

Sur le procédé

ZPUM PI SYSTEM

Famille de produit/Procédé : Système de canalisations préisolées

Titulaire(s) : Société Zakład Produkcyjno Usługowy Miedzyrzecz Polskie Rury Preizolowane

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 14.1 - Equipements / Systèmes de canalisations pour le sanitaire et le génie climatique

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique 14.1/18-2280_V1 et fait l'objet d'aucune modification.	JAAFAR Walid	GIRON Philippe

Descripteur :

Procédé d'isolation thermique et de protection contre la corrosion externe de canalisations enterrées pour transport de fluide à distance utilisé en génie climatique et sanitaire.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Définition succincte.....	4
1.1.1.	Description succincte.....	4
1.1.2.	Identification.....	4
1.2.	AVIS.....	4
1.2.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.2.2.	Appréciation sur le procédé.....	4
1.2.3.	Prescriptions techniques.....	5
2.	Dossier Technique.....	6
2.1.	Mode de commercialisation.....	6
2.1.1.	Coordonnées.....	6
2.1.2.	Description.....	6
2.1.3.	Domaine d'emploi.....	6
2.1.4.	Assistance Technique et formation du Personnel.....	7
2.2.	Principe du procédé – Description des éléments fabriqués.....	7
2.2.1.	Principe du procédé.....	7
2.2.2.	Description des éléments fabriqués.....	7
2.2.3.	Systèmes d'alarme.....	8
2.3.	Définition des matériaux constitutifs.....	9
2.3.1.	Caractéristiques des constituants.....	9
2.4.	Certification.....	9
2.5.	Description de la mise en œuvre.....	9
2.5.1.	Conception du réseau.....	9
2.5.2.	Disposition de transport.....	10
2.5.3.	Dispositions de stockage.....	10
2.5.4.	Conditions de réparation/rebut.....	10
2.5.5.	Tranchées.....	10
2.5.6.	Assemblages – exécution.....	11
2.5.7.	Prise en compte des variations de température.....	11
2.5.8.	Exécution des points singuliers.....	12
2.5.9.	Essais – Contrôles.....	13
2.6.	Résultats expérimentaux.....	13
2.7.	Références.....	14
2.7.1.	Données Environnementales.....	14
2.7.2.	Autres références.....	14
2.8.	Annexe du Dossier Technique.....	15
2.8.1.	Description du processus de fabrication.....	15
2.8.2.	Dimensions des tubes.....	16

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Procédé d'isolation thermique et de protection contre la corrosion externe de canalisations enterrées pour transport de fluide à distance.

L'élément de canalisation (tube, coude, té, etc ...) est isolé par de la mousse en polyuréthane injectée entre l'élément lui-même et une gaine extérieure en polyéthylène. L'isolation thermique et la protection contre la corrosion externe sont reconstituées au droit des assemblages par injection de mousse de polyuréthane et par mise en place de manchon.

Les tubes caloporteurs sont en acier noir de DN 20 au DN 1200, ou en acier inoxydable (316 ou 304) de DN 20 au DN 1200, ou en acier galvanisé de DN 20 au DN 300 et fabriqués sur mesure pour les diamètres supérieurs à DN 300.

1.1.2. Identification

Les éléments du procédé sont identifiables par un marquage conforme à la norme NF EN 253 et au référentiel de certification et comprenant notamment sur la gaine extérieure en polyéthylène :

- l'identification du titulaire,
- un identifiant de l'usine de production.

1.2. AVIS

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Système de canalisations préisolées enterrées pour le transport de fluide à distance.

Protection contre la corrosion externe et isolation thermique de canalisations de transport de fluides utilisés en génie climatique et sanitaire, à savoir :

- eau chaude et froide sanitaire,
- eau chaude,
- eau de chauffage.
- Les limites d'utilisation dépendent du tube caloporteur. Elles sont:
- tube acier noir : 140 °C,
- tube acier galvanisé : 60 °C.

La température ne peut pas excéder 120 °C d'eau surchauffée ou de vapeur d'eau conformément à l'arrêté du 8 août 2013 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de vapeur d'eau ou d'eau surchauffée.

Pour les températures d'utilisation comprises entre 120 °C et 140 °C, le fabricant justifie de la durée de la mousse pour la durée de vie considérée. La méthode de justification est indiquée dans la norme NF EN 253.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autre qualités d'aptitude à l'emploi

Les éléments du procédé ainsi que leur mise en œuvre permettent la réalisation de réseaux doivent être conformes à la réglementation, telle que :

- arrêté du 8 août 2013 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de vapeur d'eau ou de surchauffée,
- arrêté du 21 décembre 2019 relatif à la réglementation des canalisations d'usines
- Directive européenne n°2014/68/UE du 15/05/14 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché des équipements sous pression (refonte).

Isolation thermique

Les pertes calorifiques peuvent être appréciées lors de la conception du réseau.

Protection contre la corrosion externe

Le procédé peut être employé quel que soit le terrain. L'étanchéité contre les pénétrations externes d'eau est assurée par la conception des éléments (pièces préfabriquées et raccords d'isolation et d'étanchéité).

Résistance aux effets de surcharge

La conception du procédé prévoit les dispositions à prendre.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle est normalement assurée, s'agissant de travaux de canalisations traditionnels. Pour la manipulation des produits d'isolation (polyol et isocyanate), des précautions d'emploi sont à prendre et sont rappelées sur tous les emballages des produits.

Données environnementales

Le système ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du système.

Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2.2. Durabilité Entretien

Mis en œuvre comme il est prévu, pour le domaine d'emploi accepté, les éléments constitutifs du procédé présentent une durabilité compatible avec la durée de vie des installations desservies par ces réseaux.

Compte tenu de la nature des tubes caloporteurs définis dans le Dossier Technique et de la nature des fluides pouvant être véhiculés, les problèmes de corrosion interne n'ont pas été abordés. Le respect des documents normatifs existants concernant ces problèmes est du ressort de l'utilisateur.

1.2.2.3. Fabrication – Contrôle

Cet Avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique Etabli par le Demandeur (DTED).

1.2.2.4. Mise en œuvre

La mise en œuvre doit être effectuée par un professionnel qualifié. Le personnel de pose a reçu une formation de la part du demandeur, sanctionnée par un certificat de qualification.

Il est remis au poseur et au maître d'œuvre un document indiquant dans le détail les recommandations de pose (manuel de pose), de manutention et de stockage des éléments. Les instructions de ce document doivent être scrupuleusement respectées.

Le demandeur fournit également une assistance technique qui comprend :

- étude détaillée, vérification et approbation des plans de l'installation,
- la conception et le calcul des réseaux,
- sur demande la réalisation des raccords d'isolation et d'étanchéité.

1.2.3. Prescriptions techniques

La mise en œuvre du procédé devra être réalisée conformément aux manuels de montage du fabricant incluant le document « Manual of execution and take over » de ZPUM. Ces manuels devront porter le numéro de l'Avis Technique et rappeler qu'ils tiennent lieu de prescriptions Techniques de mise en œuvre du présent Avis. Le Groupe Spécialisé devra être informé de toute modification apportée à ces manuels.

La vérification de l'autocontrôle par le CSTB conformément au référentiel de certification, à la charge du titulaire, sera réalisée en usine une fois par an.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

- Désignation commerciale du procédé : zpum pi system
- Nom et adresse du fabricant :
ZPU Miedzyrzecz Sp. z o o
Ul. Zakaszewskiego 4
PL-66300 MIEDZYRZECZ

2.1.2. Description

Procédé destiné à la réalisation de réseaux de distribution d'eau chaude et froide sanitaire.

L'élément de canalisation (tube, coude, té, etc ...) est isolé par de la mousse en polyuréthane injectée entre l'élément lui-même et une gaine extérieure en polyéthylène. L'isolation thermique et la protection contre la corrosion externe sont reconstituées au droit des assemblages par injection de mousse de polyuréthane et par mise en place de manchon.

Les tubes caloporteurs sont en acier noir de DN 20 au DN 1200, ou en acier inoxydable (316 ou 304) de DN 20 au DN 1200, ou en acier galvanisé de DN 20 au DN 300 et fabriqués sur mesure pour les diamètres supérieurs à DN300

2.1.3. Domaine d'emploi

Emplois pour lesquels est demandé l'Avis

Système de canalisations préisolées enterrées pour le transport de fluide à distance.

Protection contre la corrosion externe et isolation thermique de canalisations de transport de fluides utilisés en génie climatique et sanitaire, à savoir :

- eau chaude et froide sanitaire,
- eau chaude,
- eau de chauffage.

Les limites d'utilisation dépendent du tube caloporteur. Elles sont :

- tube acier noir : 140 °C,
- tube acier galvanisé : 60 °C.

La température ne peut pas excéder 120 °C d'eau surchauffée ou de vapeur d'eau conformément à l'arrêté du 8 août 2013 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de vapeur d'eau ou d'eau surchauffée.

Pour les températures d'utilisation comprises entre 120 °C et 140 °C, le fabricant justifie de la durée de la mousse pour la durée de vie considérée. La méthode de justification est indiquée dans la norme NF EN 253.

Températures limites fluide véhiculé

Les limites d'utilisation dépendent du tube caloporteur:

- tube préisolé acier noir : 140 °C,
- tube préisolé acier galvanisé : 60 °C.

Limites d'emplois

Le procédé peut être mis en œuvre par tous temps, sous réserve d'avoir une protection adéquate et que la température extérieure reste inférieure à 60°C. Dans le cas de température négative, des précautions de préchauffage doivent être prises.

Hormis cette restriction, le procédé peut être utilisé quel que soit le type de terrain et quelle que soit sa configuration (pentes...). Des précautions particulières sont toutefois à prendre dans les cas suivants :

- Traversée de route :
Selon les dispositions techniques du C.C.T.G. Travaux (cahier des clauses techniques générales) ainsi que des prescriptions suivantes :
 - Recouvrement sur la génératrice supérieure de 0,80 m minimum sous le revêtement routier.
 - En dessous de cette valeur, protection mécanique par dalles en béton armé.
Ces dispositions sont suffisantes pour assurer la protection du réseau sous les charges normales de service.
 - Traversée de rivière, présence d'une nappe phréatique ou risque de cheminement d'eau par la tranchée :
Une attention particulière doit être apportée par le ou les exécutants à la réalisation et à la vérification des raccords d'isolation et étanchéité.
 - Présence d'obstacles ou d'autres canalisations :
Une distance de 0,25 m minimum devra toujours être ménagée entre le tube extérieur en PE et un obstacle ou une autre canalisation le croisant. La distance minimale doit dans tous les cas respecter la norme en vigueur relative à la canalisation ou à l'obstacle en objet.

2.1.4. Assistance Technique et formation du Personnel

La Société ZPUM garantit, par sous-traitance, la formation du personnel de pose en termes de raccordement et d'isolation à travers la société ATERM TUBES. Cette formation est validée par un certificat de qualification. Son renouvellement est annuel et est effectué par le titulaire.

Le contenu de la formation du personnel de pose et la procédure de qualification et de son renouvellement doivent être conformes aux exigences du référentiel de certification QB 19 (cf. paragraphe 5).

La Société dispose du personnel compétent et des outils nécessaires à cette assistance technique.

L'assistance technique fournie par la Société ATERM TUBES comprend :

- étude détaillée, vérification et approbation des plans de l'installation ;
- conception et calcul des réseaux ;
- sur demande, la pose des réseaux, la réalisation des raccords d'isolation et d'étanchéité.

2.2. Principe du procédé – Description des éléments fabriqués

2.2.1. Principe du procédé

Le principe du procédé est :

- La protection de la canalisation en service par une gaine étanche, réalisée en polyéthylène.
- L'isolation thermique par une mousse de polyuréthane entre la gaine et le tube. Pour les éléments préfabriqués, cette mousse est en place sur les éléments en usine. Pour la réalisation des raccords d'isolation, elle est à mettre en œuvre sur le chantier. L'isolation de ces raccords se fait avec de la mousse de polyuréthane.

Le tube à protéger, la mousse de polyuréthane et le tube de polyéthylène forment un ensemble monobloc. Le procédé est dit "bloqué" ou "lié".

2.2.2. Description des éléments fabriqués

2.2.2.1. Liste des éléments préfabriqués et des accessoires

Sont préfabriqués en usine les éléments suivants :

- longueurs droites (monotube et bitube),
- tubes courbes,
- coudes,
- tés et branchements,
- vannes,
- réductions,
- points fixes préfabriqués,
- compensateurs/coussins de dilatation,
- robinetterie préisolée.

Les accessoires suivants peuvent être nécessaires pour la réalisation d'un réseau :

- manchons thermorétractables,
- manchons à bande électrosoudable,
- manchons de fin de ligne,
- joint d'étanchéité mural,
- coussins de dilatation,
- coiffe de protection de l'isolant,
- kit d'isolation avec système d'alarme.

2.2.2.2. Description de ces éléments

La longueur dégagée est de 150 mm pour les diamètres ≤ 200 mm et de 200 mm pour les diamètres supérieurs.

Longueurs droites

Les longueurs droites sont livrées en éléments de 6, 12 et 16 m suivant le diamètre et la nature du tube caloporteur.

La gamme de monotubes est de DN 20 à DN 1200.

La gamme des bitubes est DN 20 - DN 200.

Monotubes : Tubes acier noir, acier galvanisé et acier inoxydable (cf. *tableau 1*).

Bitubes : Tubes acier noir et acier galvanisé et (cf. *tableau 2*).

Les épaisseurs minimales des gaines sont conformes à la norme NF EN 253.

Les épaisseurs minimales des enveloppes extérieures sont conformes à la norme NF EN 253.

Tubes courbés

Les tubes courbés, pour monotubes ou bitubes, sont des longueurs droites cintrés. Le rayon de courbures est défini sur demande.

Les épaisseurs minimales des enveloppes extérieures doivent être conformes à la norme NF EN 253.

Manchons de raccordement

Les manchons doivent être conformes à la norme NF EN 489.

Deux types de manchons peuvent être utilisés :

- manchon thermorétractable (a),
 - manchon à bande électrosoudable (b).
- a. Manchon thermorétractable :
Le manchon thermo rétractable (double étanchéité) est en forme de tube en PEHD thermorétractable étanché avec colliers thermorétractables. Il comprend deux bandes d'étanchéité et un manchon en forme de tube PEHD thermorétractable réticulé, deux bandes thermo rétractable. Les bouchons de fermeture sont de type à souder.
- b. Manchon électrosoudable :
Manchon enroulé électrosoudable et manchon électrosoudable thermorétractable.

Réduction

Ils sont préfabriqués.

Ils doivent être conformes à la norme NF EN 448.

Les réductions sont produites dans toutes les configurations de diamètres.

Ces pièces, pour les réductions destinées aux tubes simples, vont du DN 20 au DN 600 et fabriqués sur mesure pour des diamètres supérieurs à DN 600. Pour les réductions destinées aux bitubes, les diamètres vont du DN 20 au DN 250.

Coudes

Ils sont préfabriqués.

Ils doivent être conformes à la norme NF EN 448.

Ils sont utilisables pour les DN 20 au DN 600 et fabriqués sur mesure pour des diamètres supérieurs à DN 600 pour les tubes simples, et du DN 20 au DN 250 pour les bitubes.

Les angles standards sont 15°, 30°, 45°, 60°, 75° et 90°.

Les coudes hors standard peuvent être réalisés sur demande de 5 à 90°.

Tés ou branchements

Ils sont préfabriqués.

Ils doivent être conformes à la norme NF EN 448.

Toutes les combinaisons de diamètre entre la branche principale et la branche de départ sont possibles. Ils sont à embranchement coudé à 45° ou à embranchement parallèle.

Points fixes

Ils sont préfabriqués en usine.

La plaque d'acier est calculée pour que la contrainte sur les soudures soit maintenue dans des limites acceptables.

Passages de murs/traversée de cloisons

Pour anneau en caoutchouc: DN 20 à DN 1000

Pour adaptateur de tube de protection sans dérivation: DN 20 à DN 80, mais peut être fabriqué dans différents diamètres, après accord entre le titulaire et le donneur d'ordre.

Ils sont utilisés pour une traversée de mur ou une entrée de bâtiment afin d'obtenir l'étanchéité à l'eau sans bloquer la dilatation. Ils sont constitués d'un joint en néoprène ou d'une manchette de traversée.

Terminaisons de réseaux

Ces éléments peuvent être utilisés pour terminer provisoirement une installation. Après avoir fermé l'extrémité du tube caloporteur, un manchon est mis en place. Le raccordement se fait comme pour une longueur droite.

Coiffe de protection

Il protège l'isolation des tubes dans les bâtiments et dans les chambres de vannes.

Coussins de dilatation

Ils sont utilisés pour reprendre la dilatation dans les changements de direction.

Les coussins de dilatation sont décrits dans le § 5.5 de la norme NF EN 13941:2010.

Éléments de robinetterie préisolés

Ils doivent être conformes à la norme NF EN 488.

Les exigences générales, le marquage et la documentation relatifs à ces robinets sont décrits dans le § 5.6 de la norme NF EN 13941 : 2010.

2.2.3. Systèmes d'alarme

Tous les éléments préisolés sont équipés de système d'alarme permettant la détection de fuites (systèmes Brandes ou Nordic ou autre) selon indication du donneur d'ordre.

2.3. Définition des matériaux constitutifs

2.3.1. Caractéristiques des constituants

2.3.1.1. Tubes véhiculant le fluide caloporteur

Les tubes véhiculant le fluide caloporteur sont soit acier noir, soit en acier galvanisé soit en acier inoxydable (cf. *tableau 1*). Les conditions techniques de livraison du tube de service doivent être conformes à la norme NF EN 13941 :2010 (tableau 5 du § 5.2.2). Les tubes caloporteurs utilisés en fabrication courante sont conformes aux normes françaises suivantes ou équivalentes :

- Tubes acier noirs :
NF EN 10216-2 - Tubes sans soudure en acier pour service sous pression – Conditions techniques de livraison – Partie 2 : tubes en aciers allié et non allié avec caractéristiques spécifiées à température élevée.
NF EN 10217-2 - Tubes sans soudure en acier pour service sous pression – Conditions techniques de livraison – Partie 2 : tubes soudés électriquement en aciers allié et non allié avec caractéristiques spécifiées à température élevée.
NF EN 10217-5 - Tubes soudés en acier pour applications sous pression – Conditions techniques de livraison – Partie 5 : tubes soudés à l'arc immergé sous flux de poudre en acier allié et non allié avec caractéristiques spécifiées à haute température.
NF EN 10255 - Tubes sans soudure filetables finis à chaud.
NF A 49-250 - Tubes soudés à extrémités lisses du commerce pour usages généraux à moyenne pression.
NF A 49-250 - Tubes soudés à extrémités lisses du commerce avec ou sans conditions particulières de livraison.
- Tubes acier galvanisés :
NF EN 10255 - Tubes sans soudure filetables finis à chaud.
EN ISO 1461 - Revêtements par galvanisation à chaud des produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essais.
- Tube acier inoxydables :
NF EN 10088-1 - Aciers inoxydables - Partie 1 : liste des aciers inoxydables.

2.3.1.2. Isolant : mousse de polyuréthane

Mousse rigide de polyuréthane dont l'agent d'expansion est le cyclopentane.

Caractéristiques :

- Masse volumique : $\geq 55 \text{ kg/m}^3$;
- coefficient de conductibilité à 50 °C : $\leq 0,029 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- résistance à la compression : $\geq 0,30 \text{ MPa}$ (norme ISO 844) ;
- % de cellules fermées : minimum 88 % ;
- absorption 4 % eau bouillante après 90 min.

Les caractéristiques de la mousse doivent être conformes à la norme NF EN 253.

Des fiches de données de sécurité (FDS) sur les composants de la mousse sont disponibles.

2.3.1.3. Enveloppe de protection des éléments : tube en polyéthylène

Les caractéristiques des tubes en polyéthylène sont conformes à la norme NF EN 253.

- Masse volumique $\geq 945 \text{ kg/m}^3$.
- limite de l'élasticité $\geq 19 \text{ MPa}$.
- allongement à la rupture $\geq 350 \%$.
- facteur de conductivité thermique $\lambda_{50} > 0,43 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

La surface interne des tubes en polyéthylène (PEHD) est traitée par système CORONA afin d'améliorer l'adhérence de la mousse de polyuréthane (PUR).

2.4. Certification

Le procédé fait l'objet de la certification QB 19.

2.5. Description de la mise en œuvre

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au manuel de montage de la société titulaire ZPUM. Pour la pose en caniveau, les spécifications du DTU 65-9 doivent être respectées.

2.5.1. Conception du réseau

La norme européenne EN 13941 spécifie les règles de conception, de calcul et d'installation de systèmes bloqués de tuyaux préisolés pour réseaux enterrés de distribution et de transmission d'eau chaude avec des tuyaux conformes à l'EN 253.

Les documents relatifs à la conception sont décrits dans le §4.5 de la norme.

Le projet de réseau est déterminé à partir de l'implantation géographique possible, des diamètres de chaque tronçon et de la température de fonctionnement. A partir de ces données, un plan est établi et soumis au donneur d'ordre pour accord ou observation.

Par ailleurs, l'emplacement et le dimensionnement des dispositifs prévus pour limiter les contraintes dans les longueurs droites sont déterminés par le titulaire. Toutefois, dans tous les cas, le réseau sera calculé pour que la contrainte axiale dans le tube caloporteur ne dépasse pas 90% de la limite élastique à la température considérée. Les calculs doivent prendre en compte la profondeur d'enfouissement et la nature du terrain.

L'implantation sur le site doit être conforme au plan de tracé. Dans le cas de modifications indispensables, il importe que ces changements soient soumis et autorisés par la société ZPUM, seule qualifiée à les approuver.

En outre, toute modification du réseau devra être réalisée à l'aide d'éléments appropriés.

2.5.2. Disposition de transport

Lors du transport, les tubes peuvent être empilés les uns sur les autres.

Les manutentions brutales, les flèches importantes, les ballants, ainsi que tout contact avec des pièces métalliques comportant des angles vifs sont à proscrire.

Le déchargement brutal des éléments sur le sol est interdit.

La manutention au palan se fera en utilisant comme élingues de larges sangles ou des haubans. L'emploi de câbles ou de chaînes est interdit.

Il convient que les extrémités des tuyaux en acier soient bouchées et de protéger la protection PUR de toute pénétration d'humidité.

Afin d'éviter tout risque de détérioration, les tubes doivent toujours être portés et non traînés sur le sol ou contre des objets durs.

Les tuyaux préisolés ne doivent pas être transportés lorsque la température est inférieure à - 15 °C.

2.5.3. Dispositions de stockage

Pour les chantiers importants, il est nécessaire de prévoir et de préparer un parc de stockage. L'aire de stockage doit être débarrassée des grosses pierres ou autres objets qui pourraient endommager les éléments.

Le gerbage des éléments droits peut être fait jusqu'à une hauteur de deux mètres, sur un sol sec et uni. Le calage latéral doit être effectué sur parois continues et lisses.

Les éléments droits peuvent être stockés à l'extérieur à condition que leurs extrémités soient obturées et ne se trouvent pas dans l'eau.

L'aire de stockage doit être à l'abri de tout risque d'inondation.

Les raccords et les accessoires doivent être stockés sur des madriers ou des palettes en bois, si possible sous abri et au sec.

Les composants liquides de la mousse doivent être stockés à l'abri des rayons directs du soleil et à température comprise entre 15 et 30 °C.

Les manchons thermorétractables doivent être stockés verticalement et ne doivent pas être exposés aux rayons directs du soleil dans le cas où ils n'ont pas de protection.

2.5.4. Conditions de réparation/rebut

Dans le cas où l'enveloppe PE d'une longueur droite est percée ou a reçu un choc, la partie endommagée de celle-ci doit être sectionnée, ou réparée à l'aide d'un joint d'étanchéité. Dans le cas contraire, par exemple lorsque la longueur de la gaine abîmée est supérieure à celle du joint d'étanchéité, le tube endommagé ne peut pas être réparé. Il doit alors être mis au rebut.

Dans le cas où le tube ait séjourné dans l'eau et que la mousse du tube ait absorbé l'humidité, il faut sectionner le tube pour enlever la partie humide. Dans le cas contraire, le tube doit être mis au rebut.

2.5.5. Tranchées

La mise en œuvre dans les tranchées doit être conforme aux règles de l'art définies notamment dans le fascicule 71 du C.C.T.G ainsi qu'aux prescriptions suivantes.

La norme NF EN 13941 fixe des exigences concernant l'excavation de la tranchée du tuyau (§ 7.3) et le remblayage de la tranchée (§ 7.8). Dans le cas où les tuyaux pré-isolés devraient être placés dans des lieux exposés à une charge dynamique (excédant 5,0 t/axe), et si l'épaisseur de la couverture de la conduite ne dépasse pas les 500 mm, des plaques de béton armé doivent s'y trouver, à une hauteur d'au moins 300 mm au-dessus de la surface des conduites ; ou bien les conduites doivent être placées dans des tubes de cuvelage adaptés à la charge anticipée.

Les espacements entre et autour des canalisations seront conformes au manuel de pose. La hauteur minimale de recouvrement est de 500 mm. La cote à considérer pour la profondeur de tranchées des canalisations principales doit être telle qu'elle permette le respect des valeurs minimales de recouvrement compte tenu de la surélévation au niveau des piquages.

Aux emplacements de soudure de la conduite, des niches sont prévues pour effectuer les différents travaux (soudure, isolation). La distance entre le tuyau et la paroi de la coupe doit être d'au moins 60 cm, et la distance entre le tuyau et le fond de la coupe doit être d'au moins 70 cm.

Avant de recouvrir les conduites, il est nécessaire de créer des couches de dilatation dans les dites zones de compensation, de créer des zones de compensation dans les endroits où l'on trouve des éléments de compensation, des embranchements, des coudes, des réductions. Il est également nécessaire de vérifier la symétrie axiale du tube et de vérifier la conformité du dénivelé du tube avec le projet.

Le remblayage autour et au-dessus des canalisations se fait par du sable jusqu'à 10 cm au-dessus de la canalisation. Ensuite la fouille est remblayée avec le matériel excavé. Il est nécessaire après cette opération, de mettre en place une bande d'avertissement environ 30 cm au-dessus de la conduite.

2.5.6. Assemblages – exécution

2.5.6.1. Longueurs maximales admissibles

Ce sont les longueurs maximales LM, distance au point fixe à l'organe de reprise de dilatation (coude, lyre, compensateur).

Ces longueurs dépendent des paramètres suivants :

- diamètre et épaisseur du tube acier et diamètre extérieur de la gaine,
- température de fonctionnement,
- profondeur d'enfouissement,
- nature du terrain.

Elles sont limitées par la contrainte maximale de référence (celle-ci dépend de la nuance d'acier mis en œuvre).

2.5.6.2. Calcul des lyres

Les dimensions des lyres et baïonnettes sont calculées par le titulaire.

2.5.6.3. Points fixes

Les dimensions minimales des massifs en béton dépendant de la nature et de la configuration du terrain sont déterminées par des services techniques du distributeur et font l'objet d'un plan. Il est rappelé que, dans tous les cas de figure, ces massifs doivent toujours s'ancrer dans le sol non remanié ; si impossible, en référer aux services techniques du distributeur.

2.5.6.4. Parties courantes

Soudures

Les exigences minimales de soudage sont définies dans le § 7.5 de la norme NF EN 13941.

Les manchons thermorétractables doivent être mis en place sur le tube avant la soudure.

Les assemblages des tubes caloporteurs sont réalisés conformément aux règles de l'art.

Les assemblages doivent se dérouler sous la supervision constante du concepteur du réseau concerné et de l'ingénierie. Son exécution doit être autorisée par le titulaire. Il convient que les soudeurs aient toujours un certificat de formation valide selon l'EN 287-1 et le paragraphe 1.3 de ce présent document.

Epreuves

Les épreuves sont destinées à vérifier l'étanchéité des assemblages.

Pour réaliser ces épreuves, les canalisations sont remplies d'eau et une pression égale à 1,5 fois la pression de service avec un minimum de 6 bars est appliquée. Il est recommandé en fin d'exécution des soudures, de procéder à une épreuve hydraulique générale, de sorte que tous les assemblages puissent être simultanément vérifiés.

Dans certains cas, il est possible de réaliser l'isolation des assemblages avant l'épreuve hydraulique à condition que chaque soudure ait été radiographiée auparavant.

Les essais non destructifs des soudures sont décrits dans le § 7.5.7.5 de la norme NF EN 13941.

Réalisation des assemblages

L'assemblage du tube de protection en polyéthylène et l'isolation des joints doivent être effectués conformément aux exigences de l'EN 489.

L'isolation et la reconstitution de la protection contre la corrosion externe sera réalisée au moyen des manchons définis dans le paragraphe 2.5. Les instructions contenues dans le manuel de montage sont à respecter scrupuleusement.

L'isolation doit être réalisée par remplissage de mousse polyuréthane.

Autres assemblages

Les pièces préfabriquées s'assemblent comme des longueurs droites.

Faibles changements de direction

Il est possible de jouer sur les tolérances d'alignement au niveau du manchon pour réaliser des courbures à grand rayon. La déviation angulaire maximale autorisée est de 2°.

2.5.7. Prise en compte des variations de température

Les variations de température se traduisent par des dilatations ou des mises en contrainte du réseau. Les dispositifs pour permettre ces dilatations et limiter les contraintes dans le réseau doivent être prévus dès la conception de celui-ci. Ils doivent être tels que, dans tous les cas la contrainte axiale dans le tube caloporteur ne dépasse pas 90% de la limite élastique à la température considérée. Les calculs doivent prendre en compte la profondeur d'enfouissement et la nature du terrain.

Les composants appropriés prévus sur le plan doivent être utilisés et les règles de pose respectées.

En fonction du tracé du réseau et des conditions de service, plusieurs types de pose peuvent être utilisés.

2.5.7.1. Méthode de pose : installation à froid

Cette méthode est conseillée dans le cas de parties rectilignes très longues et avec des installations de chauffage urbain aux températures d'exercice maximales de 90 °-100 °C.

Lors de l'utilisation de ces techniques, les coudes en onglet et les écarts angulaires faibles ne doivent pas être utilisés. La méthode consiste en une simple installation, qui permet de fermer rapidement les excavations, qui requiert un nombre limité de reprises de dilatation et ne nécessite pas de précontrainte. Par contre la tuyauterie s'avère sujette au stress et aux mouvements élevés, et pour cette raison il peut être nécessaire de réaliser des regards aux extrémités, de contenir au minimum les déviations angulaires et d'utiliser les dérivations.

Avec cette méthode on utilise l'acier dans le champ de déformation plastique, acceptant des petites déformations restantes.

2.5.7.2. Méthode de pose : compensation naturelle

Cette méthode utilise les déviations angulaires à 90° pour limiter la contrainte dans les canalisations.

Si des changements de direction sont présents sur le tracé, cette méthode permet de limiter la contrainte dans le tube ; par contre la méthode a des coûts élevés relatifs aux coudes, et des mouvements élevés du tube qui n'est jamais totalement bloqué.

Pour limiter la contrainte axiale dans le tube droit, la distance entre deux éléments de compensation (coude, lyre, baïonnettes) ne doit pas dépasser le double des longueurs maximales.

Ces longueurs dépendent des paramètres suivants :

- Diamètre et épaisseur du tube acier et diamètre extérieur de la gaine.
- Profondeur d'enfouissement.

Les dimensions des lyres et baïonnettes, la longueur et l'épaisseur des coussins sont calculées par la société ZPUM.

2.5.7.3. Méthode de pose : précontrainte thermique à tranchée ouverte

La précontrainte thermique est utilisée pour des installations avec des tracés rectilignes très longs et avec des températures d'exercice supérieures à 90 °C.

Les points forts de cette méthode sont la possibilité d'avoir de longues sections de tubes bloquées et des dilatations limitées aux extrémités.

Les conduites sont préchauffées à une température moyenne prédéterminée; il faut vérifier que les tuyaux atteignent la longueur de dilatation théorique.

2.5.7.4. Méthode de pose : précontrainte thermique à tranchée fermée avec compensateur axiaux préisolés

Cette méthode est conseillée pour des installations avec des tracés rectilignes très longs et avec des températures d'exercice supérieures à 90 °C.

Elle présente les mêmes avantages que la méthode de précontrainte à tranchée ouverte, et elle consent en plus la fermeture de l'excavation à l'exception des fosses correspondant aux compensateurs.

Par contre il y a des coûts additionnels relatifs aux compensateurs et à la nécessité de préparer des zones d'expansion.

Les compensateurs sont fournis ouverts ; successivement ils sont fermés selon la mesure indiquée par les services techniques de ZPUM, puis installés; le raccordement se fait de la même façon qu'une longueur droite.

Lorsque le réseau présente un rayon de courbure, il faut installer de part et d'autre du compensateur au moins 12 m de longueur droite.

La mise en température ne doit intervenir que lorsque :

- Le remblai est effectué,
- Le béton des éventuels points fixes a fait sa prise.

2.5.7.5. Méthode de pose : précontrainte thermique à tranchée fermée

Cette méthode est équivalente sur le plan conceptuel et pratique à la précédente; la fréquence et les fermetures coïncident avec celles de la méthode précédente.

Elle présente donc les mêmes avantages et inconvénients et permet en plus l'économie du coût des compensateurs axiaux préisolés. D'autre part il faut prendre en compte les coûts supplémentaires liés à la précontrainte électrique des tuyaux et une précision d'installation importante dans la pose.

2.5.7.6. Méthode de pose : compensation avec réducteurs de tension

Cette méthode est particulièrement indiquée dans les installations de dimensions considérables en milieu urbain. Cette méthode a pour avantages la procédure d'installation simple et la conséquente rapide fermeture des tranchées ; et il n'y a pas de coûts additionnels pour la technique de précontrainte.

Il faut cependant prendre en compte le coût important des matériels nécessaires pour la compensation et la non-aptitude pour des installations qui manquent de régulation de température sur l'aller et sur le retour.

2.5.8. Exécution des points singuliers

Les points singuliers considérés sont :

- piquages, branchements,
- réductions,
- points fixes,
- changements de réduction,
- traversées, croisements et parallélismes,

- entrées de bâtiments - traversées de murs,
- chambres de dilatation - chambres de vannes,
- raccordement avec d'autres systèmes.

Il faut toujours utiliser les accessoires prévus par le constructeur et respecter les instructions contenues dans le manuel de montage.

2.5.8.1. Piquages – Branchements

Des branchements peuvent être effectués en tout point de l'installation.

Lorsque des accessoires préfabriqués sont utilisés, le raccordement se fait comme avec une longueur droite. Les branchements jusqu'au diamètre DN 200 peuvent aussi être réalisés avec des kits de prise en charge.

2.5.8.2. Réductions

Bien que le procédé comprend des réductions avec divers sauts de diamètre, il est préférable de limiter le nombre de sauts à un maximum de trois pour éviter des vibrations et des pertes excessives de charge dans la conduite.

Le raccordement est identique à celui d'une longueur droite.

2.5.8.3. Points fixes

Le point fixe est un ancrage préisolé composé d'une bride soudée au tube de service, posée à l'intérieur d'un bloc de béton armé.

Les dimensions minimales des massifs en béton dépendant de la nature et de la configuration du terrain, sont déterminées par des services techniques du titulaire ZPUM.

Il est rappelé que, dans tous les cas de figure, ces massifs doivent toujours s'ancrer dans le sol non remanié ; si impossible, en référer aux services techniques.

2.5.8.4. Changements de direction

En général les coudes à gradation différente de 90° ne peuvent pas être utilisés pour réduire la contrainte dans la conduite droite. Les longueurs droites maximales admissibles entre un point fixe (réel ou naturel) et un changement de direction sont en effet inférieures et dépendent du diamètre du tube caloporteur, du diamètre de la gaine et de la hauteur de remblai.

2.5.8.5. Traversées, croisements et parallélismes

Pour être conforme à la réglementation en vigueur, il sera nécessaire de respecter les indications suivantes pour :

- Traversées routières : il est nécessaire de protéger les tubes contre des charges accidentelles causées par le trafic, grâce à l'utilisation d'un contre-tube en acier, d'une dalle en béton armé, ou de la pose en galerie de béton armé.
- Traversées ferroviaires : Le tuyau doit généralement être posé rectiligne et perpendiculaire à l'axe du rail, à l'intérieur d'un tube en acier protégé contre la corrosion de dimension telle qu'il permette l'écoulement du fluide entre la couronne circulaire délimitée par les deux tubes. Les extrémités des tubes doivent se trouver dans un regard visitable.
- Croisements et parallélismes : l'excavation doit être conduite de manière à ne pas endommager les conduites existantes, et il est nécessaire de garder les distances minimales indiquées par les organismes gérants.

2.5.8.6. Entrées de bâtiments, de chambres de vannes ou de dilatation – Traversées de murs

L'étanchéité des entrées de bâtiment est assurée par une bague de néoprène ou par un manchon de traversée de mur. Un manchon terminal thermorétractable placé en bout de la tuyauterie protège l'isolation contre les infiltrations d'humidité. Il est impératif de mettre ce manchon en place avant raccordement sur le réseau intérieur.

2.5.9. Essais – Contrôles

Aucun autre essai que la mise en pression hydraulique et la radiographie des soudures n'est spécifié.

2.5.9.1. Remblaiement

Une fois les opérations d'assemblage et les contrôles effectués, la tranchée peut être remblayée. Toutefois, avant d'effectuer ce remblai qui doit être expurgé, le sable entourant les canalisations doit être damé. Il est recommandé à près cette opération, de mettre en place un grillage de signalisation.

2.6. Résultats expérimentaux

Des essais de contrôle de production sont effectués dans les laboratoires de l'usine conformément à la norme NF EN 253 dont les résultats sont consignés dans des registres.

2.7. Références

2.7.1. Données Environnementales¹

Le système ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

2.7.2. Autres références

Une liste de chantiers a été communiquée au CSTB.

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

2.8. Annexe du Dossier Technique

2.8.1. Description du processus de fabrication

2.8.1.1. Réception des matières premières

Les matières premières sont réceptionnées en usine et vérifiées avant le stockage (contrôle qualité, certificat de conformité, conformité à la commande).

2.8.1.2. Préfabrication des éléments droits

Un traitement Corona destiné à augmenter l'accrochage de la mousse sur la gaine est effectué.

Les tubes, les enveloppes PE et les composants de la mousse de polyuréthane sont stockés de manière à les maintenir à une température contrôlée conforme au process de fabrication.

Les tubes caloporteurs sont grenillés et disposés à l'intérieur de l'enveloppe en polyéthylène et centrés à l'aide de supports.

La mousse de polyuréthane est injectée par un appareil contrôlant automatiquement la quantité de produits.

L'injection de la mousse se fait sur une matrice à plan incliné.

Coudes et tés

- a. Tubes acier
Les coudes sont constitués soit de tubes cintrés ou de courbes sur lesquelles sont soudées des longueurs droites. Les soudures sont réalisées par des soudeurs agréés selon des modes opératoires normés.
- b. Gaine polyéthylène
Elles sont constituées de longueurs droites soudées au miroir ou par extrusion.
- c. La mousse de polyuréthane est injectée
Les exigences pour les coudes et les tés sont définis dans le § 5.2.4 de la norme NF EN 13941.

2.8.1.3. Contrôles en cours de fabrication

- Les résines utilisées sont maintenues à température par les circuits des machines qui sont thermostatées.
- Avant chaque production et au moins une fois par jour, les volumes, les poids injectés et les rapports de mélange sont contrôlés.
- Différents contrôles, notamment dimensionnels et visuels sont effectués sur les produits achetés, semi-finis et finis conformément à la norme NF EN 253.

Tous les tubes et les accessoires portent une étiquette sur laquelle sont indiqués le numéro d'Avis Technique et la marque du tube. Cette étiquette est placée après contrôle.

Chaque poste de fabrication consigne sur un registre toutes les caractéristiques du tube ou des pièces à injecter ainsi que le numéro des lots de résine utilisée.

Les essais imposés par la norme NF EN 253 sont réalisés par ZPUM ou sous traités à des laboratoires extérieurs.

2.8.1.4. Contrôles sur produits finis

Toutes les pièces sont fabriquées en usine. Les contrôles relatifs à la qualité de l'isolation et de la protection externe sont effectués conformément aux normes et permettent une validation de la constance de la qualité de fabrication.

2.8.2. Dimensions des tubes

Diamètre nominal DN	Dimensions du tube Dext (mm)	Dimension de la gaine en PE DN (mm)	Longueur (m)
20	26,9	75	6
25	33,7	90	6
32	42,4	110	6/12
40	48,3	110	6/12
50	60,3	125	6/12
65	76,1	140	6/12
80	88,9	160	6/12
100	114,3	200	6/12
125	139,7	225	6/12
150	168,3	250	6/12
200	219,1	315	6/12/16*
250	273,0	400	6/12/16*
300	323,9	450	6/12/16*
350	355,6	500	6/12/16*
400	406,4	520	6/12/16*
450	457,0	560	6/12/16*
500	508,0	630	6/12/16*
600	610,0	800	6/12/16*
700	711,0	900	6/12/16*
800	813,0	1000	6/12/16*
900	914,0	1100	6/12/16*
1000	1016,0	1200	6/12/16*
1200	1219,0	1400	6/12/16*

Remarque : les tuyaux pré-isolés pour les diamètres DN 600 à DN 1200 sont produits si leur longueur et leur diamètre de remplissage (épaisseur de l'isolation) ont été convenus avec le donneur d'ordre.

* Les tubes de longueur L = 16 m sont fabriqués à la demande du donneur d'ordre.

Tableau 1 - Tubes simple acier noir, acier galvanisé et acier inoxydable

Diamètre nominal DN	Dimensions du tube Dext (mm)	Dimension de la gaine en PE DN (mm)	Longueur (m)
2x20	26,9	125	6/12
2x25	33,7	140	6/12
2x32	42,4	160	6/12
2x40	48,3	160	6/12
2x50	60,3	200	6/12
2x65	76,1	225	6/12
2x80	88,9	250	6/12
2x100	114,3	315	6/12
2x125	139,7	400	6/12
2x150	168,3	450	6/12
2x200	219,1	560	6/12
2x250	273,0	710	6/12

Remarque : Les tuyaux préisolés peuvent également être fabriqués dans des sections d'autres longueurs, ne dépassant pas 16 m, après accord entre le titulaire et le donneur d'ordre.

Tableau 2 - biTubes acier noir et acier galvanisé