RECOMMANDATION PCRA 012
Juin 2020 – Rev. 0

Commission Protection Cathodique et Revêtements Associés

Raccords isolants
ou
Joints isolants

AVERTISSEMENT : La présente recommandation a été établie par consensus par les membres de la commission Protection Cathodique et Revêtements Associés du CEFRACOR. Elle représente l'avis général de la profession et peut donc être à ce titre utilisée comme une base reflétant au mieux l'état de l'art au moment de sa publication. Elle ne saurait néanmoins engager de quelque façon que ce soit le CEFRACOR et les membres de la Commission d'étude qui l'ont établie.

1 Objet

Ce document précise l'intérêt de l'utilisation des joints (ou raccords) isolants, décrit leurs spécifications techniques, leur installation ainsi que les différentes méthodes de contrôle.

2 Domaine d'application

Cette recommandation est applicable, quel que soit le fluide transporté, à tous réseaux de canalisations métalliques, sous protection cathodique ou non.

3 Sommaire

1 Objet 2
2 Domaine d'application 2
3 Sommaire 2
4 Documents / Références associés 4
5 Définitions/abréviations 5
6 Joint isolant, raccord isolant et manchette isolante : applications 5
6.1 Définition 5
6.2 Rôles du joint isolant 5
6.2.1 Séparation électrique de deux réseaux (avec ou sans protection cathodique) 5
6.2.2 Limitation des montées en tension par influences électriques inductives (lignes HT) en régime de défaut ou en régime permanent 5
6.2.3 Interruption du transit de courants vagabonds dans les conduites 5
6.2.4 Séparation de canalisations de matériaux différents 6
6.2.5 Séparation électrique d'un réseau traversant deux zones géologiques différentes 6
6.2.6 Séparation entre différentes parties de réseau pour une meilleure analyse électrique 6
7 Types de joints isolants 6
7.1 Joint isolant entre brides 6
7.2 Joint isolant monobloc 7
7.3 Manchette isolante 7
7.4 Joints isolants sur tube d'instrumentation (tubing) 9
7.5 contraintes 9
7.5.1 Contraintes en fonction du type 9
7.5.2 Contraintes en fonction du fluide 9
7.5.3 Contraintes en fonction du milieu 9
8 Spécifications techniques 9
8.1 Règlementation 9
8.2 Spécifications mécaniques 10
8.2.1 Exigences constructives - codes de construction 10
8.2.2 Matériaux 10
8.2.3 Assemblages 10
8.2.4 Contrôles 11
8.3 spécifications électriques 12
8.4 Documentation à fournir 122
8.4.1 Fabrication suivant l'arrêté du 5 mars 2014 : 133
8.4.2 Fabrication suivant la DESP 133
8.4.3 Documentation supplémentaire 13

8.5 Durée de vie des raccords isolants type monobloc 13
8.6 Revêtements anticorrosion des joints isolants 13
8.6.1 Revêtements externes 133
8.6.2 Revêtements internes 144
8.6.3 Contrôle des revêtements 144
8.7 Pose installation sur site 144
8.7.1 Recommandation d'implantation 14
8.7.2 Stockage manutention 177
8.7.3 Contrôles avant pose 17
8.7.4 Recommandations de montage 18
8.7.5 Contrôles après pose 18
8.8 Contraintes d'exploitation 18
8.9 Environnements-contraintes spécifiques 19
8.9.1 Pour l'environnement 199
8.9.2 Pour les contraintes mécaniques 19
9 Protections électriques sur les joints isolants 19
9.1 Objet 19
9.2 Aspect règlementaire 19
9.2.1 Arrêté du 17 mai 2001 : proximité avec une ligne électrique HTB 19
9.2.2 Foudre 20
9.3 Terminologie 20
9.4 Présentation des équipements de protection des joints isolants 221
9.4.1 Cellules de polarisation 221
9.4.2 Éclateurs 22
9.5 Installation 22
9.5.1 Remarques importantes 22
9.5.2 Protection des personnes 22
10 Protection des raccords isolants par rapport à leur environnement 22
10.1 Capotage en matériau isolant 22
10.2 Enveloppe ou écran protecteur de sécurité 22
10.3 Protection des raccords entre brides avec revêtement 23
11 Contrôles en exploitation 23
11.1 Contrôles électriques 23
11.2 Contrôles visuels 25
11.3 Contrôles d'étanchéité 25

4 Documents / Références associés

Référence	Titre ou Sujet
PCRA 004	Recommandation pour la compatibilité entre mises à la terre et protection cathodique
PCRA 008	Recommandations pour la définition des appareils de mesures utilisés en protection cathodique
NF EN 13509	Techniques de mesures applicables en protection cathodique
NF EN 14505	Protection cathodique des structures complexes.
NF EN 13445	Récipients sous pression non soumis à la flamme (Partie 1 à 10)
Guides GESIP	Guide GESIP 2007/07 Guide GESIP 2006/04 Guide GESIP 2007/05 Guide GESIP 2007/04 Guide GESIP normes 2007/09 Guide GESIP 2007/06
Guide AFGC n°174	Guide professionnel de construction et d'exploitation des canalisations de transport d'oxygène
	Arrêté du 17 mai 2001
NF EN ISO 15589-1	Industrie du pétrole, de la chimie et du gaz naturel – Protection cathodique des systèmes de transport par conduites – Partie 1 : conduites terrestres
AMF du 05/03/2014	Arrêté du 5 mars 2014 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz naturel ou assimilé, d'hydrocarbures et de produits chimiques
Arrêté du 15 décembre 2016	Arrêté du 15 décembre 2016 modifiant l'arrêté du 5 mars 2014 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz naturel ou assimilé, d'hydrocarbures et de produits chimiques
Arrêté du 13/07/2000	Règlement de sécurité de la distribution de gaz combustible par canalisations
NF EN 14161	Industries du pétrole et du gaz naturel - Systèmes de transport par conduites
NF EN 1594	Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service supérieure à 16 bar - Prescriptions fonctionnelles
NF EN 61643-11	Parafoudres basse tension Partie 11 : Parafoudres connectés aux systèmes basse tension - Exigences et méthodes d'essai
NF EN 62561-3	Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) - Partie 3 : exigences pour les éclateurs d'isolement
DESP2014/68UE	Directive 2014/68/UE du Parlement européen et du Conseil du 15 mai 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché des équipements sous pression Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE
NFC 15-100	Installations électriques à basse tension
ISO 15608	Guidelines for a metallic materials grouping system
NF EN 10204	Produits métalliques - Types de documents de contrôle
NACE SP0286	Electrical isolation of cathodically protected pipelines
NORSOK M-001	NORSOK STANDARD : Materials selection

5 Définitions/abréviations

A : ampère
ac / dc : alternatif / continu
CND : Contrôle non destructif
ddp : différence de potentiel.
DESP : Directive des équipements sous pression
DN : diamètre nominal
E_{ON} : mesure du potentiel de la structure par rapport au sol, incluant une chute ohmique.
E_{OFF} : mesure du potentiel de la structure par rapport au sol, sans chute ohmique.
Electrode de mesure : voir NF EN 13509
E_{CSE} : Electrode de référence au cuivre sulfate de cuivre saturé
JI : Joint isolant
kA : kilo ampère
m : mètre
mV : millivolt
MΩ : Méga Ohm
PS : Pression de service
PSMA : Pression de service maximale admissible
RI : Raccord isolant
TM : témoin métallique ou coupon métallique
V : volt

6 Joint isolant, raccord isolant et manchette isolante : applications

6.1 DÉFINITION

Le joint isolant ou raccord isolant interrompt la conduction électrique linéaire d'une canalisation métallique.
Ce joint peut-être un raccord isolant monobloc ou à brides isolées ou une manchette isolante.
Le RI est un appareil accessoire au sens de l'AMF du 5 mars 2014 (art. 2 Définition).

6.2 RÔLES DU JOINT ISOLANT

6.2.1 Séparation électrique de deux réseaux (avec ou sans protection cathodique)

Exemple 1 : Séparation entre des structures aériennes mises à la terre et des structures enterrées sous PC.
Risque encouru si absence du RI : protection cathodique inefficace sur les structures à protéger.

Exemple 2 : Frontière-limite entre deux systèmes de PC de réseaux ou d'opérateurs distincts.
Risque encouru si absence du RI : perturbations électriques des systèmes de PC.

Exemple 3 : Séparation entre des structures aériennes mises à la terre avec un métal plus noble que l'acier et des structures enterrées sans PC.
Risque encouru si absence du RI : corrosion galvanique.

6.2.2 Limitation des montées en tension par influences électriques inductives (lignes HT) en régime de défaut ou en régime permanent

Protection des opérateurs contre les contacts accidentels.
Protection des équipements électriques.

6.2.3 Interruption de la circulation des courants vagabonds dans les conduites

Exemple : le linéaire d'une artère est électriquement tronçonné par des joints isolants afin de réduire, voire d'annuler, le transit des courants vagabonds sur l'ouvrage.

Risque : corrosion par circulation de courants vagabonds

6.2.4 Séparation de canalisations de matériaux différents

Exemple : séparation électrique entre une canalisation en acier et une canalisation en fonte.

Risque : corrosion par couplage galvanique

6.2.5 Séparation électrique d'un réseau traversant deux zones géologiques différentes

Exemple : Séparation entre la partie enterrée d'une conduite et celle traversant une étendue d'eau (subaquatique).

Risque : corrosion par pile géologique

6.2.6 Séparation entre différentes parties de réseau pour une meilleure analyse électrique

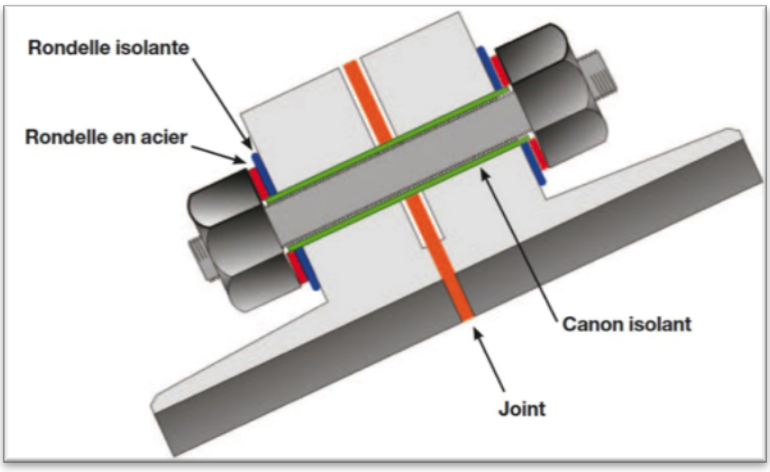
Sur des réseaux, lors de leur conception, des joints isolants peuvent être intercalés tout en étant court-circuités en régime normal pour les objectifs suivants :

- contrôler les consommations en courant des différentes parties du réseau,
- effectuer des détections, des mesures électriques de surface, sans être perturbé par la proximité de la ou les autres parties déconnectées,
- en mode dégradé, déconnecter un réseau électriquement défaillant.
- …

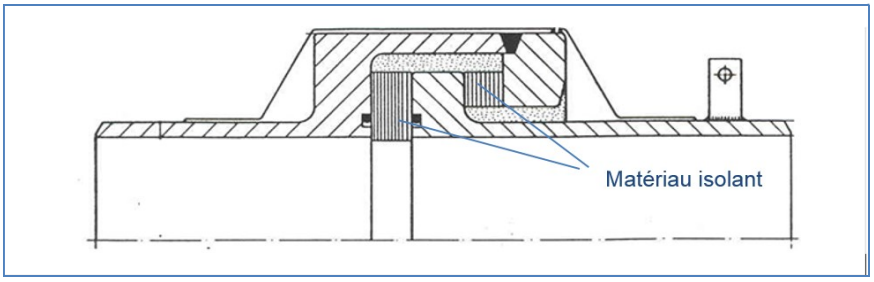
7 Types de joints isolants

7.1 JOINT ISOLANT ENTRE BRIDES

Assemblage installé entre deux longueurs de canalisation juxtaposées, réalisé par l'intermédiaire de brides boulonnées, dans lequel les écrous et vis sont électriquement isolés de l'une ou des deux brides, et qui est muni d'un joint non conducteur (électrique), de façon à créer une discontinuité électrique dans la canalisation à cet endroit.



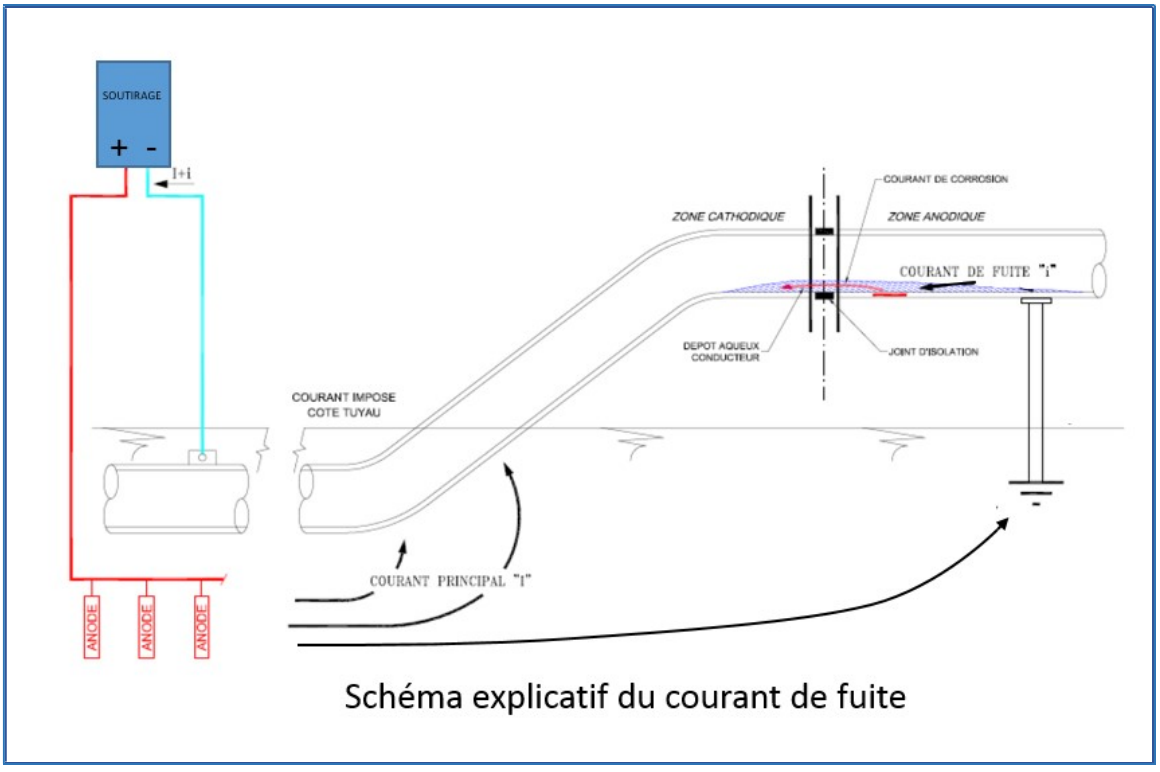
7.2 JOINT ISOLANT MONOBLOC



Ce type de raccord est appelé « monobloc » car il est assemblé soudé et indémontable. Ses propriétés sont réputées supérieures au type précédent, et dans de nombreuses industries, il est devenu le raccord isolant par défaut.

7.3 MANCHETTE ISOLANTE

Dans le cas où le fluide transporté par la canalisation contient une phase conductrice (électrolyte), il y a une possibilité de fuite de courant de protection cathodique circulant en interne à travers le fluide causant une corrosion interne du côté non protégé de l'isolation.



Ce problème doit être analysé en fonction des paramètres suivants :

1. La conductivité de l'électrolyte (favorise le passage du courant)
2. Le volume occupé par l'électrolyte
3. La tension aux bornes du RI
4. La vitesse de corrosion maximum acceptable

Plus la résistivité de l'électrolyte est faible, plus l'intensité du courant augmente et plus la longueur à isoler sera importante.

A titre d'exemple les calculs suivants peuvent être utilisés :

1. Avec une valeur de résistance R souvent fixée à 100 Ohms voici quelques REX opérateurs (sur la base de R=ρ L/S et U=RI):

L = (4 / ρ) x D
L= 100xS/ ρ
L= 10xD (NORSOK M-001)

L = longueur minimum requise pour la section de conduite isolante (m)
ρ = résistivité de l'électrolyte (ohm.m)
D = diamètre intérieur de la conduite (m)
S = section (m²)

2. la formule de SCHWENCK

$$Lmanch(m) = 5 * V(Volts) \sqrt{\frac{r(cm)}{\rho(\Omega * cm) * vcorr(mm/an)}}$$

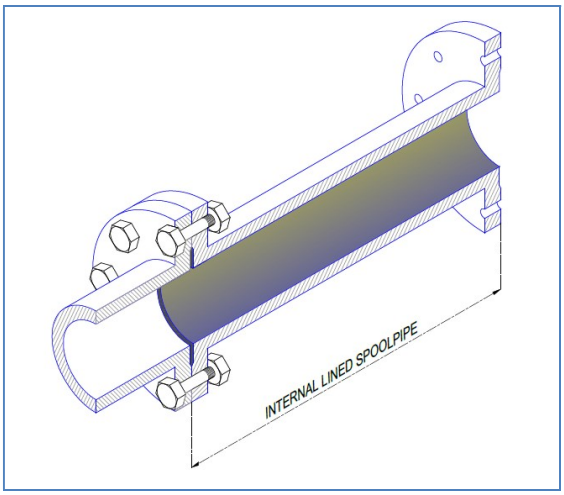
L manch	Longueur de la manchette isolante (m).
V	Tension entre les deux côtés du raccord isolant (Volts).
r	Rayon du tube (cm).
ρ	Résistivité du fluide dans la manchette (Ωcm).
V corr	Vitesse de corrosion acceptée (mm/an).

3. D'autres préconisent, en fonction de la résistivité du fluide et du diamètre de la canalisation, des longueurs de manchette isolante à intercaler.

Lorsque la manchette isolante est fabriquée à partir d'une section de conduite métallique équipée avec un revêtement interne, elle doit se situer du côté cathodique, car dans le cas contraire une influence anodique risque de générer, côté anodique, des densités de courant très élevées et donc une vitesse de corrosion très élevée (au droit des éventuels défauts du revêtement).

La manchette isolante peut être fabriquée à partir d'un matériau non conducteur exemple « GRP » (Glass Reinforced Plastic) ou « SVR » (Stratifié Verre Résine). Pour ce dernier cas, un kit isolant (raccord isolant entre brides) doit être installé côté protection cathodique.

Nota : la résistance n'étant pas infinie, un courant de fuite résiduel demeure, créant une cinétique de corrosion. Dans certains cas, une manchette « sacrificielle » est insérée côté non protégé pour être remplacée périodiquement.



Vue en coupe d'une manchette isolante

7.4 JOINTS ISOLANTS SUR TUBE D'INSTRUMENTATION (TUBING)

Des raccords isolants sur l'ouvrage principal peuvent être court-circuités par des tubes d'instrumentation (tubing). Dans ce cas, il faudra recourir à des raccords isolants spécifiques pour ce type de tubes.

7.5 CONTRAINTES

7.5.1 Contraintes en fonction du type

Le raccord entre brides ne peut être utilisé pour des contraintes d'isolement supérieures à 650 volts.

7.5.2 Contraintes en fonction du fluide

Attention à s'assurer de la compatibilité des matériaux utilisés avec les fluides transportés. (voir paragraphe 8.2.2.).

Exemple de fluides pouvant présenter des contraintes particulières : hydrocarbures, oxygène, hydrogène, vapeur d'eau, … ».

7.5.3 Contraintes en fonction du milieu

Il est recommandé de ne pas enterrer des raccords à brides.

Il est recommandé d'implanter les joints isolants en aériens et en milieu sec, hors d'eau, à défaut le système de protection externe doit être adapté (exemple raccord isolant dans une chambre à vanne).

8 Spécifications techniques

8.1 RÈGLEMENTATION

L'Arrêté Multi fluide et le guide Gesip « **Accessoires** » précisent que les accessoires doivent être :

- soit conformes à la DESP, (décret 2015-799),
- soit conformes au guide Gesip 2007-07 « accessoires non standards ».

8.2 SPÉCIFICATIONS MÉCANIQUES

8.2.1 Exigences constructives - codes de construction

Les exigences de fabrication des joints isolants doivent répondre :

- Aux codes de construction reconnus (CODAP, CODETI, ASME, ...) utilisés dans leur ensemble selon les spécifications du donneur d'ordre,
- Aux normes harmonisées (EN 13445, …) ou internationales,
- A la méthode de conception expérimentale (point 2.2.4 de l'annexe 1 de la DESP 2014/68/UE).

Les réglementations nationales (Arrêté du 5/03/2014, Arrêté du 13/07/2000 (distribution), …) et les spécifications du donneur d'ordre, peuvent compléter les exigences constructives énumérées ci-dessus.

8.2.2 Matériaux

Des concentrations élevées de H_2S et de divers hydrocarbures dans les flux exigent que les composants d'étanchéité et les matériaux d'isolement soient chimiquement compatibles avec les milieux.

- Facteur de conception : conformément aux spécifications du client
- Conception basse température : jusqu'à - 50 °C
- Conception haute température : jusqu'à + 140 °C

Les matériaux utilisés à la fabrication des parties principales sous pression de tous types de joints isolants (forgés, tubes, boulonnerie, …) sont conformes aux normes de matériaux européennes et/ou Internationales pour les monoblocs.

Un certificat de matériel 3.1 ou 3.2 suivant l'EN 10204 doit être fourni pour chaque partie sous pression. En fonction des normes applicables aux matériaux retenus, des contrôles non destructifs peuvent être prescrits.

Des spécifications générales et particulières établies par le donneur d'ordre peuvent compléter ces normes (Ex : limiter l'usage de certains matériaux suivant les contraintes admises et leur type d'assemblages, caractéristiques chimique et mécanique, …).

Assemblage permanent entre matériaux :

Les matériaux constituant ce type de joint isolant sont classifiés suivant la norme de recommandation ISO 15608 (regroupement des aciers dans le cadre de l'assemblage par soudage). Cette classification peut, le cas échéant, s'appliquer pour le traitement thermique, formage et contrôle non destructif.

8.2.3 Assemblages

Il y a deux types d'assemblages de joints isolants :

- boulonné,
- soudé.

Assemblage boulonné : raccord isolant « entre brides »

La conception est dite mécanique. Un joint en matériau isolant (type téflon, fibre de verre, …) est assemblé par tiges filetées entre deux brides. Des canons isolants (ou revêtements PE ou PU sur les tiges), ainsi que des rondelles isolantes, sont installés sur la boulonnerie pour assurer l'isolement électrique. Les joints sont démontables et donc réparables en cas de défaillance.

Ce type d'équipement est installé de préférence sur tuyauterie en situation aérienne.

Remarque : sur les longueurs de tiges : après serrage, les tiges filetées doivent dépasser de l'écrou d'une longueur égale à 3 fois le pas du filetage.

Assemblage soudé : raccord isolant « monobloc »

La conception est dite « monobloc ». Un joint ou plusieurs matériaux isolants sont insérés entre plusieurs blocs (forgés, …). Ces blocs sont assemblés par soudage (suivant un cahier de soudage établi et conforme avec les normes en vigueur). L'ensemble n'est pas démontable.

Ce type d'équipement est installé sur tuyauterie en situation enterrée ou aérienne.

Pour les raccords isolants sur les tuyauteries neuves et existantes, plusieurs types de raccordement sont possibles :

- Les extrémités BW : raccordement par soudage
- Les extrémités RJ : raccordement par bride avec ring joint
- Les extrémités RF : raccordement par bride avec joint RF
- Une combinaison de chaque type d'extrémité est réalisable (BW/RJ, RJ/RF, ...)

Définition des abréviations :

BW : butt welding (bouts soudés)

RJ : ring joint (joint annulaire)

RF : raised face (face plate)

8.2.4 Contrôles

Conformément aux codes de calcul et aux réglementations applicables citées paragraphe 8.2.1, la réalisation de contrôles est obligatoire.

Les tests et inspections des joints isolants sont réalisés suivant la directive européenne sur les équipements de pression 2014/68/UE, TRFL (Règles techniques allemandes pour les pipelines), EN1594, DIN 2470 Teil1, ASME Code, API, ASTM, NEN 3650-2:2012 (Eisen voor buisleidingsystemen), AD2000 (Code allemand sur les récipients à haute pression).

Epreuve hydraulique pour les raccords isolants monoblocs :

Des épreuves hydrauliques seront réalisées sur les joints isolants. Celles-ci peuvent intervenir en cours de fabrication ou lors de leur montage sur les tuyauteries suivant la réglementation de fabrication retenue et éventuellement les spécifications particulières.

Les pressions d'épreuves sont établies suivant la réglementation applicable :

1. Dans le cadre de l'application la Directive Equipement Sous Pression (équipement standard et DN>25), cette étape se déroule en usine, chez le fabricant en présence d'un Organisme Notifié, avec une pression d'épreuve minimale de 1,43 x PS.

2. Dans le cadre de l'arrêté du 5/03/2014, Guide GESIP 2007-7, le joint isolant est classifié en appareil accessoire non standard. Celui-ci peut être éprouvé en usine ou lors de l'épreuve de la tuyauterie sur laquelle il est assemblé. Dans ce dernier cas, une pression limite d'essai garantie (PLEG) doit être fournie par le fabricant. Avec une pression d'épreuve minimale de 1,5 x PSMA pendant 2 heures.

Des spécifications générales et particulières établies par le donneur d'ordre peuvent compléter ces réglementations (test d'étanchéité à l'air, …).

Contrôle non destructif (CND) pour les assemblages soudés :

Les assemblages réalisés par soudures suivant les normes, les réglementations et les codes de construction peuvent, le cas échéant, faire l'objet de contrôle non destructif. La localisation, le taux de contrôle et le type de CND sont alors prescrits.

Plusieurs types de CND peuvent être appliqués sur les soudures constitutives de l'équipement :

- PT : ressuage,
- MT : magnétoscopie,
- UT : contrôle par ultrason,
- RT : Radiologie.

Pour les assemblages boulonnés, les matériaux constituants (brides) peuvent être, suivant leurs dimensions, poids et leurs normes/réglementations d'application, contrôlés par les types de CND évoqués ci-dessus.

8.3 SPÉCIFICATIONS ÉLECTRIQUES

Extrait EN ISO 15589-1 annexe F :

« Essais électriques pour les raccords isolants avant installation

Il convient de soumettre à essai la performance électrique d'un raccord isolant en laboratoire après sa fabrication et sur site, juste avant qu'ils soient raccordés à la canalisation[1].

Les essais électriques doivent être réalisés après les essais mécaniques/hydrauliques.

Essai de résistance électrique (en laboratoire) en Volts en courant continu	***Essai de rigidité diélectrique (en laboratoire) en Volts en courant alternatif***
Essai électrique: 1 000 V c.c. pour les raccords isolants de classe 1 et 500 V c.c. pour les raccords isolants de classe 2 *Essai de résistance: ≥ 20 MΩ*	*Essai électrique:* *Pour les raccords isolants de classe 1: 2 500 V c.a. en moyenne quadratique sur 60 s – aucun court-circuit interne ou externe* *Pour les raccords isolants de classe 2: 1 500 V c.a. en moyenne quadratique sur 60 s – aucun court-circuit interne ou externe*

Les raccords isolants sont classés en deux catégories conformément aux essais pour une tension alternative de 50 Hz pendant 10 s comme suit:

- *classe 1 : entre 2,5 kV et 5 kV en moyenne quadratique ;*
- *classe 2 : en dessous de 2,5 kV en moyenne quadratique. »*

Essais électriques complémentaires : A la demande du client, les raccords isolants peuvent être soumis, en condition sèche, à une tension minimale d'essai (TE) de 11 000V / 50Hz pendant 1 minute, sans claquage de l'isolant.

8.4 DOCUMENTATION À FOURNIR

La documentation à fournir par le fabricant au sein du dossier technique est fonction de la réglementation auquel la fabrication du raccord isolant est soumise :

[1] Le contrôle avant le raccordement est décrit au chapitre 8.7.3 (contrôles avant pose).

8.4.1 Fabrication suivant l'arrêté du 5 mars 2014 :

L'arrêté fait référence aux guides professionnels dont les guides édités par le GESIP.

D'après le Guide GESIP 2007/07 dernière version (cf. paragraphe 4.5), trois dossiers doivent être constitués par le fabricant :

- Le dossier fabricant qui doit être conservé pendant minimum 10 ans (quatre parties distinctes : conception, fabrication, contrôle, essais réglementaires).
- Le dossier exploitant (conception, fabrication, contrôle) qui doit être conservé minimum 10 ans.
- Le dossier instruction et maintenance (caractéristiques, préconisations spécifiques d'installation et d'exploitation, préconisation éventuelles et spécifiques de maintenance et de suivi, PV, certificats matière).

8.4.2 Fabrication suivant la DESP

Selon la DESP 2014/68/UE, lors de la mise sur le marché du raccord isolant, le fabricant doit fournir, avec le raccord isolant, une notice d'instructions destinée à l'utilisateur contenant les informations obligatoires pour la sécurité et une déclaration de conformité UE.

Contenu de la notice d'instruction :

- le montage,
- la note de calcul,
- la mise en service,
- l'utilisation,
- la maintenance.

8.4.3 Documentation supplémentaire

D'autres informations peuvent être demandées par l'utilisateur ou recommandées par le fabricant, et acceptées dans le cadre de la commande ou du contrat de fourniture du raccord isolant. Il est donc important de préciser le contenu du dossier technique dans un cahier des charges et/ou spécification client (l'analyse de risque, déclaration de conformité UE, attestation de conformité UE, plan de fabrication, cahier de soudage, PV essais, certification ATEX, PV de tenue au feu le cas échéant, certificat d'application, liste opérations de fabrication et de contrôle (LOFC), garantie du revêtement/ peintures, …).

8.5 DURÉE DE VIE DES RACCORDS ISOLANTS TYPE MONOBLOC

La durée de vie peut être calculée en fonction des spécifications du client.

8.6 REVÊTEMENTS ANTICORROSION DES JOINTS ISOLANTS

8.6.1 Revêtements externes

Pour les raccords isolants entre brides, lorsqu'une peinture est requise, elle doit être sans composant métallique (pour éviter des courts-circuits par le revêtement).

Pour la protection contre la corrosion des éléments entre les brides, différents systèmes peuvent être mis en œuvre :

- Remplissage par cire ou mastic de l'inter-bride.
- Protection par bande adhésive (type bande de revêtement) avec trou d'aération en partie basse.

Pour les raccords isolants monoblocs, il est recommandé que le revêtement soit :

- appliqué en usine,
- compatible avec les revêtements autorisés par l'opérateur du réseau,
- défini en fonction de son positionnement enterré ou aérien (résistance aux UV).

Les « fiches-produits » doivent être transmises au client par le fournisseur avant la fabrication du raccord isolant.

8.6.2 Revêtements internes

Le revêtement interne est recommandé sur des réseaux véhiculant des fluides conducteurs.

Le paragraphe 7.3.4 de la norme EN ISO 15589-1:2017 en expose les pratiques usuelles.

8.6.3 Contrôle des revêtements

La mesure de l'épaisseur des revêtements externe et interne en polyuréthane, peinture à base de résine époxy, butyle, … peut être effectuée par la technique de mesure d'épaisseur par ultrasons.

Des tests d'arrachement sur une éprouvette d'essai sont également effectués. Un contrôle de porosité électrique (éponge ou balai électrique) sur le revêtement est également effectué (voir PCRA-003).

8.7 POSE INSTALLATION SUR SITE

Il est recommandé de positionner les raccords isolants entre brides en aérien.

Remarque : Il existe des raccords isolants à brides surmoulés (dans une forte épaisseur de revêtement type polymère) que l'on peut trouver « en enterré » sur d'anciennes installations.

Les raccords isolants monoblocs peuvent être aériens, enterrés, en regard ou semi-enterrés.

L'étude de danger du site doit tenir compte du raccord isolant et de son implantation.

8.7.1 Recommandations d'implantation

Les études de conception et les principes de pose du raccord isolant doivent permettre de préserver son intégrité vis-à-vis :

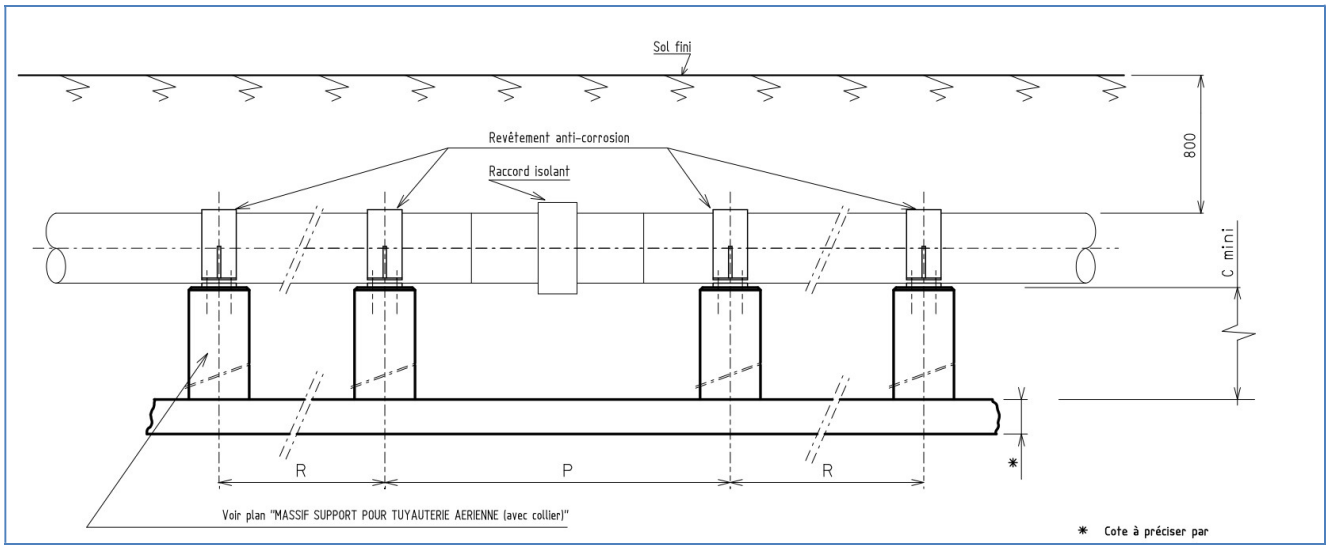
- des contraintes de compression,
- des contraintes d'étirement,
- des contraintes de cisaillement,
- des contraintes de torsion,
- des contraintes de flexion,
- de la tenue au feu,
- des contraintes sur son revêtement liées à l'environnement (UV, sol, marnage,…).

Pour garantir cette intégrité, il est préférable de réaliser des supports de part et d'autre du raccord isolant monobloc.

8.7.1.1 Raccords isolants monoblocs enterrés posés horizontalement :

Il est recommandé de réduire au maximum les efforts de cisaillement et de flexion sur le raccord isolant. À cet effet, il est recommandé de réaliser une étude de supportage en amont via une analyse de flexibilité du réseau.

Exemple de pose enterrée sur des massifs en béton armé équipés de colliers métalliques :

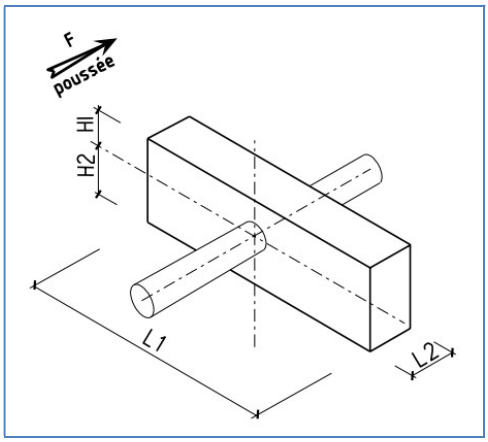


Le système de maintien peut différer suivant le diamètre du tube, le type et la géométrie de l'installation et la position aérienne ou enterrée du raccord isolant. Le nombre et le type de supports doivent être déterminés lors de l'étude des contraintes.

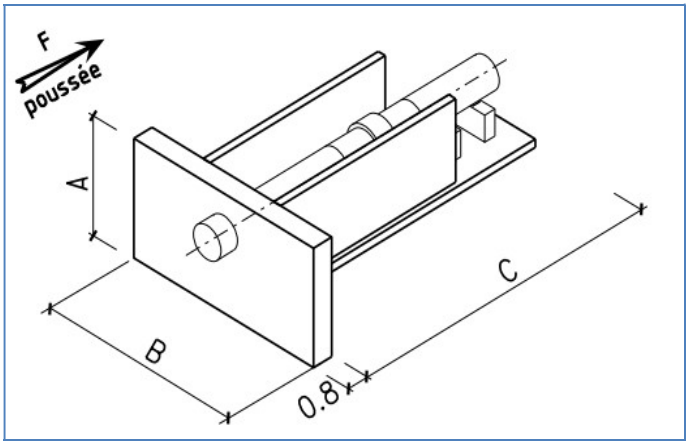
Un raccord isolant posé entre la ligne et une station (typiquement structure complexe) est soumis à des fortes contraintes qu'il y a lieu d'évaluer lors d'une étude de flexibilité. Un maintien par bride d'ancrage peut alors être nécessaire. Ces brides d'ancrage sont destinées à neutraliser les efforts divers issus de la ligne en direction de la station. La bride ne doit pas être en contact avec le ferraillage du béton armé. Le raccord isolant entre les deux structures doit alors être situé où les efforts sont acceptables voire minimaux.

Exemple de réalisation de massif d'ancrage :

Conception simple
Typiquement DN<900 gaz HP. Dans ce cas, le RI est situé côté station.



Conception optimisée (avec RI intégré côté station)
Typiquement DN ≥ 900 gaz HP

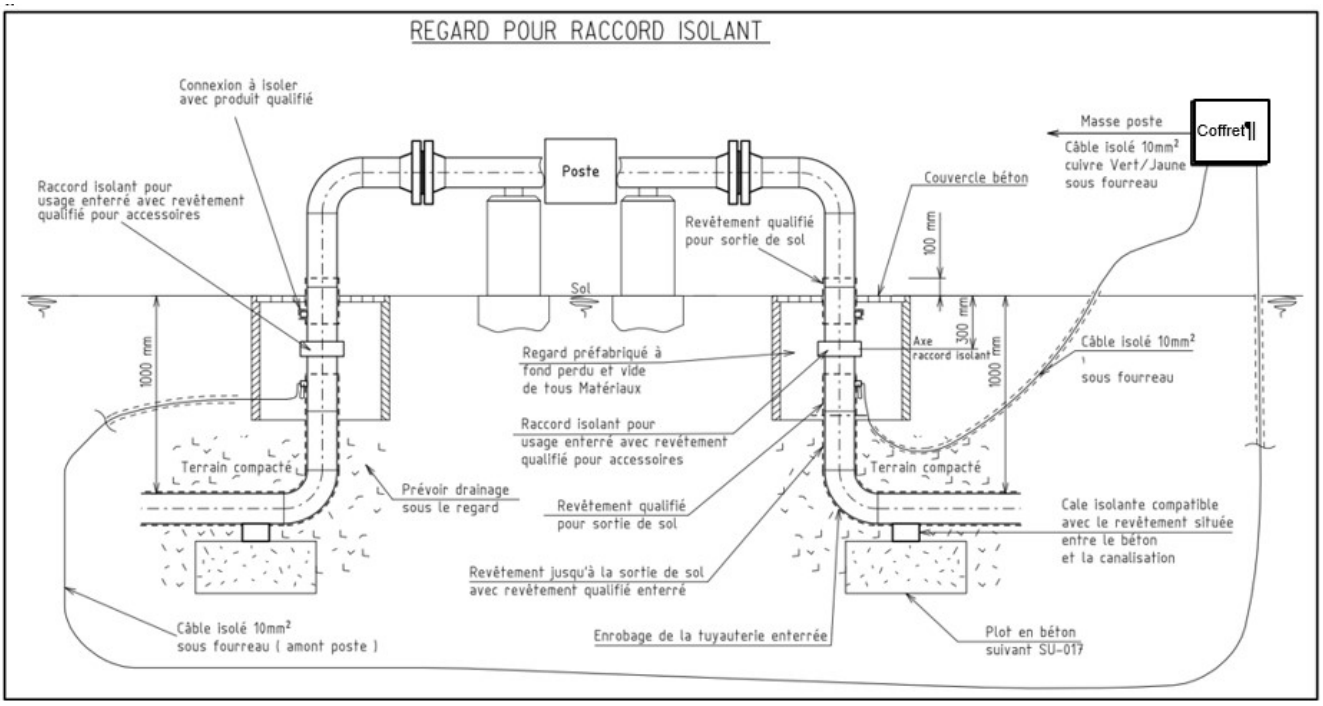


Si le tube est de diamètre réduit (typiquement DN < 200 mm), il est possible de ne pas poser de bride d'ancrage entre la ligne et la station pour protéger un raccord isolant enterré.

Si le tube est de diamètre réduit et est utilisé dans une installation de conception « simple » (typiquement poste de livraison à un client), il est possible de prévoir des conceptions standards de pose.

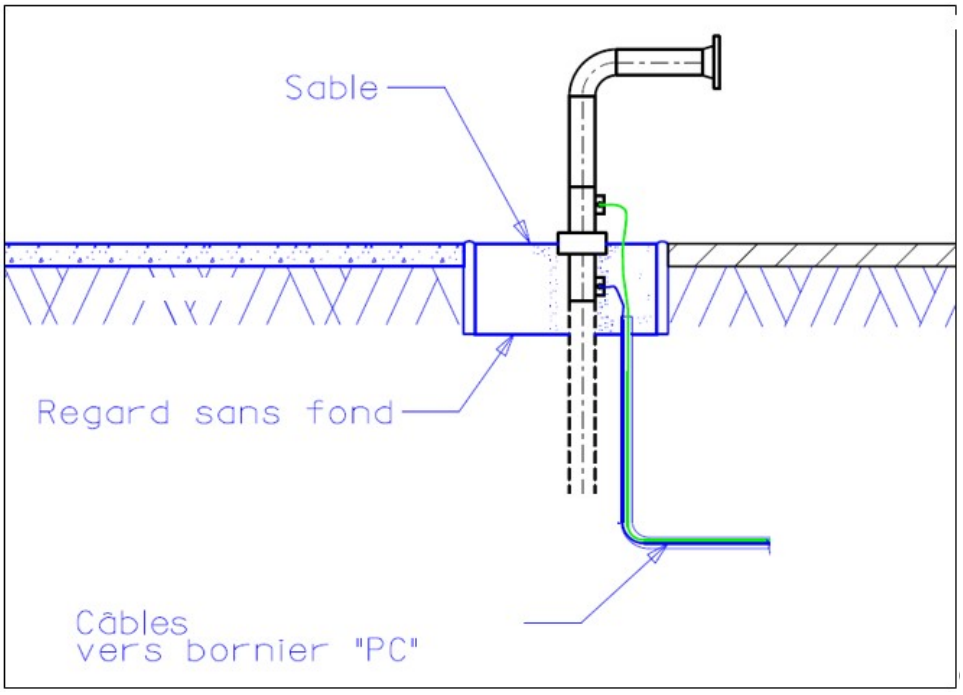
8.7.1.2 Raccords isolants monoblocs situés en regard et semi-enterrés :

Exemple de réalisation 1 : Le raccord isolant se situe sous le niveau du sol, mais il est dans un espace clos permettant un contrôle visuel si besoin.



Pour les hydrocarbures bruts et les eaux, il est recommandé de positionner les raccords isolants en position verticale ou fortement inclinée pour éviter de shunter en interne le raccord par la stagnation de poche de liquide transporté ou d'eau, à moins d'utiliser des manchettes isolantes ou un revêtement isolant interne de part et d'autre.

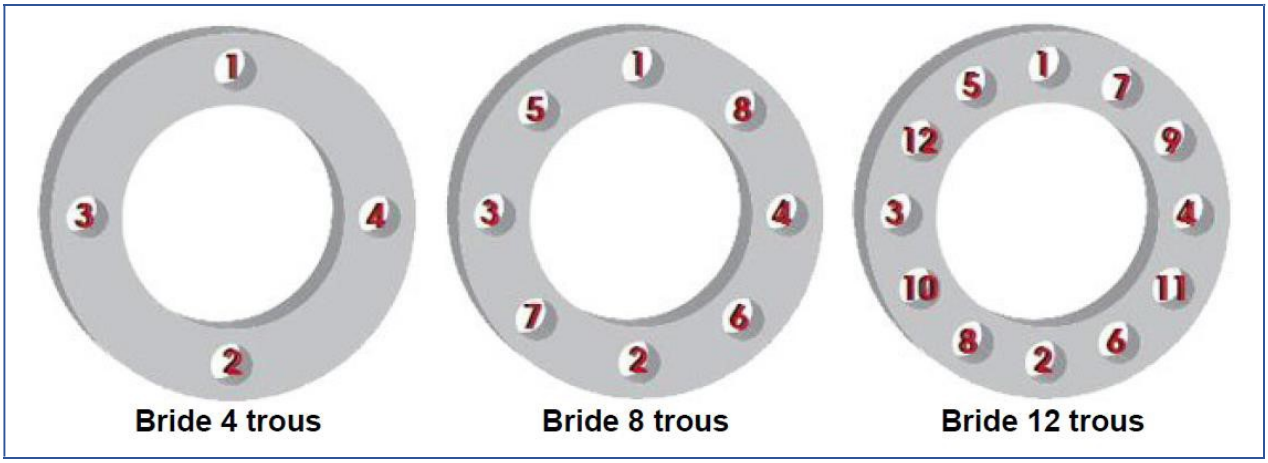
Exemple de réalisation 2 : en situation semi-enterrée, ce type de positionnement est réalisé pour éviter tout contact avec l'ouvrage enterré soumis à des perturbations électriques extérieures.



8.7.1.3 Montage des raccords isolants entre brides

Le montage du raccord isolant doit être réalisé en respectant certaines règles importantes :

- Alignement des trous.
- Coplanarité des brides.
- Espace suffisant entre brides pour permettre l'installation de l'élément isolant (sinon prévoir un « écarteur »).
- Le pré serrage des boulons est généralement réalisé « à la main ».
- Le serrage des boulons « en croix » tel que défini sur les schémas ci-dessous se fait généralement en trois passes pour arriver au couple préconisé par le fournisseur.



8.7.2 Stockage manutention

Les consignes de stockage et de manutention du fabricant doivent être respectées.

Des dispositions doivent être prises pour éviter de salir l'intérieur, comme par exemple le stockage dans un endroit propre et la mise en place de bouchons aux extrémités. En cas de stockage prolongé à l'extérieur, le revêtement des raccords isolants destinés à être enterrés doit être protégé des UV.

Au cours de la manutention, les contraintes de cisaillement et de flexion doivent être réduites au minimum.

Des précautions particulières doivent être prises en cas de levage d'une installation complète ou partielle comportant un raccord isolant : la répartition des points de levage doit être équilibrée pour éviter toute contrainte de flexion ou de cisaillement sur le raccord.

Dans ce but, des supportages provisoires adaptés doivent être considérés.

8.7.3 Contrôles avant pose

Avant la pose d'un raccord isolant, il est recommandé de :

- faire un contrôle visuel du raccord isolant,
- vérifier sa conformité par rapport aux spécifications du constructeur. Les préconisations du manuel d'installation du fabricant sont alors à prendre en compte,
- faire une vérification de sa rigidité diélectrique ou une mesure de sa résistance d'isolement juste avant la pose et le raccordement.

La norme NF EN ISO 15589-1 définit un test de mesure de résistance d'isolement à réaliser à cet effet et donne des valeurs de contrôles à respecter.

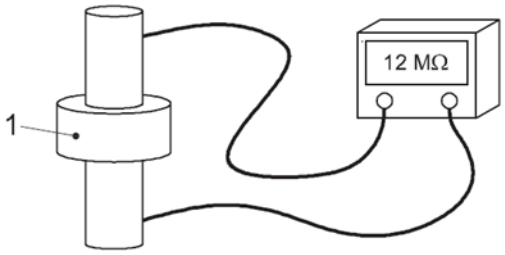
Pour contrôler la résistance d'isolement, il convient de s'assurer :

- qu'aucun circuit en parallèle ne perturbe la mesure au cours du mesurage

et

- que les surfaces interne et externe du raccord soient sèches.

Le mesurage est effectué à l'aide d'un mégohmmètre, il faut que la valeur soit supérieure ou égale à 5 MΩ.



Légende
1 raccords isolants monolithiques

Figure F.1 — Schéma décrivant un mesurage par mégohmmètre

8.7.4 Recommandations de montage

Selon le raccord isolant et les éléments de part et d'autre, des études de supportage et flexibilité détermineront le supportage adéquat.

L'exécution des soudures devra être conforme aux règles de l'art et aux spécifications des fabricants. Il est nécessaire de consulter la notice ou le manuel d'installation du fabricant.

Le soudage sera confié à du personnel qualifié pour des travaux sur canalisations acier.

Le soudage ne doit pas détériorer le revêtement du raccord isolant, y compris celui se trouvant à l'intérieur (notamment pour ceux destinés aux fluides conducteurs) et les éléments d'étanchéité. Une protection provisoire du revêtement peut être mise en place (exemple : bouchon, mousse carbonique).

Il est recommandé de demander au fabricant une partie non revêtue aux extrémités (cut-back)

Les soudures doivent répondre aux exigences du cahier de soudage prédéfini de l'ouvrage.

Le câble de masse du poste de soudage doit être positionné sur l'ouvrage, du côté du RI où la soudure va être effectuée et non de l'autre côté du raccord isolant.

Le montage doit limiter au maximum les efforts tranchants et cisaillant par des supportages provisoires.

8.7.5 Contrôles après pose

Les contrôles après soudage peuvent s'effectuer suivant le plan suivant :

- Contrôle visuel.
- Contrôle surfacique par ressuage des soudures, ou magnétoscopie.
- Contrôle volumique par radiographie ou ultrasons suivant le type de soudures (à définir à l'avancement des travaux) et suivant les diamètres.

Une fois le raccord isolant soudé, il n'est plus possible de faire un contrôle de sa rigidité diélectrique à l'ohmmètre. En effet, le résultat du test peut très bien correspondre à un contrôle des conduites de part et d'autre, via les défauts de revêtement du tube enterré.

Le contrôle de mise en service du raccord isolant s'opère par des mesures électriques et peut être réalisé lors de la mise en service de la PC de la ligne ou de la station selon les mêmes procédés utilisés en exploitation dans le chapitre 11.

8.8 CONTRAINTES D'EXPLOITATION

Aptitude au passage de racleur / nettoyage interne : certains RI peuvent présenter des réductions de diamètre, qui font obstacle au passage de racleurs instrumentés. Les cas les plus connus sont les RI entre brides avec élément isolant à passage réduit.

8.9 ENVIRONNEMENTS-CONTRAINTES SPÉCIFIQUES

Des essais peuvent être entrepris pour déterminer si les différents matériaux ou le dimensionnement de ceux-ci sont aptes à résister aux contraintes mécaniques et/ou à l'environnement chimique/corrosif du raccord.

8.9.1 Pour l'environnement

Essais de type cellule Atlas ou équivalent :

Le test de type cellule Atlas est conçu pour simuler les conditions dans les conduites sous pression. Il s'agit d'une méthode de laboratoire accélérée utilisée pour évaluer les propriétés de contrôle de la corrosion d'un revêtement organique exposé à un environnement chimiquement agressif. La méthode d'essai évalue également la capacité du revêtement à résister au gradient de température entre la surface interne et externe (effet de paroi froide) sous l'influence de la pression, de la température et de l'environnement interne. Le produit qui démontre le moins de réaction est considéré comme le plus fiable pour être utilisé dans ce service particulier. Les essais peuvent utiliser des fluides et des gaz fournis, y compris H_2S pour simuler une exploitation de station d'épuration (ASTM C868).

8.9.2 Pour les contraintes mécaniques

En compression : une force axiale est appliquée à une extrémité du joint d'isolement tandis que l'autre extrémité est fixée et ne peut pas se déplacer. La force de compression utilisée dans l'analyse par éléments finis est égale à la même force que celle requise pour générer 5% de la limite d'élasticité du tuyau.

En torsion : le joint est comprimé avec une charge externe axiale égale à la charge de compression utilisée pour assembler le joint puis un couple de torsion est appliqué à une extrémité du joint. Les normes de l'industrie donnent aux contraintes de torsion développées dans le joint 5% de la limite d'élasticité du tuyau comme valeur de contrainte cible à laquelle le joint doit résister en montrant une rotation nulle des faces internes de la bride interne.

9 Protections électriques sur les joints isolants

9.1 OBJET

Un système de protection cathodique est étudié pour un ouvrage précis, à cet effet, il est nécessaire que cet ouvrage soit délimité électriquement. Pour cela, il doit être équipé de dispositifs visant à son isolation électrique, tels que des raccords isolants.

Ces derniers sont conçus pour des niveaux de tensions limites déterminés qui peuvent être dépassés dans certaines conditions extrêmes nécessitant une protection adaptée.

La norme EN NF 12954 prévoit l'installation de dispositifs de protection afin d'éviter la destruction des raccords isolants lors de montées en tension dues à la foudre ou à des courants de défaut provenant de lignes électriques.

9.2 ASPECT RÈGLEMENTAIRE

9.2.1 Arrêté du 17 mai 2001 : proximité avec une ligne électrique HTB

L'arrêté (cf. article 75 § 2) indique les dispositions à prendre pour éviter, lors de défauts dissymétriques à la terre, de détériorer les raccords isolants assurant l'isolement de la canalisation à l'entrée des installations présentant des risques tels qu'explosion ou incendie.

« *Voisinage d'une canalisation de transport de fluide.*

§ 1er. En cas de voisinage d'un support de ligne électrique aérienne HTB et d'une canalisation métallique de transport de gaz combustible, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés ou d'autres fluides dont la dissémination présente des risques particuliers, des dispositions sont à prendre pour que l'écoulement d'un courant de défaut éventuel par le pied du support ne puisse entraîner le percement de la canalisation.

Ces dispositions s'appliquent également dans le cas de voisinage d'un poste HTB.

§ 2. En cas de voisinage entre une ligne électrique HTB et une canalisation métallique de transport de gaz combustible, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés ou d'autres fluides, des dispositions sont à prendre pour éviter, lors de défauts dissymétriques à la terre :

a) De détériorer les raccords isolants assurant l'isolement de la canalisation à l'entrée des installations présentant des risques tels qu'explosion ou incendie ;

b) De laisser se propager dans les installations, au-delà des raccords isolants, des tensions présentant des dangers pour les personnes ou risquant de provoquer des explosions ou incendies. »

Les exigences de l'arrêté sont respectées lorsque :

- lors d'un défaut électrique monophasé, le niveau maximum des influences électriques sur la conduite doit être inférieur à la tenue électrique du raccord isolant, tout en restant limité à 5 kV ;

ou

- le raccord isolant est équipé d'un dispositif de protection (voir §9.4) et que l'installation en aval est équipée d'une protection contre les risques d'une surtension électrique accidentelle (se référer aux textes règlementaires en vigueur sur les protections des installations pour la sécurité du personnel et la recommandation PCRA004 §8) ;

ou

- le niveau maximum probable des influences électriques issues d'une ligne HTB, ne respecte pas la limite fixée par l'arrêté en vigueur (5kV) : la canalisation en ligne, au droit du raccord isolant, doit être équipée d'une mise à la terre associée à un limiteur de tension ou un système de découplage.

9.2.2 Foudre

Si l'étude de conception ou l'étude de protection contre la foudre a spécifié le recours à la pose d'une protection contre la foudre, alors il peut être utilisé les équipements de protection cités (voir §9.4).

Voir aussi l'Arrêté du 4 octobre 2010 modifié et la recommandation PCRA 004.

9.3 TERMINOLOGIE

- Isolement électrique

L'isolement électrique entre des structures ou les composants d'une même structure est réalisé quand il y a rupture de continuité électrique entre ces structures ou composants.

- Dispositif de découplage en courant continu

Dispositif protecteur qui agit comme conducteur lors du dépassement de seuils de tension prédéterminés.

Note : certains de ces dispositifs permettent l'écoulement des courants alternatifs vers les systèmes de mise à la terre.

Les cellules de polarisation, les éclateurs, les assemblages de diodes font partie de tels dispositifs.

- Parafoudre / dispositif de protection contre les surtensions– SPD :

Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant. Il contient au moins un composant non linéaire. (Extrait norme NF EN 61643-11)

Les caractéristiques de ces protections comme le niveau de protection Up, et la tension maximale de régime permanent Uc sont définis dans la norme NF EN 61643-11.

- tension de choc 1,2/50 : tension de choc dont la durée nominale du front virtuel est de 1,2 □s et dont la durée nominale jusqu'à mi-valeur est de 50 µs
- courant de choc 8/20 : courant de choc dont la durée nominale du front virtuel est de 8 µs et dont la durée nominale jusqu'à mi-valeur est de 20 µs

Pour la protection des systèmes alimenté en BT, la norme NFC 15-100 exige l'utilisation de produits conformes à la norme NF EN 61643-11.

Nota : Onde 10/350 µs : forme d'onde représentant la contrainte électrique d'un courant de foudre partiel. Cette forme d'onde est notamment utilisée pour le test des parafoudres de type 1 suivant NF EN 61643-11 et les éclateurs d'isolement suivant NF EN 62561-3.

- courant nominal de décharge In pour les essais de classe II : valeur de crête d'un courant de forme d'onde 8/20 s'écoulant dans le parafoudre utilisée pour le test des parafoudres de type 2.
- Courant résiduel IPE : courant de fuite s'écoulant à travers la borne de terre du parafoudre, ce dernier étant alimenté à la tension de référence.
- Fin de vie : Etat du dispositif en cas de dépassement de ses caractéristiques.

9.4 PRÉSENTATION DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION DES JOINTS ISOLANTS

Ces équipements sont destinés à protéger les raccords isolants contre les surtensions ; ils sont principalement de deux types : cellules de polarisation ou éclateurs.

Les deux types peuvent être conformes ATEX.

9.4.1 Cellules de polarisation

Les cellules de polarisation sont conçues pour bloquer les courants continus jusqu'à un certain seuil (tension de service Uc : différence de potentiel entre les deux pôles de l'appareil). Au-delà de ce seuil le dispositif est passant avec une très faible résistance (milli Ohm).

Il existe deux types de cellules de polarisation :

- Des cellules électrochimiques ou « humides »
- Des cellules électroniques

Une cellule électronique HS est normalement fermée, une cellule électrochimique HS est en circuit ouvert.

9.4.1.1 Avantages

Cellule électrochimique

- Tension de seuil basse
- Ecoulement de courant alternatif important en régime permanent
- Courant alternatif de décharge important

Cellule électronique

- Le niveau de protection Up (ou tension d'écrêtage) de ce matériel est compatible avec la protection des personnes contre les chocs électriques en fonction de la réglementation nationale relative à la mise en équipotentialité des équipements.
- Aucune maintenance préventive n'est nécessaire sur ce matériel.
- Elles sont bidirectionnelles ; la connexion peut être réalisée sans tenir compte de la polarité de la tension de protection cathodique au point d'installation.

9.4.1.2 Inconvénients

Cellule électrochimique

- Nécessite une maintenance.
- Respect de la polarité lors du raccordement.
- En circuit ouvert si HS.

Cellule électronique

- Le courant ac de défaut admissible en permanence est généralement faible (~1A)
- Sur certaines cellules, la tension de service Uc en ac est faible : risque de circulation de courant alternatif entre ses bornes si la conduite est soumise à des tensions induites en régime permanent.
- Si des soudures à l'arc électrique sont réalisées sur les structures métalliques connectées à une cellule de polarisation électronique, celle-ci doit être démontée ou court-circuitée pendant les opérations de soudure.

9.4.2 Éclateurs

L'éclateur bloque tous les courants (continus et alternatifs) jusqu'à une tension d'amorçage. Il permet alors d'écouler un courant de décharge de plusieurs kA et une intensité de courant de foudre encore plus élevée pendant quelques microsecondes.

Il est donc nécessaire d'évaluer les courants de défaut (phase / terre, les risques atmosphériques, …) pour définir le calibre des éclateurs à utiliser et les protections à mettre en œuvre (3 à 15 kA).

Un éclateur est constitué d'une enveloppe contenant un gaz rare, neutre et isolant ou par un ensemble de composants électroniques.

Un éclateur HS est normalement fermé, donc il court-circuite en parallèle le joint isolant.

9.4.2.1 Avantages

- Courant de décharge important
- Pas de courant de fuite

9.4.2.2 Inconvénients

Le contrôle du bon fonctionnement est impossible, on ne peut vérifier que sa non-continuité.

9.5 INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION

Un système de protection du joint isolant peut être installé :

en dérivation du joint isolant,

ou

entre le côté ligne du joint isolant et une mise à la terre étudiée pour évacuer les courants de défaut électrique.

9.5.1 Remarques importantes

Les liaisons de raccordement électriques constituant ces équipements peuvent être éventuellement raccourcies mais pas rallongées ou diminuées en section. Ceci pour limiter le temps de réaction dû aux inductances amenées par les câbles.

Lorsque ces dispositifs sont hors services, ils doivent être passants (pour déceler leur dysfonctionnement).

9.5.2 Protection des personnes

La protection du personnel est assurée si la tension d'amorçage du dispositif de protection est faible. Si cette tension d'amorçage reste dangereuse pour l'homme (cas avéré avec un éclateur de ligne ou sans système de protection sur joint isolant non shunté), la protection contre le risque dû à la différence de potentiel de part et d'autre du joint isolant consiste à rendre impossible le contact simultané par une personne des deux cotés en rendant l'ensemble inaccessible (capotage isolant ou revêtement adapté sur une longueur suffisante, ...).

10 Protection des raccords isolants par rapport à leur environnement

10.1 CAPOTAGE EN MATÉRIAU ISOLANT

Le capotage peut être utilisé pour plusieurs raisons :

1. Protection du personnel contre les contacts accidentels (risque électrique supérieur à 650 V a.c.) sur le côté canalisation sous influence électrique a.c.
2. Pour contenir d'éventuelles fuites de fluide (surtout sur les raccords isolants entre brides), voir paragraphe sur les enveloppes.
3. Protection anti-feu (PFP Passive fire protection) utilisée en fonction de l'étude de sécurité.

10.2 ENVELOPPE OU ÉCRAN PROTECTEUR DE SÉCURITÉ

L'enveloppe est conçue pour contenir les fuites éventuelles des raccords isolants entre brides.

Remarque : ce type de protection peut générer de la corrosion (condensation sous l'enveloppe) si une inspection fréquente n'est pas effectuée. Des enveloppes de sécurité en acier inoxydable existent mais ne doivent pas être utilisées sur des raccords à brides isolants.

10.3 PROTECTION DES RACCORDS ENTRE BRIDES AVEC REVÊTEMENT

Si la protection anticorrosion par peinture n'est pas suffisante, des revêtements supplémentaires peuvent être utilisés :

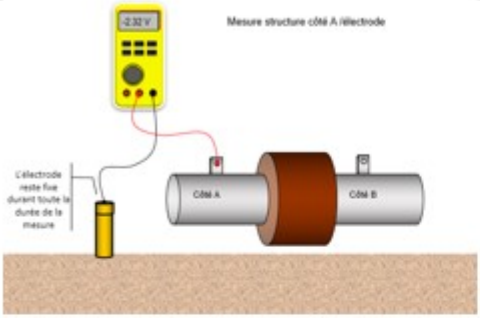
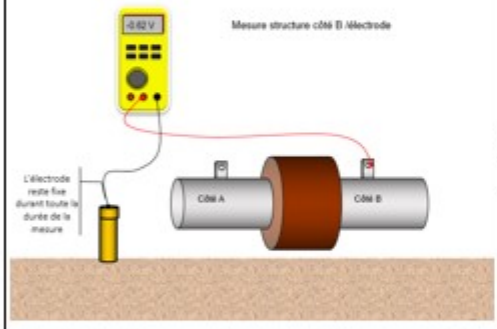
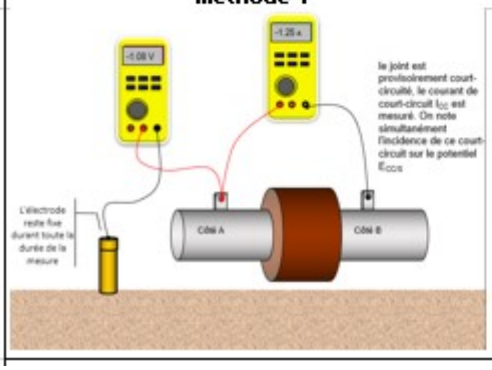
- Cires microcristallines
- Résines
- Matériaux composites
- Matériau à base de polyoléfines non cristallines à faible viscosité
- Bandes pétrolatum
- Bandes à base de cire

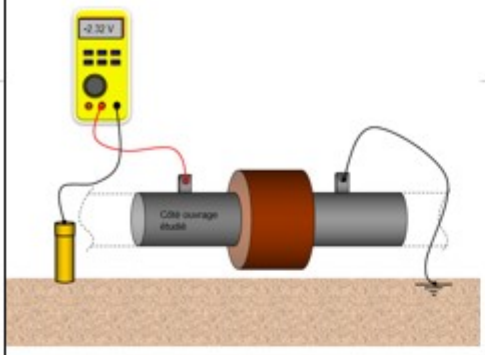
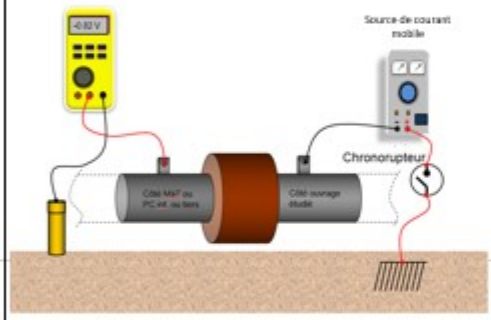
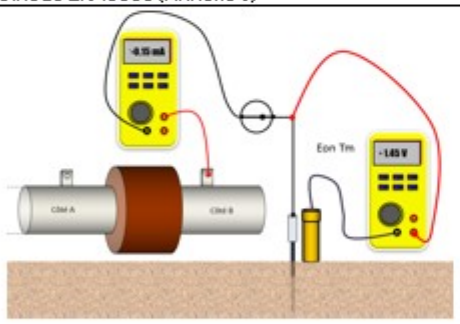
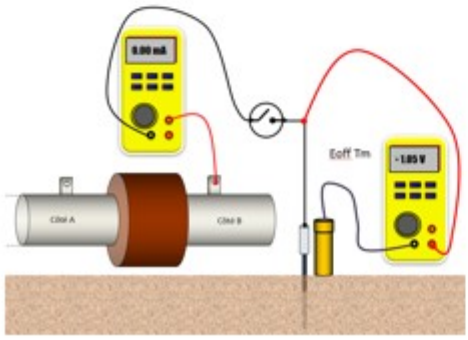
11 Contrôles en exploitation

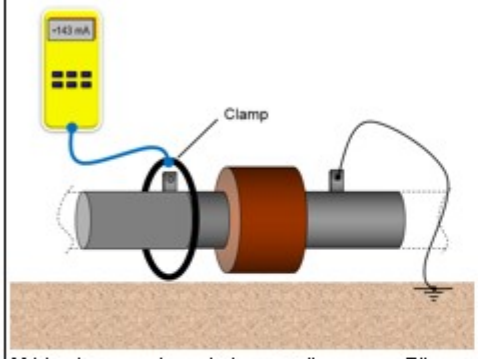
11.1 CONTRÔLES ÉLECTRIQUES

Les raccords isolants non shuntés sont à contrôler a minima lors des évaluations complètes et détaillées définies sur les normes en vigueur (NF EN 12954 et NF EN ISO15589-1). En cas de doute sur l'efficacité d'un raccord isolant, un ou plusieurs contrôles approfondis peuvent être réalisés.

Remarque sur les 3 méthodes ci-dessous : une ou plusieurs des méthodes seront choisies pour déterminer l'état électrique du raccord.

Schéma de principe de la mesure	Description de la méthode	Analyse
Methode 1 : contrôle de base		
	Mesure de potentiel "on" de la structure du côté A par rapport à une électrode posée au sol E_{onA}	A comparer avec la mesure du côté B
	Mesure de potentiel "on" de la structure du côté B par rapport à une électrode posée au sol E_{onB}	Si|delta E| > 200-300 mV alors RI ok (excepté si le RI sépare 2 ouvrages sous PC) Toutefois, si le RI sépare 2 ouvrages sous PC, une valeur inférieure à cette limite se signifie pas forcément que le RI est défectueux. Un test complémentaire est nécessaire.
Methode 2 : contrôle complémentaire à la méthode 1		
	Mesure complémentaire : Mesure du courant de court-circuit Icc du raccord isolant et mesure du potentiel on , raccord isolant shunté par l'ampèremètre EonCC.	le RI est bon lorsque : ICC ≠ 0 E_{onCC} : le potentiel du raccord isolant court-circuité comporte une valeur comprise entre E_{onA} et E_{onB} remarque : Icc différent de 0 si EonA et EonB sont différents

Methodes 3 : contrôles approfondis  Méthode avec mise à la terre	Si delta E_{onA} et E_{onB} inférieur à 200-300mV et/ou si Icc proche de 0	Attention dans des postes complexes comportant plusieurs RI, la défaillance d'un seul RI peut engendrer des problèmes d'interprétation des mesures sur l'ensemble des RI. D'où la nécessité de contrôler chaque RI dans ce cas, selon une ou plusieurs des méthodes décrites ci-après.
	On branche une prise de terre (avec un ou plusieurs piquets) d'un côté du RI	On force le potentiel d'un côté vers des valeurs positives, et on vérifie que le potentiel de l'autre côté n'est pas impacté
 Méthode avec chronorupteur sur soutirage	On branche une source de courant avec un déversoir provisoire (éloigné de plus de 20 mètres du RI) d'un côté du RI ou on augmente le débit d'un soutirage existant .	On force le potentiel d'un côté vers des valeurs négatives, et on vérifie que le potentiel de l'autre côté n'est pas impacté
	Cette méthode peut être appliquée en interposant un chronorupteur sur le redresseur le plus influençant du RI (ou sur un redresseur temporaire).	On vérifie qu'il n'y pas ou peu de variation de potentiel sur le côté opposé au soutirage topé .
Methode EN 13509 (Annexe J)	Voir la norme	Méthode contraignante à mettre en place
 Methode avec témoin -1	On applique la méthode de mesure à courant coupé sur un témoin (d'au moins 10 cm²), mis en place pour le contrôle complémentaire. Le témoin ne doit pas être déplacé pendant les mesures de part et d'autre du RI. Il est important de commencer la mesure du côté du RI le plus électropositif. On mesure le Eon, Eoff et I_{TM}. Voir recommandation PCRAn°10, application similaire sur les fourreaux. Sur le schéma ci-contre on mesure Eon et Itm Côté B	
 Methode avec témoin -2	Sur le schéma ci-contre on mesure Eoff Côté B. On réitère l'opération côté A	Seuls trois cas sont possibles : 1-Si EonA = EonB et EoffA =EoffB et ITMA = ITMB le RI est défectueux 2-Si EonA = EonB et EoffA≠EoffB et ITMA≠ITMB le RI est isolant 3-Si EonA = EonB et EoffA = EoffB et ITMA ≠ ITMB le RI est isolant

 Méthode avec clamp (nécessite l'acces au RI)	Permet de mesurer directement si un courant traverse le RI. Pour améliorer la méthode on peut ajouter une source de courant d'un côté du Ri pour obtenir un courant plus significatif (on mesure avant et après application du courant ou on utilise un chronorupteur).	Si on mesure un courant différent de "0", le RI est défectueux.
Méthode avec détecteur électromagnétique	On génère un signal d'un côté du RI (sur la prise de potentiel la plus proche autre que celle du RI).	On vérifie l'absence de signal de l'autre côté du RI avec le récepteur.
Pour RI entre brides uniquement : Mesure ohmique entre chaque tiges filetées et bride	Avec un ohmmètre, on mesure la résistance entre chaque tige filetée et chacune des 2 brides.	Si la résistance est inférieure à 100 Ohm le canon isolant de la tige est deffectueux.

Si lors des campagnes de mesure et contrôles électriques des équipements, il est constaté qu'un raccord isolant est « passant électriquement », il peut être admis de le laisser en place sous réserve d'assurer la sécurité industrielle (Protection Cathodique) et la sécurité des personnes.

11.2 CONTRÔLES VISUELS

Contrôles visuels généralement effectués avec une périodicité de 10 ans maximum (pour les raccords aériens, semi-enterrés).

- Absence de fissures, craquelures, traces de rouille
- Vérification du marquage
- Absence de traces de fluide
- Vérification des connexions
- Absence de court-circuit fortuit

11.3 CONTRÔLES D'ÉTANCHÉITÉ

Un contrôle d'étanchéité peut être réalisé avec les contrôles précédents à l'eau savonneuse, pour les fluides gazeux.

Fin du document