

# Association canadienne du gaz

## Pratique recommandée

OCC-1-2013

Contrôle de la corrosion externe des  
réseaux de gazoducs métalliques enfouis ou  
submergés

**Distribuée par le Groupe de travail OCC-1  
de l'Association canadienne du gaz**

**JUIN 2013**

Le présent document « Pratique recommandée » concerne le contrôle de la corrosion externe des gazoducs métalliques enfouis ou submergés. Il ne s'agit cependant que d'un document de référence. Chaque entreprise est responsable de ses propres pratiques et procédures, dans le respect de l'ensemble de la réglementation et de ses propres critères d'efficacité, de sécurité et de prévention de la corrosion.

Cette pratique recommandée doit être adaptée aux besoins de chaque utilisateur. L'AGC n'assume aucune responsabilité à l'égard de l'application ou des effets des méthodes mentionnées. Chaque utilisateur conserve l'entière responsabilité pratique et juridique de la manière dont il applique et interprète la pratique en question.

En conséquence, l'Association canadienne du gaz, ses membres, ses employés et ses fournisseurs déclinent toute responsabilité à l'égard des dommages, des pertes ou des poursuites juridiques découlant, directement ou indirectement, de quelque manière que ce soit, de l'utilisation de la présente pratique recommandée, et déclare explicitement que le lecteur fait usage de ce matériel à ses propres risques.

L'OCC-1-2013 annule et remplace l'OCC-1-2005.

**Groupe de travail OCC-1 de l'Association canadienne du gaz :**

Brad Jefferies	Enbridge Gas Distribution, président
Chad Khattar	TransCanada
Clay Smith	Pacific Northern Gas Ltd.
David McConkey	Association canadienne du gaz
Fernando Velandia	Manitoba Hydro
Jim Phillipchuk	ATCO Gas
Mike Novakowicz	AltaGas Utilities Inc.
Rob Wakelin	Gull River Engineering Inc.
Scott Bowing	Fortis BC
Scott Walker	Union Gas
Stéphanie Dontigny	Gaz Métro

## TABLE DES MATIÈRES

<b>CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS</b> .....	1
1.1 Introduction .....	1
1.1.1 Objectifs de la Pratique recommandée .....	1
1.1.2 Application des mesures de contrôle de la corrosion .....	2
1.1.3 Écarts par rapport à la Pratique recommandée .....	2
1.2 Pratiques de contrôle de la corrosion externe .....	3
1.2.1 Réseaux de gazoducs neufs .....	3
1.2.2 Réseaux de conduites revêtues existants.....	3
1.2.3 Réseaux de conduites nues existants .....	3
<b>CHAPITRE 2 : CONCEPTION DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE LA CORROSION</b> .....	4
2.1 Introduction .....	4
2.2 Revêtements.....	4
2.2.1 Généralités.....	4
2.2.2 Choix et évaluation .....	4
2.3 Protection cathodique .....	6
2.3.1 Généralités.....	6
2.3.2 Exigences de conception d'un système de protection cathodique .....	6
2.3.3 Choix des systèmes de protection cathodique.....	7
2.3.3.1 Systèmes à anode sacrificielle .....	7
2.3.3.1.1 Description générale .....	7
2.3.3.1.2 Anodes sacrificielles .....	8
2.3.3.2 Systèmes à courant imposé.....	9
2.3.3.2.1 Généralités .....	9
2.3.3.2.2 Sources de courant continu.....	10
2.3.3.2.3 Anodes à courant imposé.....	10
2.3.3.3 Isolement électrique.....	11
2.3.3.3.1 Séparation de structures étrangères.....	12
2.3.3.3.2 Isolation intrinsèque aux conduites d'un réseau .....	12
2.3.3.3.3 Gaines.....	13

2.3.3.3.4	Mesures de sécurité .....	13
2.3.3.3.5	Coordination de la conception de la protection cathodique et de la mise à la terre .....	14
2.3.3.3.6	Coordination de la conception de la protection cathodique et des installations électriques .....	14
2.3.3.3.7	Supports et pieux structurels .....	15
2.3.3.4	Installations auxiliaires .....	15
2.3.3.4.1	Bornes d'essai.....	15
2.3.3.4.2	Fils et câbles.....	16
2.4	Autres considérations .....	18
2.4.1	Inspection interne.....	18
2.4.2	Corrosion par les courants alternatifs.....	18
<b>CHAPITRE 3 : INSTALLATION DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE LA CORROSION.....</b>		<b>20</b>
3.1	Introduction .....	20
3.2	Installation et inspection des systèmes de revêtements .....	20
3.2.1	Application .....	20
3.2.2	Installation .....	21
3.2.3	Inspection .....	21
3.3	Installation et inspection des systèmes de protection cathodique.....	22
3.3.1	Introduction .....	22
3.3.2	Systèmes à courant imposé.....	22
3.3.2.1	Redresseurs et autres sources d'alimentation .....	22
3.3.2.2	Anodes à courant imposé.....	24
3.3.3	Systèmes à anode galvanique.....	24
3.3.4	Installations auxiliaires.....	25
3.3.4.1	Fils et câbles.....	25
3.3.4.2	Connexions .....	25
3.3.4.3	Gaines .....	27
3.3.4.4	Bornes d'essai.....	28
3.3.4.5	Liaisons d'égalisation de potentiel .....	28
3.3.4.6	Isolement électrique souterrain.....	28

3.3.5	Inspection .....	28
<b>CHAPITRE 4 : EXPLOITATION ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE LA CORROSION .....</b>		<b>29</b>
4.1	Introduction .....	29
4.2	Revêtements.....	29
4.2.1	Inspection visuelle lors d'excavations.....	29
4.2.2	Inspections Indirectes.....	30
4.3	Protection cathodique .....	31
4.3.1	Généralités.....	31
4.3.2	Intervalle de suivi.....	31
4.3.2.1	Contrôle initial de la tuyauterie neuve.....	31
4.3.2.2	Campagnes d'évaluation ultérieures.....	32
4.3.2.3	Surveillance et inspection.....	32
4.3.3	Techniques de surveillance.....	34
4.3.3.1	Mesures .....	34
4.3.3.2	Équipement de mesure .....	34
4.4	Mesures correctives.....	35
<b>CHAPITRE 5 : DÉTECTION ET EXAMEN DE LA CORROSION EXTERNE.....</b>		<b>36</b>
5.1	Introduction .....	36
5.2	Détection de la corrosion externe .....	36
5.3	Examen de la corrosion externe .....	37
<b>CHAPITRE 6 : DOSSIERS DE CONTRÔLE DE LA CORROSION .....</b>		<b>38</b>
6.1	Introduction .....	38
6.2	Conception et installation.....	38
6.2.1	Revêtements.....	38
6.2.2	Protection cathodique .....	39
6.2.2.1	Systèmes à courant imposé.....	39
6.2.2.2	Systèmes sacrificielles .....	39
6.2.2.3	Systèmes auxiliaires.....	40
6.3	Exploitation et entretien.....	41
6.3.1	Dossiers d'exploitation et d'entretien .....	41

6.3.2	Dossiers supplémentaires.....	41
6.3.3	Dossiers d'essai.....	41

## ANNEXES

<b>ANNEXES A : DÉFINITIONS</b> .....	43
<b>ANNEXES B : CRITÈRES POUR LA PROTECTION CATHODIQUE</b> .....	49
B.1 Introduction .....	49
B.2 Critères.....	50
B.2.1 Conduites en acier, en fonte ou en fonte ductile .....	50
B.2.2 Structures de cuivre .....	50
B.2.3 Structures d'aluminium .....	51
B.2.4 Conduites de métaux différents .....	51
B.2.5 Effets de l'environnement .....	51
B.3 Considérations particulières .....	52
B.3.1 Chute ohmique (IR).....	52
B.3.2 Réseaux de conduites en aluminium.....	53
B.4 Autres électrodes de référence .....	53
<b>ANNEXES C : CONTRÔLE DES INTERFÉRENCES EN COURANT CONTINU</b> .....	54
C.1 Introduction .....	54
C.2 Sources de courants d'interférence.....	54
C.2.1 Types de courants d'interférence.....	54
C.2.2 Conditions contribuant aux interférences.....	55
C.3 Détection des courants d'interférence.....	55
C.3.1 Indicateurs de courants d'interférence .....	55
C.3.2 Détection des courants d'interférence.....	56
C.4 Résolution des problèmes de courants d'interférence .....	57
C.4.1 Techniques.....	57
C.4.1.1 Activités de résolution des problèmes d'interférence .....	57
C.4.1.2 Liaisons anti-interférences .....	58
C.4.2 Confirmation de l'atténuation des interférences .....	59
<b>ANNEXES D : NORMES ET PRACTIQUES ASSOCIÉES</b> .....	60



## PRATIQUE RECOMMANDÉE OCC-1-2013

Contrôle de la corrosion externe des réseaux de gazoducs métalliques enfouis ou submergés

### CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

---

#### 1.1 Introduction

La Pratique recommandée OCC-1-2013 a été produite par le Groupe de travail OCC-1 de l'Association canadienne du gaz. Elle résume les exigences essentielles et les pratiques minimales pour le contrôle de la corrosion externe des réseaux de conduites métalliques enfouies ou submergées utilisées comme gazoducs. Par réseau, on entend les conduites elles-mêmes et les équipements associés. Cependant, le document ne traite pas des exigences et des pratiques de contrôle de la corrosion externe pour les conduites et structures hors terre. Il ne traite pas non plus du contrôle de la corrosion interne. L'annexe D contient une liste des normes et des pratiques complémentaires ou référencées dans le document. Il va sans dire que les utilisateurs doivent se procurer les plus récentes versions de ces normes et pratiques.

##### 1.1.1 Objectifs de la Pratique recommandée

La Pratique recommandée OCC-1-2013 est destinée à fournir les lignes directrices et les instructions utiles aux entreprises qui doivent élaborer et tenir à jour les procédures de contrôle de la corrosion externe des réseaux de gazoducs enfouis ou submergés. Les pratiques énoncées dans ce document s'appliquent aux conduites d'acier, de fonte, de fonte ductile, de cuivre et d'aluminium.

Les exigences du contrôle de la corrosion mentionnées dans le présent document s'appliquent aux installations actives ou *inactives*, jusqu'à ce

qu'elles soient *abandonnées* et considérées incapables d'acheminer le produit.

Les méthodes préconisées pour le contrôle de la corrosion externe incluent les revêtements et la protection cathodique. Cette Pratique recommandée fournit les exigences minimales de conception, d'installation, d'exploitation et d'entretien des systèmes de revêtements et de protection cathodique. La détection de la corrosion externe et les exigences en termes de documentation sont également abordées.

Les informations considérées complémentaires ou sujettes à des révisions plus fréquentes sont reportées dans les annexes.

Dans le contexte de cette Pratique recommandée, le verbe « doit » exprime une pratique minimale. La forme conditionnelle « devrait » indique une pratique recommandée et le verbe « peut » exprime une pratique facultative.

L'annexe A présente les définitions de certains termes contenus dans cette Pratique recommandée. Pour faciliter le repérage, ces termes sont identifiés en italiques.

### **1.1.2 Application des mesures de contrôle de la corrosion**

Les mesures de contrôle contenues dans la présente Pratique recommandée doivent être appliquées sous l'autorité d'une personne *qualifiée* en matière de contrôle de la *corrosion* et en tenant compte de leur pertinence pour les réseaux de conduites métalliques enfouies ou submergées.

### **1.1.3 Écarts par rapport à la Pratique recommandée**

Certaines situations particulières pourront nécessiter des écarts par rapport à la Pratique recommandée. Ces décisions ne devraient être prises que par une personne *qualifiée* en matière de contrôle de la *corrosion* des conduites

métalliques enfouies ou submergées, pouvant justifier que l'intention de la pratique est respectée.

## **1.2 Pratiques du contrôle de la *corrosion* externe**

### **1.2.1 Réseaux de gazoducs neufs**

Les exigences en matière de contrôle de la *corrosion* doivent être prises en considération à l'étape de conception d'un réseau de conduites. Tous les gazoducs neufs doivent être munis à la fois d'un *revêtement* externe et d'un système de *protection cathodique*. La *protection cathodique* doit être installée dès que possible et énergisée dans un délai n'excédant pas 12 mois après l'installation des conduites.

### **1.2.2 Réseaux de conduites revêtues existants**

Une *protection cathodique* doit être installée et entretenue sur tous les réseaux de conduites revêtues existants.

### **1.2.3 Réseaux de conduites nues existants**

En cas de *corrosion* externe, des études doivent être entreprises pour déterminer l'importance de cette *corrosion* sur les réseaux de conduites nues et la vulnérabilité de ces derniers. Si ces études révèlent un risque important pour la sécurité ou la rentabilité de leur exploitation, les conduites doivent être munies d'un système de protection cathodique, remises en état ou remplacées.

## CHAPITRE 2 : CONCEPTION DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE LA CORROSION

---

### 2.1 Introduction

Ce chapitre décrit les pratiques de conception pour la sélection et l'évaluation des systèmes de *revêtements* et de *protection cathodique*. Par ailleurs, des considérations pour faciliter *l'inspection interne* et *l'atténuation des courants alternatifs* (CA) sont également présentées. La conception d'un gazoduc comprend plusieurs équipements auxiliaires. Ceux-ci sont décrits à la section 3.3.4.

### 2.2 Revêtements

#### 2.2.1 Généralités

Pour les gazoducs enfouis ou submergés, le *revêtement* externe constitue la première ligne de défense contre la *corrosion*. Sa principale fonction consiste à isoler physiquement un matériau réactif (tel que l'acier) de l'*électrolyte* qui l'entoure (comme le sol) et ainsi minimiser la *corrosion*.

Les *revêtements* appliqués de façon appropriée contribuent également à réduire les besoins en courant de *protection cathodique* et à améliorer leur distribution, la surface de métal est exposée à l'*électrolyte* est *réduite*.

#### 2.2.2 Choix et évaluation

Les *revêtements* doivent être choisis à la suite d'une analyse minutieuse des caractéristiques précises de chaque système de conduites devant être revêtues par un personnel *qualifié*.

La liste des propriétés du *revêtement* qui doivent être considérées comprennent, à titre non limitatif :

- Le décollement dû à la protection cathodique;

- L'adhésion;
- L'absorption de l'eau;
- La transmission de vapeur d'eau;
- La flexibilité;
- La résistance aux chocs;
- L'usure par abrasion;
- La résistance aux entailles;
- La résistance à la température;
- La rigidité diélectrique;
- La résistance chimique;
- La résistance microbienne;
- Les contraintes du sol;
- La compatibilité du *revêtement* appliqué en usine et celui installé en chantier.

En ce qui concerne les *revêtements* époxydes externes par fusion et le polyéthylène appliqués en usine et fixés à l'extérieur du tuyau d'acier, la norme CSA Z245.20 Série 10, « *Plant-applied external coatings for steel pipe* » (en anglais seulement), doit être respectée.

Les considérations en regard des spécifications des *revêtements* sont couvertes par la norme CSA Z662, « Réseaux de canalisations de pétrole et de gaz », article 9.2, « Sélection des revêtements protecteurs extérieurs pour les tuyauteries enfouies ou submergées » et par l'annexe L, « Méthodes d'essai substitués ou supplémentaires pour l'évaluation des propriétés et des caractéristiques des revêtements ».

## 2.3 Protection cathodique

### 2.3.1 Généralités

La *protection cathodique* vise à obtenir un contrôle efficace de la *corrosion*, selon les exigences de l'annexe B « Critères de *protection cathodique* ». La *protection cathodique* est assurée par un système à courant imposé ou d'*anodes sacrificielles*.

Le Code canadien de l'électricité, première partie (norme CSA C22.1, section 80, « *Protection cathodique* ») doit être utilisé pour la conception électrique du système.

### 2.3.2 Exigences de conception d'un système de protection cathodique

Dans la conception d'un système de *protection cathodique*, les aspects suivants doivent être considérés :

- a) Un courant continu d'intensité suffisante doit être fourni et distribué de manière à respecter les critères de *protection cathodique* pour l'ensemble du réseau de gazoducs. Voir l'annexe B « Critères de *protection cathodique* » de la présente Pratique recommandée.
- b) Les *interférences* de courants *provenant de structures étrangères* doivent être éliminés ou minimisés pour maintenir le critère de *protection cathodique* choisi. Voir l'annexe C « Contrôle des *interférences* en courant continu ».
- c) La *protection cathodique* est requise pendant toute la durée de vie du gazoduc. Il pourra être nécessaire de procéder à des réhabilitations ou au remplacement périodique de composants du système de *protection cathodique*.

- d) Les *anodes*, les *câbles* associés, les *redresseurs* et les *bornes d'essai* devraient être installés dans des endroits où ils sont peu susceptibles d'être perturbés ou endommagés, et où ils sont accessibles en permanence.

### 2.3.3 Choix des systèmes de protection cathodique

Les exigences et différents facteurs de conception à considérer dans les choix d'un système de *protection cathodique* par *anodes sacrificielles* ou à courant imposé comprennent, à titre non limitatif :

- La disponibilité d'une alimentation électrique;
- Les besoins en courant initiaux et futurs;
- Les coûts, soit les investissements, les frais d'exploitation et les frais d'entretien;
- Les caractéristiques physiques de l'environnement, telles que la résistivité de l'*électrolyte*, les *structures étrangères* et les conditions de la surface;
- L'atténuation et la gestion des *interférences*;
- Les limites et les servitudes de l'espace physique ou les besoins d'acquisition d'emprise;
- Les modifications futures du réseau de gazoducs et le développement de l'emprise;
- L'isolation électrique.

#### 2.3.3.1 Systèmes par anode sacrificielle

##### 2.3.3.1.1 Description générale

Les systèmes par *anodes sacrificielles* n'ont pas besoin d'une source externe d'alimentation car ils utilisent la différence de potentiel naturelle qui existe entre une *anode sacrificielle* et la

conduite métallique revêtue. Le courant de *protection cathodique* est fourni par les *anodes sacrificielles* qui sont reliées à la conduite par des  *fils*  isolés. Ces  *fils*  peuvent être connectés directement au gazoduc ou branchés via une  *borne d'essai* , si nécessaire, afin d'évaluer l'efficacité de la  *protection cathodique* .

#### 2.3.3.1.2 Anodes sacrificielles

Les  *anodes sacrificielles*  sont fabriquées sous des formes et des tailles différentes à partir de matériaux tels que le magnésium, le zinc ou des alliages d'aluminium. L'efficacité de l' *anode sacrificielle*  dépend de divers facteurs, notamment de la composition chimique et la capacité en courant des matériaux utilisés.

Les matériaux doivent respecter la norme appropriée (p. ex. les normes ASTM B843 et ASTM G97 pour le magnésium et la norme ASTM B418 pour le zinc).

Dans la plupart des cas, pour améliorer l'efficacité des  *anodes sacrificielles*  et d'éviter leur passivation, un anolyte de basse résistivité composée de gypse, de bentonite et de sulfate de sodium est utilisé.

L'efficacité des  *anodes sacrificielles*  dépendra également des caractéristiques de la structure à protéger et des conditions de l' *électrolyte*  qui l'entoure.



### 2.3.3.2 *Systemes à courant imposé*

#### 2.3.3.2.1 Généralités

Les systèmes à courant imposé comprennent une source de courant continu externe reliée par des *câbles* isolés à des *anodes* à courant imposé et à la conduite à protéger. Les *anodes* sont connectées à la borne positive de la source de courant. La borne négative est reliée à la conduite elle-même. Il est essentiel que la polarité de ces connexions soit respectée.

Les plans « tel que construit » des systèmes à courant imposé doivent être conservés conformément aux exigences de la sous-section 6.2.2 de cette Pratique recommandée. Un plan indiquant la disposition des câblages souterrains, la polarité et la position des *anodes* doit être conservé à l'intérieur de l'enceinte du *redresseur* ou à proximité.

Les panneaux d'avertissement à proximité de la source de courant continu et des *câbles* doivent être mis au point conformément à la réglementation et aux codes applicables, y compris le Code canadien de l'électricité, Première partie (Norme CSA C22.1, section 80, « Protection cathodique »). Ces panneaux d'avertissement devraient entre autres porter le nom de l'entreprise et afficher des numéros de téléphone d'urgence.

#### 2.3.3.2.2 Sources de courant continu

Les sources de courant continu pour les systèmes à courant imposé comprennent :

- Des *redresseurs* alimentés en courant alternatif à partir du réseau public;
- Des génératrices;
- Des panneaux solaires;
- Des générateurs thermoélectriques;
- Des piles à combustible;
- Des batteries.

#### 2.3.3.2.3 Anodes à courant imposé

Les *anodes* à courant imposé sont généralement fabriquées à partir de matériaux comme de la fonte à haute teneur en silicium (HSCI), du graphite, des alliages plomb-argent, des métaux précieux (p. ex. MMO, titane), de l'acier ou des polymères conducteurs.

Les *anodes* doivent être reliées au pôle positif de la source de courant continu par des *câbles* isolés. Elles sont soit installées individuellement, soit disposées en lits d'anodes distribués, distants ou continues.

Un *matériau de remblai* particulier composé de coke (métallurgique, de pétrole ou de graphite), est habituellement utilisé pour augmenter l'efficacité. Ce remblais peut être fourni séparément sous forme de poches ou préemballé avec l'*anode*.

Une ventilation peut être nécessaire pour éviter les effets néfastes de l'emprisonnement des gaz provenant des réactions anodiques (p. ex. dans des puits profonds d'*anodes* verticales).

### 2.3.3.3 Isolation électrique

Lorsqu'un contact avec des *structures étrangères* métalliques peut influencer la *protection cathodique* ou causer des l'apparition de *corrosion*, les conduites devraient être isolées électriquement de ces structures. Ces dernières peuvent comprendre :

- Les supports de la conduite;
- Les structures des ponts;
- Les enceintes de tunnels;
- Les pieux ou piliers;
- Les barres d'armature du béton (p. ex. enrobages bétonnés et blocs de lestage dans une rivière);
- Les ancrages de la conduite;
- Les boîtes de rue, boîtes de vannes ou autres enceintes métalliques;
- Les systèmes de mise à la terre électrique.

Remarque : Pour assurer la continuité électrique de la conduite protégée cathodiquement, il faut tenir compte des propriétés électriques des joints non soudés pour déterminer s'il y a lieu de prévoir une liaison électrique.

#### 2.3.3.3.1 Séparation de *structures étrangères*

Une séparation est nécessaire entre les conduites enfouies et les *structures étrangères*. Afin d'assurer une *isolation électrique*, il faut prévoir une séparation d'au moins 0,3 m entre ces structures. Si cette séparation n'est pas réalisable, des isolateurs électriques entre les structures doivent être utilisés de façon à éviter *l'effet écran*. Cette séparation ou cette isolation n'exclut pas nécessairement le recours à des *liaisons anti-interférence* qui permettent contrôler les courants de *protection cathodique*.

#### 2.3.3.3.2 Isolation intrinsèque aux conduites d'un réseau

L'*isolation électrique* peut être nécessaire dans un réseau de conduites électriquement continu. Par exemple, les emplacements typiques où des *dispositifs d'isolation électrique* doivent être envisagés sont :

- Aux points de changement de propriété des installations;
- Aux points de raccordements au gazoduc principal, tel que les collecteurs ou les conduites de distribution;
- Aux entrées et sorties de la conduite des diverses installations du gazoduc, comme les postes de mesurage, de régulation, de compression ou de pompage;
- Aux têtes de puits;
- Aux branchements de service;
- Aux points d'entrée dans les installations où il importe d'éviter la continuité électrique avec d'autres structures métalliques;
- Aux points de jonction entre métaux différents pour éviter la *corrosion galvanique*;
- Aux points de jonction entre des conduites nues et revêtues;

- Aux emplacements visés par un sectionnement ou une séparation de conduites protégées par des systèmes de *protection cathodique* différents, pour des besoins de surveillance ou d'entretien;
- Dans les zones sujettes à des *courants vagabonds*.

#### 2.3.3.3.3 Gaines

Les gaines peuvent à la longue poser certains problèmes d'entretien et devraient être évitées dans la mesure du possible. Cependant, si la conduite doit être mécaniquement protégée au moyen d'une gaine, le gazoduc doit être électriquement isolé de cette dernière.

Cette *isolation électrique* peut être réalisée par une utilisation adéquate d'espaceurs et de joints d'étanchéité installés aux extrémités. Également, l'utilisation d'un *produit de remplissage inerte* qui pourrait prévenir la *corrosion* de la conduite, pourrait être envisagé.. Les joints d'étanchéité installés aux extrémités de la gaine doivent être mis en place de manière à empêcher l'infiltration de matières étrangères à l'intérieur de la gaine.

Des dispositifs de surveillance devraient être mis en place enfin de suivre l'*isolation électrique* entre la gaine et la conduite.

#### 2.3.3.3.4 Mesures de sécurité

L'installation de *dispositifs d'isolation* devrait être évitée dans les endroits où il pourrait y avoir une atmosphère combustible. Lorsque ces dispositifs se trouvent dans de telles zones, ces derniers devraient être protégés. Les *dispositifs d'isolation* hors sol comprennent, à titre non limitatif, les brides isolantes et les unions diélectriques. La nécessité d'une protection contre les courants de

foudre et les courants de défaut doit être envisagée au niveau des *dispositifs d'isolation*.

Si des gazoducs se trouvent à proximité d'installations électriques, les répercussions doivent être évaluées par un ingénieur *qualifié*, afin d'assurer la coordination et contrer les interactions indésirables et ce relativement à la norme CSA C22.3 n° 6, IEEE 80 et autres pratiques de conception applicables.

#### 2.3.3.3.5 Coordination de la conception de la *protection cathodique* et de la mise à la terre

La proximité entre des *câbles* de mise à la terre en cuivre et des structures devant être munies de *protection cathodique* doit être évitée dans la conception électrique. Si une mise à la terre est nécessaire à proximité d'une conduite, d'autres matériaux doivent être envisagés, tels que des *câbles* de cuivre gainés et des tiges de mise à la terre d'acier, de zinc ou d'aluminium dans des zones où se trouvent des structures enfouies devant recevoir une *protection cathodique*. La présence de cuivre dénudé à proximité de structures nécessitant une *protection cathodique* peut rendre difficile l'atteinte du niveau d'efficacité de la protection.

#### 2.3.3.3.6 Coordination de la conception de la *protection cathodique* et des installations électriques

Il est conseillé d'agir avec prudence si la conception électrique exige la continuité électrique entre les installations électriques et le système de conduites enfouies. Une telle continuité électrique avec les installations de service, et potentiellement leurs clients, peut nuire à la protection.

#### 2.3.3.3.7 Supports et pieux structuraux

La continuité électrique entre les conduites enfouies et un grand nombre de pieux d'acier peut nuire à la *protection cathodique*.

#### 2.3.3.4 Installations auxiliaires

##### 2.3.3.4.1 Bornes d'essai

Des *bornes d'essai* doivent être prévues pour permettre la réalisation de mesures ou des enregistrements visant l'évaluation de l'efficacité de la *protection cathodique*. Ces bornes peuvent être installées aux emplacements suivantes et ce, à titre non limitatif :

- Pour les tronçons munis de gaines;
- Aux points de croisement ou de raccordement à des *structures étrangères* métalliques;
- Aux joints isolants;
- Aux traverses de cours d'eau;
- Aux traverses de ponts;
- Aux stations de vannes, de régulation et de mesurage;
- Aux colonnes montantes de distribution en acier;
- Aux emplacements des *anodes sacrificielles*;
- Aux croisements de routes et de voies ferrées;
- Aux points de transition entre des métaux de nature différente ou des tuyaux non métalliques;
- À un interval régulier (par exemple 2 km) le long du gazoduc, ou selon les besoins;
- Aux sections isolées des tuyaux métalliques qui ne sortent en aucun point du sol.

Tous les matériaux, raccordements et emplacements des *bornes d'essai* doivent être compatibles avec la nature du lieu d'installation. Les tronçons du gazoduc exposés à des *interférences* de courants alternatifs (CA) dangereuses, qui ont été identifiées lors des essais et qui sont définies dans la norme CSA C22.3 n° 6, doivent avoir des *bornes d'essai* munis de *borniers isolés*.

#### 2.3.3.4.2 Fils et câbles

Des  *fils* et des  *câbles* isolés sont utilisés comme conducteurs électriques pour les systèmes de  *protection cathodique* et pour la réalisation de mesures visant le contrôle de la  *corrosion*. Ils sont généralement utilisés pour le raccordement des  *anodes*, pour les contacts positif et négatif des systèmes de courant imposé, pour les  *bornes d'essai* et dans différents types de  *liaison électrique* et de contrôle des  *interférences*. Le choix des conducteurs et des méthodes de connexion appropriées doit être conforme aux codes électriques locaux et nationaux. Les facteurs à prendre en considération sont les suivants :

- a) Le type et la dimension des conducteurs doit correspondre aux courants et chute de tension attendus et ces doivent pouvoir être directement enfouis, sans protection supplémentaire .
- b) Les connexions de  *fil à fil* ou de  *câble à câble* sont généralement effectuées au moyen des boulons fendus ou des cosses à compression. Ces connexions doivent être convenablement revêtues afin de conserver l'intégrité du système d'isolation du câblage.
- c) Pour s'assurer de ne pas endommager la conduite, les caractéristiques physiques et les conditions d'exploitation de la



structure doivent être prises en compte dans le choix de la méthode de connexion. Ces caractéristiques sont normalement les suivantes :

- Le matériau constitutif des conduites;
  - L'épaisseur de la paroi;
  - La présence possible de défauts de la paroi de la conduite;
  - La pression d'opération (y compris pendant le processus de connexion).
- d) Les méthodes de connexion des conducteurs de cuivre aux tuyaux d'acier et autres métaux à base de fer, comprennent le *soudure aluminothermique*, le brasage par point et les connexions mécaniques. Voir la sous-section 3.3.4.2 pour des détails spécifiques.
- e) Les méthodes de connexion de conducteurs d'aluminium à des tuyaux en aluminium comprennent la fusion à haute énergie, le soudage électrique et les connexions mécaniques. Voir la sous-section 3.3.4.2 pour des détails spécifiques.
- f) Les méthodes de connexion de conducteurs de cuivre à des tuyaux de cuivre comprennent le soudage à l'arc (TIG, MIG, électrode enrobée), le soudage électrique par résistance, le brasage, le soudage tendre et les connexions mécaniques. Voir la sous-section 3.3.4.2 pour des détails spécifiques.
- g) Les connexions doivent être mécaniquement sûres et doivent assurer une bonne conductivité électrique. Pour les connecteurs mécaniques, il importe de se prémunir contre les connexions qui se desserrent, dont la résistance augmente ou qui risquent de perdre leur conductivité électrique. Cet aspect est

particulièrement important pour le circuit de *protection cathodique*.

- h) Les connexions doivent être protégées afin d'empêcher la pénétration d'humidité et la *corrosion* d'avoir lieu.
- i) Les connecteurs doivent être clairement identifiés comme étant liés à la conduite ou aux *anodes*.

## 2.4 Autres considérations

### 2.4.1 Inspection interne

Pour suivre l'efficacité des systèmes de contrôle de la *corrosion*, la conception du réseau de gazoducs devrait prévoir et faciliter l'utilisation d'outils d'*inspection interne*. À cet effet, la conception devrait inclure des vannes ouvertes à pleine ouverture, l'installation des gares de lancement et de réception, et ne devrait pas comprendre de réducteurs ni de virages serrés pouvant empêcher l'utilisation d'outils d'*inspection interne*.

### 2.4.2 Corrosion par les courants alternatifs

La *corrosion* par les courants alternatifs peut être causée par l'échange de courant alternatif (CA) entre une structure métallique et un *électrolyte*. Cette circulation de courant est la conséquence d'une différence de potentiel de courant alternatif entre la structure et l'*électrolyte*. Cette différence de potentiel peut être causée par une *tension* induite des courants alternatifs sur le gazoduc, ou par un gradient de *tension* de courant alternatif dans le sol.

La *corrosion* par les courants alternatifs peut se produire sur des structures qui sont protégées cathodiquement selon les normes de l'industrie, et elle ne peut généralement pas être atténuée en rehaussant les courants de *protection cathodique*. En fait, dans certains cas, les *vitesses de corrosion* par

les courants alternatifs augmentent alors que les potentiels de *protection cathodique* deviennent plus électronégatifs.

Bien que le mécanisme de *corrosion* par les courants alternatifs ne soit toujours pas complètement compris, il est généralement connu que le risque de *corrosion* et de *vitesses de corrosion* par les courants alternatifs augmentent avec les *densités de courant* alternatif, et qu'il peut y avoir un seuil de densité de courant sous lequel la *corrosion* par les courants alternatifs sera nulle.

## CHAPITRE 3 : INSTALLATION DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE LA CORROSION

---

### 3.1 Introduction

Ce chapitre décrit les procédures d'installation et d'inspection pour les *revêtements* et les équipements de *protection cathodique*. Ces procédures aideront à assurer le rendement optimal des systèmes de contrôle de la *corrosion* des conduites métalliques.

### 3.2 Installation et inspection des systèmes de *revêtements*

#### 3.2.1 Application

Le système de *revêtements* doit être appliqué en conformité avec les normes appropriées CAN/CSA Z245 et Z662. Si une telle norme CSA n'existe pas pour un type de *revêtement* spécifique, la norme ou la spécification applicable de l'industrie ou du fabricant doit être utilisée. La spécification ou la norme devrait inclure les détails concernant les composants du *revêtement* et leur stockage, les méthodes d'application, l'inspection en production, les essais de production et les méthodes de réparations du *revêtement*.

Il faut également tenir compte des exigences d'identification, de manutention et de stockage des tuyaux revêtus, ainsi que des certificats et des rapports d'essais associés.

De nouveaux *revêtements* et de nouvelles méthodes d'application apparaissent constamment sur le marché. Il n'entre pas dans la vocation de ce document de discuter les mérites de chaque type de *revêtement* et de chaque méthode d'application. Cependant, les plus récents développements en la matière doivent être pris en considération dans le choix d'un *revêtement*.

### 3.2.2 Installation

Avant le remblayage, le *revêtement* doit couvrir l'intégralité de la surface de la conduite, y compris les zones des soudures circonférentielles. Le *revêtement* des zones de soudures circonférentielles doit être compatible avec le *celui* d'origine des tuyaux.

L'installation de la conduite revêtue doit se faire avec des précautions appropriées pour minimiser les risques de dommages au *revêtement*, en utilisant des équipements et des méthodes compatibles avec la nature du *revêtement*.

Le fond de la tranchée et les *matériaux de remblai* en contact direct avec la conduite doivent être débarrassés de toutes pierres, mottes de terre gelées et autres matières dures susceptibles d'endommager le *revêtement* au cours de la pose ou ultérieurement. Des méthodes spéciales de préparation de la tranchée, des procédures de remblayage et des *matériaux de remblai* particuliers pourront être nécessaires afin de minimiser les risques de dommages au *revêtement* ou à la conduite.

Si une couche de protection contre les roches, un *blindage*, de la mousse, etc. sont utilisés pour apporter une protection mécanique supplémentaire au *revêtement*, il faudra envisager la création possible de l'*effet écran*, nuisant à l'efficacité de la *protection cathodique*.

Si des matériaux isolants sont utilisés pour contrôler la température, une attention particulière devra être prise afin de minimiser les risques *d'effet écran* pour la protection cathodique.

### 3.2.3 Inspection

L'inspection de l'application du *revêtement* et la pose de la conduite revêtue doivent être faites par du personnel *qualifié*. Le *revêtement* doit être inspecté

pour rechercher les défauts inacceptables, juste avant la mise en place de la conduite dans la tranchée. La méthode d'inspection privilégiée consiste à utiliser un détecteur de défauts de *revêtement*. Un tel détecteur doit être adapté au diamètre de la conduite et aux caractéristiques électriques du matériau de *revêtement*.

Tous les défauts inacceptables sur le revêtement doivent être adéquatement réparés et inspectés à nouveau avant la mise en place de la conduite dans la tranchée.

### **3.3 Installation et inspection des systèmes de *protection cathodique***

#### **3.3.1 Introduction**

Pour assurer une installation adéquate des systèmes de *protection cathodique*, les devis et les plans de construction doivent être préparés conformément aux exigences régionales ou de l'entreprise.

Toutes les installations et les inspections des systèmes de *protection cathodique* doivent être effectuées par du personnel *qualifié*.

Tous les matériaux fournis doivent être inspectés pour déceler d'éventuels défauts et pour assurer leur conformité aux spécifications du manufacturier et de l'entreprise.

Les plans « tels que construits » doivent être établis et conservés conformément à la section 6.2.2 et doivent refléter l'état le plus récent du système.

#### **3.3.2 Systèmes à courant imposé**

##### ***3.3.2.1 Redresseurs et autres sources d'alimentation***

Les *redresseurs* et les sources d'alimentation doivent être inspectés pour s'assurer que les connexions électriques sont

mécaniquement résistantes, électriquement conductrices et ne sont pas endommagées. Les paramètres d'ajustement de la source de courant doivent être conforme aux spécifications de conception.

L'installation doit être conforme aux codes de l'électricité locaux et nationaux, ainsi qu'aux exigences de la compagnie d'électricité.

Dans tous les cas, le circuit à courant alternatif doit être muni d'un interrupteur externe verrouillable et le boîtier du *redresseur* doit être convenablement mis à la terre. Tout le personnel qui effectue des tâches reliées aux *redresseurs* doit suivre une formation appropriée sur la sécurité pour qu'il soit en mesure de reconnaître et de gérer les risques reliés à la sécurité. Il est à noter que certaines provinces exigent que des accréditations spécifiques soient obtenues à cet égard. Certains exploitants ont trouvé utiles les formations spécifiques, les procédures et l'installation d'interrupteurs à basse *tension* pour minimiser l'exposition du travailleur à des *tensions* dangereuses ou à des arcs électriques.

Après l'énergisation du système, la polarité de la connexion doit être vérifiée en mesurant le *potentiel conduite-sol*, tout en portant une attention particulière à la polarité de la lecture. Cette opération consiste à s'assurer que la connexion positive est celle reliée aux *anodes* et que la négative est celle reliée à la conduite.

Les paramètres de sortie du *redresseur* ou de la source de courant continu doivent être ajustés de manière à répondre aux critères de *protection cathodique* prescrits. Voir l'annexe B « Critères de protection cathodique ». Une investigation initiale de *protection cathodique*, du *revêtement* et/ou des *courants vagabonds* des gazoducs nouvellement installés et de leurs structures adjacentes devraient être considérés.

### 3.3.2.2 *Anodes à courant imposé*

Avant leur installation, les *anodes* à courant imposé doivent être inspectées pour vérifier qu'elles ne sont pas endommagées et qu'elles sont conformes aux spécifications concernant le matériau, les dimensions, la longueur du *câble* d'alimentation, la connexion du *câble* et l'intégrité de la jonction entre l'anode et son câble. Tous les *câbles* doivent être soigneusement inspectés pour détecter les défauts d'isolation. Tout défaut doit être réparé.

Les *anodes* devraient être centrées dans un *matériau de remblai* compacté de façon à éliminer les poches d'air. Les méthodes de remblayage doivent assurer que les *anodes* ne seront pas brisées ou autrement endommagées.

Si possible, les *anodes* devraient être enterrées à une profondeur supérieure à la ligne de gel moyenne. Le *matériau de remblai* en sol d'origine et le remplissage doivent être exempts de pierres et de corps étrangers susceptibles d'endommager les *anodes* ou les *câbles*.

### 3.3.3 **Systèmes par anode sacrificielle**

Les *anodes sacrificielles* doivent être inspectées tel que décrit en détail dans la sous-section 3.3.2.2. De plus, les précautions ci-dessous peuvent s'appliquer :

- a) Les *anodes* préemballées doivent être conservées au sec pendant leur entreposage;
- b) Avant l'installation, l'emballage étanche de l'*anode* doit être retiré;
- c) Les *anodes* peuvent être humectées pour accélérer leur activation;



- d) Les *revêtements* utilisés sur la surface intérieure des *anodes* bracelet devraient être inspectés et réparés au besoin, avant l'installation;
- e) Lorsqu'on installe l'*anode* bracelet, le *revêtement* de la conduite sous l'*anode* doit être exempt de tout défaut. Il faut en outre prendre garde de ne pas endommager le *revêtement* au cours de la pose des *anodes*.
- f) Si la surface de la conduite est enduite de béton, toute trace de béton doit être éliminée de la surface de l'*anode* bracelet. S'il s'agit de béton armé, il ne doit pas y avoir de contact métallique entre l'*anode* et l'armature, ni entre l'armature et la conduite. Le diamètre extérieur de l'*anode* bracelet ne doit pas dépasser le diamètre de l'enrobage de béton.

### 3.3.4 Installations auxiliaires

#### 3.3.4.1 Fils et câbles

L'isolant de tous les *fils* et *câbles* doit être inspecté et il faut prendre garde de ne pas l'endommager lors de la pose. Tout défaut d'isolation susceptible de compromettre le fonctionnement du système doit être réparé. Un *fil d'anode* dont l'isolant est percé risque d'être coupé par la *corrosion* à plus ou moins long terme.

Tous les *câbles* et les *fils* doivent être suffisamment détendus pour éviter les contraintes. Le remblayage autour des *câbles* doit se faire avec un matériau exempt de pierres et d'objets durs pouvant endommager leur gaine isolante.

#### 3.3.4.2 Connexions

Le nombre d'épissures souterraines du *câble* positif d'alimentation du lit d'*anodes* doit être réduit au minimum. Les connexions entre le *câble* d'alimentation et les conducteurs des *anodes* individuelles

doivent être protégées mécaniquement et doivent assurer une bonne conductivité électrique. Les connexions enfouies ou submergées doivent être rendues étanches pour éviter l'entrée d'humidité.

Les connexions des *files* et des *câbles* à la conduite doivent se faire conformément aux méthodes spécifiées à la sous-section 2.3.3.4.2. La surface de la conduite et le *fil* de liaison doivent être propres et secs avant la fixation. Les *soudures aluminothermiques effectués sur une conduite* d'acier, utilisant une charge constituée d'un mélange d'aluminium et d'oxyde de cuivre à basse température doivent être limitées à une cartouche standard de 15 g par connexion, tel que défini par la norme CSA Z662, section 9.8.5. Les *soudures aluminothermique* à basse température sur les conduites de fonte doivent être limitées à une cartouche de 25 g PCI (pour tuyaux de fonte) par connexion.

Lorsque le conducteur à raccorder est plus gros qu'un calibre AWG n° 6, un conducteur multibrins doit être utilisé, dont les brins doivent être disposés en groupe ne dépassant pas un calibre AWG n° 6, comme défini par la norme CSA Z662, section 9.8.8. Chaque groupe est alors fixé séparément au tuyau. Une attention particulière devra être portée dans le cas de multiple *soudures aluminothermiques* afin d'éviter de créer des zones affectées thermiquement.

Sur un tuyau d'aluminium, des pattes d'aluminium avec un conducteur soudées au TIG (arc protégé par un gaz inerte et électrode tungstène), peuvent être fixées au tuyau d'aluminium par une technique à haute énergie utilisant un explosif. Des *câbles* d'aluminium peuvent être soudés au tuyau par le procédé TIG ou

MIG (arc protégé par un gaz inerte et électrode de métal). Toutes les soudures effectuées afin d'installer un câble d'aluminium devraient être faites sur les brides ou les joints de raccord bout à bout où l'épaisseur du métal est plus approprié pour la réalisation de connexions soudées. Il n'est pas permis de faire des *soudures aluminothermique* sur des tuyaux ou des accessoires en aluminium ou en cuivre.

Lorsque des  *fils* et des  *câbles* sont soudés à un tuyau de cuivre, il faut prendre garde au risque de fragilisation ou de perte des propriétés mécaniques des métaux sous l'effet de la chaleur du soudage ou du brasage. Les résidus de flux doivent être éliminés.

Les connexions mécaniques doivent être bien serrées et bonnes conductrices d'électricité. Il est essentiel de minimiser les couplages entre métaux différents entre le connecteur, le  *câble* et le tuyau, et de protéger la zone de connexion contre l'humidité.

Les connexions de  *fils* et de  *câbles* doivent être revêtues d'un matériau isolant compatible avec le  *revêtement* du tuyau et l'isolant du  *fil* ou du  *câble*.

Parmi d'autres méthodes de connexion, il y a le brasage à l'arc, les bandes en acier inoxydable, etc.

Les connexions hors sol doivent être protégées contre la dégradation sous l'effet des intempéries.

#### **3.3.4.3 Gaines**

Des  *bornes d'essais* ainsi que des  *câbles* de vérification doivent être installés afin de vérifier l'intégrité de l'isolation entre la gaine et la conduite.

#### **3.3.4.4 Bornes d'essai**

Les *bornes d'essai* devraient être situées dans des endroits accessibles, sans constituer des obstacles ni être exposées à des dommages involontaires.

#### **3.3.4.5 Liaisons électriques**

Les *liaisons électriques* entre la conduite et une autre structure ou afin de court circuiter un *dispositif d'isolation* électrique doivent être mécaniquement sûres, bonnes conductrices d'électricité et revêtues d'un produit approprié. Les liaisons prévues pour le contrôle des courants d'*interférence* doivent être accessibles pour les essais et la surveillance.

#### **3.3.4.6 Isolation électrique souterraine**

Des *bornes d'essais* et des *câbles* de vérification doivent être installés lorsque des *dispositifs d'isolation électrique* (p. ex. des joints isolants, des brides isolantes ou des unions diélectriques) sont utilisés.

### **3.3.5 Inspection**

Lors de l'installation, l'efficacité de toutes les installations auxiliaires doit être confirmée.

## CHAPITRE 4 : EXPLOITATION ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE LA CORROSION

---

### 4.1 Introduction

Ce chapitre décrit les grandes lignes de l'exploitation et de l'entretien des systèmes de contrôle de la *corrosion*. Il fournit des instructions sur la manière d'évaluer l'état des *revêtements* externes, sur l'efficacité de la *protection cathodique* et sur les exigences à l'égard des mesures correctives.

### 4.2 Revêtements

#### 4.2.1 Inspection visuelle lors d'excavations

Lorsqu'une conduite enfouie est excavée, une inspection visuelle du *revêtement* et des signes de *corrosion* devrait être effectuée.

Les résultats de cet examen détermineront si le *revêtement* a besoin d'une réfection ou d'une réparation.

Les défauts les plus courants que l'on peut observer lors d'un examen visuel du *revêtement* sont les suivants :

- Décollement du revêtement;
- Défauts ou cloques;
- Plissages ou soulèvements;
- Dommages mécaniques causés par de l'équipement ou le *matériau de remblai*;
- Fissurations ou écaillages;
- Revêtement manquant.

Si de la *corrosion* est décelée, elle doit être évaluée selon les instructions de la sous-section 5.3.

#### 4.2.2 Inspections Indirectes

Dans certaines conditions, il est possible d'évaluer la performance des *revêtements* externes et de détecter la présence de défauts par des mesures faites à partir de la surface du sol, appelées mesures indirectes.

Ces méthodes comprennent les mesures de gradient de *voltages* en courant alternatif et en courant continu (DCVG et ACVG), les mesures de *potentiel conduite-sol* en courant continu, les mesures de *conductance du revêtement* et des enquêtes pour évaluer les pertes de champ électromagnétique.

Pour les mesures de gradient de *voltage* en courant alternatif et en courant continu (DCVG et ACVG), un courant est appliqué à la conduite et revient vers sa source via les défauts du *revêtement*. Les pics du gradient de voltage illustrent la position où un défaut de *revêtement* est présent.

Les mesures de *potentiel conduite-sol* en courant continu faites à *intervalle rapproché* peuvent déterminer la présence et la localisation approximative de défauts de *revêtement* aux points où le *potentiel* présente des dépressions importantes.

Les mesures de *conductance du revêtement* consistent à mesurer les courants du gazoduc et les baisses de voltage de façon à calculer la conductance de fuite. Les valeurs de *conductance* les plus élevées indiquent la présence de défauts du *revêtement*.

L'évaluation des pertes de champ électromagnétique est une méthode qui utilise un courant alternatif appliqué à la conduite, ce qui crée un champ magnétique autour du tuyau. Une diminution rapide de l'intensité du champ magnétique devrait indiquer un défaut de *revêtement*.

Pour toutes ces méthodes d'investigation, la détection des défauts du *revêtement* dépend de la nature du contact entre la partie dénudée de la conduite et l'*électrolyte* environnant. Les résultats varieront en fonction de la

dimension du défaut, de la résistivité de l'*électrolyte* et du taux d'humidité. Les méthodes de mesures indirectes ne fonctionnent pas dans le cas où le *revêtement* est *décollé*, en créant un *effet écran*.

## 4.3 Protection cathodique

### 4.3.1 Généralités

Les systèmes de *protection cathodique* doivent être suivis et entretenus pour s'assurer que les critères applicables sont respectés. Voir l'annexe B « Critères de protection cathodique ».

L'emplacement, le nombre et le type de mesures d'évaluation de la *protection cathodique* à effectuer devraient refléter les bonnes pratiques techniques adaptées aux besoins de suivi de chaque réseau de gazoducs. Le programme de suivi permettra d'assurer l'efficacité du contrôle de la *corrosion* sur toute la longueur du réseau de gazoducs. Si des déficiences sont mises en évidence, il faudra avoir recours à des programmes correctifs.

Les conditions affectant les systèmes de *protection cathodique* (p. ex. les *courants vagabonds*, les caractéristiques de l'*électrolyte*, la *conductance du revêtement*, etc.) sont variables dans le temps. En conséquence, il faudra parfois adapter les pratiques, les méthodes ou les intervalles recommandés.

### 4.3.2 Intervalle de suivi

#### 4.3.2.1 Contrôle initial de la tuyauterie neuve

Un contrôle initial doit être effectué dans les meilleurs délais, au maximum 12 mois après l'installation de la conduite. Il faudra effectuer des contrôles de base sur les gazoducs nouvellement

installés qui sont compatibles avec les critères de *protection cathodique* applicables de l'entreprise.

#### **4.3.2.2 *Campagnes d'évaluation ultérieures***

Des mesures du *potentiel conduite-sol* devraient être effectuées ultérieurement pour vérifier l'efficacité de la *protection cathodique*, aux intervalles suivants :

- a) Au moins une fois par année civile, aux *bornes d'essai* recommandées dans la sous-section 2.3.3.4.1, sauf les exceptions de la sous-section 4.3.2.2, alinéa b);
- b) Au moins une fois tous les cinq ans si la structure est constituée d'une courte longueur et est électriquement isolé, comme une conduite principale métallique de 10 m ou un branchement de service métallique raccordé à une conduite principale en plastique;
- c) En lieu et place des exigences des alinéas a) et b), la fréquence des mesures de *potentiel conduite-sol* peut être ajustée s'il est démontré que l'objectif de prévention contre la *corrosion* a été atteint. La preuve sera faite par échantillonnage et conformément aux principes d'ingénierie généralement acceptés.

#### **4.3.2.3 *Surveillance et inspection***

Les installations de *protection cathodique* devraient être suivies et inspectées aux intervalles suivants :

- a) Toutes les sources de courant imposé devraient être vérifiées tous les deux mois. Un intervalle plus long ou plus court peut être approprié. La preuve du bon fonctionnement



peut être l'intensité du courant de sortie, la consommation électrique normale, un signal indiquant un fonctionnement normal, ou des niveaux de potentiel de *protection cathodique* satisfaisants sur la conduite protégée.

- b) Toutes les installations à courant imposé devraient être inspectées et entretenues une fois par an, dans le cadre d'un programme d'entretien préventif. Cette vérification périodique minimise le risque de panne en service et améliore la sécurité des travailleurs et du public.
- c) Si la défaillance de *liaisons anti-interférences*, des *cellules de polarisation* ou de *dispositifs unidirectionnels* risque d'affecter la protection de la structure ou la sécurité du public, le fonctionnement de ces éléments doit être vérifié à intervalles de dix semaines au maximum. La surveillance peut se faire par des inspections sur place ou par l'évaluation des données d'une campagne d'évaluation de la *corrosion*. Dans certaines situations, on pourra choisir des intervalles plus longs ou plus courts.
- d) L'efficacité des *dispositifs d'isolation*, des *liaisons électriques* et des *espaceurs de gaine* devrait être vérifiée au cours des campagnes de mesures du *potentiel conduite-sol*, effectuées conformément à la sous-section 4.3.2.2. Cette surveillance peut consister en des inspections faites sur place ou en des analyses des données des campagnes d'évaluation de la *corrosion*.

### 4.3.3 Techniques de surveillance

#### 4.3.3.1 Mesures

Les mesures électriques suivantes peuvent être envisagées lors d'une campagne d'évaluation périodique effectuée selon la sous-section 4.3.2.2.

- a) *Potentiel conduite-sol aux bornes d'essai* tel que spécifié dans la sous-section 2.3.3.4.1;
- b) *Potentiels conduite-sol à intervalles rapprochés*;
- c) *Potentiels conduite-sol* aux stations de compression, postes de mesurage et aux terminaux et installations de stockage;
- d) Mesure des paramètres de sortie du *redresseur* de courant imposé;
- e) Niveaux de potentiel et de courant alternatifs sur les gazoducs;
- f) *Interférence* (p. ex. *courants telluriques*, TLR et autres courants);
- g) Courants de gazoduc;
- h) Mesures de la *conductance du revêtement*;
- i) Mesures des pertes de champ électromagnétique.

#### 4.3.3.2 Équipement de mesure

Pour chaque valeur électrique à mesurer, il faut utiliser un équipement de mesure approprié. L'instrumentation et l'équipement associé devraient être tenus en bon état, étalonnés selon les règles et vérifiés annuellement.

#### 4.4 Mesures correctives

Les mesures correctives devraient être mises en œuvre aussi tôt que possible après les campagnes d'évaluation, d'essais ou d'inspections indiquant une déficience de la protection contre la *corrosion*, après en avoir identifié la cause. Ces mesures peuvent comprendre les interventions suivantes :

- a) Réparer, remplacer ou régler les composants des installations de *protection cathodique*;
- b) Ajouter des installations de *protection cathodique supplémentaires*;
- c) Mettre en place des installations de *atténuation des courants alternatifs* supplémentaires;
- d) Réparer ou remplacer le *revêtement* endommagé ou détérioré;
- e) Appliquer un *revêtement* protecteur sur les conduites nues;
- f) Réparer, remplacer ou ajuster la continuité des liaisons *anti-interférences*;
- g) Éliminer les contacts métalliques nuisibles;
- h) Examiner et réduire les sources d'*interférence* potentielles;
- i) Installer ou réparer des dispositifs d'*isolation électrique*;
- j) Réparer les *gaines en court-circuit* en rétablissant leur *isolation électrique* ou en utilisant un *produit de remplissage inerte*.

La priorité de ces méthodes correctives peut être établie en fonction des résultats fournis par les méthodes d'essai, comme l'*inspection interne* ou l'évaluation directe de la *corrosion* externe (*ECDA*).

## CHAPITRE 5 : DÉTECTION ET INSPECTION DE LA CORROSION EXTERNE

---

### 5.1 Introduction

Ce chapitre décrit les méthodes de détection de la *corrosion* externe et les exigences en matière d'inspection.

### 5.2 Détection de la *corrosion* externe

Diverses méthodes peuvent être utilisées pour détecter la *corrosion* externe, la *fissuration par corrosion sous contrainte* et les autres anomalies des conduites métalliques enfouies ou submergées. Les méthodes d'inspection indirecte, décrites à la section 4.2.2, peuvent révéler les conditions d'une éventuelle *corrosion* externe de la conduite. Pour une meilleure détection de la *corrosion* externe, on aura recours à des examens physiques directs de la conduite, à des sondes de *corrosion* enfouies et à des *coupons*, ou à des outils d'*inspection interne*.

La norme NACE SP0502 – *Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology (ECDA)* décrit des méthodes utiles afin de détecter la *corrosion* externe et les défauts de *revêtement* à quelques exceptions près : généralement, l'*ECDA* ne s'applique pas pour les *revêtements* décollées impliquant l'*effet écran*. Ces méthodes s'appliquant principalement aux gazoducs impossibles à contrôler par des outils d'*inspection interne*.

Les outils d'*inspection interne* permettent de détecter les zones de perte de métal par des mesures de fuites de flux magnétique et des techniques à ultrasons ou à courants de Foucault. De plus, des mesures périodiques avec des outils d'*inspection interne* peuvent fournir des informations sur l'efficacité des méthodes de contrôle de la *corrosion*. Cette méthode de détection est particulièrement utile dans les endroits où il peut y avoir des *effets écran*.

Bien que ces outils enregistrent les anomalies des parois de la conduite, il faut faire appel à des experts pour interpréter les données qui peuvent indiquer de la *corrosion* externe, de la *corrosion* interne, des inclusions, des bosses ou des entailles dans la paroi de la conduite, des masses ferreuses extérieures ou d'autres éléments.

La norme CAN/CSA Z662 donne des instructions sur l'utilisation des outils d'*inspection interne*.

### 5.3 Inspection de la *corrosion* externe

Lorsque la conduite est à découvert, elle devrait être inspectée visuellement pour déterminer l'état du *revêtement* et pour rechercher les signes de *corrosion*. Selon les résultats, une évaluation supplémentaire de la *protection cathodique* doit être envisagée. L'évaluation des zones affectées par la *corrosion* doit respecter la norme CAN/CSA Z662.

Par ailleurs, si la conduite est exposée à un environnement favorisant la *fissuration par corrosion sous contrainte* (FCC), une recherche de FCC devrait être effectuée. Des renseignements sur la sensibilité à FCC sont donnés dans les Pratiques recommandées sur la fissuration par corrosion sous contrainte, *Stress Corrosion Cracking* (anglais seulement), de l'Association canadienne de pipelines d'énergie.

## CHAPITRE 6 : DOSSIERS CONTRÔLE DE LA CORROSION

---

### 6.1 Introduction

Ce chapitre décrit les enregistrements nécessaires en matière de contrôle de la *corrosion* destinés à documenter les aspects de la conception, de l'installation, de l'exploitation et de l'entretien des systèmes de contrôle de la *corrosion*. Ces dossiers contiennent des informations sur l'efficacité des mesures de contrôle de la *corrosion* et des données associées aux causes des pertes de métal ou des dommages au *revêtement*.

Les dossiers en matière de contrôle de la *corrosion* doivent être tenus à jour sur toute la durée de vie d'une installation, qu'elle soit *active* ou *inactive*, jusqu'au moment où le gazoduc est retiré ou *abandonné*.

### 6.2 Conception et installation

#### 6.2.1 Revêtements

Des dossiers documentant le choix du *revêtement* pour chaque tronçon du gazoduc doivent être conservés conformément aux normes CSA Z662 et CSA Z245.20, série 10. Ces dossiers comprennent, à titre non limitatif :

- Le type de *revêtement* et les spécifications particulières du produit;
- Le fabricant du *revêtement* et l'entreprise qui a procédé à la pose;
- La date et le lieu de l'application;
- La spécification pour l'application et les données d'inspection;
- Les dossiers de transport et de stockage.

## 6.2.2 Protection cathodique

### 6.2.2.1 *Systèmes à courant imposé*

Les plans « tels que construits » doivent être conservés pour chaque installation de *protection cathodique* à courant imposé. Ces plans doivent indiquer les détails et l'emplacement de tous les éléments du système de *protection cathodique* par rapport aux structures protégées et aux principaux repères physiques. Les plans « tels que construits » et les dossiers des systèmes à courant imposé devraient contenir, à titre non limitatif, les informations suivantes :

- Le lieu et la date de la mise en service;
- Les spécifications du *redresseur* ou des autres sources d'énergie;
- La quantité, le type, l'emplacement et l'espacement des *anodes*;
- Le type d'anolyte utilisé pour les *anodes*;
- Le point de connexion du ou des  *fils*  négatifs;
- Le calibre du *câble* et la nature de l'isolant;
- Les informations concernant l'emprise;
- Les installations pouvant créer des *interférences* de courant continu.

### 6.2.2.2 *Systèmes sacrificielles*

Les dossiers liés à l'installation des *anodes sacrificielles* devraient contenir les informations suivantes :

- L'emplacement de l'installation et la date de la mise en service;
- La quantité, le type, les dimensions, l'anolyte et l'espacement des *anodes*;
- Le calibre du *câble* et la nature de l'isolant;
- La disposition des installations des *bornes d'essai* associées.

### 6.2.2.3 *Systèmes auxiliaires*

Les emplacements de toutes les *bornes d'essai* et de tous les dispositifs d'isolation hors terre ou enfouis doivent être enregistrés. Les dossiers liés à l'atténuation des *interférences* doivent comprendre :

- L'emplacement et la date de mise en service;
- L'identification des structures faisant l'objet d'une *liaison électrique*;
- Les paramètres de la *liaison*, tels que la résistance, l'amplitude et le sens du courant, ainsi que les autres renseignements pertinents.

Les dossiers liés à l'installation de *dispositifs à courant unidirectionnel* et d'*équipements d'atténuation de courants alternatifs (CA)* doivent contenir :

- Le lieu et la date de la mise en service;
- L'identification des structures reliées;
- Le type de dispositif.



## 6.3 Exploitation et entretien

### 6.3.1 Dossiers d'exploitation et d'entretien

Des dossiers doivent être tenus quant à l'exploitation et l'entretien des équipements de contrôle de la *corrosion* suivants :

- Les sources de courant continu;
- Les *liaisons anti-interférences*;
- Les *dispositifs à courant unidirectionnel*;
- Les *dispositifs d'isolation*;
- Les installations d'équipements *d'atténuation de courants alternatifs (CA)*;
- Les *bornes d'essai avec coupons*;
- Les sondes mesurant la *vitesse de corrosion*.

### 6.3.2 Dossiers supplémentaires

En plus des informations ci-dessus, les dossiers suivants doivent également être tenus :

- Les campagnes d'évaluation de la *protection cathodique*;
- Les réparations de zones de *corrosion* et le remplacement de conduites;
- Les données *d'inspection interne*, y compris les enregistrements, les rapports et les résultats d'excavations;
- Les ententes, s'il y a lieu, pour les essais *d'interférence* et autres pratiques associées dans le cas d'une emprise partagée.

### 6.3.3 Dossiers d'essais

Les dossiers suivants devraient également être tenus :

- Les essais, réparations et remplacements du *revêtement*;
- Les résultats des essais non destructifs;
- Les résultats des mesures de salinité et de résistivité de l'*électrolyte*;
- L'exploitation et l'entretien des *anodes*, des *bornes d'essai*, des connexions, des *câbles* et des  *fils*;
- Le lieu, la cause, la durée et la description des réparations de toute anomalie entraînant une perte d'efficacité de la *protection cathodique*.

## ANNEXE A : DÉFINITIONS

Les définitions suivantes sont généralement acceptées et fonctionnelles. Elles sont utilisées par l'ensemble des experts en matière de contrôle de la corrosion.

<b>DÉFINITIONS</b>	
<b>ABANDONNÉ</b>	Installation ayant été mise hors service de façon permanente.
<b>ANODE</b>	Électrode d'une cellule de corrosion où l'oxydation se produit et par où le courant quitte la structure pour passer dans l'électrolyte. L'anode est généralement l'électrode qui subit la corrosion.
<b>ANODE SACRIFICIELLE</b>	Pièce de métal « sacrifiée » pour la protection d'un métal plus noble (selon la série galvanique), auquel il est électriquement connecté dans un même électrolyte. Les anodes constituent des sources de courant dans les systèmes de protection cathodique par anodes sacrificielles.
<b>ANOLYTE</b>	Matériau spécial, à faible résistance, placé immédiatement autour d'une anode enterrée pour augmenter la surface effective de contact avec l'électrolyte ou pour retenir l'humidité à proximité de l'anode.
<b>ATTÉNUATION DES COURANTS ALTERNATIFS (CA)</b>	Installations ou procédures permettant de réduire ou de limiter l'effet des voltages alternatifs sur les installations de gazoducs.
<b>BORNE D'ESSAI</b>	Dispositif où des fils sont connectés à la conduite du gazoduc pour permettre d'effectuer des mesures électriques.
<b>BORNIERS ISOLÉS</b>	Bornes d'essais dont les connexions au bornier sont isolées de manière à éviter tout contact direct entre le personnel et les conducteurs pouvant être soumis à des interférences en courant alternatif.
<b>CÂBLE</b>	Conducteur électrique plus gros que le calibre AWG 10.
<b>CATHODE</b>	Électrode d'une cellule de corrosion où la réduction se produit et où le courant quitte l'électrolyte pour entrer dans la structure. En règle générale, il n'y a pas de corrosion de la

<b>DÉFINITIONS</b>	
	cathode.
<b>CHUTE OHMIQUE</b>	Le Potentiel (U) à travers une résistance (R) lorsque le courant (I) est appliqué selon la loi de Ohm ( $U=RI$ )
<b>CONDUCTANCE DU REVÊTEMENT</b>	Aisance avec laquelle le courant électrique circule sur la surface d'un gazoduc métallique enfoui et recouvert par un revêtement. L'unité standard de la conductance est le Siemens qui est symbolisé par la lettre majuscule G dans les équations.
<b>CORROSION</b>	Détérioration d'un matériau, généralement un métal, qui subit une réaction électrochimique avec son milieu environnant.
<b>CORROSION GALVANIQUE</b>	Corrosion causée par la présence de métaux différents en contact avec un même électrolyte.
<b>COUPON</b>	Dispositif annexe utilisé pour mesurer les potentiels sans l'influence de la chute ohmique (IR) et les courants aux endroits où il n'est pas possible d'interrompre la protection cathodique ou les courants d'interférence.
<b>COURANT TELLURIQUE</b>	Courant électrique circulant près de la surface de la terre et causé par des fluctuations géomagnétiques.
<b>COURANTS VAGABONDS (OU INTERFÉRENCE DE COURANT)</b>	Courants électriques circulant par des trajets autres que les circuits prévus.
<b>COUVERCLE D'ANODE</b>	Couvercle protégeant la jonction de l'anode et de son fil d'alimentation.
<b>DÉFAUT DE REVÊTEMENT</b>	Discontinuité dans le revêtement protecteur de la conduite qui expose la surface non protégée à l'environnement.
<b>DENSITÉ DE COURANT</b>	Intensité du courant circulant par unité de surface.
<b>DIODE</b>	Composant électronique offrant une faible résistance au passage d'un courant dans un sens et une très forte résistance au courant inverse.
<b>CELLULE DE POLARISATION</b>	Dispositif de découplage électrolytique permettant le passage du courant alternatif tout en réduisant substantiellement le flux de courant continu.
<b>DISPOSITIF D'ISOLATION</b>	Discontinuité électrique délibérément introduite

DÉFINITIONS	
	dans une conduite de gazoduc, au moyen d'équipements tels qu'une bride isolante ou <i>un joint monolithique isolant</i> .
<b>DISPOSITIF UNIDIRECTIONNEL</b>	Dispositif électronique interdisant l'inversion d'un courant continu dans un conducteur métallique.
<b>EFFET ÉCRAN</b>	Bloque ou dévie le courant de protection cathodique du chemin prévu.
<b>ÉLECTRODE DE RÉFÉRENCE (demi-pile)</b>	Électrode dont le potentiel en circuit ouvert est reproductible servant de référence pour la mesure du potentiel d'une autre structure. P. ex., cuivre/sulfate de cuivre et argent/chlorure d'argent.
<b>ÉLECTROLYTE</b>	Le sol lui-même ou un liquide présent dans le sol, qui est adjacent ou en contact direct avec une structure métallique enfouie ou submergée.
<b>FISSURATION PAR CORROSION SOUS CONTRAINTE (FCC)</b>	Fissuration d'un gazoduc qui peut être causées par l'action combinée d'une protection cathodique inefficace, de contraintes en tension ou d'un milieu corrosif.
<b>FIL</b>	Conducteur électrique de calibre AWG 10 ou plus petit.
<b>GAINE EN COURT-CIRCUIT</b>	Gaine qui est en contact électrique avec la conduite elle-même.
<b>INACTIVE</b>	État d'une structure qui ne remplit pas actuellement sa fonction principale, mais qui pourrait être remise en service.
<b>INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE</b>	Phénomène par lequel une tension et un courant électriques sont engendrés dans une conduite métallique sous l'effet du courant qui circule dans une ligne électrique aérienne de transport.
<b>INDUCTION ÉLECTROSTATIQUE</b>	Phénomène par lequel une charge est engendrée dans un tronçon de pipeline sous l'effet de la proximité d'un autre corps chargé, comme les câbles d'une ligne à haute tension.
<b>INSPECTION INTERNE</b>	Technique d'inspection d'un gazoduc par l'intérieur au moyen d'un racleur instrumenté qui se déplace dans la conduite.
<b>INTERFÉRENCE</b>	Perturbation électrique d'une structure métallique causée par le passage de courants

DÉFINITIONS	
	parasites ou « vagabonds ».
<b>ESPACEUR DE GAINÉ</b>	Séparateur en matière non conductrice placé autour de la conduite pour l'isoler électriquement de sa gaine de protection mécanique.
<b>ISOLATION ÉLECTRIQUE</b>	État d'un corps métallique qui est électriquement isolé d'autres structures métalliques ou de son environnement.
<b>JOINT MONOLITHIQUE ISOLANT</b>	Dispositif soudé permettant d'isoler électriquement deux tronçons de conduite sans utiliser une bride isolante.
<b>LIAISON ANTI-INTERFÉRENCES</b>	Liaison métallique, résistante, électrolytique ou à diode directe établie pour contrôler le passage de courant électrique entre les réseaux de gazoducs métalliques.
<b>LIAISON ÉLECTRIQUE</b>	Forme de connexion métallique assurant la continuité électrique entre des structures conductrices d'électricité.
<b>LIT D'ANODES</b>	Groupe d'anodes enterrées et interconnectées pour délivrer un courant continu assurant la protection cathodique du gazoduc.
<b>MÉTAL AMPHOTÈRE</b>	Métal sensible à la corrosion en milieu acide et en milieu alcalin.
<b>ECDA</b>	Sigle signifiant « External Corrosion Direct Assessment » pouvant se traduire par « Évaluation directe de la corrosion externe ». Cette méthodologie permet d'évaluer la probabilité et la gravité de la corrosion d'un pipeline difficile ou impossible à inspecter par des méthodes d' <i>inspection interne</i> . Elle codifie l'emploi de différentes techniques de mesure de l'efficacité de la protection cathodique, à partir du niveau du sol, communément appelée inspection indirecte.
<b>POLARISATION</b>	Variation du potentiel de corrosion sous l'effet du courant qui traverse l'interface entre l'électrode et l'électrolyte.
<b>POTENTIEL À INTERVALLES RAPPROCHÉS</b>	Campagne de mesures détaillées des potentiels conduite-sol qui sont mesurés à des intervalles rapprochés le long de la conduite. En général, les intervalles de mesure peuvent varier entre 1

<b>DÉFINITIONS</b>	
	et 10 mètres.
<b>POTENTIEL CONDUITE-SOL</b>	Différence de potentiel entre une conduite métallique enfouie et l'électrolyte mesurée au moyen d'une électrode de référence en contact avec l'électrolyte.
<b>POTENTIEL DE CORROSION</b>	Potentiel d'une surface corrosive dans un électrolyte mesuré en circuit ouvert par rapport à une électrode de référence. Également connu sous les noms de potentiel de corrosion libre, potentiel en circuit ouvert, potentiel statique et Ecorr.
<b>POTENTIEL HORS TENSION INSTANTANÉ</b>	Potentiel conduite-sol mesuré instantanément après l'interruption du système de protection cathodique. Son appellation commune est le potentiel « instant off ».
<b>POTENTIEL SOUS TENSION</b>	Potentiel conduite-sol d'une structure dont le système de protection cathodique est pleinement opérationnel et connecté à la structure. Son appellation commune est le potentiel « On ».
<b>PRODUIT DE REMPLISSAGE INERTE</b>	Matériau injecté dans le vide annulaire qui existe entre la conduite et sa gaine extérieure pour éviter que de l'eau ne s'accumule dans cet espace et favorise la corrosion de la conduite.
<b>PROTECTION CATHODIQUE</b>	Technique permettant de réduire la vitesse de corrosion sur une surface métallique en faisant de cette dernière la cathode d'une cellule électrochimique.
<b>QUALIFIÉ</b>	Personne suffisamment compétente, convenablement formée et assez expérimentée pour combler la tâche ou la procédure en question de façon sécuritaire et efficace, et accréditée selon les exigences des instances dirigeantes nationales et provinciales.
<b>REDRESSEUR</b>	Dispositif électrique capable de convertir le courant alternatif en courant continu.
<b>REVÊTEMENT</b>	Matériau diélectrique appliqué sur une conduite pour l'isoler de son milieu environnant.
<b>REVÊTEMENT DÉCOLLÉ</b>	Portion du revêtement d'un gazoduc qui a cessé d'adhérer adéquatement à la surface de la conduite.

<b>DÉFINITIONS</b>	
<b>SÉRIE GALVANIQUE</b>	Liste du potentiel de corrosion d'un certain nombre d'alliages et de métaux dans un milieu donné.
<b>SERVICE ACTIF</b>	Période pendant laquelle une installation assure la fonction pour laquelle elle a été conçue.
<b>SOUDURE ALUMINOTHERMIQUE</b>	Technique de soudure utilisée pour fixer des câbles à une conduite de gazoduc en utilisant une réaction exothermique contrôlée.
<b>STRUCTURE ÉTRANGÈRE</b>	Toute structure métallique qui n'est pas destinée à faire partie du réseau de gazoducs sous protection cathodique.
<b>TENSION (VOLTAGE)</b>	Force électrique ou différence de potentiel entre des électrodes, exprimé en volts.
<b>VITESSE DE CORROSION</b>	Vitesse à laquelle la corrosion progresse, habituellement exprimée soit en perte de masse par unité de surface par unité de temps, soit en pénétration par unité de temps, etc.



## ANNEXE B : CRITÈRES DE PROTECTION CATHODIQUE

---

### B.1 Introduction

L'objectif de la *protection cathodique* est de contrôler la *corrosion* des surfaces métalliques en contact avec des *électrolytes*.

L'efficacité de la *protection cathodique* ou d'autres mesures de contrôle de la *corrosion* peut être confirmée par inspection visuelle ou par la mesure de la perte métallique par rapport à la conduite d'origine. Comme ces interventions ne sont pas toujours possibles, le respect de l'un des critères présentés dans la présente annexe pour un matériau particulier peut être considéré comme une preuve que la *protection cathodique* est efficace.

Les critères de cette annexe ont été élaborés en laboratoire ou à partir d'expériences empiriques découlant de l'analyse des données de systèmes de *protection cathodique* qui se sont avérés efficaces. Le choix d'un critère particulier dépend de l'expérience antérieure avec des structures et des milieux similaires dans lesquels le critère a été utilisé avec succès. Dans certaines situations, un écart par rapport aux critères décrits dans la section B.2 peut être admissible, à condition que l'on puisse démontrer qu'un contrôle adéquat de la *corrosion* a été réalisé (p. ex. des données historiques documentées, des résultats d'ECDA, etc.).

Remarque : Sauf indication contraire, toutes les *voltages* et tous les potentiels sont donnés pour une *électrode de référence* saturée de type cuivre/sulfate de cuivre.

## B.2 Critères

### B.2.1 Conduites en acier, en fonte ou en fonte ductile

L'atteinte de l'un des trois critères suivants permettra de confirmer l'efficacité de la *protection cathodique*:

- a) Un potentiel polarisé négatif (instantané hors *tension*) d'au moins 850 mV;
- b) Un potentiel (cathodique) polarisé négatif d'au moins 850 mV avec la *protection cathodique* sous tension en tenant compte de la *chute ohmique* (IR) dont les caractéristiques sont données à la section B.3;
- c) Une *polarisation* cathodique minimale de 100 mV entre la structure et une *électrode de référence*, mesurée d'après la formation ou la disparition de la *polarisation*.

Remarque : Sur les conduites en acier sujettes à la *fissuration par corrosion sous contrainte* (FCC), il convient de faire preuve de prudence lorsqu'on choisit le critère de *polarisation* de 100 mV et que les potentiels polarisés sont plus électropositifs que - 850 mV. D'autres critères plus stricts peuvent être nécessaires sous certaines conditions, notamment la température, les bactéries sulfatoréductrices, la *densité de courant* alternatif, le type de *revêtement* et sa condition et la corrosivité générale de l'*électrolyte*.

### B.2.2 Structures de cuivre

Une *polarisation* cathodique minimale de 100 mV entre la conduite et une *électrode de référence*, mesurée d'après l'apparition ou la disparition de la *polarisation*.

### B.2.3 Structures d'aluminium

Une *polarisation* cathodique minimale de 100 mV entre la structure et une *électrode de référence*, mesurée d'après l'apparition ou la disparition de la *polarisation*.

Remarque : Sur l'aluminium, les potentiels polarisés plus électronégatifs que -1200 mV peuvent causer une *corrosion* en raison de l'accumulation de substances alcalines à la surface du métal. Ce phénomène est particulièrement important dans des environnements où le pH dépasse 8.0.

### B.2.4 Conduites de métaux différents

Un potentiel polarisé négatif au moins égal à celui nécessaire à la protection du métal le plus anodique devrait être maintenu entre toutes les surfaces de la conduite et une *électrode de référence*.

### B.2.5 Effets de l'environnement

Dans certains cas particuliers, comme en présence de sulfures, de bactéries, de températures élevées, d'environnements acides ou de métaux différents, le critère des alinéas a) et b) de la sous-section B.2.1 peut ne pas être suffisamment électronégatif.

Dans certains milieux (béton, *électrolyte* sec ou aéré à haute résistivité, etc.), des valeurs plus électropositives que les critères des alinéas a) et b) de la sous-section B.2.1 peuvent cependant être suffisantes.

Les emplacements où il risque d'y avoir des *courants vagabonds* pourraient nécessiter des critères différents de ceux de la section B.2. Pour de plus amples renseignements, consulter l'annexe C, « Contrôle des interférences de courant continu ».

## B.3 Considérations particulières

### B.3.1 Chute ohmique (IR)

Pour les mesures de potentiel effectuées sur les structures, *l'électrode de référence* en contact avec *l'électrolyte* doit être placée aussi près que possible de la conduite. Avec *l'électrode de référence* adjacente à la surface de la conduite revêtue, l'effet sur la mesure de la *chute ohmique* dans le sol peut être négligeable si le premier défaut de *revêtement* est éloigné la position de l'électrode.

Les facteurs suivants doivent être pris en considération dans l'interprétation des mesures de potentiel pour la conformité aux critères de la section B.2.

- *Chute ohmique* (IR) entre la conduite et *l'électrode de référence*;
- *Chute ohmique* dans la conduite d'acier et dans le *fil* conducteur lors des mesures à *intervalles rapprochés*;
- Présence de métaux différents;
- Influence des colonnes montantes et autres structures;
- Présence de *courants vagabonds* et de *courants telluriques*;
- Proximité d'une *anode*.

Les méthodes de détermination de la *chute ohmique* doivent être choisies et appliquées selon les bonnes pratiques d'ingénierie (p. ex. installation de *coupons* et évaluation des données des *coupons*). Une fois déterminée, la *chute ohmique* peut être utilisée pour corriger les mesures ultérieures au même endroit, en autant que les conditions (telles que les caractéristiques de la conduite et les conditions de fonctionnement de la *protection cathodique*, les caractéristiques de *l'électrolyte* et la qualité du *revêtement*) restent similaires.

### B.3.2 Réseaux de conduites en aluminium

Les *métaux amphotères*, comme l'aluminium, qui risquent d'être corrodés à des pH élevés créés par la *protection cathodique* devraient être isolés électriquement et protégés séparément.

L'aluminium devient sensible à la *corrosion* en présence d'un pH élevé. Comme l'application de la *protection cathodique* tend à faire augmenter le pH à la surface du métal, des études ou des essais approfondis devraient être faits avant d'utiliser la *protection cathodique* pour neutraliser la *corrosion* par piqûres de l'aluminium dans des milieux dont le pH naturel est supérieur à 8.0.

## B.4 Autres électrodes de référence

D'autres *électrodes de référence* peuvent remplacer l'*électrode de référence* standards saturée de cuivre/sulfate de cuivre. Un autre matériau ou une autre structure métallique peuvent être utilisés à la place de l'*électrode de référence* saturée de cuivre/sulfate de cuivre si :

- La stabilité du potentiel de l'électrode est assurée;
- Son potentiel équivalent, par rapport à une *électrode de référence* saturée de cuivre/sulfate de cuivre saturé, est établie.

## ANNEXE C : CONTRÔLE DES INTERFÉRENCES DE COURANT CONTINU

---

### C.1 Introduction

La présente annexe détaille les pratiques de détection et de contrôle en courant continu (*courants vagabonds*) qui peuvent abaisser le niveau de *protection cathodique* ou entraîner des pertes de métal.

La *corrosion* par les courants d'*interférence* des conduites métalliques enfouies ou submergées se produit lorsque le courant d'une source étrangère se décharge de la structure affectée dans l'*électrolyte*. Il convient de noter que les *revêtements* peuvent avoir tendance à se décoller dans la zone où les courants d'*interférence* se concentrent sur la structure affectée. Ces conditions peuvent nécessiter un courant de *protection cathodique* plus fort et peuvent créer des problèmes d'effet écran. De plus, les conduites faites d'un *métal amphotère*, comme l'aluminium ou le plomb, peuvent être endommagées par *corrosion* alcaline à proximité du point où les courants d'*interférence* se rassemblent.

Des mesures doivent être prises pour éliminer ou minimiser les effets néfastes des *interférences* en courant continu.

L'atténuation de la *corrosion* causée par le courant d'*interférence* peut généralement se faire par une coordination et une coopération entre les propriétaires des deux structures.

### C.2 Sources de courants d'*interférence*

#### C.2.1 Types de courants d'*interférence*

Il y a deux principaux types de courants d'*interférence* :

- Courant statique – Essentiellement un courant continu constant, par exemple fourni par un *redresseur de protection cathodique*, un

générateur thermoélectrique ou des lignes de transport de courant continu à haute *tension*.

- Courant dynamique – Courants continus dont l'intensité fluctue, comme ceux des trains électrifiés à courant continu et des systèmes légers sur rail (SLR), des systèmes et pompes d'extraction de mine de charbon, des postes de soudage, des lignes de transport de courant continu à haute *tension* (CCHT) et des *courants telluriques*.

### C.2.2 Conditions contribuant aux interférences

Les conditions ci-après contribuent aux courants d'*interférences* :

- Proximité relative des structures qui causent et subissent les *interférences*;
- Proximité de la source des courants d'*interférence*;
- Intensité et *densité de courant*;
- Dégradation ou absence de *revêtement* sur les structures affectées;
- Installation ou entretien inadéquats de la *protection cathodique* sur des structures affectées;
- Présence et position des joints mécaniques dont la résistance électrique peut varier avec le temps.

## C.3 Détection des courants d'*interférence*

### C.3.1 Indicateurs de courant d'*interférence*

La présence de courants d'*interférence* peut être signalée par les changements d'état suivants :

- Variations du *potentiel conduite-sol* sur la structure affectée;
- Variations de l'amplitude ou de la direction du courant du gazoduc;

- *Corrosion* par piqûres localisée dans les zones proches d'une *structure étrangère*;
- Dégradation des *revêtements* protecteurs dans une zone localisée à proximité d'un lit d'anodes d'une *structure étrangère* ou d'une autre source de courant continu.

Dans les zones où il y a des raisons de soupçonner des *interférences*, les propriétaires de toutes les structures affectées doivent être avisés et des essais appropriés doivent être effectués. Les avis d'essais d'*interférence* peuvent également être transmis par les comités régionaux d'électrolyse, lorsqu'ils existent.

### C.3.2 Détection des courants d'interférence

Diverses méthodes d'essai permettent de détecter les courants d'*interférence*. Ces méthodes comprennent, à titre non limitatif :

- a) Des campagnes de mesures à intervalles réguliers de *potentiel conduite-sol* ou des intensités de courant sur une période de temps nécessaire pour caractériser le problème d'*interférence*;
- b) Des mesures des variations du courant débité par les sources soupçonnées de causer des *interférences*, en corrélation avec les mesures recueillies à l'étape a);
- c) Des mesures de *potentiels conduite-sol* sur la structure affectée lorsque le *redresseur* soupçonné de causer des *interférences* est en mode d'interruption cyclique. Ceci permettra de déterminer si la variation de potentiel est inacceptable;
- d) L'augmentation de la fréquence des mesures ou l'utilisation d'un enregistreur de données;
- e) L'utilisation de *coupons* interrompables;



- f) L'utilisation d'instruments spécialement conçus pour détecter les courants d'*interférence*;
- g) L'élaboration de courbes bêta pour localiser la zone où la sortie ou décharge de courant de retour de la structure affectée est le plus intense. Consulter la norme NACE SP0169.

## C.4 Résolution des problèmes de courants d'*interférence*

### C.4.1 Techniques

#### C.4.1.1 Activités de résolution des problèmes d'*interférence*

Il faut savoir que chaque problème de courants d'*interférence* est un cas unique dont la solution doit satisfaire aux exigences des propriétaires de toutes les structures impliquées. Dans la mesure du possible, les effets néfastes des courants d'*interférence* devraient être gérés au niveau des *redresseurs*, de manière à éviter les courants vagabonds, et sur les systèmes d'alimentation en courant continu afin de réduire à la source les courants débités.

S'il n'est pas possible d'éliminer les courants vagabonds, on pourra prendre les mesures suivantes :

- Chercher à annuler les effets des courants d'*interférence* en modifiant la *protection cathodique*;
- Supprimer ou relocaliser la source du courant d'*interférence*;
- Réduire l'intensité débitée par les sources d'énergie de *protection cathodique* qui sont à l'origine des *interférences*;
- Modifier le trajet proposé des gazoducs en projet;
- Installer des dispositifs d'isolation dans la structure affectée;

- Appliquer un *revêtement* sur la ou les zones d'entrée des courants afin de réduire ou d'éliminer les *interférences*;
- Installer des liaisons directes ou résistances.

#### ***C.4.1.2 Liaisons anti-interférences***

Dans certains cas, les effets néfastes des courants d'*interférence* peuvent être atténués par une liaison appropriée. L'autorisation du propriétaire de la structure concernée est obligatoire pour l'établissement de telles liaisons. De plus, il faut considérer les points suivants.

- a) Des *dispositifs de contrôle à courant unidirectionnel*, comme des *diodes* peuvent être nécessaires en plus des *liaisons électriques*, dans le cas de présence de courants dynamiques;
- b) Une résistance peut être nécessaire dans le circuit de liaison pour limiter l'intensité des courants électriques;
- c) L'ajout de *liaisons électriques* peut réduire le niveau de *protection cathodique* de la structure qui cause les *interférences*. Une *protection cathodique* supplémentaire peut donc être nécessaire pour compenser cet effet sur la structure qui cause les *interférences*;
- d) Lorsqu'une conduite dont le *revêtement* est détérioré interfère avec une conduite dont le *revêtement* est en bon état, une *liaison électrique* peut minimiser les *interférences* au point de décharge, mais en établissant des potentiels hauts ou bas dans la conduite dont le *revêtement* est en bon état. Des potentiels élevés peuvent être présents à proximité

d'un *lit d'anodes* interfèrent. En s'éloignant du *lit d'anodes* interfèrent, la conduite interférée peut présenter de faibles potentiels.

#### **C.4.2 Confirmation de l'atténuation des interférences**

Les mesures suivantes permettront généralement de confirmer l'atténuation des *interférences* en courant continu.

- a) Les *potentiels conduite-sol* de la structure affectée ont été ramenés à des valeurs acceptables pour le propriétaire;
- b) Des mesures des courants sur la structure affectée montrent qu'il n'y a pas de décharges vers l'*électrolyte*;
- c) Des valeurs de *protection cathodique* adéquates sont mesurées lorsque le redresseur de courant interférant est en mode d'interruption cyclique ;
- d) La pente de la courbe bêta indique que le retour de courant a été limité au point de concentration maximale. Consulter la norme NACE SP0169.

*ANNEXE D : NORMES ET PRATIQUES ASSOCIÉES*

---

**ASTM International (American Society for Testing and Materials)**

ASTM B843

Norme *Specification for Magnesium Alloy Anodes for Cathodic Protection* (en anglais seulement)

ASTM B418

Norme *Specification for Cast and Wrought Galvanic Zinc Anodes* (en anglais seulement)

ASTM G97

Norme *Test Method for Laboratory Evaluation of Magnesium Sacrificial Anode Test Specimens for Underground Applications* (en anglais seulement)

ASTM A518/A518M

Norme *Specification for Corrosion Resistant High Silicon Iron Castings* (en anglais seulement)

**CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie)**

*Stress Corrosion Cracking Recommended Practices, 2<sup>e</sup> édition* (en anglais seulement)

**CSA (Association canadienne de normalisation)**

CAN/CSA-Z662

Réseaux de canalisations de pétrole et de gaz

CAN/CSA-Z662, section 9.2

Sélection des revêtements protecteurs extérieurs pour les conduites enfouies ou submergées

CAN/CSA-Z662, annexe L.

Méthodes d'essai substituts ou supplémentaires pour l'évaluation des propriétés et des caractéristiques des revêtements

CSA-Z245.1

*Steel Pipe* (en anglais seulement)

CSA-Z245.20 Série-10

*Plant-applied external fusion bond epoxy coating for steel pipe* (en anglais seulement)

CSA-Z245.20-10

*Plant-applied external fusion bond epoxy coating for steel pipe* (en anglais seulement)

CSA-Z245.21-10

*Plant-applied external coatings for steel pipe* (en anglais seulement)

C22.1

Code canadien de l'électricité, Première partie

C22.1, section 80

Code canadien de l'électricité, Première partie – Protection cathodique

C22.2 N° 0

Code canadien de l'électricité, Deuxième partie – Exigences générales

C22.2/N° 75

Fils et câbles isolés au thermoplastique

C22.3 N° 4

Contrôle de la corrosion électrochimique de structures métalliques souterraines

CAN/CSA-C22.3 N° 6

Principes et pratiques de la coordination électrique entre pipelines et lignes électriques

**NACE International**

SP0169

*Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems*

(en anglais seulement)

SP0502

*Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology* (en anglais seulement)