

CRITERES DES CHOIX POUR LES REVETEMENTS DES CANALISATIONS METALLIQUES

M. Romagnoli, Studio Associato Romagnoli – Bergamo I

ABSTRACT

The paper is a synthesis of the guide “Criteria for the selection of metallic pipelines coatings”.

This recommendation describes and compares, in critic manner, mechanical, chemical-physical and thermic characteristics of the main coatings for corrosion protection of unalloy and low alloy steel, stainless steel, copper and cast iron metallic pipelines.

The guide, drafted from experts of some European countries sets up a useful completion of the International and European Standards, relatively to metallic pipelines coatings planning, in order to assure the work estimated durability.

PREFACE

La communication est une synthèse du guide “Critères des choix pour les revêtements des canalisations métalliques” .

Dans le guide sont traités les revêtements de canalisations en acier peu ou non allié, en acier inoxydable, en cuivre et en fonte, c'est-à-dire, des conduites métalliques plus utilisées pour le transport et la distribution d'eau et de gaz.

La corrosion des métaux peut être contrôlée en adoptant deux types de traitement appelés, suivant les moyens mis en jeu, la protection passive (revêtement etc.) et la protection active ou cathodique, utilisées de préférence ensemble.

Le revêtement est d'une importance prioritaire dans le système de protection contre la corrosion indiqué et son efficacité protectrice est fondamentale pour la durabilité des conduites. Surtout pour les canalisations enterrées ou immergées à grande profondeur, difficiles à inspecter, il est indispensable d'utiliser un revêtement avec une durabilité analogue à celle prévue pour la conduite (40÷50 ans).

En ce qui concerne les produits tubulaires en étude, la protection cathodique est appliquée normalement sur les surfaces externes des canalisations métalliques enterrées ou immergées à joints soudés ou shuntés en acier peu ou non allié et, si nécessaire, sur les canalisations en acier inoxydables.

Relativement aux conduites en fonte enterrées, grâce au caractère électriquement discontinu que comporte l'assemblage par des joints en caoutchouc, la protection cathodique n'est pas normalement pratiquée. Cette technique n'est pas non plus utilisée pour les canalisations en cuivre.

En ce qui concerne la surface interne, en adjonction au revêtement appliqué en usine, on exécute en œuvre, lorsque nécessaire, le traitement anti-corrosion du fluide à transporter. La protection cathodique sur la surface interne peut être réalisée, dans des cas particuliers, sur les canalisations en acier peu ou non allié.

Le guide élaboré par des experts des certains pays européens constitue une opportune intégration de la normative internationale, européenne et nationale-

européenne en relation à la conception, la réalisation, l'exploitation des canalisations métalliques, en ce qui concerne la protection contre la corrosion.

En effet, alors qu'un technicien expert dans la protection contre la corrosion est en grade de prendre rationnellement une décision sur le type de protection à adopter, un technicien peu expert peut rencontrer des difficultés dans la lecture et l'interprétation des différentes normes et recommandations existantes sur l'argument.

CONCEPTION ET REALISATION DE CONDUITES METALLIQUES

Pour obtenir la durabilité prévue pour l'oeuvre il est indispensable de prévoir, en phase de conception, les revêtements de canalisations métalliques les plus appropriés, en fonction du milieu dans lequel a lieu la pose ainsi que des caractéristiques du fluide à transporter.

Les principaux éléments dont il faut tenir compte en ce qui concerne les revêtements sont les suivants.

Revêtement externe

Le choix du revêtement externe doit être effectué en tenant compte des facteurs mentionnés ci-dessous:

- caractéristiques des conduites
- emplacement géographique et physique
- environnement de la conduite
- accessibilité de la structure
- proximité d'autres structures
- températures de service
- températures ambiantes et sollicitations mécaniques pendant l'application du revêtement, le transport, le stockage, le montage et l'essai hydraulique
- durabilité de la structure et coût de maintenance
- système éventuel de protection active
- conditions économiques.

Les éléments spécifiques suivants sont à considérer:

- conduites enterrées:
 - . nature du terrain: caractéristiques mécaniques, physico-chimiques et bactériologiques;
 - . sollicitations mécaniques transmises par le terrain: charges roulantes, statiques et du ramblai, pénétrations de racines ecc;
 - . possibilité de formation de piles électrochimiques, présence de courants vagabonds provenant d'installations en courant continu ou courant de traction, proximité d'installation de protection cathodique ou d'ouvrage sous protection cathodique, proximité de lignes de transport de courant à haute tension;
- conduites immergées en souilles ou non:
 - . type d'eau: douce, salée;
 - . revêtements d'alourdissement;
 - . sollicitations mécaniques: profondeur faible ou grande, conditions spéciales de pose ou de situation;
- conduites aériennes:

- . type d'atmosphère: rurale, montagne, urbain, maritime, industrielle;
- . situation: aérienne, en caniveau, en tunnel, ventilée ou non, atmosphère humide ou non etc;
- . sollicitations mécaniques à la pose;
- conduites sortant du terrain ou en zone de marnage:
 - . nature du terrain, d'eau et d'atmosphère;
 - . sollicitations mécaniques;
- conduites d'eau chaude ou sanitaires dans les traversées de murs:
 - . type du matériaux constituant les murs et des matériaux d'addition.

Revêtement interne

Le choix du revêtement interne doit être fait en fonction:

- du type de fluide à transporter: eau, gaz, pétrole etc;
- des caractéristiques du fluide: composition chimique, physique, bactériologique, température et pression d'exploitation;
- du mode d'exploitation: fonctionnement temporaire ou non, conduites partiellement remplies ou non etc;

En ce qui concerne les fluides mentionnés, il faut surtout tenir compte de:

- eau: tendance ou non à la formation d'un dépôt protecteur oxyde métallo-calcaire;
- gaz: traitement de déshydratation, de désulfuration etc; présence résiduelle d'eau, d'anhydride carbonique, d'hydrogène sulfuré et autres composés sulfurés et impuretés solides:
- pétrole: présence d'eau salée ou non, d'anhydride carbonique, d'hydrogène sulfuré etc.

COMPARAISON DES DIFFERENTS TYPES DE REVETEMENT

Dans le but de procéder à la sélection du type de revêtement, sont comparées les caractéristiques suivantes des revêtements externes (acier peu ou non allié, acier inoxydable, cuivre et fonte) et internes (acier peu ou non allié, fonte) de canalisations métalliques enterrées et immergées:

- revêtements externes organiques
 - mécaniques: adhérence, flexibilité-allongement, résistance au chocs et au poinçonnement
 - physico-chimiques: imperméabilité à l'eau, à la vapeur d'eau et à l'oxygène, résistance au décollement sous polarisation cathodique
 - thermiques: aptitude au stockage extérieur, températures maximales et minimales de service
- revêtements externes inorganiques
 - mécaniques: adhérence, résistance aux chocs et au poinçonnement
 - thermiques: températures maximales de service et minimales de stockage
 - milieu de pose: résistivité, pollution, courants vagabonds
- revêtements internes organiques
 - mécaniques: adhérence, flexibilité
 - physico-chimiques: imperméabilité à l'eau, à la vapeur d'eau et à l'oxygène,
 - thermiques: températures maximales de service

- revêtements internes inorganiques
 - mécaniques: adhérence, résistance aux chocs, aptitude au stockage et transport
 - eaux brutes et potables: alimentarité, agressivité
 - assainissement: effluents publics et industriels, résistance à l'abrasion, fermentation septique
 - thermiques: températures maximales de service et minimales de stockage.

La constitution, les épaisseurs et les températures de service des revêtements sont issues des normes et projets des normes internationales, européennes et nationales européennes et des recommandations CEOCOR.

REVETEMENTS DES CANALISATIONS EN ACIER PEU OU NON ALLIE

Revêtements externes

Sont prévus des revêtements externes pour conduites enterrées, immergées, placées en extérieur, en caniveau et en tunnel, installées dans les bâtiments.

Les caractéristiques des principaux revêtements suivants pour canalisations enterrées et immergées sont comparées (voir Tableau 1):

- matériaux hydrocarbonés
- polyéthylène par extrusion 3 et 2 couches
- polyéthylène par fusion 2 couches
- polypropylène par extrusion 3 couches
- résines thermodurcissables: époxydique poudre, liquide ou liquide modifiée; polyuréthane liquide ou liquide modifié.

Le rapport résulte favorable aux revêtements polyoléfiniques à trois couches appliqués par extrusion.

Revêtements internes

Les revêtements décrits sont les suivants:

- conduites d'eau: résine époxydique, mortier de ciment, galvanisation à chaud
- conduites de gaz: résine époxydique liquide ou liquide modifiée antri-frottement
- conduites verticales de forage et exploitation de gisement d'hydrocarbures: système époxy-phénolique, polyuréthane
- conduites d'eau chaude ou sanitaires: galvanisation à chaud.

Revêtements externes des joints soudés

Les principaux matériaux utilisés sont les bandes anticorrosives bitumineuses et plastiques et les produits rétractables, ou une combinaison de deux types derniers.

D'après l'examen des données on déduit que les caractéristiques les meilleures sont celles des matériaux rétractables (voir Tableau 1).

TABLEAU 1 - COMPARAISON DES PRINCIPAUX TYPES DE REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN ACIER

UTILISATION PRINCIPALE :	TUBES						JOINTS		MR
	MH	PE3	PE2	PF2	PP3	TD	BAB	BAP	
CARACTERISTIQUES MECANIQUES (température ambiante)									
Adhèrence	**	****	***	***	****	****	**	**/**	**/**
Résistance au choc	*	****	****	***	****	***	*	**	**
Flexibilité	*	****	****	****	****	**	*	***	***
Résistance au poinçonnement	*	***	***	***	****	****	*	**	**/**
Sensibilité aux efforts transversals (1)	oui	non	non	non	non	non	oui	oui	oui/non
CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES (température ambiante)									
Imperméabilité à l'eau	**	****	****	***	****	**/**	*	**	***
Imperméabilité à la vapeur d'eau	*	***	***	**	***	**	*	**	***
Imperméabilité à l'oxygène	**	***	***	***	***	****	**	**	***
Résistance décollement/pola.nég.	***	****	**	**	****	****	***	**	***
Aptitude au stockage extérieur	**	***	***	***	***	***	-	*	-
CARACTERISTIQUES THERMIQUES (2)									
Température de service Max : + °C	60	60	60	60	80/100	40/80	30/50	30/50(3)	30/80 (3)
Température de service Min : - °C	10	30	30	30	20	20	10	20/30	20/30
UTILISATIONS USUELLES									
Conduites enterrées, en caniveau, en tunnel et sortant du terrain	X	X	X	X	X	X	J	(X) J	(X) J
Conduites immergées et en zone de marnage		X			X	X			J

LEGENDE

* = Médiocre ** = Moyen *** = Bon **** = Excellent

X = Utilisation usuelle

J = Utiliser principalement sur les joints soudés

MH = Matériaux hydrocarbonés

PE3 = Polyéthylène extrusion 3 couches

PE2= Polyéth.extr.2 couches

PF2 = Polyéth.fusion 2 couches

PP3 = Polypropylène extr. 3 couches

TD = Résines therm durcissables

BAB = Bandes d'anticorrosion bitumineuses

BAP = Bandes d'anticorrosion plastiques

MR = Matériaux rétractables

Notes

(1) Dans de terrains plastiques et pour les tubes de diamètres importantes (> 500 mm).

(2) Les valeurs sont données à titre indicatif; selon le type de produit, de formation et d'application, une vérification de la tenue à la température de service est nécessaire.

(3) Des systèmes appliqués à chaud permettent d'obtenir des revêtements utilisables à des températures de service de l'ordre de 100 °C.

REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN ACIER INOXYDABLE

Les conduites en acier inoxydable sont utilisées pour le transport d'eau, dans l'industrie alimentaire et, surtout, dans l'industrie chimique et pétrochimique.

Les revêtements externes qui font l'objet de ce chapitre s'appliquent aux conduites en acier inoxydable enterrées, immergées en eau douce ou salée ou appartenant aux zones de transition (conduites sortant du sol, soumises aux marées). En effet, pour assurer la durabilité nécessaire, il est opportun de prévoir aussi pour les conduites en acier inoxydable, dans les milieux cités, une protection passive et une protection active ou cathodique, comme par les conduites en acier au carbone.

Avec certaines qualités d'acier inoxydable et certaines conditions du sol, le revêtement peut n'être pas nécessaire: en ce cas un accord entre Acheteur et Producteur doit être prévu.

I rivestimenti esterni previsti per le condotte interrate ed immerse sono :

- polyéthylène extrusion 3 couches
- polypropylène extrusion 3 couches
- polyuréthane liquide ou liquide modifié
- matériaux rétractables (réfection des revêtements des joints soudés)

Relativement aux caractéristiques comparatives des revêtements cités on renvoie au Tableau 1.

Les revêtements internes ne sont pas traités dans le document, l'acier inoxydable retenu doit assurer la protection contre la corrosion de la surface interne en contact avec le fluide à transporter.

REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN CUIVRE

Les tubes en cuivre sont utilisés surtout dans :

- la distribution de l'eau
 - les systèmes de chauffage
 - les distributions du gaz domestique et combustible liquide.

Les tubes en cuivre, enterrés, aériens et installés dans des bâtiments, peuvent être revêtus extérieurement avec une gaine mono-couche : polybuthylène, polyéthylène haute densité, polypropylène, chlorure de polyvinyle.

Les revêtements externes sont de trois types (voir Tableau 2):

- revêtement plein avec épaisseur uniforme;
- revêtement nervuré, comportant des nervures longitudinales sur sa surface intérieure;
- revêtement alvéolaire (matériau plastique expansé).

Pour les canalisations enterrées, il est conseillé d'appliquer un adhésif entre le tube et le revêtement ou, en alternative, l'utilisation d'un autre type de revêtement isolant, adhérent.

Les matériaux des revêtements utilisables pour la réfection des zones des soudures sont les bandes anticorrosives plastiques et les produits rétractables (voir Tableau 1).

Les revêtements internes ne sont pas traités, le cuivre devant dans la plupart des cas assurer sa propre protection contre la corrosion due au fluide à transporter.

TABLEAU 2 - COMPARAISON DES REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN CUIVRE

UTILISATION PRINCIPALE	TUBES ET RACCORDS				JOINTS	
	PB	PE	PP	PVC	BAP	MR
CARACTERISTIQUES MECANIQUES (température ambiante)						
Adhérence	-	-	-	-	**/***	**/***
Flexibilité	***	****	***	**	***	***
CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUE (température ambiante)						
Imperméabilité à l'eau pleins et nervurés	****	****	****	****	**	***
alvéolaires	**	**	**	**	-	-
Aptitude au stockage extérieur	**	***	***	**	-	-
CARACTERISTIQUES THERMIQUES						
Température de service Max.:+°C	70/80	60/70	80/90	50/60	30/50	30/90
Température de service Min.: -°C	-10/-20	-10	0	0	-20/-30	-20/-30

Légende

* = Médiocre ** = Moyen *** = Bon **** = Excellent

PB = Polybuthylène

PE = Polyéthylène haute densité

PP = Polypropylène

PVC = Chlorure de polyvinyle

BAP = Bandes plastiques

MR = Matériaux rétractables

Note:

Le tableau donne les caractéristiques comparatives des différents produits de revêtement. Les valeurs sont données à titre indicatif:

- les produits industriels souvent sont stabilisés avec des formulations particulières, ce qui peut permettre de meilleures performances : plus précisément en ce qui concerne la température de service il est nécessaire d'effectuer une vérification de la tenue selon le type de produit et d'application;
- un essai important, qui n'est pas inséré dans le tableau, est la résistance au vieillissement, faute de documentation précise sur le sujet; l'essai peut être effectué selon la modalité d'exécution décrite dans le projet EN 13349 May 2000 - Cuivre et alliages de cuivre - Tubes en cuivre gainés - Tubes avec gaine compacte.

REVETEMENTS DES CANALISATIONS EN FONTE

Les canalisations en fonte sont aujourd'hui systématiquement revêtues. Les revêtements utilisés sont :

- revêtements standards, adaptés à la majorité des utilisations pour l'application considérée
- revêtements spéciaux destinés à se substituer aux revêtements standards lorsque les conditions de corrosivité intérieure ou extérieure deviennent très sévères.

Revêtements externes pour conduites enterrées, immergées, aériennes

Les revêtements prévus sont les suivants : :

- revêtements standards pour milieux courants
zinc+ bouche pores
- revêtements spéciaux pour milieux corrosifs
 - zinc+ bouche pores+ manche polyéthylène
 - zinc-aluminium 85-15 + bouche pores
 - polyéthylène 2 couches
 - polyuréthane
 - zinc + adhésif + fibre-ciment
 - bandes anticorrosives en plastique
- intérieur des bâtiments
peinture d'appret acrylique ou glycérophthalique.

Dans le Tableau 3 sont reportées les caractéristiques comparatives des revêtements.

Dépuis quelques années on a introduit sur le marché le revêtement constitué par l'alliage ZnAl 85-15 qui possède de meilleures caractéristiques de protection contre la corrosion.

Revêtements internes des conduites

Les revêtements utilisés sont:

- standards pour eaux potables
mortier de ciment de haut-fourneau et Portland
- standards pour assainissement
mortier de ciment alumineux
- évacuation bâtiments
peinture époxydique
- spéciaux pour eaux potables agressives
 - mortier de ciment alumineux
 - mortier de ciment+ bouche pores
 - polyuréthane
- spéciaux pour effluents corrosifs
 - polyuréthane
 - époxy.

TABLEAU 3 – COMPARAISON DES REVETEMENTS EXTERNES DES CANALISATIONS EN FONTE ENTERREES

CARACTÉRISTIQUES	TUYAUX						RACCORDS			
	Zn	Zn-Al 85-15	Zn + MPE	PE2	PU	Zn + FC	BAP	PBT	PEP	EP
MECANIQUES										
Chocs	++	++	+	+	+	++	+	+	+	+
Poinçonnement	++	++	-	+	+	++	+	+	+	+
Adhérence	+	++	-	+	++	++	-/+	+	+	++
POSE										
Coupe et montage(2)	+++	+++	+	+	++	+	+	NS	NS	NS
Branchements	+++	+++	+	++	++	+	+	NS	NS	NS
Lit de pose (enterré)	++	++	-	+	+	+++	-	+	+	+
Stockage / Transport	++	++	-	+	+	++	-/+	+	+	+
ANTICORROSION										
$\rho > 2500 \Omega.cm$	+	+	+	++	++	+	++	+	+	++
$1500 < \rho < 2500 \Omega.cm$	-	+(3)	+	+	+	+	+	-	-/+	+
$500 < \rho < 1500 \Omega.cm$	-	+(3)	-	+	+	+	+	-	-	+
$\rho < 500 \Omega.cm$	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Terrains pollués	-	-/(3)	-/+	++	++	+	+	-	-/+	++
Courants vagabonds	-	-	-/+	++	++	-	++	-	-	++
Macropiles (3)	++	++	++	++	++	++	++	-	+	++
TEMPERATURE (°C)										
Froid (Tmini) stockage	- 30	- 30	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 30	- 30	- 20
Chaud(Tmax) service	+ 50	+ 50	+ 50	+ 50	+ 60	+ 50	+ 40	+ 30	+ 40	+ 60

Légende

- = insuffisant + = suffisant ++ = supérieur +++ = excellent NS = non significatif, non pertinent

Zn = Zinc ZnAl 85-15 = Zinc Aluminium 85-15 Zn+MPE = Zinc+ manche polyéthylène
 PE2 = Polyéthylène 2 couches PU = Polyuréthane Zn+FC = Zinc + adhésif + fibre-ciment
 BAP = Bandes plastiques PBT = Peinture bitumineuse PEP = Peinture époxydique
 EP = Epoxy poudre

Notes

- (1) Montage du joint après la coupe du tuyau.
- (2) Risque de concentration de corrosion sur les défauts du revêtement.
- (3) Ces indications sont le résultat d'essais en laboratoire et d'expérimentations de longue durée (14 années) dans des terrain très corrosifs. Ils proviennent d'un fabricant et ont fait l'objet d'une validation indépendante. Ils ne sont pas définitifs et reflètent l'état actuel des connaissances.