

G5/01

Exécution de travaux – Pose de canalisations en acier

Version de juin 2016

EN REVISION

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	4
2. DEFINITIONS	4
2.1. Pression	4
2.2. BP	4
2.3. MP	4
3. MATERIAUX	5
3.1. Nature des matériaux	5
3.2. Matériaux mis à disposition par le maître d'ouvrage	5
3.3. Matériaux qui ne sont pas mis à disposition par le maître d'ouvrage	6
4. TERRASSEMENTS	6
4.1. Prescriptions particulières	6
4.2. Terrassement et remblayage des tranchées	7
5. MANUTENTION DES TUYAUX ET ACCESSOIRES AVANT ET PENDANT LA POSE	7
5.1. Manutention de tuyaux ou canalisations	7
5.2. Mesures à prendre avant le soudage	8
5.3. Le soudage en dehors de la tranchée	8
5.4. Obturation provisoire des conduites	8
5.5. Mesures à prendre avant la mise en fouille	9
5.6. Traversée des voiries et des ouvrages de génie civil	9
6. TRAVAUX DE SOUDAGE, ASSEMBLAGES SOUDES	9
6.1. Agrément des soudeurs	9
6.2. Exécution des soudures	10
6.3. Vérification des soudures	12
6.4. Réparation des mauvaises soudures	14
6.5. Changement de direction des conduites	15

6.6. Découpe de tuyaux et d'accessoires	16
7. ASSEMBLAGES NON SOUDES	16
8. ESSAIS	17
8.1. Dispositions générales	17
8.2. Réalisation des essais	18
8.3. Dossier de construction	21
9. PREPARATION DU RESEAU EN VUE DE LA PROTECTION CATHODIQUE.....	22
9.1. Généralités	22
9.2. Placement de la protection contre la corrosion	22
9.3. Contacts avec des installations de tiers ou génie civil	22
9.4. Placement de joints isolants	23
9.5. Pontage de raccords non soudés	23
9.6. Placement de prises de potentiel	23
9.7. Emploi du balai électrique	24
9.8. Contrôle à la réception.....	24
10. TRAVAUX SPECIAUX	25
10.1. Forages	25
10.2. Protection au moyen de gaines	25
10.3. Raccordement de nouvelles conduites aux conduites existantes	25
10.4. Placement de vannes	25
10.5. Placement de conduites d'évacuation.....	26
10.6. Placement de siphons et ponceaux	26
10.7. Nettoyage de la conduite	26

ANNEXE 1 - Contrôle des canalisations

ANNEXE 2 – Serrage des boulons pour assemblages par brides

1. INTRODUCTION

Les présentes prescriptions constituent, avec le document G5/05 "Ouverture et remblayage des tranchées et réfection des voiries et trottoirs", le cahier des charges pour la pose de canalisations en acier pour la distribution du gaz.

En cas de discordance entre les prescriptions G5/05 et celles du présent document, ce sont ces dernières qu'il y a lieu d'appliquer.

Les dérogations au présent cahier des charges ne sont admises que si elles sont expressément autorisées par le maître d'ouvrage, en raison de circonstances locales et moyennant les précautions requises.

2. DEFINITIONS

2.1. Pression

Le terme pression indique la pression effective: la pression comptée au-dessus de la pression atmosphérique. L'unité est le "Bar" = 1000 mbar.

2.2. BP

Le régime de basse pression applicable aux canalisations dont la pression maximale de service admissible ne dépasse pas 98,07 mbar (0,1 kg/cm²).

2.3. MP

Canalisations dont la pression de service dépasse 98,07 mbar.

Ces canalisations sont divisées en 3 catégories :

- MP A: canalisations dont la pression maximale de service admissible est supérieure à 98,07 mbar sans dépasser 0,49 bar (0,5 kg/cm²).
- MP B: canalisations dont la pression maximale de service admissible est supérieure à 0,49 bar sans dépasser 4,9 bar (5 kg/cm²).
- MP C: canalisations dont la pression maximale de service admissible est supérieure à 4,9 bar sans dépasser 14,71 bar (15 kg/cm²).

3. MATERIAUX

3.1. Nature des matériaux

Les tubes et accessoires (tés, courbes, réductions, brides, etc...), faisant partie de la canalisation gaz, sont en acier faiblement allié.

Les tubes répondent aux caractéristiques reprises à la norme EN 10208-1 et aux spécifications techniques complémentaires. Ils sont soudés longitudinalement et revêtus de PE; les extrémités sont chanfreinées ou à embout.

3.2. Matériaux mis à disposition par le maître d'ouvrage

Sauf si spécifié autrement, les matériaux mentionnés ci-après sont mis à la disposition de l'exécutant par le maître d'ouvrage.

3.2.1. Les tubes munis d'un revêtement de protection en PE

Les tubes utilisés sont repris dans la liste à l'annexe 1.

Éventuellement des tubes ayant une épaisseur de paroi supérieure peuvent être mis à disposition.

3.2.2. Les accessoires et pièces de raccords (p.e. tés, courbes, réductions, brides, etc.).

3.2.3. Les matériaux pour la composition des canalisations de purges

3.2.4. Les vannes et accessoires

3.2.5. Les trappillons

3.2.6. Les colliers-support isolants et les manchettes avec colliers

3.2.7. Le ruban et/ou treillis de signalisation

3.2.8. Les matériaux pour la protection cathodique

- les bornes de mesures et armoires de raccordement ;
- câbles VVB ou VOB, ainsi que le fer plat pour pontages et les points de contrôle du potentiel ;
- brides isolants et manchons d'isolation spéciaux

3.2.9. Les matériaux anticorrosion, soit en rubans, soit en matériel thermoplastique. Ces matériaux servent à réaliser le revêtement anticorrosif sur les raccords de soudage, les accessoires et les pièces de raccordement ainsi qu'à la réparation des revêtements isolants endommagés.

3.3. Matériaux qui ne sont pas mis à disposition par le maître d'ouvrage

Tous les matériaux qui ne sont pas repris à l'article 32. sont fournis par l'exécutant.

S'ils ne répondent pas aux exigences de qualité ou autres critères relatifs à l'exécution compétente des travaux ou les prescriptions du cahier de charges, le maître d'ouvrage a le droit de refuser les matériaux fournis – même après leur placement – et d'exiger leur remplacement.

4. TERRASSEMENTS

4.1. Prescriptions particulières

4.1.1. Profondeur de pose

C'est la distance verticale mesurée entre la génératrice supérieure de la conduite posée et le revêtement de la route remis en état selon les règles de l'art.

Lors du croisement de voies ferrées, cette distance est mesurée par rapport aux patins des rails.

Lorsque la conduite est posée dans une gaine, la profondeur de pose est mesurée à partir de la génératrice supérieure de celle-ci.

4.1.2. Recouvrement imposé

A défaut d'autres instructions précisées dans la demande de prix ou sur les plans, les recouvrements imposés par la législation sont d'application pour les différentes classes de pression.

Si ces profondeurs minimales ne peuvent pas être respectées, des dispositions spéciales seront prises sur instructions du maître d'ouvrage.

4.1.3. Distances entre conduites

Lorsque la conduite est posée à proximité d'autres installations souterraines, il faut respecter une distance d'au moins 0,1 m entre les parties les plus rapprochées des deux installations en cas de croisement et de 0,2 m en cas de cheminement parallèle. Ces distances sont augmentées partout où cela est possible et surtout à proximité d'ouvrages importants, de façon à réduire le plus possible, pour l'une et l'autre installation, les risques inhérents à l'exécution de travaux sur l'installation voisine.

Lorsque les distances minimales fixées ci-dessus ne peuvent pas être respectées ou lorsque la nature des produits transportés dans les autres canalisations souterraines l'exige, l'exécutant doit prendre des précautions spéciales.

Celles-ci comprennent en tout cas le doublement des distances ou le placement d'un écran isolant constitué d'une double couche en caoutchouc de 5 mm d'épaisseur (qualité conforme à la spécification). L'écran est fixé efficacement à la conduite, de façon à éviter un glissement ultérieur. En cas de croisement l'écran a une largeur minimale de 0,5 m.

Il y a lieu de veiller scrupuleusement à ce que les distances ne soient pas réalisées en maltraitant l'une ou l'autre installation souterraine.

4.1.4. Adaptations des tranchées

L'exécutant effectue les élargissements et les approfondissements des tranchées aux endroits suivants :

- Aux raccordements soudés qui se trouvent dans ladite tranchée ;
- Aux endroits qui demandent un contrôle non-destructif ;
- Quand la réparation du revêtement doit être exécuté dans la tranchée ;
- Quand les conditions locales et l'exécution des travaux le nécessitent.

4.2. Terrassement et remblayage des tranchées

Les prescriptions du cahier des charges G5/05 "Ouverture et remblayage des tranchées et réfection des voiries et des trottoirs" sont d'application.

5. MANUTENTION DES TUYAUX ET ACCESSOIRES AVANT ET PENDANT LA POSE

5.1. Manutention de tuyaux ou canalisations

5.1.1. Il est obligatoire

- de prendre les précautions nécessaires pour éviter toute dégradation pendant le chargement, le transport, le déchargement et les différentes opérations de manutention;
- d'entreposer les tuyaux sur un sol parfaitement plat et de veiller à ce qu'ils soient correctement soutenus et fixés;
- d'employer des sangles ou des courroies plates pour déplacer les tubes, les canalisations ou d'autres accessoires revêtus;
- de déplacer les tuyaux de manière telle que ni le tuyau, ni ses extrémités ne traînent sur le sol.

5.1.2. Il est admis

- de soulever les tuyaux au moyen de madriers en bois introduits dans les extrémités.

5.1.3. Il est interdit

- de rouler les tuyaux sur le sol;
- de soulever ou de déplacer des tuyaux au moyen de câbles, de chaînes ou tout autre moyen susceptible d'endommager le revêtement;
- d'utiliser des madriers en bois comme leviers pour déplacer les tuyaux en exerçant un effort de compression sur leur revêtement;
- de mettre les tuyaux revêtus en contact avec de l'huile ou des produits bitumineux.

5.2. Mesures à prendre avant le soudage

Les tuyaux et accessoires sont examinés soigneusement immédiatement avant le soudage :

- Contrôle interne

A la présence d'objets étrangers (comme: outils, terre, pierres, ...), qui sont à enlever soigneusement.

A cet effet, le maître d'ouvrage peut exiger le nettoyage de chaque tuyau au moyen d'un racleur ou d'une brosse;

- Contrôle externe

Absence de toute dégradation, aussi minime soit-elle, du revêtement.

Ces dégradations sont immédiatement réparées par l'exécutant avec le plus grand soin, en se conformant au procédé décrit au point 9.2.

5.3. Le soudage en dehors de la tranchée

L'assemblage, par soudure, de longueurs de tuyaux peut, selon les circonstances locales, être exécuté au-dessus ou à côté de la tranchée. Pour la mise en fouille des tronçons de conduites assemblées, il y a lieu d'appliquer les dispositions des points 5.1. et 5.2.

5.4. Obturation provisoire des conduites

5.4.1. Toute conduite abandonnée provisoirement à côté ou au-dessus de la tranchée est toujours protégée contre l'infiltration d'eau et l'introduction d'impuretés ou d'objets quelconques, au moyen de bouchons ou de capuchons.

Ces obturations sont conçues de manière à pouvoir être retirées facilement, sans toutefois pouvoir disparaître dans la canalisation.

5.4.2. Les extrémités de conduites abandonnées provisoirement dans la tranchée sont obturées de façon à empêcher l'eau ou la boue d'y pénétrer, même si la tranchée est complètement inondée. On peut utiliser à cet effet, des bouchons expansibles ou des capuchons en fer pourvus d'un joint torique adéquat.

5.4.3. La présence d'eau ou d'impuretés dans la conduite est considéré comme une faute grave de la part de l'exécutant

5.4.4. Dans ce cas, le maître d'ouvrage obligera à l'exécutant de nettoyer la conduite afin d'enlever eau et impuretés.

5.5. Mesures à prendre avant la mise en fouille

Immédiatement avant la mise en fouille d'un tuyau ou d'un tronçon, l'exécutant est tenu :

5.5.1. d'inspecter d'une façon approfondie l'état du lit de pose, de l'asurer si nécessaire et d'enlever les éboulis de terre, de pierres ou autres matériaux survenus entre-temps;

5.5.2. de procéder au moyen d'un balai électrostatique à un contrôle approfondi du bon état du revêtement des canalisations. L'appareil utilisé doit être approprié à ce type de contrôle et la tension minimale qu'il délivre doit être de 10 kV.

5.6. Traversée des voiries et des ouvrages de génie civil

Les traversées sont exécutées de préférence sans soudures, ou si ce n'est pas possible, le nombre de soudures doit être limité au minimum.

~~6. TRAVAUX DE SOUDAGE, ASSEMBLAGES SOUDES~~

~~6.1. Agrément des soudeurs~~

~~Les soudeurs de canalisations BP et MP doivent être agréés, suivant les directives reprises dans le document G2/03 "Qualification des soudeurs", en présence d'un organisme de contrôle agréé.~~

~~Le soudeur est en possession d'un certificat confirmant qu'il a satisfait aux conditions citées ci-dessus.~~

~~Le certificat du soudeur doit correspondre à la procédure requise, convenir au moins pour l'acier St 37 (AE 235) et doit comporter les diamètres corrects et épaisseurs correctes, conformément aux normes.~~

~~La qualification se rapporte au moins aux positions dans et à côté des tranchées.~~

Une semaine avant le début des travaux l'exécutant doit transmettre la liste des soudeurs et leur catégorie au maître d'ouvrage. Cette liste sera accompagnée par une photocopie du certificat de chacun des soudeurs.

Tout remplacement de soudeur sera soumis au maître d'ouvrage pour approbation et sera limité au stricte minimum.

L'exécutant ne pourra pas faire appel à d'autres soudeurs avant d'avoir transmis la liste modifiée au maître d'ouvrage ainsi qu'une photocopie du certificat de nouveau soudeur.

Chaque soudeur certifié doit être en possession d'une marque d'identification par lequel il signe le soudage exécuté par lui sur le tube, à côté du soudage.

L'attestation ou la certification ne décharge pas l'exécutant de sa responsabilité dans le cas d'un incident ou des dommages qui se produisent pendant l'exécution des travaux qui lui sont confiés.

6.2. Exécution des soudures

Le soudage à l'oxy-acétylène n'est pas accepté.

L'exécutant doit disposer sur le chantier d'un nombre suffisant de tentes ou d'abris pour que le travail de soudure puisse être réalisé dans des conditions acceptables en cas d'intempéries. Par temps froid, le maître d'ouvrage peut exiger que les extrémités des tuyaux soient préchauffées¹ avant d'effectuer la soudure. Lorsque la température ambiante est inférieure à 5 °C ou lors de mauvaises conditions climatiques, les soudures doivent être protégées contre un refroidissement trop rapide (p.e. recouvrir les soudures).

6.2.1. Appareillage de soudure

Le groupe, les câbles et autres accessoires nécessaires au soudage doivent être adaptés au travail sur chantier et être construits de telle manière qu'un réglage précis du courant est possible.

Le groupe est réglé de façon telle que les limites de courant et de tension, recommandées par le fabricant, ne peuvent pas être dépassées.

L'appareillage est conforme aux prescriptions de sécurité en vigueur. Le maître d'ouvrage se réserve le droit de faire effectuer un contrôle technique à sa charge.

Si un appareil à souder ou une autre partie de l'équipement ne répond pas aux exigences, le maître d'ouvrage peut exiger sa réparation ou son remplacement.

¹ Afin de s'assurer que toute eau condensée sur la conduite soit évacuée.

6.2.2. Soudure bout à bout

6.2.2.1. Le procédé de soudage utilisé normalement est le soudage à l'arc électrique avec électrodes enrobées (SMAW)

L'exécutant est tenu de présenter au préalable, pour approbation, une procédure de soudage agréée conforme aux méthodes décrites par la série de normes EN 15614. Cette procédure tiendra compte des diamètres et épaisseurs des matériaux.

Les procédures de soudage agréées mentionnées dans le document G2/02 (dernière version) sont de préférence appliquées, pour autant que les soudeurs aient été qualifiés selon ces procédures.

6.2.2.2. Les électrodes doivent correspondre à la procédure de soudage

Dans le cas d'électrodes basiques, il faut particulièrement veiller à sécher les électrodes selon les indications du fabricant. Toutes les électrodes sont conservées dans un emballage fermé, dans un endroit sec et manipulées de manière à ne pas endommager leur enrobage.

Les emballages ouverts sont protégés contre l'humidité. Les électrodes humides ou qui ont perdu leurs propriétés ne peuvent plus être utilisées.

6.2.2.3. Le chanfrein des tuyaux et accessoires doit correspondre à la procédure de soudage utilisée. Normalement, ceux-ci sont fournis avec les extrémités chanfreinées en forme Y. L'angle d'ouverture est fixé à $30^{\circ} + 5/-0^{\circ}$. Le talon est de $1,6 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$. Les sections de tuyau sont chanfreinées de manière identique.

Lorsque les pièces à assembler ont des épaisseurs différentes, la surépaisseur extérieure ou intérieure suivant le cas sera déladée et chanfreinée avec un angle de $17 \pm 3^{\circ}$.

La soudure des tuyaux par l'intérieur est formellement interdite.

6.2.2.4. Avant de souder les tuyaux, il y a lieu de les aligner sur des madriers de bois à bords arrondis ou sur des monticules de terre meuble, régulièrement espacés, et exempts de cailloux. Les soudures longitudinales des tuyaux doivent être orientées vers le haut et décalées alternativement de 30° de part et d'autre de la génératrice supérieure de la conduite.

6.2.2.5. Avant d'être ajustées, les extrémités des tuyaux sont nettoyées soigneusement sur une longueur d'au moins 0,15 m à l'aide d'une brosse métallique ou d'un solvant approprié, afin d'enlever huile, vernis, asphalte et autres impuretés.

6.2.2.6. Le positionnement et l'immobilisation des tuyaux se font à l'aide de colliers de centrage agréés par le maître d'ouvrage. Ces colliers ne peuvent être serrés qu'après contrôle, en trois endroits, de l'écartement de 1,5 mm, au moyen de calibres en acier dur.

L'immobilisation se fait de telle façon que l'écartement ne puisse se modifier en cours de soudage. Les colliers ne peuvent être enlevés que lorsque la première passe, répartie uniformément sur 50 % de la circonférence, est terminée.

6.2.2.7. Toutes les soudures de canalisations BP et MP sont, conformément à la procédure de soudage, réalisées en plusieurs passes, en enlevant soigneusement le laitier, les cendres ou les incrustations de la passe précédente. Les soudures ne peuvent pas présenter d'inclusions, ni défauts d'adhérence ou de cavités et sont exécutées avec pénétration totale. Lors de l'exécution de la première passe, il y a lieu de veiller à ce qu'il ne se forme pas de bavures à l'intérieur du tuyau.

Avant toute nouvelle passe, il faut que la précédente soit entièrement terminée. Le cordon de soudure complet a un aspect uniforme et convexe, il est centré par rapport à la surface de liaison. Après achèvement de la soudure, il y a lieu de la brosser énergiquement et de lui donner un bel aspect.

6.2.3. Soudures "slip joint"

Ne sont admises pour BP uniquement à conditions d'avoir l'accord du maître d'ouvrage.

Pour la procédure et les électrodes de soudage, voir 6.2.2.

Les tuyaux sont livrés avec les extrémités conformes aux normes NBN A35-101, A 35-104 et addendum 1 de NBN A35-101 à 105.

Lors de la pose de la canalisation l'about mâle du tuyau doit être glissé dans la partie d'insertion du tuyau précédent ou suivant pour au moins trois quart de la longueur de l'espace d'insertion. Les tuyaux peuvent avoir une torsion angulaire de maximum 5°.

Les tuyaux sont soutenus à intervalle régulier par des madriers en bois qui n'endommagent pas le revêtement ou sur des monticules de terre exempts de caillou. S'il n'y a pas d'espace d'insertion, par exemple dans le cas des accessoires, la technique de soudage de bout à bout est appliquée selon 6.2.2.

Les soudures longitudinales des tuyaux doivent être orientées vers le haut et décalées alternativement de 30° de part et d'autre de la génératrice supérieure de la conduite.

Avant le montage, les extrémités des tuyaux sont nettoyées soigneusement sur une longueur d'au moins 0,15 m à l'aide d'une brosse métallique ou d'un solvant approprié, afin d'enlever huile, vernis, asphalte et autres impuretés.

6.3. Vérification des soudures

6.3.1. Soudure bout à bout

Sauf mention contraire, toutes les vérifications des soudures se font selon EN 12732.

Le maître d'ouvrage a le droit d'enlever toutes les soudures déclarées inacceptables après contrôle.

6.3.1.1. Soudures des canalisations BP et MP A

Les soudures sont vérifiées par radiographie à 10% avec un minimum de 3 soudures par chantier.

La qualité des soudures circulaires doit satisfaire aux exigences mentionnées dans la norme EN 12732—Tableau G.1 pour l'exigence de qualité catégorie A.

6.3.1.2. Les soudures des canalisations MP C et MP B

Sont vérifiées statistiquement par radiographie. La qualité des soudures doit satisfaire aux exigences mentionnées dans la norme EN 12732—Tableau G.1 pour l'exigence de qualité catégorie C.

Chaque nouveau soudeur en possession d'un certificat, mais pas encore accepté par le maître d'ouvrage, débute par la phase a, les autres débutent par la phase b.

Phase a :

Pour tout soudeur débutant sur un chantier, un contrôle à 100 % sur au moins dix soudures consécutives sera exécuté.

Si toutes les soudures sont acceptables, on passe à la phase b.

Cependant, tout soudeur qui a mal exécuté trois soudures consécutivement ou qui, lors du contrôle des 5 soudures complémentaires, obtient 1 soudure inacceptable, doit être remplacé par l'exécutant.

Phase b :

Contrôle, par soudeur, de 1 soudure sur 10 (échantillonnage 10 %), tant que toutes les soudures sont acceptables.

Dès que l'on trouve une mauvaise soudure, on radiographie deux soudures de part et d'autre de la mauvaise soudure (toujours les soudures effectuées par le même soudeur).

Si ces quatre soudures sont bonnes, on continue le contrôle à 10 %.

Si une ou plusieurs parmi les quatre soudures sont mauvaises, on retourne au contrôle à 100 % suivant la phase a.

6.3.1.3. Canalisations posées dans des forages, dans ou près des ponts et non enterrées

Indépendamment de la classe de pression, les soudures de toutes ces canalisations sont contrôlées à 100 % visuellement et par radiographie.

L'interprétation du défaut est celle du tableau G1 de la norme EN 12732 en fonction de la classe de pression selon le tableau 1 de la catégorie d'exigence de qualité.

6.3.2. Soudure slip joint

Outre l'inspection visuelle, le maître d'ouvrage peut faire appliquer les méthodes d'essais suivantes sur une soudure arbitraire :

Toute soudure jugée inacceptable sera réparée ou éliminée.

a) — Contrôle par ressuage

Cette méthode est simple et efficace pour l'inspection des surfaces.

Les discontinuités de surface telles que fissures, porosités et autres défauts peuvent être révélées après traitement de la surface au moyen d'un fluide pénétrant.

b) — Contrôle magnétique

La polarisation d'un matériau ferromagnétique est particulièrement efficace pour mettre en évidence les défauts de surface.

Non seulement le défaut peut être facilement localisé, mais sa direction, sa longueur, sa forme, et dans une certaine mesure sa profondeur, peuvent être aussi analysées.

Il existe des appareils de magnétisation à courant alternatif ou continu et on peut utiliser de la poudre ferromagnétique sous forme sèche ou humide.

La méthode à appliquer est choisie en fonction du type de défauts recherchés, de la situation de la soudure et de la quantité à tester.

6.4. Réparation des mauvaises soudures

Toute soudure refusée sur base du contrôle visuel ou autre est réparée ou remplacée par une nouvelle partie de conduit par et au frais du maître d'ouvrage.

Si des réparations doivent être effectuées sur une longueur de plus de 20 % de la circonférence de la soudure (séparément ou en continu) cette soudure doit être éliminée et refaite.

La réparation de la soudure ne peut être effectuée que par un soudeur agréé pour la phase b suivant les modalités définies au paragraphe 7.0 de l'API 1104. Chacune de ces soudures est radiographiée au frais du maître d'ouvrage.

Une soudure ne peut être réparée qu'une fois. Au cas où cette réparation ne serait pas acceptée, la soudure devra être éliminée.

6.5. Changement de direction des conduites

Les changements de direction obtenus par modification de l'écartement sont interdits.

Les changements de direction des canalisations sont réalisés :

6.5.1. Soit par courbure élastique de grand rayon réalisée sur un assemblage de tuyaux

Le rayon de courbure est calculé en fonction du diamètre extérieur et du type d'acier utilisé en appliquant la formule :

$$R_{\min} = 206 \times \frac{S}{R_t \cdot 0,5} \times D$$

où :

S = coefficient de sécurité suivant DIN 2470 Teil 2 Tab 1 et est égale à 1,5 pour le type d'acier utilisé

$R_{t,0,5}$ = 235 N/mm²

R_{\min} = rayon de courbure minimal en mètre

Pour les D usuels, les résultats des calculs figurent dans le tableau.

DN	D en mm	R_{\min} en mètres
80	88,9	117
100	114,3	150
150	168,3	221
200	219,1	288
250	273,0	360
300	323,9	430
350	355,6	470
400	406,4	535
500	508,0	670
600	610,0	805
700	711,0	935
800	813,0	1070

6.5.2. Soit pour des angles inférieurs à 12° par longueur de tuyau: par cintrage à froid au moyen d'une machine agréée par le maître d'ouvrage.

Le rayon de courbure minimal est supérieur à 40 x D ext. et dans la zone déformée, la différence entre le diamètre max. et diamètre min. ne peut pas excéder 4 % du diamètre extérieur.

$$\frac{2 (D_{\max} - D_{\min})}{D_{\max} + D_{\min}} \leq 0,04$$

Des coups ou des plis dans la zone déformée ne sont pas admis.

Il faut prendre les précautions appropriées pour éviter d'endommager le revêtement lors du cintrage à froid.

6.5.3. Pour tous les autres cas, les changements de direction sont réalisés en intercalant par soudage des courbes préfabriquées ("courbes radio") du type "3D" ou "5D".

~~6.5.4. Si l'intérieur d'une courbe, après découpage, est de moins de 3 cm, le changement de direction peut être effectué par la coupe en biais et ajustage des tubes. Pour tous les autres cas, la coupe en biais des tubes est interdite.~~

~~6.6. Découpe de tuyaux et d'accessoires~~

~~Le découpage de tuyaux ou de courbes préfabriquées ne peut être effectué qu'au moyen d'une machine ou d'un chalumeau de capacité appropriée.~~

~~Après la coupe, il y a lieu d'enlever soigneusement toutes les bavures, gouttes de métal et/ou d'oxyde, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des tuyaux. Les extrémités sont de toute façon meulées.~~

~~Avant l'assemblage par soudure bout à bout, les extrémités découpées sont à nouveau chanfreinées.~~

7. ASSEMBLAGES NON SOUDES

Les assemblages par brides ou tout autre assemblage non soudé ne sont admis qu'exceptionnellement, entre autre pour le raccordement des pièces ou des appareils spéciaux. Les boulons et les joints utilisés à cet effet sont ceux mis à la disposition par le maître d'ouvrage.

Ces assemblages ne peuvent être effectués que par du personnel compétent.

Les boulons sont serrés comme indiqué en annexe 2.

8. ESSAIS

8.1. Dispositions générales

Tout le matériel et les appareils nécessaires pour effectuer les essais d'étanchéité et tous les accessoires utilisés pour les essais sont d'une classe de pression au moins égale à la pression d'essai. Ils sont fixés solidement afin que, si un accessoire cède malgré tout, les projections ne puissent blesser quelqu'un.

Les essais seront consignés dans un procès-verbal. Le PV est signé par le maître d'ouvrage et l'exécutant.

8.1.1. La totalité de la conduite fait l'objet d'un test d'étanchéité (+ un test de résistance pour la MP B et MP C).

8.1.2. Les épreuves d'étanchéité sont réalisées au moyen d'air comprimé ou de gaz inerte. L'addition de produits odorants ou corrosifs est interdite.

8.1.3. Avec des raccordements ou des connexions pré-filetés de bonne qualité, la conduite de mise sous pression est pourvu :

- d'une vanne d'arrêt prévu pour une pression de 10 bar pour des conduites BP et MP B et de 25 bar pour des conduites MP C;
- d'un manomètre à cadran de type "Bourdon" ou similaire, de classe 1,6 et pourvu d'un nombre suffisant de graduations ou d'un manomètre enregistreur de même précision. Les divisions de l'échelle correspondent au moins au dixième de bar (neuf traits entre chaque bar). Le manomètre est raccordé entre la vanne d'arrêt mentionné ci-dessus et la canalisation à éprouver.

Le maître d'ouvrage a le droit à tout moment de vérifier la précision du (des) manomètre(s) et d'exiger le remplacement immédiat d'un manomètre défectueux ou inexact. Le contrôle de la position zéro du manomètre est effectué par le maître d'ouvrage avant de mettre la conduite sous pression.

8.1.4. Avant la mise sous pression, il est vérifié une fois encore que :

- toutes les soudures sont suffisamment refroidies;
- tous les raccords et accessoires non soudés sont convenablement serrés et pourvus des joints nécessaires;
- la canalisation est correctement immobilisée aux endroits requis (en aucun cas à l'endroit des raccords à éprouver) de façon à éviter tout déplacement dangereux ou changement de direction par suite de la pression interne élevée à laquelle elle est soumise;
- le personnel se tient à l'écart.

Au cours de l'essai, seul le personnel chargé de la détection de fuites éventuelles peut se trouver dans la tranchée ou s'approcher de la conduite. Il ne peut en aucun cas se placer derrière un bouchon.

8.1.5. Les produits moussants doivent être approuvés par le maître d'ouvrage et exempts d'halogènes (non corrodant) (pe. TRISILON).

8.1.6. Les raccordements de la nouvelle canalisation sur la canalisation existante sont examinés à la pression de service au moyen d'un produit moussant.

8.2. Réalisation des essais

8.2.1. Canalisations BP

Avant leur mise en service, les canalisations sont soumises à un essai d'étanchéité sous une pression de 1 bar pendant au moins une heure, à partir du moment où cette pression est atteinte et stabilisée.

Le contrôle de l'étanchéité peut être réalisé au moyen des techniques suivantes:

- tous les joints sont contrôlés, un par un, soigneusement et sur toute leur périphérie, à l'aide d'un produit moussant. Chaque joint est accessible et visible sur tout le pourtour. Les joints se trouvant dans la tranchée sont bien dégagés.

Là où c'est nécessaire on utilise un miroir, de dimension suffisante pour l'examen complet des joints afin de permettre de détecter avec certitude la présence éventuelle de bulles au côté inférieur des connexions.

- l'étanchéité est contrôlée au moyen d'un manomètre. On utilise une méthode fonction du volume de l'installation et approuvé par le maître d'ouvrage.

La méthode doit présenter les mêmes garanties d'étanchéité et l'instrument de mesure doit être adapté à la pression d'essai et au type d'installation (par exemple: mesure de la pression différentielle avec réservoir de référence, installation enfouie ou non).

Durant les épreuves d'étanchéité, la pression indiquée par le manomètre doit rester constante.

Lorsque la longueur de la canalisation posée a une longueur inférieure à 100 m et que tous les joints et soudures peuvent être examinés au moyen d'un produit moussant, l'essai précité peut être remplacé par un contrôle d'étanchéité, à la pression de distribution du gaz.

En cas de doute, le délégué du maître d'ouvrage peut exiger un manomètre enregistreur ou encore procéder à un essai d'étanchéité complémentaire, à 50 mbar, au moyen d'un manomètre à eau (cf. point 8.2.4).

Une fois tous les joints contrôlés, l'air comprimé est évacué. Les précautions nécessaires sont prises durant la purge afin d'éviter les projections de terre, de pierres ou d'autres objets. On s'assure également que les personnes présentes sont suffisamment éloignées de la conduite et de la tranchée.

Les fuites sont réparées immédiatement.

Les joints soudés non étanches sont réparés par le ou les soudeurs de l'équipe qui les ont effectués (voir 6.5.). Aucune soudure ne peut être réparée par martelage du cordon.

Après réparation de toutes les fuites selon les règles de l'art, l'épreuve d'étanchéité est recommencée en respectant toutes les dispositions ci avant.

8.2.2. Canalisations MP de catégorie B

Epreuve combinée de résistance et d'étanchéité.

Les canalisations sont soumises à une pression de 7,5 bar pendant 6 heures à partir du moment où cette pression est atteinte et stabilisée.

8.2.3. Canalisations MP de catégorie C

Les canalisations en acier sont soumises à :

1. Un essai de résistance mécanique

A une pression de 22,5 bar pendant au moins 6 heures à partir du moment où cette pression est atteinte.

2. Un essai d'étanchéité

A une pression à 5 bar. La pression est maintenue dans la canalisation pendant :

- le temps nécessaire, avec un minimum d'1 heure, pour contrôler tous les joints sur tout leur pourtour avec un produit moussant adapté ;
- ou pendant au moins 6 heures si tous les joints ne peuvent pas être contrôlés au produit moussant.

Lors de l'essai d'étanchéité, le manomètre indique une pression constante.

Pour les essais MP B et MP C, toutes les pressions sont enregistrées et les courbes sont transmises au maître d'ouvrage après l'essai.

En cas de doute quant au maintien d'une pression constante, le maître d'ouvrage peut faire procéder à un essai d'étanchéité complémentaire, à 50 mbar, au moyen d'un manomètre à eau.

Pour la purge et les réparations éventuelles, cf. point 8.2.1.

- (1) pour les branchements, la durée du contrôle peut être limitée à 1 h.
- (2) contrôle au produit moussant ou par manomètre suivant le cas.
- (3) cet essai est facultatif.

8.3. Dossier de construction

Pour chaque chantier de pose, un dossier de construction doit être créé.

Il comportera au minimum les données suivantes :

Tuyau	Diamètre - épaisseur de paroi - type de matériau. Il peut être fait usage, à cet effet, des certificats de matériau.
Revêtement	Type de revêtement - rapport de contrôle de l'isolation - système de revêtement utilisé sur le chantier.
Soudure	Liste des soudeurs et de leur qualification. Procédures de soudage qualifiées utilisées. Nom de l'exécutant et du contrôleur. Rapports d'essais (à conserver aussi longtemps que la canalisation est en service), les films du contrôle radiographique (à conserver au minimum 5 ans). Repérage des soudures radiographiées sur un croquis coté. PV d'essais (voir 8.1.). PV de réception de l'essai du revêtement isolant.

Ce dossier doit être conservé aussi longtemps que la canalisation est en service.

9. PREPARATION DU RESEAU EN VUE DE LA PROTECTION CATHODIQUE

9.1. Généralités

La protection contre la corrosion et les courants vagabonds des canalisations en acier ne peut se faire d'une façon valable, techniquement et économiquement, que si les conditions suivantes sont remplies.

9.1.1. L'ensemble est isolé de la terre, des autres installations (câbles et conduites) et de toute autre structure mise ou susceptible d'être mise à la terre.

9.1.2. La continuité électrique de la canalisation à protéger est assurée sur toute sa longueur.

9.1.3. Un nombre suffisant de prises de potentiel permet les mesures et les contrôles.

9.2. Placement de la protection contre la corrosion

En général, l'exécutant prend toutes les dispositions afin de protéger les conduites et leurs accessoires contre tout défaut ou discontinuité d'isolement. Le revêtement isolant doit avoir, à tout endroit, une résistance au moins égale au revêtement original du tuyau.

Une réparation selon les règles de l'art du revêtement au niveau des soudures et accessoires peut se faire au moyen de bandes adhésives ou matériaux thermorétractables dans la mesure où cette réparation était spécifiée dans la commande. La pose doit se faire suivant les prescriptions du fournisseur.

9.3. Contacts avec des installations de tiers ou génie civil

Au voisinage de ces installations ou ouvrages, l'exécutant prend les précautions prévues au point 4.1.3. ci avant.

La conduite est soigneusement isolée, lorsqu'elle est placée dans ou sur des constructions en acier, béton, maçonnerie ou autres.

Dans les cas suivants, l'isolation est toujours doublée :

- En cas de passage dans de telles constructions, en plaçant une deuxième couche d'isolation au moins égale à la première;
- En cas d'accrochage ou de pose sur de telles constructions, en intercalant un isolant adéquat (ex. caoutchouc synthétique) entre la conduite et les supports.

La fixation de la conduite dans ou sur ces supports est telle que ni le revêtement ni le matériel d'isolation ne puissent glisser ou s'arracher.

9.4. Placement de joints isolants

Tout accessoire ou équipement qui ne peut pas être suffisamment isolé de la terre ou dont le revêtement risque de se dégrader dans le temps, est isolé de la conduite en acier au moyen de joints isolants.

Les joints isolants sont de préférence des manchons isolants à souder ou autres accessoires isolants précisés par le maître d'ouvrage.

9.4.1. Un joint isolant est placé

1. A chaque transition fonte-acier, un joint isolant est placé à la transition même, ou, en cas d'impossibilité, le plus près possible de celle-ci.
2. A chaque raccordement de client.
3. A l'entrée et à la sortie d'une cabine et, d'une manière générale, de part et d'autre de toute pièce qui n'est pas ou ne peut pas être correctement isolée de la terre.
4. A tout autre emplacement indiqué par le maître d'ouvrage.

9.5. Pontage de raccords non soudés

Tout appareil ou accessoire non monobloc ou inséré sans soudure dans la canalisation (brides, etc.) est ponté au moyen d'un conducteur isolé électriquement de section suffisante.

Le câble a une section minimale de :

- 16 mm² pour les conduites de diamètre nominal inférieur ou égal à 100 mm;
- 25 mm² pour les conduites de diamètre nominal compris entre 125 et 250 mm;
- 50 mm² pour les conduites de diamètre nominal supérieur à 250 mm.

A minimum 20 cm des brides, un plat en fer de 50 x 5 mm d'une longueur de 10 cm est soudé des deux côtés sur tout le périmètre de contact sur la conduite. Un câble est connecté sur ces plats par brasage ou par un autre moyen approuvé par le maître d'ouvrage.

Le câble isolé est ramené sans couper au niveau du sol dans un trappillon ou une borne de mesure.

La canalisation, le plat en fer et la connexion du câble sont ensuite nettoyés, séchés et soigneusement isolés.

9.6. Placement de prises de potentiel

Les prises de potentiel sont réalisées comme suit :

- Un câble isolé de 16 mm² au moins est fixé sur un plat de fer d'une longueur de 10 cm par brasage ou par un autre moyen accepté par le maître d'ouvrage (pe. brasage tendre du câble sur le tuyau).

- Le plat en fer, la zone de travail sur la canalisation, la connexion du câble et l'extrémité du câble sont nettoyés, séchés et soigneusement isolés.
- Le câble soigneusement isolé débouche sous un trappillon ou une borne de mesure en bordure de voirie.

Des prises de potentiel sont installées :

1. De part et d'autre d'un joint isolant.
2. A chaque pontage.
3. A chaque extrémité du réseau pour autant que cette fonction ne puisse être assurée par un tuyau de purge à proximité.
4. Sur les canalisations posées dans une gaine d'acier :
 - pour les gaines de moins de 20 m: une prise sur la gaine et une sur la canalisation à l'une des extrémités;
 - pour les gaines de plus de 20 m: une prise sur la gaine et une sur la canalisation à chaque extrémité.
5. Sur le tuyau dans une gaine en béton ou amiante-ciment :
 - pour des gaines de moins de 20 m : des prises sur une des extrémités ;
 - pour des gaines de plus de 20 m : des prises aux deux extrémités.
6. A la demande du maître d'ouvrage.

9.7. Emploi du balai électrique

L'isolation de la canalisation est contrôlée par le maître d'ouvrage à l'aide d'un balai électrique.

Ce contrôle est réalisé:

- hors sol, immédiatement avant la mise en fouille;
- dans la tranchée, au niveau des réparations du revêtement des raccordements soudés dans la tranchée et les endroits endommagés en les descendant.

L'essai est fait sous une tension minimale de 10 kV. Tout défaut est réparé par l'exécutant à ces frais.

9.8. Contrôle à la réception

Jusqu'à la date de la réception définitive, le maître d'ouvrage a le droit de :

1. d'effectuer un contrôle d'isolation sur l'ensemble des canalisations posées. La résistance d'isolement doit être au minimum égale à 15.000 ohm/m² de surface de contact entre la conduite et la terre. Si cette valeur n'est pas atteinte, il est nécessaire de rechercher les défauts d'isolation et de les réparer jusqu'à atteindre le niveau de 15.000 ohm/m².

2. de rechercher tout défaut d'isolation des canalisations ou accessoires posés, avec n'importe quel type de détecteur. Si un défaut détecté par ce moyen incombe à l'exécutant, tous les frais de fouille, de réparation, de remblayage et de pavage sont à la charge de ce dernier.

10. TRAVAUX SPECIAUX

10.1. Forages

Les prescriptions suivantes doivent être exécutées correctement et sans exception :

- a) Le diamètre intérieur de la gaine est toujours supérieur d'au moins 100 mm à celui de la canalisation.
- b) Les colliers-supports isolants, fournis par le maître d'ouvrage, sont montés sur la partie de la canalisation placée dans la gaine. La distance maximum entre colliers-supports est de 2,5 m. Le premier et le dernier sont posés à maximum 0,5 m des extrémités de la gaine.
- c) Les extrémités de la gaine sont obturées au moyen de manchettes en caoutchouc prévues spécialement à cet effet. Elles sont fixées autour de la canalisation et de la gaine par des colliers.
- d) Les gaines sont en acier nu ou en ciment à fibres.
- e) En cas de forage en voirie avec présence de câbles électriques, il faut déblayer complètement les câbles qui se trouvent dans le parcours de forage.

10.2. Protection au moyen de gaines

Des gaines sont également utilisées aux endroits où la conduite exige une protection spéciale.

Le maître d'ouvrage détermine le type de gaine à utiliser.

10.3. Raccordement de nouvelles conduites aux conduites existantes

Les indications pratiques pour la pose d'une nouvelle conduite au niveau du raccordement sur le réseau existant sont déterminées sur place. Pour ce faire, l'exécutant prendra contact avec le maître d'ouvrage au moment opportun.

Dans des conditions normales, le raccordement au réseau existant est exécuté par le maître d'ouvrage.

Toutefois ces travaux peuvent être assigné à l'exécutant qui les effectués sur les indications et sous la supervision du maître d'ouvrage.

Les travaux de fouilles et de pavage seront exécutés par l'exécutant.

10.4. Placement de vannes

Le placement de vannes consiste à :

1. adapter si nécessaire les tranchées à l'endroit où est placé la vanne ;
2. appliquer du mortier stabilisé (100 kg ciment pour 1 m³ de sable) d'une épaisseur de 10 cm comme support de la vanne ;
3. souder ou raccorder par moyen des brides de la vanne à la conduite ;
4. revêtir de matière isolante la zone de travail de la conduite ainsi que toute la vanne, selon la méthode de travail décrite à l'article 9.2 ;
5. fixer la broche à la longueur exacte ainsi que de placer la gaine de protection ;
6. au-dessus de chaque vanne, à la bonne hauteur, placer un pot de rue avec couvercle sur un socle en béton par le maître d'ouvrage.

10.5. Placement de conduites d'évacuation

Les conduites d'évacuation sont posées aux endroits indiqués par le maître d'ouvrage, tel que :

- avant ou après chaque vanne ;
- à l'extrémité de la conduite ;

Le placement des conduites d'évacuation consiste en :

1. adaptations nécessaires des tranchées à l'endroit de la conduite d'évacuation ;
2. construction de la conduite d'évacuation selon le plan du maître d'ouvrage avec le matériel mis à disposition par ce dernier ;
3. revêtement isolant de la zone de travail sur la conduite et la conduite d'évacuation ;
4. à la hauteur souhaité, placement d'un couvercle de rue sur un socle en béton, mis à disposition par le maître d'ouvrage.

10.6. Placement de siphons et ponceaux

Les siphons et ponceaux sont placés aux endroits indiqués par le maître d'ouvrage, entre autre :

- au point bas du réseau ;
- en bas des pentes lors de passage en dessous des obstacles (exemple: conduites d'égouts).

Le maître d'ouvrage peut demander l'approfondissement des tranchées afin d'éviter le placement d'un siphon ou d'un ponceau.

10.7. Nettoyage de la conduite

Après les essais, une brosse ou un racleur peut être passé dans la canalisation, jusqu'à élimination complète de tous les corps étrangers présents dans la conduite.

Si lors du nettoyage de la conduite une présence d'eau est constatée, la canalisation est éventuellement rincée au méthanol, après l'approbation du maître d'ouvrage.

ANNEXE 1

Contrôle des canalisations

Diamètre nominal DN en mm	Diamètre extérieur D		Longueur en m	Epaisseur de paroi nominale T en mm	Masse linéaire en kg/m
	mm	inch			
50	60,3	2	12/14	3,65	5,10
80	88,9	3	12/14	3,20	6,67
100	114,3	4	12/14	3,60	9,83
150	168,3	6	12/14	4,00	16,20
200	219,1	8	12/14	4,50	23,80
250	273,0	10	12/14	5,00	33,80
300	323,9	12	12/14	5,60	44,00
350	355,6	14	12/14	5,60	48,30
400	406,4	16	12/14	6,30	62,20
500	508,0	20	12/14	6,30	77,90
600	610,0	24	12/14	6,30	93,80
700	711,0	28	12/14	7,10	123,00
800	813,0	32	12/14	8,00	159,00

ANNEXE 2

SERRAGE DES BOULONS POUR ASSEMBLAGES PAR BRIDES

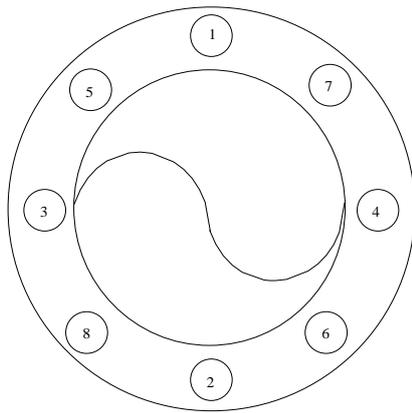


Fig. 1

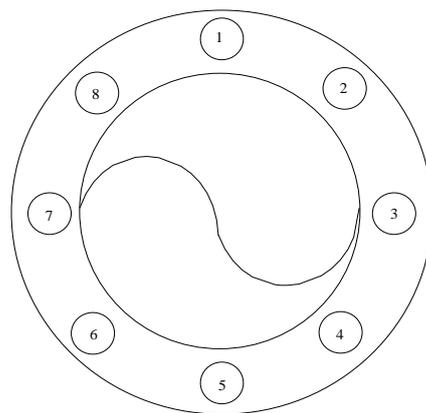


Fig. 2

- Phase 1. serrage diagonal à la moitié du couple maximal (Fig. 1)
- Phase 2. serrage diagonal au couple maximal (Fig. 1)
- Phase 3. serrage au couple maximal (Fig. 2)

Couple de serrage maximum pour boulons 8.8, avec un coefficient de frottement $\mu=0,14$ à 85 % de la limite d'élasticité

M 14 → 130 Nm

M 16 → 200 Nm

M 18 → 290 Nm

M 20 → 400 Nm

M 22 → 550 Nm