

C E O C O R

**COMITE D'ETUDE DE LA CORROSION
ET DE LA PROTECTION DES CANALISATIONS
SECTEUR C MATERIAUX**

**CRITERES DE CHOIX POUR LES REVETEMENTS
DES CANALISATIONS METALLIQUES**

RECOMMANDATIONS

Edition Mai 2005

INTRODUCTION

Le présent guide concerne les revêtements externes et internes des canalisations métalliques les plus utilisées pour le transport ou la distribution de l'eau et du gaz, à savoir les revêtements des conduites en acier peu ou non allié, en acier inoxydable, en cuivre et en fonte.

La corrosion des canalisations métalliques peut être contrôlée grâce à l'application de deux techniques pouvant être utilisées conjointement : la protection passive et la protection active ou protection cathodique.

La protection passive consiste à réaliser, au moyen de revêtements appliqués sur les tubes, de préférence en usine, une séparation électrolytique entre le métal et le milieu dans lequel il est placé.

Le revêtement d'une canalisation a une importance primordiale pour sa protection contre la corrosion. Son efficacité est fondamentale pour sa conservation dans le temps. Pour les canalisations enterrées ou immergées à grande profondeur, difficiles à inspecter, il est indispensable d'utiliser un revêtement ayant une durabilité analogue à celle prévue pour la conduite (40 ans ou plus.)

La protection cathodique est réalisée, sur des canalisations métalliques enterrées ou immergées et électriquement continues (à joints soudés ou shuntés), en faisant circuler un courant électrique adéquat entre une anode artificielle et les conduites, lesquelles constituent la cathode du système. Lorsque le sens et l'intensité du courant appliqué assurent un abaissement suffisant du potentiel électrochimique du métal mesuré à l'interface métal-électrolyte, le matériau est placé dans un domaine dit "d'immunité" dans lequel les phénomènes de corrosion sont réduits à des valeurs industriellement négligeables.

La protection cathodique de la surface extérieure des canalisations en tubes d'acier peu ou non allié, revêtues extérieurement, est imposée dans la plupart des cahiers des charges. Elle n'est généralement pas appliquée à la surface intérieure des conduites : cette technique n'est pourtant pas irréalisable.

La protection cathodique des canalisations en acier inoxydable revêtues extérieurement et enterrées, n'est appliquée que dans des cas particuliers.

Elle n'est qu'exceptionnellement mise en oeuvre sur des conduites en fonte enterrées : la raison essentielle en est leur type d'assemblage, en principe électriquement discontinu.

Cette technique de protection n'est pas non plus utilisée pour les canalisations en cuivre.

Afin d'obtenir une durée de service optimum d'une canalisation, le choix du type de revêtement, sa mise en oeuvre et son contrôle après application sont essentiels. Aussi, le présent guide, élaboré par un groupe d'experts européens, peut-il être considéré comme un complément opportun des normes nationales et européennes et une aide précieuse apportée aux concepteurs des projets comme aux utilisateurs. D'emploi facile, il constitue un outil de travail à la disposition de tous.

Les chapitres du présent guide annulent et remplacent les précédentes recommandations:

Chapitre 1 : Critères pour le choix des revêtements des canalisations en acier. 1992.

Chapitre 2 : Les critères pour le choix des revêtements d'accessoires en aciers non et peu alliés. 1994.

Chapitre 3 : Critères pour le choix des revêtements externes des tubes en acier inoxydable. 1998.

Chapitre 4 : Critères pour le choix des revêtements externes des tubes en cuivre, 2001 & 2003.

Chapitre 5 : Critères de sélection des revêtements pour des canalisations en fonte. 2001 & 2003.

Les membres du Groupe de Travail ayant participé à l'élaboration de ce document sont :

M. Arpaia, I	(chapitre 1)
E. Bini, I	(chapitre 1)
D. Copin, F	(chapitres 1, 2, 3, 4, 5)
E. Di Caprio, I	(chapitre 3)
G.P. Guidetti, I	(chapitres 1, 2, 4, 5)
M. Langenfeld, F	(chapitre 5)
J. Mailliard, F	(chapitres 1, 2, 3)
G.C. Mei, I	(chapitre 4)
L. Rigosi, I	(chapitre 3)
M. Romagnoli, I,	(chapitres 1, 2, 3, 4, 5)
G. Rouleau, F	(chapitres 1, 2, 3)
H.E. Wolff, D	(chapitre 1).

Remerciements :

Mes remerciements les plus sincères vont à tous mes collègues du Groupe de Travail qui ont permis la réalisation de ce guide et à mes collègues du Secteur C qui ont donné leur contribution critique, par écrit et durant les différentes réunions plénières présidées par B. Elzenga (première partie du document) et par S. Rigal (deuxième partie du document).

Mes remerciements particuliers à D. Copin, G.P. Guidetti et M. Langenfeld pour la contribution à la révision finale du texte; M. Deacon pour la traduction en anglais du chapitre 1 (il existe aussi une version italienne); C. Triquet pour la traduction en anglais et en allemand du chapitre 4; M. Langenfeld pour la traduction en anglais et en allemand du chapitre 5; G. Nouail pour la mise en forme et dernière vérification, et la réactualisation de certains textes de normes européennes ou projets de norme cités dans l'édition de Mars 2003..

Le Président du
Groupe de Travail "Revêtements"
M. Romagnoli

TABLES DES MATIERES

OBJECTIF	8
CONCEPTION ET REALISATION DE CONDUITES METALLIQUES	8
CHAPITRE 1 – CRITERES DE CHOIX POUR LES REVETEMENTS DES TUBES DE CANALISATIONS EN ACIER PEU OU NON ALLIE	11
1.1 DOMAINES D'EMPLOI	11
1.2 REFERENCES	11
1.2.1 Normes et projets de normes internationales	11
1.2.2 Normes et projets de normes européennes	11
1.2.3 Normes nationales européennes	12
1.2.4 Recommandations et bibliographie GEOCOR	14
1.3 TYPES DE REVETEMENT DES TUBES EN ACIER	16
1.3.1 Revêtements externes des tubes enterrés et sortant du sol	16
1.3.2 Revêtements externes des tubes immergés, ensouillés ou non, ou en zone de marnage	17
1.3.3 Revêtements externes des tubes placés en extérieur	18
1.3.4 Revêtements externes des tubes aériens, en caniveau et en tunnel	19
1.3.5 Revêtements externes de protection temporaire	20
1.3.6 Revêtements externes des tubes d'eau chaude ou sanitaire encastrés dans les murs	20
1.3.7 Revêtements internes des tubes d'eau	21
1.3.8 Peintures internes anti-frottement des tubes de gaz	21
1.3.9 Revêtements internes des tubes pour conduites verticales de gaz et pétrole	21
1.3.10 Revêtements internes des tubes d'eau chaude ou sanitaire dans les bâtiments	22
1.4 CARACTERISTIQUES COMPAREES DES REVETEMENTS DES TUBES EN ACIER PEU OU NON ALLIE	23
1.4.1 Revêtements externes des tubes enterrés, immergés, aériens	23
1.4.1.1 Caractéristiques mécaniques	23
1.4.1.2 Caractéristiques physico-chimiques	25
1.4.1.3 Caractéristiques thermiques	27
1.4.2 Revêtements internes des tubes d'eau	28
1.4.2.1 Caractéristiques mécaniques	28
1.4.2.2 Protection contre la corrosion	29
1.4.2.3 Caractéristiques physico-chimiques des résines thermodurcissables	29
1.4.2.4 Caractéristiques thermiques	29
1.5 REVETEMENTS DES JOINTS SOUDES DES CANALISATIONS EN ACIER PEU OU NON ALLIE	30
1.5.1 Revêtements externes des joints soudés des canalisations enterrées ou immergées	30
1.5.1.1 Bandes anti-corrosion	30
1.5.1.2 Matériaux rétractables	30
1.5.1.3 Produits de remplissage	31
1.5.2 Revêtements internes au niveau des jonctions	31
1.6 TABLEAU DE SYNTHESE DES PRINCIPAUX TYPES DE REVETEMENT EXTERNE DES CANALISATIONS EN ACIER PEU OU NON ALLIE, ENTERREES OU IMMERGEES	32
1.7 TABLEAU DE SYNTHESE DES PRINCIPAUX TYPES DE REVETEMENT INTERNE DES CANALISATIONS EN ACIER PEU OU NON ALLIE	33

CHAPITRE 2 – CRITERES DE CHOIX POUR LES REVETEMENTS DES ACCESSOIRES DE CANALISATION EN ACIER PEU OU NON ALLIE	34
2.1 DOMAINES D'EMPLOI.....	34
2.2 TYPES D'ACCESSOIRES.....	34
2.3 TYPES DE REVETEMENT DES ACCESSOIRES DE CANALISATION EN ACIER PEU OU NON ALLIE.....	34
2.3.1 Revêtements des raccords de canalisation en acier peu ou non allié	34
2.3.1.1 Revêtements externes des raccords enterrés et sortant du sol	35
2.3.1.2 Revêtements externes des raccords immergés, ensouillés ou non, ou en zone de marnage.....	36
2.3.1.3 Revêtements externes des raccords placés en extérieur.....	37
2.3.1.4 Revêtements externes des raccords aériens, en caniveau et en tunnel	38
2.3.1.5 Revêtements externes de protection temporaire	39
2.3.1.6 Revêtements externes des raccords d'eau chaude ou sanitaire encastrés dans les murs	39
2.3.1.7 Revêtements internes des raccords pour conduites d'eau.....	40
2.3.1.8 Peintures internes anti-frottement des raccords pour conduites de gaz.....	40
2.3.1.9 Revêtements internes des raccords pour conduites verticales de gaz et pétrole	40
2.3.1.10 Revêtements internes des raccords pour conduites d'eau chaude ou sanitaire dans les batiments	41
2.3.2 Revêtements des robinets des canalisations en acier peu ou non allié.....	42
2.3.2.1 Revêtements externes des robinets enterrés	42
2.3.2.2 Revêtements externes des robinets aériens.....	42
2.3.2.3 Revêtements internes des robinets	43
2.3.3 Revêtements des appareils de régulation de canalisation en acier peu ou non allié ..	43
2.3.3.1 Revêtements externes des appareils de régulation	43
2.3.3.2 Revêtements internes des appareils de régulation	43
2.3.4 Protections des jonctions mécaniques de canalisation en acier peu ou non allié	44
2.3.4.1 Protections temporaires ou primaires des brides et contre-brides	44
2.3.4.2 Revêtements externes de la boulonnerie	44
CHAPITRE 3 - CRITERES DE CHOIX POUR LES REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN ACIER INOXYDABLE	45
3.1 DOMAINES D'EMPLOI.....	45
3.2 REFERENCES	45
3.2.1 Norme européenne.....	45
3.2.2 Bibliographie CEOCOR	45
3.3 NUANCES D'ACIER INOXYDABLE	46
3.4 APPLICATION DE REVETEMENTS EXTERNES SUR TUBES ET ACCESSOIRES EN ACIER INOXYDABLE.....	46
3.5 TYPES DE REVETEMENTS EXTERNES DES TUBES EN ACIER INOXYDABLE ...	47
3.5.1 Revêtements externes des tubes enterrés et sortant du sol.....	47
3.5.2 Revêtements externes des tubes immergés, ensouillés ou non, ou en zone de marnage	47

3.6	TYPES DE REVETEMENTS EXTERNES DES ACCESSOIRES DES CANALISATIONS EN ACIER INOXYDABLE	48
3.6.1	Revêtements externes des robinets.....	48
3.6.2	Revêtements externes des raccords enterrés ou sortant du sol, immergés , ensouillés ou non, ou en zone de marnage.....	48
3.7	REVETEMENTS EXTERNES DES JOINTS SOUDES DES CANALISATIONS EN ACIER INOXYDABLE ENTERREES OU IMMERGEES	48
CHAPITRE 4 - CRITERES DE CHOIX POUR LES REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN CUIVRE		
4.1	DOMAINES D'EMPLOI.....	49
4.2	REFERENCES	49
4.2.1	Normes et projets de normes internationales et européennes	49
4.2.2	Bibliographie CEOCOR	49
4.3	CONCEPTION ET EXPLOITATION DES CANALISATIONS	50
4.4	TYPES DE REVETEMENT EXTERNE DES TUBES ET DES RACCORDS EN CUIVRE	50
4.5	REVETEMENTS EXTERNES DES JOINTS SOUDES DES CANALISATIONS EN CUIVRE	51
4.6	CARACTERISTIQUES COMPAREES DES REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN CUIVRE	52
CHAPITRE 5 - CRITERES DE CHOIX POUR LES REVETEMENTS DES CANALISATIONS EN FONTE.....		
5.1	DOMAINE D'EMPLOI	54
5.2	REFERENCES	54
5.2.1	Normes et projets de normes, recommandations CEOCOR	54
5.2.2	Réglementation.....	55
5.2.3	Bibliographie.....	56
5.3	TYPES DE REVETEMENT DES CANALISATIONS EN FONTE	57
5.3.1	Revêtements externes des tuyaux enterrés, immergés ou aériens.....	58
5.3.2	Revêtements internes des tuyaux.....	59
5.3.3	Revêtement des raccords et des accessoires.....	60
5.4	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES REVETEMENTS STANDARDS DES CANALISATIONS EN FONTE.....	61
5.4.1	Revêtement extérieur au zinc	61
5.4.2	Revêtement intérieur au mortier de ciment	61
5.5	COMPARAISON DES DIFFERENTS TYPES DE REVETEMENT	62
5.5.1	Comparaison des revêtements externes des canalisations en fonte enterrées	63
5.5.2	Comparaison des revêtements internes des canalisations en fonte.....	64
5.6	ANNEXES	65
5.6.1	Mécanisme de protection du revêtement extérieur au zinc	65
5.6.2	Mécanisme de protection du revêtement intérieur au mortier de ciment	67

OBJECTIF

Ce guide est destiné aux utilisateurs de canalisations métalliques, concepteurs ou exploitants de réseaux, pour permettre le choix des revêtements appropriés (selon l'utilisation, les coûts, la facilité de mise en oeuvre, la facilité d'utilisation) pour la protection des tubes, tuyaux, raccords et accessoires de canalisation face aux sollicitations mécaniques et/ou de corrosion :

- par le milieu extérieur (sol, atmosphère, eau, etc.)
- par le fluide véhiculé (eau, gaz, etc.)

CONCEPTION ET REALISATION DE CONDUITES METALLIQUES

Afin d'obtenir la durabilité prévue, il est nécessaire d'établir avant tout, lors des phases de conception puis de réalisation de l'ouvrage, les dispositions les plus appropriées contre la corrosion des canalisations métalliques.

Les principaux éléments à considérer en ce qui concerne les revêtements sont :

Revêtement externe

Le revêtement externe doit être choisi en considérant les paramètres indiqués ci-après:

- caractéristiques des tubes
- emplacement géographique et physique
- environnement de la conduite
- accès à la structure
- proximité d'autres structures
- température de service
- température ambiante et sollicitations mécaniques lors de la mise en oeuvre du revêtement, et lors des phases de transport, stockage, pose et essais hydrauliques
- durabilité de la conduite et coût de maintenance
- présence de systèmes de protection active
- conditions économiques

Des éléments plus spécifiques sont à considérer selon les cas :

Conduites enterrées :

- nature du sol : caractéristiques mécaniques, physico-chimiques et microbiologiques
- contraintes mécaniques transmises par le sol : charges statiques et dynamiques, sollicitations par le remblayage, pénétration des racines
- formation possible de piles électrochimiques, présence de courants vagabonds issus d'installations ou lignes de traction électrique en courant continu, proximité d'installations de protection cathodique ou d'ouvrages sous protection cathodique, proximité de lignes de transport d'énergie électrique sous Haute-Tension.

Conduites immergées, ensouillées ou non :

- type d'eau : douce, de mer
- sollicitations mécaniques : pose normale ou à grande profondeur, conditions spéciales de pose, emplacement particulier

Conduites aériennes :

- type d'atmosphère : rurale, montagne, urbaine, maritime, industrielle
- situation : atmosphérique, en caniveau, en tunnel, ventilé ou non, atmosphère humide ou non, etc.
- sollicitations mécaniques à la pose

Conduites sortant du sol ou en zone de marnage :

- nature du sol, de l'atmosphère et de l'eau
- sollicitations mécaniques

Conduites d'eau chaude ou évacuation Bâtiment, encastrées dans les murs :

- type de matériaux des murs et autres matériaux

Le tableau de la page suivante présente un récapitulatif des sollicitations et des méthodes d'essai relatives à la tenue des revêtements des conduites enterrées.

Revêtement intérieur

Le revêtement doit être choisi en considérant :

- le type de fluide à transporter : eau, gaz, pétrole, etc.
- les caractéristiques du fluide : composition chimique, physique, bactériologique
- température de service et pression
- régime de fonctionnement : régime périodique, conduites partiellement remplies ou non, etc.

Concernant les fluides évoqués, on doit par-dessus tout prendre en compte :

- pour l'eau : tendance ou non à former des dépôts protecteurs "calco-métalliques"
- pour le gaz : traitements de déshydratation, de désulfuration, etc. : présence résiduelle d'eau, d'anhydride carbonique, d'hydrogène sulfuré et d'autres composés soufrés et de particules solides
- pétrole : présence ou non d'eau salée, d'anhydride carbonique, d'hydrogène sulfuré, etc.

Tableau de synthèse des contraintes et méthodes d'essai concernant le comportement des revêtements des conduites enterrées

	Transport, stockage et manutention	Pose	Essais hydrauliques	En service	
Contraintes en cause	<p>Chocs (manutention)</p> <p>Fluage et poinçonnement</p> <p>Frottement</p> <p>Vieillessement ambiant</p>	<p>Flexion</p> <p>Chocs (<i>remblayage</i>)</p>	<p>Déformation de la conduite</p>	<p>Contraintes dues à l'environnement</p> <p>Physico-chimique</p> <ul style="list-style-type: none"> - nature de l'environnement - pollution chimique - etc. <p>Biologique</p> <ul style="list-style-type: none"> - micro-organismes - etc. <p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> - contraintes dues au sol - etc. <p>Thermique</p> <ul style="list-style-type: none"> - températures de service - etc. 	<p>Présence d'une protection cathodique</p> <ul style="list-style-type: none"> - migration d'eau - électroendosmose - décollement
Caractéristiques exigées	<p>Résistance aux chocs</p> <p>Résistance à l'abrasion</p> <p>Résistance au poinçonnement sous charge</p> <p>Stabilité chimique du revêtement</p>	<p>Flexibilité</p> <p>Résistance aux chocs</p>	<p>Flexibilité</p> <p>Résistance à l'allongement</p> <p>Adhérence</p> <p>Résistance à la fissuration</p>	<p>Composition chimique du revêtement</p> <p>Porosité, perméabilité</p> <p>Tenue aux bactéries</p> <p>Adhérence sur l'acier, cohésion</p> <p>Tenue à la fissuration</p> <p>Résistance à l'allongement</p> <p>Stabilité thermique</p> <p>Tenue à températures élevées et aux cycles</p>	<p>Adhérence sur l'acier</p> <p>Tenue aux alcalis</p> <p>Faible perméabilité aux ions</p>

Note: Sollicitations exercées sur un revêtement et leurs transcriptions sous la forme de méthodes d'essai typiques d'évaluation de la tenue de celui-ci.