

Sur le procédé

## **BONSTRAND® EPOCAL®**

**Famille de produit/Procédé** : Système de canalisations préisolées

**Titulaire(s)** : **Société SMT Société de Maintenance et de Tuyauterie**

### **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 14.1/15-2079_V1 et fait l'objet de la modifications suivante : Intégration de l'usine du sultanat d'OMAN.	JAAFAR Walid	GIRON Philippe

### Descripteur :

Système de canalisations préisolées à base de tube composite en résine Epoxy armée de fibres de verre (3 séries de tubes) pour transport de fluides à distance. Le tube caloporteur Bondstrand® (DN 25 à 900 mm) en résine Epoxy armée de fibres de verre est isolé par de la mousse en polyuréthane injectée entre l'élément lui-même et une gaine extérieure en polyéthylène. L'isolation thermique est reconstituée au droit des assemblages tube à tube par mise en place de manchons et injection de mousse Epoxy à expansion chimique. Les accessoires de tuyauterie (coudes et tés) ne sont pas calorifugés pour pouvoir réaliser autour d'eux un massif d'ancrage en béton.

## 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.....	5
1.2.3.	Prescription techniques.....	6
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.1.1.	Identité.....	7
2.1.2.	Désignation commerciale du système.....	7
2.2.	Domaine d'emploi.....	7
2.2.1.	Assistance Technique – Formation du personnel.....	8
2.3.	Principe du procédé – Description des éléments fabriqués.....	8
2.3.1.	Principe du procédé.....	8
2.3.2.	Description des éléments fabriqués.....	8
2.4.	Définition des matériaux constitutifs.....	9
2.4.1.	Caractéristiques des constituants.....	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.	Disposition de stockage.....	10
2.5.4.	Tranchées.....	10
2.5.5.	Pose en aérien.....	10
2.5.6.	Assemblages – Exécution.....	10
2.6.	Points singuliers.....	11
2.6.1.	Butées béton.....	11
2.6.2.	Pénétrations.....	12
2.6.3.	Points fixes aux connections sur brides acier.....	12
2.7.	Essais – Contrôles.....	12
2.8.	Remblayage.....	12
2.9.	Mise en service.....	12
2.10.	Résultats expérimentaux.....	12
2.11.	Références.....	12
2.11.1.	Données environnementales.....	12
2.11.2.	Autres références.....	12
2.12.	Annexe du Dossier Technique.....	13
2.12.1.	Description du processus de fabrication.....	13
2.12.2.	Réception des matières premières.....	13
2.12.3.	Isolation des tuyauteries.....	13
2.12.4.	Contrôles en cours de fabrication.....	13
2.13.	Schémas de mise en œuvre.....	13

# 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

Système de canalisations préisolées à base de tube composite en résine Epoxy armée de fibres de verre pour transport de fluides à distance.

Le tube caloporteur Bondstrand® (DN 25 à 900 mm) en résine Epoxy armée de fibres de verre est isolé par de la mousse en polyuréthane injectée entre l'élément lui-même et une gaine extérieure en polyéthylène.

L'isolation thermique est reconstituée au droit des assemblages tube à tube par mise en place de manchons et injection de mousse Epoxy à expansion chimique.

Les accessoires de tuyauterie (coudes et tés) ne sont pas calorifugés pour pouvoir réaliser autour d'eux un massif d'ancrage en béton.

### 1.1.2. Identification

Les éléments du procédé portent sur le tube caloporteur :

- le nom du fabricant,
- un identifiant de l'usine de production,
- un numéro de série (2000, 2410, 2416),
- un code article et un numéro de production unique.
- La pression et la température de service

---

## 1.2. Avis

---

### 1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Distribution de fluides utilisés en génie climatique tels que :

- Réseaux d'eau chaude de chauffage primaires ou secondaires.
- Réseaux de retour de condensats.
- Réseaux d'eau glacée.
- Réseaux d'eau géothermale.

Température maximale d'utilisation : + 121 °C.

Température minimale d'utilisation : - 20 °C.

Les limites d'utilisation pour les pressions de service dépendent du tube caloporteur BONDSTRAND®.

Il existe deux niveaux de pression : 10 bars & 16 bars.

#### Emplois pour lesquels est demandé l'avis

Système de canalisations préisolées BONDSTRAND® EPOCAL® à base de tubes caloporteurs composites BONDSTRAND® en résine Epoxy armée fibres de verre et de raccords pour réseau de distribution de fluides à distance.

#### Conditions de service du fluide véhiculé

- Température maximale d'utilisation : +121 °C.
- Température minimale d'utilisation : -20 °C.
- Les limites d'utilisation pour les pressions de service dépendent du tube caloporteur BONDSTRAND® (10 ou 16 bars). Ces valeurs sont indiquées dans le tableau n°1 du Dossier Technique.

#### Limites d'emplois

Le système peut être mis en œuvre par tous les temps, avec une protection adéquate en cas de précipitations et une température extérieure inférieure à 50 °C.

Le système peut être utilisé quel que soit le type de terrain et quelle que soit sa configuration (pente ...). Des précautions particulières sont toutefois à prendre dans les cas suivants :

- Charge roulante importante au-dessus de la tuyauterie :
  - Compactage soigné. Recouvrement sur la génératrice supérieure du tube de 0.70 m minimum sous le revêtement routier garantit une charge maximale de 23 tonnes par essieu.
  - En-deçà de cette valeur de 0.70 m soit, calcul de déformation (ovalisation) selon le Fascicule 70 pour vérifier que la déformation est acceptable, soit par sécurité, mise en place d'une protection du tube par dalle de répartition ou le tube est glissé dans une buse béton ou le tube est recouvert par des dalles de caniveau inversées.
  - Ces dispositions sont suffisantes pour assurer la protection du réseau sous les charges normales de service.

- Connexions avec tuyauteries métalliques :
- Les forces de dilatation importantes des tuyauteries acier ne doivent pas être transmises à la tuyauterie composite, les endroits de connexion doivent être mis en point fixe.

### 1.2.2. Appréciation sur le procédé

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

Pour le domaine d'emploi accepté, les arrêtés du 6 décembre 1982 visant la réglementation des canalisations de transport des fluides non inflammables ni nocifs et du 15 janvier 1962 visant la réglementation des canalisations d'usine et la Directive européenne n°97/23-CE réglementant les appareils sous pression ne s'appliquent pas.

#### Aspect sanitaire

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.

#### Sécurité incendie

Selon le type de bâtiment (bâtiments d'habitation, établissements recevant du public, immeubles de grande hauteur, immeubles de bureaux, installations classées) la réglementation incendie peut contenir des prescriptions sur les canalisations (tubes et raccords) et leur mise en œuvre.

En particulier, elle peut exiger que les produits entrent dans une catégorie de classification vis-à-vis de la réaction au feu. Dans ce cas, il y aura lieu de vérifier la conformité du classement dans un procès-verbal d'essai de réaction au feu en cours de validité

#### 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.

#### Isolation thermique

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

#### Résistance aux effets de surcharge

La conception du procédé prévoit les dispositions à prendre.

De base un coefficient de sécurité sur la pression de service de 4 est prévu dans le design de la tuyauterie.

#### 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, des précautions d'emploi sont à prendre et sont rappelées sur tous les emballages et fiches de sécurité des produits.

#### Gamme dimensionnelle

La gamme de tubes et raccords proposée permet la réalisation des installations les plus couramment rencontrées pour le domaine d'emploi visé.

#### 1.2.2.2. Durabilité – Entretien

Les tubes composites sont dimensionnés selon la norme ASTM D2992. Le tube caloporteur ne subissant aucune corrosion interne ou externe, la durée de vie est d'au moins 50 ans quel que soit le diamètre, pour les conditions d'emploi retenues dans le présent Avis. Des essais de pression à long terme et le calcul d'une courbe de régression garantissent cette durée de vie minimale. Le dimensionnement du réseau est effectué par la société SMT.

Les tuyauteries ne nécessitent aucun entretien.

#### 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

Le demandeur assure la formation complète du personnel de pose sur les méthodes d'installation et la technologie du système selon la norme ISO 14692 portant sur les canalisations en plastique renforcé verre (PRV); formation certifiée par un certificat de qualification.

La pose du système ne peut être effectuée que par du personnel du demandeur ou par du personnel d'autres entreprises qui ont suivi la formation complète décrite précédemment.

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

SMT assure également une offre technique complète qui comprend :

- La conception et le dimensionnement des réseaux, l'étude détaillée, la réalisation des plans de l'installation.
- La pose complète des réseaux incluant la manutention, les assemblages, les épreuves hydrauliques, la réalisation des jonctions de calorifuge.
- La supervision, voire le pilotage, de la société de terrassement le cas échéant.
- Une garantie décennale de l'installation réalisée.

### **1.2.3. Prescription techniques**

#### 1.2.3.1. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé BONDSTRAND® EPOCAL® devra être réalisée conformément aux manuels de montage du fabricant. Ces manuels devront porter le numéro de l'Avis Technique et rappeler qu'ils tiennent lieu de Cahier des Prescriptions Techniques de mise en œuvre du présent Avis. Le Groupe Spécialisé devra être informé de toute modification apportée à ces manuels.

#### 1.2.3.2. Autocontrôle de fabrication et vérification

La vérification de l'autocontrôle, à la charge du fabricant, sera réalisée à l'usine d'isolation une fois par an par le CSTB.

Cet autocontrôle comprend l'examen des différents essais faits dans les usines de production du tube caloporteur et des raccords, des certificats des gaines en PE et des contrôles qualitatif et quantitatif à réception. Dans l'usine d'isolation, des contrôles dimensionnels sont effectués, des contrôles des collages (utilisation du bon kit de colle et date de péremption non dépassée, durée d'utilisation après mélange et temps de durcissement) et vérifications du bon état des manchettes chauffantes. Un contrôle des proportions exactes des composants de la mousse est fait. Un suivi annuel d'un ou plusieurs chantiers sera également effectué. L'examen de toute évolution liée à la mise en œuvre du procédé sera étudié.

## 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. Identité

Titulaire :	SMT ZA de la butte Gayen 101 avenue des Erables FR-94440 Santeny
Usine tubes et raccords caloporteurs :	National Oilwell Varco NOV FGS Pte Ltd 7A Tuas Ave 3 Singapore 639407  National Oilwell Varco NOV FGS Sdn Bhd PLO 200, 201, 202 & 204 Senai Industrial Park Phase IV 81400 Senai Johor Malaysia  Fiber Glass System Oman L.L.C. Falaj Al Qabail, Sohar Industrial Estate Sultanate of Oman
Usine d'isolation :	SMT ZA de la butte Gayen 101 avenue des Erables FR-94440 Santeny

#### 2.1.2. Désignation commerciale du système

BONDSTRAND® EPOCAL®

---

### 2.2. Domaine d'emploi

---

Distribution de fluides utilisés en génie climatique tels que :

- Réseaux d'eau chaude de chauffage primaires ou secondaires.
- Réseaux de retour de condensats.
- Réseaux d'eau glacée.
- Réseaux d'eau géothermale.

Température maximale d'utilisation : + 121 °C.

Température minimale d'utilisation : - 20 °C.

Les limites d'utilisation pour les pressions de service dépendent du tube caloporteur BONDSTRAND®.

Il existe deux niveaux de pression : 10 bars & 16 bars.

Emplois pour lesquels est demandé l'Avis

Système de canalisations préisolées BONDSTRAND® EPOCAL® à base de tubes caloporteurs composites BONDSTRAND® en résine Epoxy armée fibres de verre et de raccords pour réseau de distribution de fluides à distance.

#### Conditions de service du fluide véhiculé

- Température maximale d'utilisation : +121 °C.
- Température minimale d'utilisation : -20 °C.

Les limites d'utilisation pour les pressions de service dépendent du tube caloporteur BONDSTRAND® (10 ou 16 bars). Ces valeurs sont indiquées dans le tableau n°1 du Dossier Technique.

#### Limites d'emplois

Le système peut être mis en œuvre par tous les temps, avec une protection adéquate en cas de précipitations et une température extérieure inférieure à 50 °C.

Le système peut être utilisé quel que soit le type de terrain et quelle que soit sa configuration (pente ...). Des précautions particulières sont toutefois à prendre dans les cas suivants :

- Charge roulante importante au-dessus de la tuyauterie :

- Compactage soigné. Recouvrement sur la génératrice supérieure du tube de 0.70 m minimum sous le revêtement routier garantit une charge maximale de 23 tonnes par essieu.
- En-deçà de cette valeur de 0.70 m soit, calcul de déformation (ovalisation) selon le Fascicule 70 pour vérifier que la déformation est acceptable, soit par sécurité, mise en place d'une protection du tube par dalle de répartition ou le tube est glissé dans une buse béton ou le tube est recouvert par des dalles de caniveau inversées.
- Ces dispositions sont suffisantes pour assurer la protection du réseau sous les charges normales de service.
- Connexions avec tuyauteries métalliques :
  - Les forces de dilatation importantes des tuyauteries acier ne doivent pas être transmises à la tuyauterie composite, les endroits de connexion doivent être mis en point fixe.

### 2.2.1. Assistance Technique – Formation du personnel

L'assistance technique fournie par la société SMT comprend :

- Étude détaillée, réalisation/vérification et approbation des plans de l'installation.
- La conception, le dimensionnement des réseaux et description des points particuliers.
- La formation du personnel de pose (que ce soit son propre personnel ou du personnel d'entreprise extérieure) sur les méthodes de mise en œuvre et la technologie du système BONDSTRAND® EPOCAL®. Cette formation est sanctionnée par un certificat de qualification. Un fichier de suivi de chaque monteur est mis en place.
- La réalisation des jonctions d'isolation.
- Elle dispose du personnel compétent et des outils nécessaires à cette assistance technique.
- Les visites de chantier.

---

## 2.3. Principe du procédé – Description des éléments fabriqués

---

### 2.3.1. Principe du procédé

Le principe du système BONDSTRAND® EPOCAL® consiste à revêtir le tube caloporteur en résine Epoxy d'une isolation thermique. Celle-ci consiste en une couche de polyuréthane rigide à alvéoles fermées injectée sous une gaine de polyéthylène haute densité.

Le calorifugeage des jonctions tube à tube sera réalisé grâce à un manchon en PEHD placé au droit du raccordement entre deux tubes dans lequel est injectée une mousse Epoxy expansible (densité finale de 250 kg/m<sup>3</sup> minimum).

Les extrémités de calorifuge en bout de réseau ou au droit d'une discontinuité seront recouvertes par un manchon thermorétractable assurant l'étanchéité.

Les accessoires de tuyauterie (coudes et tés) ne sont pas calorifugés pour pouvoir réaliser autour d'eux un massif d'ancrage en béton et traiter ainsi la dilatation thermique. Le principe est que la dilation longitudinale ne pouvant plus se faire, celle-ci devient circonférentielle et est reprise par le coefficient d'élasticité de la tuyauterie.

### 2.3.2. Description des éléments fabriqués

#### 2.3.2.1. Liste des éléments fabriqués

Sont fabriqués en usine les éléments suivants :

- Longueurs droites.
- Coudes 11°, 15°, 22°5, 30°, 45°, 60°, 75° et 90°.
- Tés droits égaux ou réduits, tés latéraux.
- Réductions concentriques ou excentriques.
- Selles de piquage en charge, pour purge d'air ou de vidange.
- Brides normalisées selon la norme NF EN 1092 (PN 10 ou PN 16).

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

- Kits d'isolation (manchons).
- Kits de fin de ligne (coiffe thermorétractable).

#### 2.3.2.2. Description de ces éléments

##### Longueurs droites

Suivant les diamètres, la longueur de fabrication est de 6, 9 ou 12 m (*voir tableau 1*).

Les tubes ont une extrémité mâle et une extrémité femelle.

En plus des isolations standards, des épaisseurs supérieures d'isolant peuvent être réalisées.

##### Raccords

Différents angles de coudes existent en standard : 11°, 15°, 22°5, 30°, 45°, 60°, 75° et 90°.

Sur demande des coudes à angles spéciaux peuvent être fabriqués.

Leurs dimensions sont de 1,5D du DN 25 au 300, 1D au-delà.

Tous les raccords (coudes, tés, réductions, brides) sont à extrémités femelles.



### Kits d'isolation des jonctions

La jonction tube-tube est réalisée à l'aide d'un manchon en PEHD dans lequel est coulée manuellement une mousse Epoxy à expansion chimique, constituée de 3 composants (résine Epoxy, durcisseur, agent d'expansion) de façon à obtenir :

- une jonction parfaitement étanche,
- une indépendance du calorifuge en polyuréthane de chaque longueur de tube.

### Kits de fin de ligne

Capuchon thermorétractable pour protéger le calorifugeage aux extrémités des réseaux.

---

## 2.4. Définition des matériaux constitutifs

---

### 2.4.1. Caractéristiques des constituants

#### 2.4.1.1. Tube et raccords véhiculant le fluide caloporteur

Les tubes et raccords BONDSTRAND® sont réalisés à partir de fibres de verre continues enroulées à 54°¾ sur un mandrin et liées entre elles par une résine EPOXY avec comme durcisseur une amine aromatique (Méthylène dianiline, MDA).

Ils sont composés :

- d'un revêtement intérieur anticorrosion (liner) d'une épaisseur de 0,5 mm composé par de la résine pour 85 % (en masse) lié par un voile de verre C à 15 %.
- de la structure mécanique constituée de fils de verre E pour 70 % (en masse) et de résine pour 30 %.
- d'un revêtement extérieur anticorrosion (topcoat) d'une épaisseur de 0,3 mm composé à 100 % de résine.

#### 2.4.1.2. Isolant

Mousse de polyuréthane rigide à alvéoles fermées, ses propriétés sont les suivantes :

- Masse volumique > 60 kg/m<sup>3</sup>.
- Conductivité thermique Initiale (20°C) = 0.0229 W/m.K (ASTM C518).
- Résistance à la compression, moyenne = 2,1 kg/cm<sup>2</sup> (ISO 844).
- Cellules fermées > 92 % (ASTM D6226).

#### 2.4.1.3. Gaine extérieure

Gaine protectrice extérieure en polyéthylène haute densité (PEHD). Celle-ci est conforme à la norme NF EN 253.

#### 2.4.1.4. Colle

Il faut absolument utiliser la colle fournie par le fabricant, aucune autre colle ne doit être utilisée. Cette colle est disponible en kit pré-dosé existant en plusieurs contenances suivant le diamètre des tuyauteries à installer. Elle comporte deux composants (résine Epoxy et durcisseur) à polymériser à chaud.

---

## 2.5. Description de la mise en œuvre

---

La mise en œuvre devra être réalisée conformément au manuel de montage National Oilwell Varco (NOV). Les points principaux sont décrits ci-après.

### 2.5.1. Conception du réseau

Celle-ci sera réalisée par SMT qui assurera également les calculs nécessaires et précisera le mode d'installation des systèmes de tuyauteries sur la base de la norme ISO 14692.

Le projet de réseau est déterminé par le client à partir de l'implantation géographique possible, des diamètres de chaque portion du réseau et des conditions de service (température et pression).

Les diamètres du réseau peuvent être optimisés à partir du calcul des pertes de charges. En effet, le revêtement intérieur très lisse des tuyauteries Bondstrand® (rugosité absolue de  $5,3 \cdot 10^{-6}$  m) ne s'altère pas avec le temps, de par l'absence de corrosion. Les pertes de charge induites sont extrêmement faibles.

A partir de ces données, un plan est établi et soumis à la société SMT pour étude, accord ou observation. Le bureau d'études de la société SMT est en mesure également d'établir de tels plans.

L'emplacement et le dimensionnement des dispositifs prévus pour limiter les contraintes dues à la dilatation thermique sont déterminés par la société SMT.

En effet, la conception du tube Bondstrand® Epocal® en enroulement filamentaire à 54°¾ ainsi que ses faibles contraintes, permettent de poser le tube en dilatation contrariée. Des massifs béton d'ancrage disposés à chaque changement de direction auxquels se rajoute le poids des terres de remblaiement, suffisent à contenir la dilatation longitudinale. Le tube crée alors d'autres contraintes de compensation. Ce sont des contraintes de dilatation circonférentielle. Cette dilatation est reprise par le coefficient d'élasticité du tube (module d'élasticité apparent de 9 900N/mm<sup>2</sup> à 93 °C selon l'ASTM D2925).

Ce mode d'installation en dilatation contrariée rend inutile les lyres de dilatation, les manchons de compensation et autres coussins de dilatation.

Toute modification du réseau, devra être réalisée à l'aide d'éléments appropriés et approuvés par la Société SMT.

### 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 se fera soit au chariot élévateur soit avec des palans en utilisant comme élingues de larges sangles. L'emploi de câbles ou de chaînes est interdit.

Les extrémités de tube sont fermées par un bouchon plastique ou par un film plastique.

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

### 2.5.3. Disposition de stockage

Les longueurs droites doivent être stockées sur un sol uni débarrassé de grosses pierres ou autres objets qui pourraient endommager les éléments.

Le gerbage des éléments droits peut être fait jusqu'à une hauteur de 1.50 mètre. Ne jamais enlever les protections d'extrémités avant la pose.

Les raccords et les accessoires doivent être stockés sur des madriers ou dans des palettes.

Les composants d'isolation de jonction (composants de la mousse Epoxy) doivent être stockés sous abri. Le stockage doit être à des températures comprises entre 2 et 40° C, à l'abri de la lumière directe du soleil.

### 2.5.4. Tranchées

Le fond de fouille sera parfaitement nivelé et le lit de sablon ou sable sera damé afin d'assurer une partie uniforme et continue des canalisations.

Une attention particulière sera apportée à la qualité du sable sur lequel sera posé le tube qui doit être exempt de particules rocheuses de plus de 9 mm de largeur et de toutes rocailles pointues de quelque taille que ce soit, susceptibles d'être en contact avec la conduite.

Le fond de fouille au droit de chaque changement de direction (coude, té) sera creusé avant la pose des tubes afin de permettre une assise ferme des massifs d'ancrage sur le sol. Il ne sera pas mis en place de sablon dans les cavités ainsi formées.

Les largeurs de tranchée seront telles qu'un écart de 150 mm sera préservé entre chaque tube et entre chaque tube et les bords de tranchée.

### 2.5.5. Pose en aérien

Le système peut aussi être installé en aérien sur supports, racks ou blazes.

La seule différence réside dans la manière de traiter la dilatation thermique, les butées béton n'étant alors pas réalisables. Une note de calculs de contraintes statiques sera réalisée avec le logiciel Caesar II. Elle déterminera les efforts en tout nœud de la tuyauterie pour vérifier qu'ils sont admissibles. Le supportage (pas, type de support, point fixe) sera déterminé à l'aide de ladite note de calculs.

### 2.5.6. Assemblages – Exécution

#### 2.5.6.1. Parties courantes

##### 2.5.6.1.1. Collages

L'assemblage est de type collé à emboîtement simple, avec utilisation d'une colle Epoxy de même nature que les tubes et les raccords. Il est réalisé conformément au manuel de formation.

Deux configurations d'emboîture existent : cylindrique/conique ou conique/conique.

La colle employée comporte deux composants à polymériser à chaud. Le collage s'effectue à l'aide de manchettes chauffantes souples à thermostat incorporé.

##### 2.5.6.1.2. Epreuves hydrauliques

Les épreuves sont réalisées par tronçon avant l'isolation des assemblages.

Elles sont destinées à vérifier l'étanchéité et l'adhérence de ceux-ci.

Pour réaliser cette épreuve, remplir les canalisations d'eau et appliquer une pression égale à 1.5 fois la pression de service avec un minimum de 15 bars et d'une durée minimale de 2 heures. Lorsque l'essai est terminé, il est nécessaire de purger le système lentement jusqu'à atteindre une pression nulle.

##### 2.5.6.1.3. Réalisation des jonctions de calorifuge

Le calorifugeage des jonctions sera réalisé grâce à un manchon en PEHD placé au droit du raccordement entre deux tubes dans lequel est injectée une mousse Epoxy expansible dont la densité finale est de 250 kg/m<sup>3</sup> minimum.

Les extrémités de calorifuge en bout de réseau ou au contact de remblai seront recouvertes par un manchon thermorétractable assurant la protection du calorifuge.

Les accessoires de tuyauterie (coudes, tés, réductions, ...) ne seront pas calorifugés mais enrobés par un massif de blocage en béton (voir ci-dessous).

**2.5.6.1.4. Autres assemblages**

Les pièces préfabriquées s'assemblent comme des longueurs droites.

**2.5.6.1.5. Faibles changements de direction**

Il est possible d'utiliser le rayon de courbure admissible des tuyauteries en résine Epoxy. Le principe étant après polymérisation des collages, de courber la tuyauterie d'une distance n'excédant pas les valeurs du *tableau 2* pour ne pas avoir de contraintes excessives.

**2.5.6.1.6. Connexion avec d'autres types de canalisations**

Cette connexion sera réalisée au moyen de brides normalisées. Une vanne pourra éventuellement être incorporée entre les brides.

**2.6. Points singuliers**

Les points singuliers considérés sont :

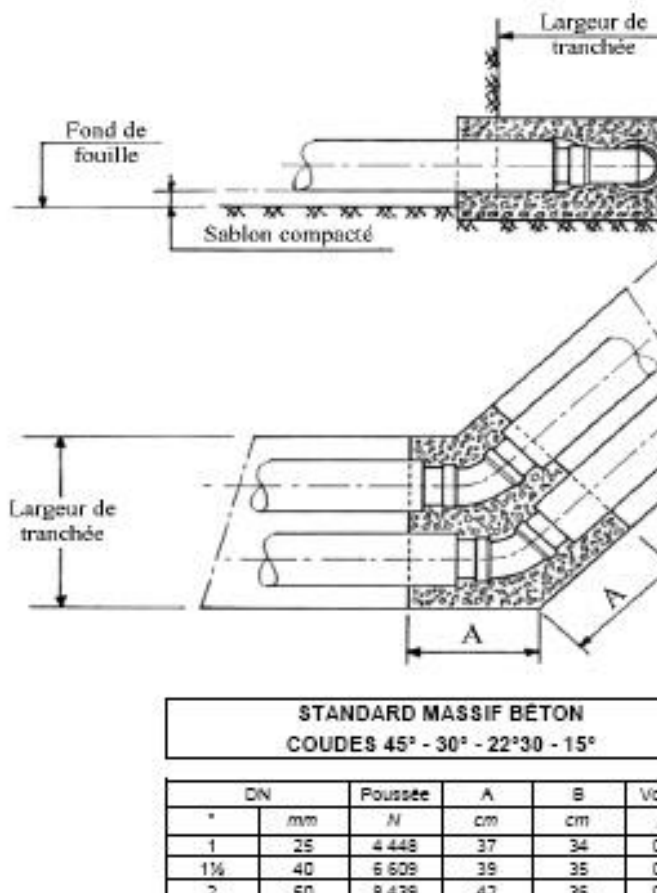
**2.6.1. Butées béton**

Des butées en béton seront systématiquement installées aux piquages (tés) et aux changements de direction (coudes). Elles ont pour fonction d'empêcher tout mouvement du réseau enterré, qui aurait pour conséquence d'induire des contraintes excessives au voisinage des raccords.

Les butées béton devront correspondre au standard dimensionnel établi par SMT. Elles seront impérativement réalisées suivant les prescriptions du fabricant du réseau (*voir figure 1*).

Il sera notamment impératif de respecter les points suivants :

- le béton enveloppera les raccords selon les standards établis par SMT,
- le calorifuge pénétrera de 50 mm au moins dans la butée béton,
- les butées seront réalisées après épreuves hydrauliques et tuyauteries non mises sous pression,
- aucune surcharge ne doit venir appuyer sur la butée en béton ou sur le réseau (chambre de tirage, regard, ...).



**Figure 1 – Exemple de standard dimensionnel des butées béton pour les coudes**

## 2.6.2. Pénétrations

Dans tous les cas, l'enveloppe de calorifuge traversera les murs pour s'arrêter à 5 ou 10 cm de la paroi intérieure du bâtiment ou de la chambre de vannes.

Sur demande du client, il peut être également utilisé des passages de cloison étanches à sceller dans les parois.

## 2.6.3. Points fixes aux connexions sur brides acier

Il sera réalisé des points fixes à tous raccordements avec des canalisations en acier.

Le rôle de ces points fixes est d'empêcher la transmission des efforts de dilatation 20 à 30 fois supérieurs des tuyauteries acier aux tubes en résine Epoxy armée.

Les règles à observer sont les suivantes :

- les points fixes seront réalisés au plus près de la liaison acier/résine (au droit de la bride en acier par exemple).
- leurs dimensions seront en rapport avec les efforts exercés.
- les points fixes seront réalisés tuyauteries non dilatées et de façon à assurer un véritable blocage de la tuyauterie acier. Aucun doute ne devra subsister quant à la capacité du point fixe à assurer cette fonction.

---

## 2.7. Essais – Contrôles

---

Aucun autre essai que la mise en pression hydraulique n'est nécessaire.

---

## 2.8. Remblayage

---

Une fois les opérations d'assemblage et les contrôles effectués, la tranchée peut être remblayée.

Toutefois, si des cales en bois ont été utilisées pour supporter les canalisations lors de l'assemblage, celles-ci doivent être impérativement extraites de la tranchée avant remblayage.

Le remblaiement de la tranchée se fera avec :

- Apport de sablon jusqu'à 10 cm au-dessus de l'enveloppe supérieure du calorifuge. Un soin sera apporté au remplissage des cavités entre tubes et parois de la tranchée,
- Pose de filets avertisseurs à 20 cm au-dessus de la génératrice supérieure du calorifuge,
- Remblai avec les terres extraites, débarrassées des pierres ou débris avec compactage par couches successives de 30 cm,
- Dans le cas d'utilisation de compacteur mécanique, conserver une distance d'au moins 30 cm entre la semelle du compacteur et le tube ceci pour éviter d'endommager la paroi du tube.

---

## 2.9. Mise en service

---

Les systèmes bloqués de canalisations préisolées en résine Epoxy ne doivent pas subir de variations brutales de température en exploitation.

Pour la première mise en service, il est recommandé une mise en température progressive jusqu'à la température désirée sur le principe d'une montée par palier de 5° à 10° C par heure.

---

## 2.10. Résultats expérimentaux

---

Les résultats d'essais réalisés sur ce système font l'objet de rapports d'essais, dont le STB test n°E1 34 09 (M)(21) selon la norme ASTM D1599 R2005 effectué par le Bureau Veritas et le HDB test n° 51538045 selon la norme ASTM D 2992 effectué par Net Norske Veritas.

---

## 2.11. Références

---

### 2.11.1. Données environnementales<sup>1</sup>

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.

### 2.11.2. Autres références

Les quantités annuelles commercialisées par le titulaire et une liste de références ont été communiquées au CSTB.

---

<sup>1</sup> Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

## 2.12. Annexe du Dossier Technique

### 2.12.1. Description du processus de fabrication

### 2.12.2. Réception des matières premières

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

### 2.12.3. Isolation des tuyauteries

Les tubes, les enveloppes PEHD et les composants de la mousse de polyuréthane (polyol et isocyanate) sont stockés à l'usine avant fabrication de manière à les maintenir à 20 °C.

Les tubes caloporteurs sont glissés à l'intérieur de l'enveloppe en polyéthylène et centrés à l'intérieur de celle-ci à l'aide de supports en polypropylène. Des bouchons d'obturation provisoires sont installés aux extrémités.

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.

### 2.12.4. Contrôles en cours de fabrication

En cours de la fabrication des tubes et des raccords Bondstrand®, des essais physico-chimiques tels un test de transition vitreuse sont effectués. Sur les produits finis avant isolation, des essais mécaniques (essais de pression à 1,5 fois la pression de service, dureté) sont réalisés. Le marquage est vérifié.

Avant l'isolation des tubes, les contrôles suivants sont effectués :

- dimensions des tubes composites Bondstrand® (diamètre extérieur, longueur),
- dimensions des tubes PE (épaisseur, longueur),
- contrôle des proportions exactes des composants de la mousse.

Avant le stockage, un contrôle visuel des extrémités et de la circonférence des tuyaux polyéthylène est effectué

## 2.13. Schémas de mise en œuvre

DN	Diamètre extérieur nominal du tube caloporteur (mm)			Diamètre gaine PEHD (mm)	Longueur (m)
	Bondstrand série 2000 PS 16 bars	Bondstrand série 24 10 PS 10 bars	Bondstrand série 24 16 PS 16 bars		
25	35,6	\	\	90	6,00
40	50,6	\	\	110	6,00
50	60,4	59,3	59,3	125	9,00
80	89,0	87,9	87,9	140	9,00
100	114,4	111,3	111,7	180	9,00
125	142,6	\	\	225	9,00
150	168,2	165,5	167,3	250	9,00
200	219,0	216,5	218,7	315	11,89
250	273,1	271,4	274,6	355	11,89
300	323,9	323,0	327,2	400	11,89
350	355,0	354,1	359,1	450	11,89
400	405,7	404,2	410,0	500	11,89
450	\	445,1	451,5	560	11,89
500	\	494,4	501,4	630	11,89
600	\	593,0	601,3	710	11,89
700	\	716,0	726,7	800	11,89
800	\	818,3	830,1	900	11,89
900	\	919,9	933,3	1000	11,89

**Tableau 1 – Dimensions des tubes**

<b>DN</b>	<b>Flèche pour corde de 30 m (m)</b>	<b>Rayon de courbure (m)</b>
25	5,5	23
40	3,4	35
50	2,8	42
80	1,9	60
100	1,5	75
125	1,2	93
150	1	110
200	0,8	142
250	0,66	172
300	0,54	210
350	0,46	247
400	0,38	300

**Tableau 2 – Rayons de courbure admissibles**