour mettre en place des câbles de connexion ainsi que des capteurs.

5.10.2 Élimination du béton dégradé

Tout matériau de réparation nuisant à la performance de l'installation de protection cathodique doit être éliminé.

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 électrique très faible et les fibres peuvent former un court-circuit électrique entre l'anode et l'acier.

Pour les installations 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 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 jusqu'au métal nu l'armature ou autre acier à noyer dans le béton. Toutefois, le concepteur doit tenir compte de l'impact de tout produit de corrosion important sur la surface de l'acier et sur l'adhérence des réparations en béton apportées à l'armature.

NOTE Les produits de corrosion retenus sont susceptibles d'avoir une teneur élevée en chlorures. S'ils coïncident avec des vides dans les réparations du béton, ces zones continueront probablement à se corroder.

Le concepteur doit tenir compte de l'effet des primaires ou des revêtements utilisés dans le cadre du système de réparation, en prenant en considération la barrière qui pourrait éventuellement se former entre le courant de protection cathodique et l'acier sur ou sous lequel les primaires ou les revêtements sont appliqués.

5.10.4 Reconstitution du parement

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

Le parement 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. Les caractéristiques de résistivité électrique et les caractéristiques mécaniques des matériaux de réparation doivent être compatibles avec celles du béton d'origine. Les membranes de cure ne doivent pas être utilisées 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 réparation 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 correspond à celle d'un matériau vieilli (âge supérieur à 20 ans), tandis que la résistivité électrique du matériau de réparation 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 protections cathodiques mises en place 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 tel qu'indiqué en 6.2.3.2, à la suite de la réparation spécifiée en 5.10, et d'une mise en place des anodes 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 mise en place.

Tous les matériaux et méthodes d'application doivent être conformes à l'EN 1504 (toutes les parties). La contrainte d'adhérence entre le béton existant et la couche de recouvrement doit être soumise à essai conformément à l'EN 1542. Une série d'essais doit comporter trois essais individuels. La contrainte d'adhérence moyenne doit être supérieure à 1,5 Mpa pour l'ensemble de la série d'essais et supérieure