

Inpal



## CANALISATIONS PRÉ-ISOLÉES TUCAL

Avis technique CSTB  
14/05-951





Cette brochure a pour objet de présenter aux bureaux d'études et ingénieurs de projets, toutes les informations relatives aux canalisations pré-isolées fabriquées par **INPAL Industries** et nécessaires lors de l'étude, la rédaction des spécifications d'achat et la mise en oeuvre d'un réseau performant et rentable. Ces informations sont susceptibles d'être modifiées à tout moment et sans avis préalable en fonction du résultat de recherches en cours visant à l'amélioration de la qualité de nos produits.

Les prescriptions ou préconisations indiquées dans la présente brochure ne peuvent en aucun cas modifier ou annuler les termes des conditions générales de ventes d'**INPAL Industries**.

L'optimisation de la durée de vie et la rentabilité d'un réseau dépendent de sa conception et de son montage qui doivent être respectivement effectués par le bureau d'études et le poseur, dans les règles de l'art.

Par ailleurs, le poseur et l'exploitant conservent toute la pleine et entière responsabilité de la bonne marche du réseau et de la compatibilité des produits d'**INPAL Industries** aux conditions spécifiques d'exploitation.



## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
1.1 L'ENTREPRISE .....	6
1.2 DOMAINE D'APPLICATION DU TUCAL .....	6
<b>2. LA REGLEMENTATION FRANÇAISE SUR LES TUYAUTERIES «HAUTE TEMPERATURE».....</b>	<b>8</b>
2.1 LES CANALISATIONS DE TRANSPORT .....	8
2.2 LES CANALISATIONS D'USINE .....	10
<b>3. PRESENTATION DU SYSTEME TUCAL.....</b>	<b>14</b>
3.1 DESCRIPTIF TECHNIQUE : .....	14
3.2 DEMARCHE DE CONCEPTION : .....	16
<b>4. PRESTATIONS ASSUREES PAR INPAL INDUSTRIES .....</b>	<b>30</b>
<b>5. OPTIONS .....</b>	<b>32</b>
5.1 PROTECTION CONTRE LA CORROSION DE LA GAINÉ.....	32
5.2 MISE AU VIDE / MISE SOUS ATMOSPHERE INERTE .....	33
<b>6. REGLES D'EXECUTION .....</b>	<b>36</b>
6.1 RECEPTION DES PIECES TUCAL.....	36
6.2 LA TRANCHEE TUCAL : DIMENSIONS ET PARTICULARITES .....	39
6.3 ASSEMBLAGE DES PIECES TUCAL .....	42
6.4 POINTS PARTICULIERS.....	48
6.5 REMBLAYAGE .....	49
<b>7. MAINTENANCE D'UN RESEAU TUCAL.....</b>	<b>51</b>
7.1 INSPECTION DU SITE.....	51
7.2 EXAMEN DES CHAMBRES DE VISITE.....	51
7.3 EXAMEN DES EXTREMITES DU RESEAU .....	52
7.4 DETECTION ET LOCALISATION DE FUITE.....	52
7.5 PROCEDURE DE SECHAGE .....	52
<b>8. REFERENCES.....</b>	<b>53</b>
<b>9. AVIS TECHNIQUE CSTB.....</b>	<b>59</b>



## TUCAL

### INTRODUCTION





## 1. INTRODUCTION

### 1.1 *L'entreprise*

INPAL Industries est spécialisée dans l'étude et la pose de canalisations pré-isolées. L'intérêt de ce type de produits dans le domaine des réseaux de chaleur est maintenant parfaitement démontré. En effet, l'utilisation de cette technique permet :

- de **limiter les déperditions thermiques**.
- de **réduire le coût du génie civil et le temps de pose** grâce à la pose directe en tranchée.
- d'assurer une **étanchéité totale** de l'isolation.

INPAL Industries possède une gamme complète de canalisations pré-isolées :

- pour des températures allant de **- 60 °C à + 600 °C**.
- dans des diamètres de **20 mm à 500 mm** et plus.
- répondant à vos problèmes de **corrosion** par un large choix de matériaux pour les tubes de service.

La maîtrise de cette technologie constitue une alternative économique fiable aux solutions traditionnelles que sont l'isolation sur site et le caniveau. Les avantages sont encore accrus dans le cas de réseaux Haute Température ( $T > 110$  °C), où les économies réalisées tant à l'installation que durant l'exploitation prennent une importance toute particulière.

A ce jour, des milliers de kilomètres de canalisations pré-isolées par INPAL Industries ont été installés dans le monde entier, dont une part importante de réseaux Haute Température. Cette expérience positionne notre société parmi les leaders techniques de la profession.

### 1.2 *Domaine d'application du TUCAL*

Le TUCAL trouve ses applications principales dans le domaine du Chauffage Urbain en permettant le transport de fluides destinés au génie climatique au-dessus de 110 °C (généralement eau surchauffée ou vapeur) et jusqu'à 600 °C. Il peut aussi trouver d'autres applications plus particulières telles que la sécurisation du transport de fluides dangereux, grâce au principe de la double enveloppe.

## TUCAL

## REGLEMENTATION



## 2. LA REGLEMENTATION FRANÇAISE SUR LES TUYAUTERIES «HAUTE TEMPERATURE»

Les textes applicables distinguent deux types de canalisations :

- les canalisations dites «d'usines» : canalisations installées «dans les emprises des établissements qui produisent ou utilisent le fluide [qu'elles contiennent] ou, dans certains cas, de ceux extérieurs aux précédents où ce fluide est comprimé ou traité».
- les canalisations dites «de transport» : canalisations situées «hors des emprises à la fois des établissements qui produisent ou utilisent le fluide [qu'elles contiennent] et dans certains cas de ceux, disposés entre les précédents, où ce fluide est comprimé ou traité »

### *2.1 Les canalisations de transport*

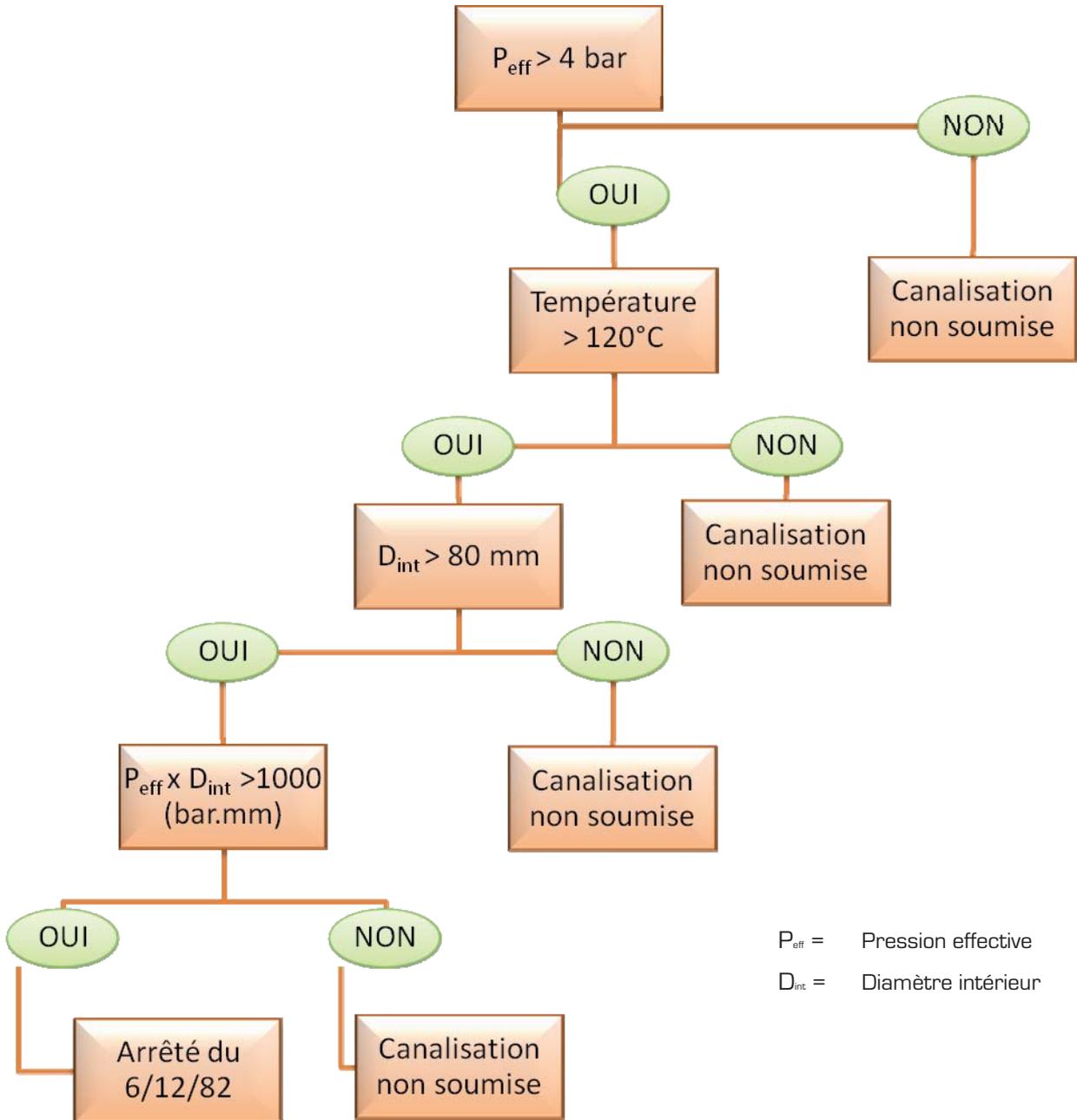
Pour les canalisations de transport, les principaux textes de loi applicables sont :

- Pour l'eau surchauffée et la vapeur d'eau : **l'Arrêté du 6 décembre 1982** relatif à la réglementation des canalisations de transport des fluides non inflammables, ni nocifs.
- Pour les autres fluides : **Arrêté du 4 août 2006** portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques.

L'application de ces arrêtés dépend à la fois de la nature du fluide, de sa température, de sa pression et du diamètre intérieur de la conduite.

Les soudures des canalisations de transport sont soumises à **l'Arrêté du 24 mars 1978** relatif à la réglementation de l'emploi du soudage dans la construction et la répartition des appareils à pression. Cet arrêté s'applique de façon systématique lorsque les canalisations sont soumises à l'arrêté du 6/12/82.

Les canalisations soumises à ces arrêtés doivent être fabriquées de façon spécifique et nécessitent la constitution d'un dossier décrivant l'installation (état descriptif, plans, nomenclatures...) et regroupant les différents certificats (matière, qualifications des soudeurs, procès verbaux de contrôle radiographique, d'épreuve hydraulique...) justifiant de la conformité de l'installation vis-à-vis de la réglementation.



Conditions d'application de l'AM du 6/12/82 pour les canalisations de transport d'eau surchauffée et de vapeur d'eau.

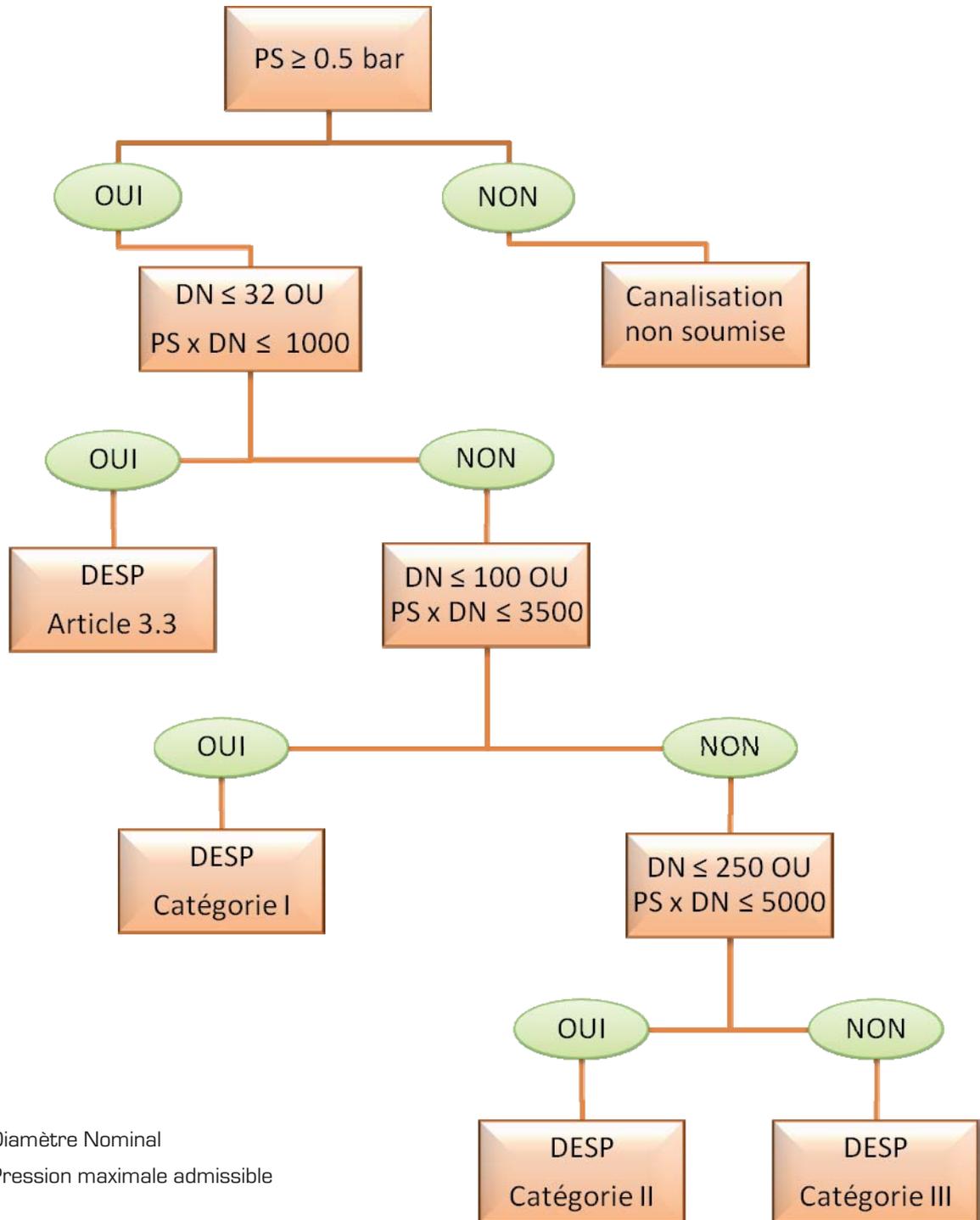
## *2.2 Les canalisations d'usine*

Pour les canalisations d'usine s'applique la **Directive des Equipements Sous Pression n°97/23/CE** (DESP), transposée en droit français par le **décret n°99-1046 du 13 décembre 1999** relatif aux équipements sous pression.

Suivant la DESP les installations sont classées par catégories en fonction de leurs caractéristiques (nature du fluide, diamètre, pression) :

- Article 3.3 (canalisation ne relevant d'aucune catégorie) : «fabrication suivant les règles de l'art».
- Catégorie I : Déclaration de conformité.
- Catégorie II : Contrôle interne de la fabrication + surveillance de l'essai final.
- Catégorie III : Examen CE de conception + vérification sur produit.
- Catégorie IV : Vérification CE à l'unité.

Lorsque la canalisation relève d'une catégorie de construction, elle doit répondre à des «exigences essentielles» portant sur la conception, la fabrication, les matériaux, les instructions et le marquage. Le respect de ces exigences est décrit dans un dossier constructeur validé par un organisme notifié pour les installations de catégorie II, III et IV.



Conditions d'application de la DESP pour les canalisations d'usine d'eau surchauffée et de vapeur d'eau.



# TUCAL

## PRESENTATION



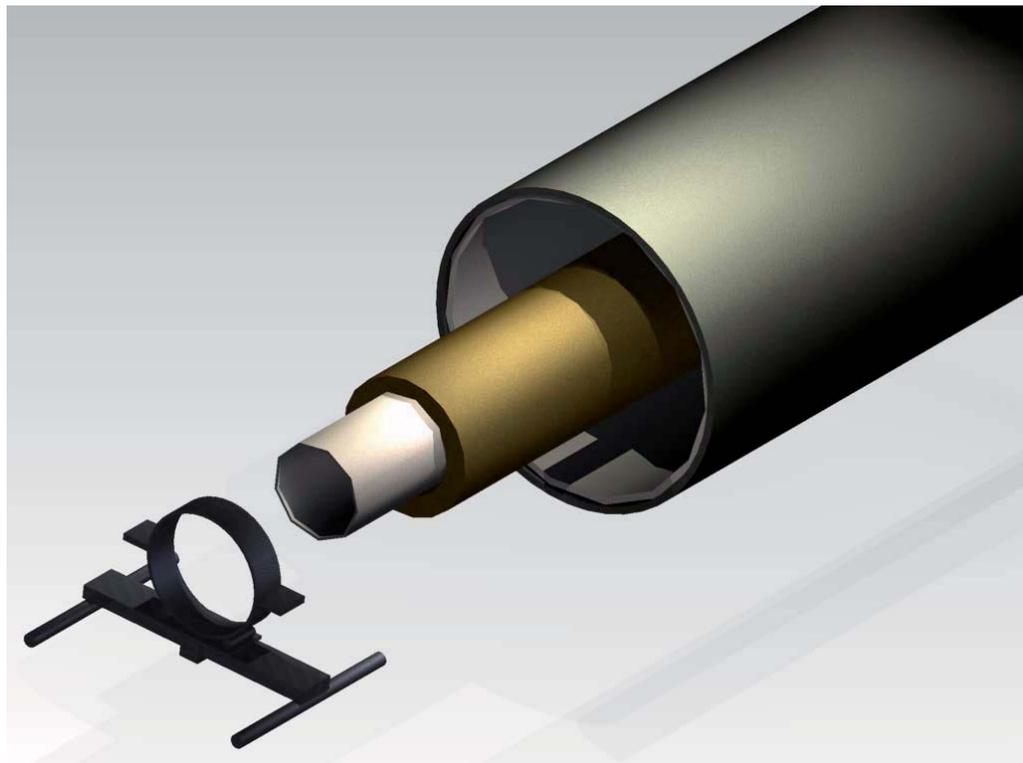
### 3. PRESENTATION DU SYSTEME TUCAL

Contrairement aux réseaux pré-isolés basse température [ $< 110\text{ °C}$ ], qui sont constitués de pièces standards adaptables, le produit TUCAL est toujours fabriqué sur mesure. Ceci permet à chaque réseau d'être optimisé d'un point de vue économique et technique en conciliant au mieux les contraintes spécifiques liées au parcours imposé à la conduite et aux conditions de service. La qualité de conception et de réalisation nécessite une fabrication unitaire des différents composants. Ainsi le niveau des contraintes que supporte le système est toujours maîtrisé, ce qui garantit sa fiabilité dans le temps.

#### 3.1 Descriptif technique :

Le produit TUCAL est un système double enveloppe de canalisations pré-isolées, composé de 3 éléments principaux :

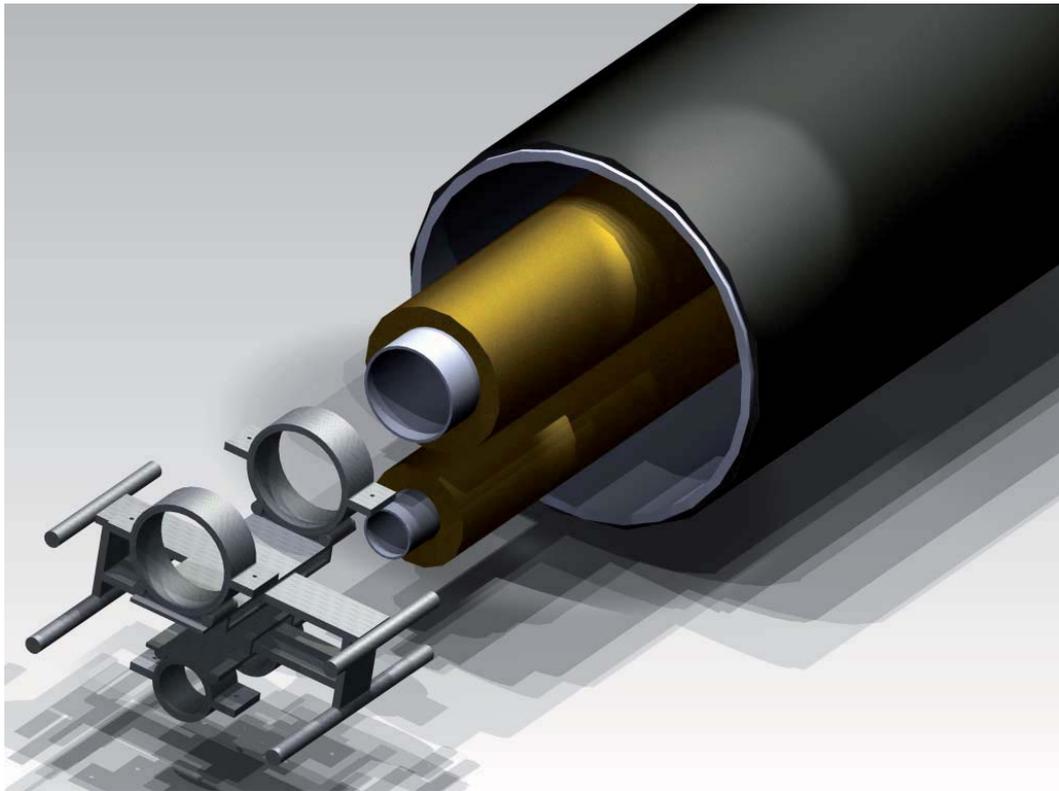
- une gaine extérieure en acier suivant DIN 1628 2458 protégée par un revêtement polyéthylène selon DIN 30670 N-n.
- un tube intérieur dit tube de service qui contient le fluide à véhiculer.
- une épaisseur de laine de roche directement fixée sur le tube de service, et qui assure son isolation thermique.



Tube TUCAL 1 tube / 1 gaine.

Cette configuration a de multiples avantages : le tube de service se déplace facilement au sein de la gaine qui bénéficie d'une étanchéité parfaite du fait de son revêtement PE. Le tube de service est donc parfaitement protégé du milieu extérieur, ce qui garantit sa très faible corrosion.

Dans certains cas, le tube de service "retour" peut être placé avec le tube de service "aller" au sein de la même gaine.



Tube TUCAL - 2 tubes / 1 gaine.

## 3.2 Démarche de conception :

### 3.2.1 Expression du cahier des charges par le client

Chaque réseau est unique. Afin de garantir à ses clients la meilleure réalisation, en termes techniques comme en termes de coût, INPAL Industries fait toujours en sorte d'optimiser ses conceptions. La précision des documents fournis conditionne donc grandement la réussite d'un projet.

Ainsi, dès l'établissement du devis, les données suivantes doivent être communiquées :

- Le **diamètre** des tubes de services "aller" et "retour" : ce diamètre est déterminé en fonction des puissances distribuées, des caractéristiques des systèmes situés en amont (pompes...) et en aval (échangeurs...), ainsi que des pertes de charge réparties tout au long du tracé.
- Un **plan**, avec l'échelle du réseau, comportant l'environnement extérieur et ses particularités (bâtiments, fonçages sous route, coudes de remontée, emplacements des chambres de vannes, présence d'autres réseaux de transport de fluides ou électriques...). Suivant la complexité du projet, une vue de profil du réseau ou une vue isométrique peuvent s'avérer nécessaires.
- Les **conditions de fonctionnement** à l'"aller" comme au "retour" : température, pression, nature du fluide...
- La réglementation à appliquer.

### 3.2.2 La conception d'un réseau haute température.

L'objectif du présent manuel étant de donner un aperçu général de la conception des réseaux Haute Température, il ne sera énoncé ici que les fondamentaux des règles d'étude.

#### Relation entre dilatations et contraintes

Le transport du fluide s'effectue au sein de tubes, en général en acier, appelés tubes de service. L'acier est sujet à de fortes dilatations, dès lors qu'il subit une augmentation de température. A titre d'exemple, une variation de température de 180 °C conduit à une augmentation de longueur des tubes d'environ 2 mm/m. Pour une longueur de 100 m, nous avons donc une variation de 200 mm.

Température [°C]	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
Dilatation [mm/m]	1.66	1.80	1.92	2.04	2.16	2.26	2.4	2.52	2.64	2.76	2.88	3.0	3.12	3.24	3.36	3.48	3.60

Dilatation thermique des tubes acier TUCAL en fonction de la température.

Si on empêche la libre dilatation du tube, on génère en contrepartie des efforts et des contraintes d'un niveau très élevé.

Il s'agit donc d'autoriser les tubes à se déplacer, afin de limiter le niveau des contraintes qu'ils subissent. Ceci se fait grâce à l'emploi de différentes solutions, qui utilisent toutes la capacité de déformation élastique des matériaux.

### *Reprise des dilatations par l'emploi de bras de déflection, d'esses ou de lyres.*

Cette solution, qui consiste à insérer à intervalles réguliers des systèmes de dilatation de formes diverses (bras de déflection, lyres, esses,...), ne peut être employée que lorsque l'espace disponible le long de la tranchée est suffisant pour permettre leur implantation.

Lors de leur mise en œuvre, on utilise directement la capacité de flexion des tubes pour reprendre les dilatations. En effet, un tube qui fléchit est soumis à un niveau de contrainte proportionnel au déplacement qui lui est imposé. On peut donc en fonction des dimensions des tubes, déterminer le déplacement maximal imposable en fonction du niveau de contrainte admissible.



La dilatation reprise par chaque système est également limitée par le diamètre de la gaine extérieure qui impose une valeur maximale au déplacement du tube intérieur. Dans certains cas où la dilatation à reprendre est trop importante il est possible d'accroître localement le diamètre de la gaine TUCAL.

### *Reprise des dilatations par l'emploi de compensateurs.*

Dans ce cas, on se sert de la capacité de déformation d'un élément rajouté qui se comporte comme un ressort. On peut ainsi absorber des déformations longitudinales ou angulaires. Ce type de système est le mieux adapté aux tracés nécessitant un encombrement réduit.

## Pertes de charges.

Pour des réseaux suffisamment longs, les pertes de charge peuvent être élevées. Elles constituent donc un élément caractéristique important dans la détermination d'un réseau, qui permet par exemple de sélectionner les pompes adéquates dans le cas d'utilisation d'eau surchauffée.

Le tableau ci-après donne un ordre d'idée des débits massique d'eau surchauffée pouvant être véhiculés par des diamètres de tubes standards, en fonction des pertes de charges maximales tolérées.

Tubes		Pertes de charges				
Diamètre nominal	Diamètre ext. x épaisseur	10 mm/mCE	15 mm/mCE	20 mm/mCE	25 mm/mCE	30 mm/mCE
DN20	26.9 x 2.6	0.53	0.65	0.75	0.84	0.92
DN25	33.7 x 2.6	1.09	1.34	1.54	1.73	1.89
DN32	42.4 x 2.6	2.2	2.7	3.12	3.48	3.82
DN40	48.3 x 2.6	3.24	3.97	4.59	5.13	5.62
DN50	60.3 x 2.9	6	7.35	4.59	5.13	5.62
DN65	73.0 x 6.0	8.75	10.75	12.4	43.85	15.20
DN80	88.9 x 3.2	17.75	21.75	25.15	28.1	30.8
DN100	114.3 x 3.6	35.15	43.05	49.7	55.6	60.9
DN125	139.7 x 4.0	60	73.5	85	95	104.5
DN150	18.3 x 4.5	99	121	140	156.5	171.5
DN200	219.1 x 6.3	194.5	238.5	275.5	308	337
DN250	273.0 x 6.3	356	436	503.5	563	617
DN300	323.9 x 7.1	559	684	790	884	968
DN350	355.6 x 8.0	710	870	1005	1123	1230
DN400	406.4 x 8.8	1007	1233	1424	1592	1744



Débits massiques en T/h

### Pertes de charges et débits pour quelques diamètres.

Données indicatives suivant les Conditions de calcul :

- Eau surchauffée à  $T_{aller} = 180\text{ °C}$  et  $T_{retour} = 110\text{ °C}$  ;
- Rugosité = 0.05 mm (tube acier neuf)

## Pertes thermiques.

Le système TUCAL permet d'obtenir une très bonne isolation thermique du fluide à véhiculer grâce à la résistance thermique de la laine de roche au contact du tube de service. L'épaisseur de cet isolant est adaptée en fonction des températures de service et des exigences du cahier des charges.

Le tableau ci-après donne des valeurs indicatives de pertes thermiques pour quelques diamètres de tubes et épaisseurs d'isolant.

Diamètre Nominal De service	Epaisseur d'isolant : laine de roche (mm)	Diamètre Nominal Gaine	Pertes thermique [W/m]
DN25	25	DN150	47
DN32	30	DN200	49
DN40	30	DN200	53
DN50	30	DN200	61
DN65	40	DN250	58
DN80	40	DN250	65
DN100	50	DN300	67
DN125	50	DN300	77
DN150	60	DN350	78
DN200	60	DN400	95
DN250	60	DN450	112
DN300	60	DN500	127
DN350	70	DN550	122
DN400	70	DN600	136

### Pertes thermiques pour quelques diamètres.

*Données indicatives suivant les hypothèses :*

- Température de service = 180 °C
- Sol = remblais sec
- Espace annulaire = air sec à pression atmosphérique

### 3.2.3 Principaux composants mis en œuvre.

#### **Tubes droits**

Ce sont les éléments préfabriqués les plus simples : le tube de service muni de son isolant est positionné dans la gaine et maintenu par des supports répartis à intervalles réguliers. La longueur standard d'un élément droit est en général de 11m. Il est livré muni de bouchons d'étanchéité, afin d'éviter l'introduction d'eau et d'impuretés lors du stockage sur chantier.



## *Coudes*

Les coudes permettent un changement de direction. La gaine comporte un renvoi d'angle, et le tube intérieur est constitué de l'assemblage d'un tube coudé et de deux parties droites de longueurs distinctes. Ce type de pièce donne la possibilité d'assurer le libre déplacement du tube de service dans l'espace annulaire situé entre la gaine et l'isolant. Pour cette raison, la gaine de certains coudes est parfois surdimensionnée, afin de pouvoir bénéficier d'un espace supérieur, permettant l'absorption de dilatations plus élevées.

Selon la réglementation applicable, les soudures sur les tubes de services de nos coudes peuvent faire l'objet de radiographies et d'épreuves hydrauliques en usine.



## *Piquages – Réductions*

Chaque sous-ensemble est entièrement préfabriqué en atelier à partir de tés, coudes et réductions standards normalisés. La bonne intégration sur le réseau de ces éléments est précisément définie lors de la conception.



## *Supports du tube de service*

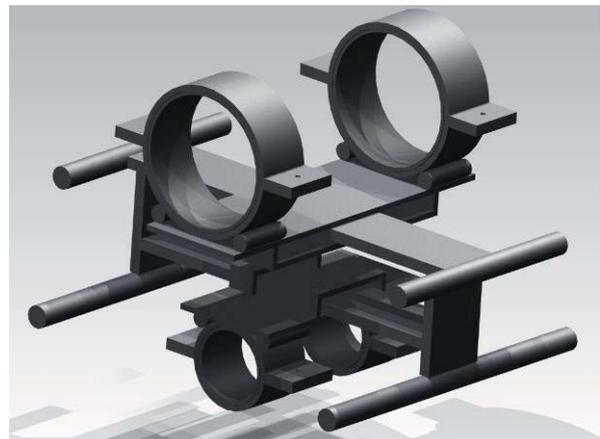
Les supports ont pour objectif premier de soutenir à intervalle régulier le tube de service à l'intérieur de la gaine.

On distingue deux types de supports :

- les supports guides : ils autorisent seulement un déplacement axial du tube de service par rapport à la gaine, par l'intermédiaire de patins de frottement ce qui les rend particulièrement fiables. Ils sont mis en œuvre au niveau des longueurs droites.
- les supports libres : en plus du déplacement axial, ils autorisent un déplacement latéral du tube de service par rapport à la gaine, ceci afin de permettre la flexion du tube de service au niveau des coudes.



Support 1 Tube / 1 Gaine.



Support 2 Tubes / 1 Gaine.

## *Points fixes*

Disposés de manière judicieuse, ils reprennent les efforts dus à la dilatation et permettent de maîtriser le déplacement des différents points de la tuyauterie. Ceux situés aux extrémités sont dits «fermés», car ils assurent l'étanchéité du réseau TUCAL. Les autres, situés le long du réseau sont dits «ouverts», car ils bénéficient d'ouvertures permettant, dans l'hypothèse d'une fuite sur le tube de service, d'éviter l'accumulation de fluide en ces points ; celui-ci aura donc la possibilité de s'évacuer par gravité, sans obstacle, jusqu'à la vidange de gaine située à chaque point bas du réseau.



Point fixe TUCAL - 2 Tubes / 1Gaine

## *Traversée de Mur*

Ce dispositif permet l'entrée en bâtiments ou en chambres de vanne tout en assurant l'étanchéité vis-à-vis du milieu extérieur.

Selon la configuration du réseau, deux types de traversée de mur peuvent être mis en œuvre, le plus simple étant un système constitué d'un joint élastomère de forme spécifique, permettant d'éviter l'infiltration d'eau. Dans certains cas particuliers, ce système pourra être remplacé par une couronne en acier, soudée sur un ensemble virole + joint nitrile.



Traversée de mur TUCAL  
(joint élastomère)



Traversées de mur TUCAL  
(virole+joint nitrile)

## *Têtes de dilatation*

Situées en extrémité de conduite, elles assurent le même rôle d'étanchéité de la gaine qu'un point fixe fermé, tout en autorisant à cet endroit un déplacement axial du tube de service par rapport à la gaine.

Cette fonctionnalité est remplie par l'intermédiaire d'un soufflet métallique solidaire de la gaine sur une extrémité, et du tube de service sur l'autre. La dilatation du tube de service devra être récupérée par le réseau traditionnel sur lequel sera raccordé le TUCAL.



## *Compensateurs*

Fabriqués par des sous-traitants réputés, nos compensateurs présentent toutes les garanties de qualité permettant d'assurer un fonctionnement en toute fiabilité durant de nombreuses années.

Ils sont dimensionnés spécifiquement lors de chaque projet afin de répondre de façon optimale aux conditions de service d'un réseau. Ils sont directement soudés dans nos ateliers sur le tube de service d'une barre droite de 11 mètres, à proximité immédiate d'un point fixe et d'un support guide. Ce montage en usine permet de garantir leur bon fonctionnement axial.

Selon la réglementation applicable, les soudures de nos compensateurs peuvent faire l'objet de radiographies et d'épreuves hydrauliques en usine.

## Kits de jonction

L'assemblage des différentes pièces d'un réseau nécessite tout d'abord le soudage bout à bout des tubes de service. La continuité de la gaine est ensuite assurée par la mise en place des kits de jonctions. Chaque kit contient une coquille de laine de roche, une manchette acier fendue longitudinalement et une bande thermo-rétractable.



Assemblage TUCAL 2 Tubes / 1 Gaine



Assemblage TUCAL 1 Tube / 1Gaine

## *Vidange de gaine*

La vidange de gaine TUCAL est placée au niveau d'un point bas, dans une chambre ou un regard ; elle est constituée d'une canne de vidange et d'un disque de rupture monté entre brides.

En cas de fuite au niveau du tube de service, l'augmentation de pression dans la gaine TUCAL entraîne la rupture du disque et l'évacuation vers l'extérieur du fluide. Ceci évite ainsi la montée en pression et température de la gaine ainsi que la détérioration complète de l'isolant du réseau par immersion,



## TUCAL

## PRESTATIONS



## 4. PRESTATIONS ASSUREES PAR INPAL INDUSTRIES

INPAL Industries conçoit et fabrique un système complet, qui est spécifiquement adapté au besoin de chaque client.

Dans cette optique, deux types de prestations sont assurées :

-  **Prestation de fourniture :** un ensemble de pièces préfabriquées est livré, conforme aux plans d'études effectués par nos soins. Dans ce cas, il est impératif de respecter ces plans au moment de la pose. Aucune modification ne doit être réalisée sans l'accord technique d'INPAL Industries.

Cette prestation inclut :

- l'étude, la conception, la vérification par le calcul du réseau TUCAL
- les plans de pose des tuyauteries et accessoires.
- le dossier de construction comprenant les divers certificats : essai de pression, certificats matière, procédés de soudage employés, ...

-  **Prestation de fourniture et pose :** le réseau est livré et monté sur site, la pose étant assurée par nos soins.

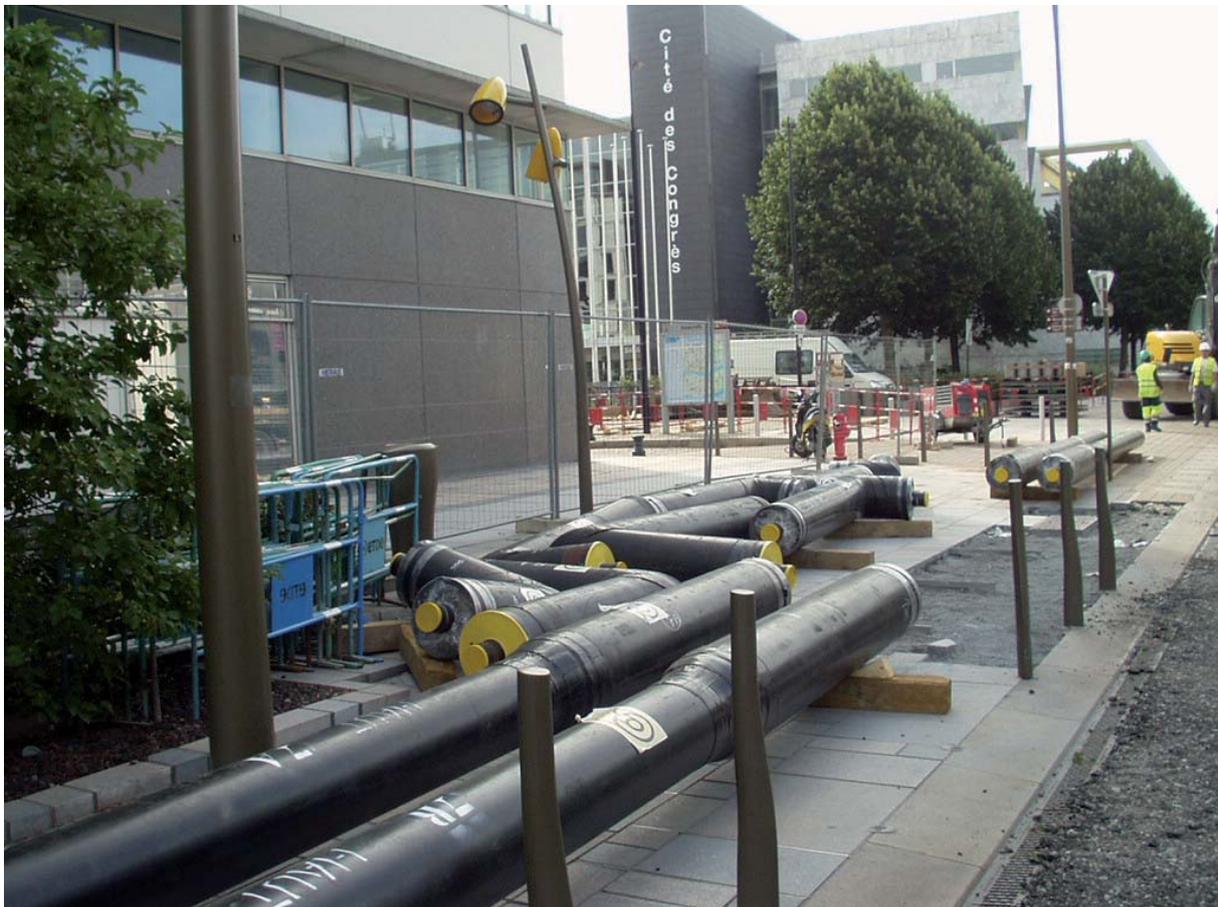
Cette prestation inclut en plus des prestations précédentes :

- l'assemblage des unités préfabriquées, conformément aux règles d'exécution du présent document et à l'Avis technique CSTB 14/05-951.
- la réalisation sur chantier des épreuves et des tests requis.
- les documents relatifs à l'exécution :
  - PV d'épreuve hydraulique du tube de service.
  - PV d'épreuve à l'air de la gaine.
  - PV de contrôle visuel du revêtement.
  - Plan conforme à exécution.

Si la pose de la tuyauterie n'est pas à la charge d'INPAL Industries, alors les prestations énumérées au paragraphe précédent sont à la charge de l'installateur.

## TUCAL

## OPTIONS



### 5. OPTIONS

Outre ses prestations standards, INPAL Industries peut proposer en option les prestations décrites dans les paragraphes suivants.

#### 5.1 Protection contre la corrosion de la gaine

Tous les réseaux TUCAL possèdent une protection contre la corrosion grâce au revêtement polyéthylène de leur gaine acier.

Cependant, lorsque le milieu environnant l'impose (milieu corrosif, présence de courants vagabonds...) INPAL Industries peut, à la demande du client, fournir une protection cathodique, dimensionnée et posée par une entreprise spécialisée de son choix.

Deux types de protection peuvent être fournies et posées, le choix étant déterminé par l'installation à protéger.

La première technique est la **protection cathodique par anode sacrificielle**. Le principe de celle-ci est de créer une pile par couplage avec un métal moins noble, ce qui entraîne la corrosion de ce dernier ; on aboutit ainsi à une corrosion dirigée. Le métal à protéger (acier de la gaine TUCAL) fait office de cathode et est relié à un métal protecteur plus électronégatif tenant lieu d'anode. Le potentiel du métal à protéger devient plus électronégatif que son potentiel de corrosion naturel ; ainsi la réaction d'oxydation ne se produit pas à la cathode mais à l'anode, d'où le terme d'anode «sacrificielle».

Les anodes sont en général réparties de façon régulière le long de la conduite à protéger, excepté en cas de corrosion non uniforme ou de contraintes géométriques et techniques.

La deuxième technique est la **protection par courant imposé**. Son principe consiste à imposer un courant entre le métal à protéger, la cathode, et une électrode auxiliaire, l'anode. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser une source de courant extérieure. La borne positive de cette source est reliée à l'électrode auxiliaire, la borne négative à la gaine à protéger. Pour une certaine valeur d'intensité, il n'y a plus de corrosion possible de l'acier.

Dans un cas comme dans l'autre, les extrémités du réseau sont livrées munies de brides isolées afin d'isoler électriquement le réseau, de sorte à garantir le bon fonctionnement de la protection cathodique. Tous les autres éléments nécessaires sont fournis et posés par le sous traitant choisi par INPAL Industries. Dans le cas où la pose de la tuyauterie n'est pas à la charge d'INPAL Industries, l'installateur est tenu de respecter des règles d'exécution particulières figurant au § 6.4.4.



## 5.2 Mise au vide / Mise sous atmosphère inerte

L'espace annulaire compris entre l'isolant et la gaine TUCAL peut, à la demande, être mis au vide. Un vide de l'ordre de 5 mbar est alors réalisé sur chantier, à l'aide d'une pompe à vide, par l'intermédiaire de l'un des événements de la conduite. Cette technique permet d'améliorer encore l'isolation thermique le long de la tuyauterie TUCAL en abaissant de façon significative les pertes thermiques par conduction de l'air.

Dans le cas de longs réseaux, un sectionnement sera nécessaire pour la mise au vide afin de permettre d'isoler un tronçon en cas de fuite et de refaire le vide de celui-ci de façon plus simple.

De façon similaire, mais pour certains procédés industriels particuliers, il est également possible de mettre l'espace annulaire du TUCAL sous atmosphère inerte sécurisant ainsi le transport d'un fluide dangereux.





## TUCAL

## MANUEL DE POSE



## 6. REGLES D'EXECUTION

Le système pré-isolé TUCAL est fabriqué et contrôlé en usine ; Il est fourni en tronçons préfabriqués à assembler sur site par soudage.

Bien que l'installation ne comporte pas de difficulté particulière, celle-ci doit être soignée et conforme au plan d'exécution remis par INPAL Industries ainsi qu'aux procédures de pose figurant ci-après.

Le respect de ces règles sera seul en mesure de garantir un fonctionnement sûr et durable du système TUCAL.

### 6.1 Réception des Pièces TUCAL

#### 6.1.1 Contrôle préliminaire

Les quantités et le bon état de toutes les pièces reçues doivent être vérifiés à l'aide de la note d'envoi jointe à l'expédition. Toute détérioration ou manque à la livraison doit être indiqué sur cette note qui sera remise signée, au transporteur.



### 6.1.2 Déchargement – Manutention

Le déchargement et la manutention doivent être effectués avec soin de sorte à éviter les chocs et la détérioration du revêtement PE des gaines extérieures. Dans cet objectif, deux sangles de 100 mm de largeur minimum devront être utilisées. L'emploi de chaînes ou de câbles est formellement interdit. Les sangles devront être disposées à l'emplacement indiqué sur la gaine extérieure des pièces TUCAL.

Une attention toute particulière devra être portée aux pièces ouvragées telles que les coudes, les tés, les points fixes, etc.



Des appareils de levage répondant à la réglementation en vigueur devront être choisis en fonction de la fragilité, de la masse et de l'encombrement des éléments à soulever. Les sollicitations humaines sont à limiter autant que possible.

Les protections d'usage doivent être de mises : protection des parties saillantes, port d'un équipement individuel de protection approprié, utilisation de personnels formés et compétents.

### 6.1.3 Stockage

Lors du stockage, les protections des extrémités des pièces doivent être laissées en position, afin d'éviter toute détérioration du revêtement extérieur ainsi que l'éventuelle pénétration d'eau et de corps étrangers.

De plus, les pièces TUCAL doivent reposer sur des madriers, par l'intermédiaire de cartons. La première rangée ne devra pas être en contact avec le sol. Un minimum de 5 madriers devra être installé pour des tubes de 11-12 mètres et 3 madriers minimum pour des tubes de 6 mètres. Les madriers devront être intercalés entre chaque couche de tube, en veillant à ce que les parties saillantes ne détériorent pas les revêtements des gaines avoisinantes.



*En cas de stockage prolongé, les pièces stockées doivent être protégées avec des bâches. Les accessoires de chantier tels que isolants, feuillets, bandes thermo-rétractables, sont à stocker dans un local couvert et fermé.*

## 6.2 La Tranchée TUCAL : Dimensions et Particularités

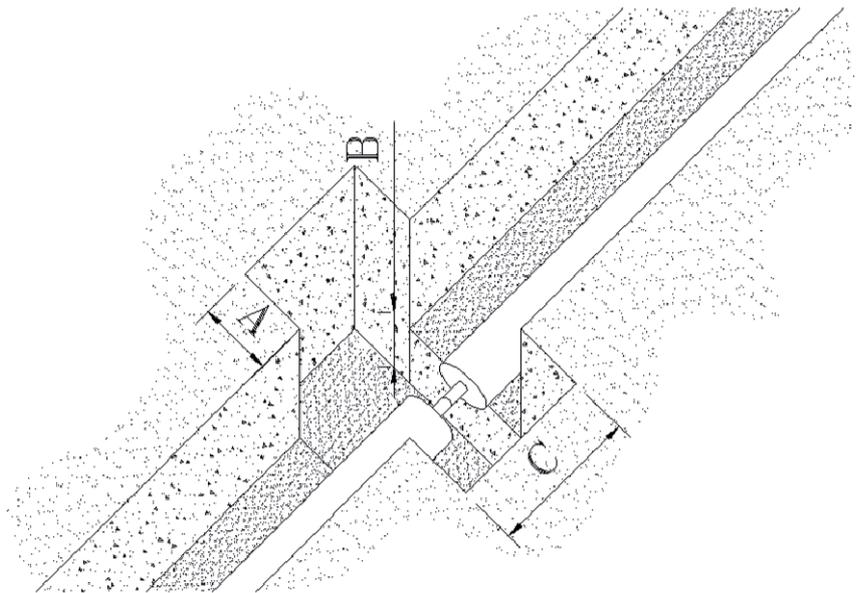
La tranchée TUCAL doit être exécutée conformément aux plans d'exécution transmis par le bureau d'étude INPAL Industries ; toute modification du tracé ou du profil doit faire l'objet d'une demande d'autorisation préalable auprès de celui-ci qui validera ou proposera une alternative à cette demande.

La largeur de la tranchée devra permettre d'installer les tubes "aller" et "retour" espacés de 150 à 200 mm minimum, les gaines TUCAL étant distantes de 200 mm minimum des bords de la tranchée.

Type TUCAL		Diamètre Nominal de la gaine	Diamètre extérieur de la gaine (mm)	Largeur minimale de la tranchée (mm)
1 Tube / 1 Gaine	<i>Aller et retour dans deux gaines distinctes : deux tuyauteries dans la tranchée</i>	DN125	139.7	830
		DN150	168.3	890
		DN200	219.1	990
		DN250	273	1100
		DN300	323.9	1200
		DN350	355.6	1270
		DN400	406.4	1370
		DN450	457	1470
		DN500	508	1570
		DN600	610	1770
2 Tubes / 1 Gaine	<i>Aller et retour dans la même gaine : une tuyauterie dans la tranchée</i>	DN250	273	680
		DN300	323.9	730
		DN350	355.6	760
		DN400	406.4	810
		DN450	457	860
		DN500	508	910
		DN600	610	1010
DN700	711	1120		

Largeurs minimales des tranchées en fonction des diamètres.

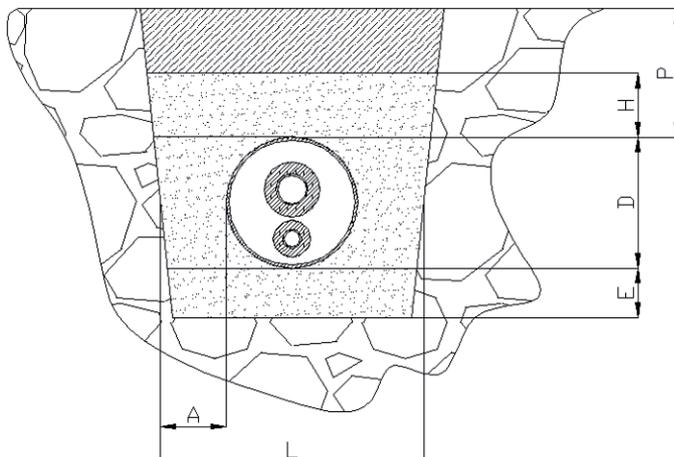
Au niveau du raccordement entre deux pièces préfabriquées TUCAL, la tranchée devra être élargie et approfondie suivant les cotes indiquées sur l'image ci-dessous, ceci afin de faciliter les soudures. Ces élargissements sont représentés sur le plan d'exécution fourni par notre bureau d'étude et dénommés «niches de soudures».



A = 500 mm  
B = 500 mm  
C = 1000 mm

**Niches de soudures.**

Un lit de sable d'une épaisseur minimale de 100 à 150 mm doit être prévu en fond de fouille et sur tout le pourtour des éléments du réseau. Le fond de la tranchée doit présenter une pente régulière afin d'éviter la présence de points bas ou points haut non accessibles et pour lesquels aucun système de purge n'aura pu être mis en œuvre.



P mini = 500 mm.

D = Diamètre de la gaine.

E = Epaisseur du lit de sable (minimum 100mm).

H = Epaisseur du lit de sable au dessus du tube (minimum 150 mm).

L = Largeur de la tranchée.

A = Distance Gaine / Bord de la tranchée : 200 mm minimum.

**Coupe tranchée TUCAL - 2 tubes / 1 gaine.**

P mini = 500 mm.

D = Diamètre de la gaine.

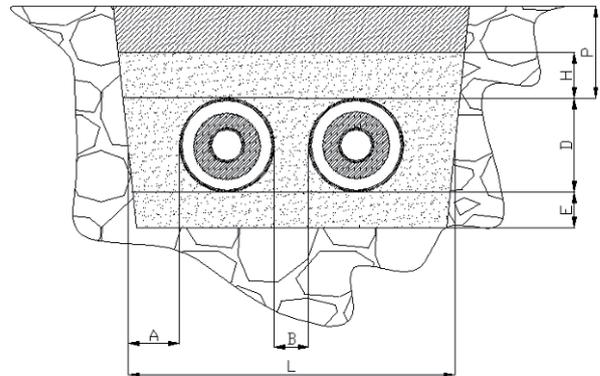
E = Epaisseur du lit de sable (minimum 100 mm).

H = Epaisseur du lit de sable au dessus du tube (minimum 150 mm).

L = Largeur de la tranchée.

A = Distance Gaine / Bord de la tranchée : 200 mm minimum.

B = Distance entre les tubes : 150 mm minimum.



Coupe tranchée TUCAL - 1 tube / 1 gaine.

Durant toute la durée du chantier, la tranchée devra être maintenue sèche afin d'éviter le risque d'entrée d'eau dans les pièces TUCAL. Pour la même raison, les protections d'extrémités des gaines extérieures et des tubes de service ne devront être retirées qu'au moment de la réalisation des kits.

Les tuyauteries TUCAL doivent se trouver à minimum 250 mm de toute autre canalisation ou câble et conformément aux règles de distance entre les réseaux enterrés (norme NF P98-332). Si nécessaire les réseaux doivent être déviés.



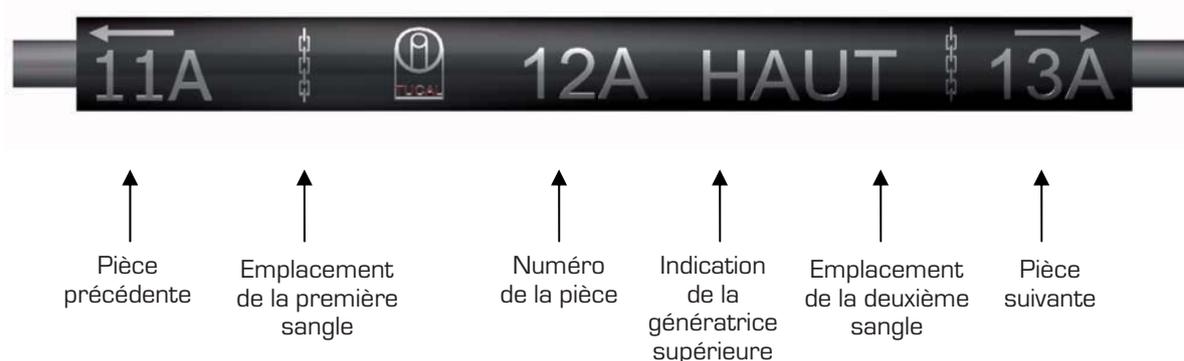
## 6.3 Assemblage des pièces TUCAL

### 6.3.1 Mise en place du réseau

Après avoir contrôlé l'état du revêtement des pièces, celles-ci doivent être déposées dans le fond de la tranchée à l'aide d'un engin de levage et d'une sangle de 100 mm minimum (Cf. 6.1.2 Déchargement - Manutention).

Elles ne devront en aucun cas être déposées sur des objets durs à arêtes vives. Par contre elles doivent impérativement être positionnées tel qu'indiqué sur le plan d'exécution.

Afin d'éviter toute erreur, chaque élément préfabriqué est numéroté de façon visible sur la gaine. De plus, à chaque extrémité, figurent le numéro de la pièce précédente et celui de la pièce suivante. Sur le haut de la gaine TUCAL est également indiqué la position de la génératrice supérieure du tube («HAUT») : il est indispensable que cette indication soit sur le dessus de la pièce disposée dans la tranchée, afin d'assurer le bon glissement des supports à l'intérieur de la gaine.



### Cas particuliers :

#### *Longueurs d'ajustement :*

Des sur-longueurs peuvent avoir été prévues initialement, lorsqu'il existe une incertitude sur certaines longueurs droites. Ces sur-longueurs sont de l'ordre de 200 à 300 mm et sont rajoutées en extrémité de pièce sur le tube de service. Sur de telles pièces, l'extrémité non revêtue PE est donc de l'ordre de 350 à 450 mm au lieu des 150 mm standards, ce qui permet de s'ajuster au mieux à la configuration du réseau en recoupant, si nécessaire, cette extrémité.

Pour chacune de ces sur-longueurs un kit de jonction adapté (de longueur 800 mm au lieu de 400 mm) est livré [Cf. § 6.3.4 Reprise de l'isolation et de l'étanchéité : réalisation des kits de jonction].

#### *Pré-tension :*

La pré-tension, effectuée sur le tube de service, a pour objectif de diminuer les contraintes mécaniques à chaud au niveau des coudes.

Le principe consiste à déplacer, à froid le tube de service par rapport à la gaine, ceci sur une longueur droite débouchant sur un coude. Ainsi, le déplacement engendré entraîne une augmentation de l'espace disponible pour la dilatation dans ce coude.

Une étiquette rouge disposée sur la gaine indique l'extrémité de tube de service sur laquelle la pré-tension doit être effectuée.

#### *Modification des pièces :*

Les pièces TUCAL sont dimensionnées sur mesure afin de s'adapter au plus près à la configuration du terrain. Elles ne sont donc pas censées être raccourcies, rallongées ou subir toute autre modification qui pourrait sembler nécessaire sur le chantier. Toute transformation de pièce qui s'avérerait indispensable doit faire l'objet d'un accord préalable écrit de la part d'INPAL Industries, sous peine d'annulation de la garantie.

### 6.3.2 Soudures des tubes de service

Avant assemblage, il est important de veiller à enfiler sur l'une des extrémités de chaque pièce les manchettes de la gaine extérieure nécessaires à la réalisation des jonctions.

Une fois que les pièces sont bien alignées dans le fond de la tranchée, les soudures des tubes de service peuvent être effectuées.

Les soudures doivent être réalisées suivant les règles de l'art, par des soudeurs qualifiés.

A la fin de chaque journée de travail, et si les protections d'extrémités des pièces ont été retirées, il est conseillé de protéger les jonctions des intempéries en faisant glisser par-dessus les manchettes, elles-mêmes emballées dans une feuille de plastique.



### 6.3.3 Contrôles de l'assemblage

#### *Contrôle des soudures.*

Les soudures effectuées sur le chantier devront être contrôlées conformément à la réglementation en vigueur et aux exigences du CCTP [contrôle visuel, contrôle radiographique].



#### *Epreuve du tube de service.*

A l'issue de la pose du réseau, et avant réfection de l'isolation au niveau des jonctions, la conduite doit être éprouvée hydrauliquement. La pression d'épreuve doit être conforme à la réglementation en vigueur et aux exigences du CCTP.

Si rien n'est imposé par l'un ou l'autre, une épreuve de deux heures à une pression au moins égale à une fois et demi la pression de service devra être effectuée. Cette épreuve sera validée par un procès verbal, établi par l'installateur, et précisant les conditions d'exécution.

### 6.3.4 Reprise de l'isolation et de l'étanchéité : réalisation des kits de jonction

Avant de mettre en place les kits de jonction il est important de penser à retirer les bouchons d'extrémité des pièces, de même que les pattes de fixation de transport qui bloquent le tube de service par rapport à la gaine.

#### *Isolation des jonctions*

Les coquilles de calorifuge (inclues dans la fourniture) doivent être coupées à la longueur et fendues dans le sens axial. Puis elles doivent être placées sur le tuyau intérieur afin d'assurer la continuité du calorifuge.

Ces coquilles sont ensuite maintenues à l'aide de deux feuilards ou fil de fer (hors fourniture INPAL).

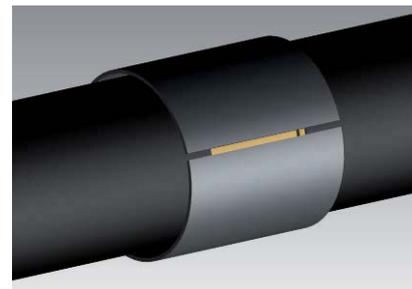


Pose des coquilles de laine de roche

#### *Soudage des manchettes*

Après avoir réalignées les conduites extérieures, les manchettes en acier doivent être mises en place en chevauchant chacune des extrémités des gaines.

Elles doivent ensuite être soudées par deux soudures périphériques et une soudure longitudinale. Les soudures doivent être de bonne qualité et étanches.



Mise en place de la manchette

#### *Pose des bandes thermo-rétractables*

Les bandes thermo-rétractables, incluses dans la fourniture des kits de jonction, servent à protéger les manchettes acier des agressions extérieures. Elles ne doivent être posées qu'une fois l'épreuve pneumatique des gaines effectuée.



Mise en place de la bande thermo rétractable

### **6.3.5 Contrôles de l'étanchéité**

#### *Epreuve Pneumatique des gaines*

L'étanchéité du système doit être contrôlée sous pression d'air.

L'espace d'air compris entre le calorifuge et la gaine sera mis sous pression d'air à 0.5 bar sans dépasser 1 bar, par l'intermédiaire des événements situés à cet effet en extrémité de réseau.

Si l'épreuve doit se faire alors que le réseau n'est pas complet, il est nécessaire de placer un bouchon d'obturation sur la gaine.

Le réseau ou une partie du réseau étant sous pression d'air, chaque soudure de chaque manchette doit être contrôlée à l'aide d'une solution savonneuse.

#### *Contrôle du Revêtement*

L'ensemble de la conduite, y compris les manchettes, fera l'objet d'un contrôle visuel.

### ***6.4 Points particuliers***

#### ***6.4.1 Entrée en bâtiment***

Au niveau des entrées en bâtiment, l'étanchéité est garantie par la pose d'une traversée de mur qui obture l'espace annulaire entre le mur et la gaine extérieure. Cette traversée de mur est livrée posée sur les pièces pénétrant les bâtiments.

#### ***6.4.2 Vidange de gaine***

Entre un point haut et un point bas, la pente doit être maintenue constante, afin d'assurer un écoulement correct au sein de la gaine, en cas de fuite. L'eau qui serait emprisonnée dans la gaine pourrait ainsi être évacuée vers la vidange de gaine TUCAL installée en extrémité de réseau, au point bas, dans une chambre de visite. Cette vidange est constituée d'une canne d'évacuation et d'un disque de rupture entre deux brides, prévu pour éclater en cas de surpression dans la gaine. Au-delà du jeu de bride doit être créé un prolongement vers un endroit «hors danger». Si ce prolongement doit se faire en enterré, il est nécessaire de prévoir un revêtement anti corrosion et un regard.

Le disque de rupture (livré en fin de travaux) ne doit pas être posé avant qu'une première mise en chauffe du réseau n'ait eu lieu, ceci afin d'évacuer au préalable l'humidité accumulée au niveau de l'isolation.

#### ***6.4.3 Mise au vide***

Dans le cas d'une mise au vide de l'espace annulaire entre la gaine et la laine de roche, le réseau devra être mis en chauffe une première fois avant la réalisation du vide. Cette étape est nécessaire pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment : évacuer l'humidité ayant pu s'accumuler lors du chantier au sein de la laine de roche et dans les gaines TUCAL.

#### ***6.4.4 Protection cathodique***

Lors de l'installation d'une protection cathodique, des travaux de terrassement supplémentaires sont nécessaires, le long de la tranchée, afin de pouvoir positionner les anodes.

Les brides isolées livrées dans le cas de l'installation d'un système de protection cathodique ne doivent en aucun cas être shuntées, ni peintes, excepté à l'aide d'une peinture non conductrice.

## 6.5 Remblayage

### 6.5.1 Remblayage et compactage :

Le fond de la tranchée doit être nettoyé afin d'éliminer tout corps dur (pierre, métal, bois, etc.) qui pourrait endommager la gaine TUCAL.

Le remblayage autour et entre les tuyauteries doit être effectué manuellement avec du sable, mais le compactage pourra cependant être réalisé à l'aide d'un matériel mécanisé léger (plaque vibrante).

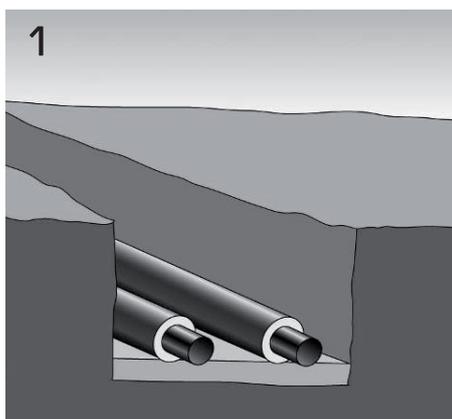
Le remblayage doit se faire par couches successives de maximum 150 à 200 mm pour arriver au niveau de la génératrice supérieure de la gaine. Une couche finale de sable de 100 mm doit ensuite être déposée.

Le compactage doit être effectué avec un grand soin pour chaque couche, tout particulièrement dans les parties inférieures et (éventuellement) entre les tuyauteries. Le degré de compactage minimum doit être à 90 % de la valeur du maximum Proctor standard (énergie de compactage normalisée) déterminée en laboratoire.

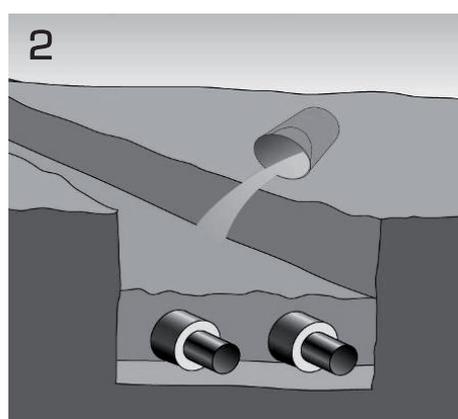
Il est essentiel que toutes les précautions soient prises, et plus particulièrement au moment du remblayage et du compactage, pour ne pas endommager le revêtement extérieur des gaines, ni les câbles éventuels.

Un grillage avertisseur doit être prévu par l'entrepreneur de génie civil, au dessus de la tuyauterie afin de prévenir de sa présence en cas de fouilles postérieures.

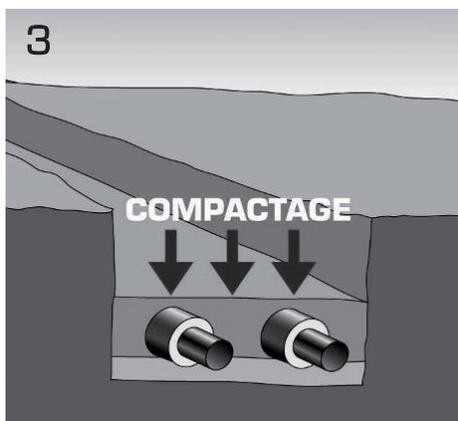
Le remblayage final doit être effectué avec des matériaux homogènes, non contondants, gardant leur compacité en toutes conditions d'humidité, et soigneusement compactés, de façon à ce que les charges soient biens réparties et qu'il n'y ait pas d'affaissement ultérieur du terrain.



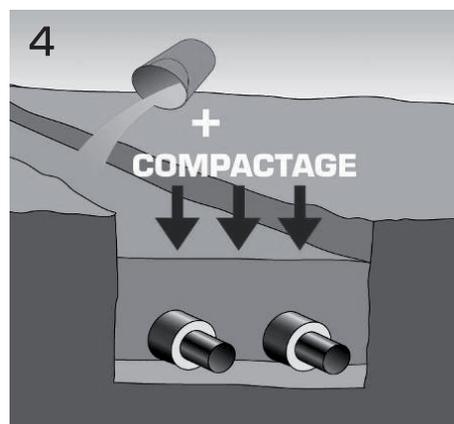
Nettoyer soigneusement le fond de la fouille afin d'éliminer tout corps dur (pierre, métal, bois, etc...).



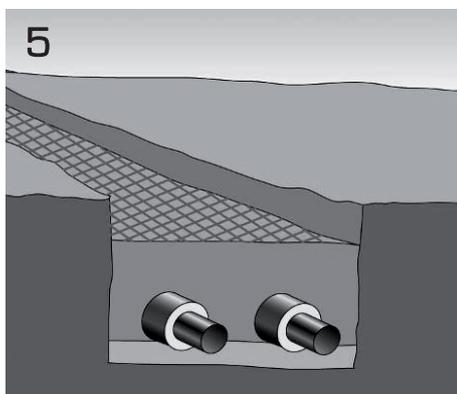
Étaler une couche de sable uniforme affleurant au niveau du sommet des tubes



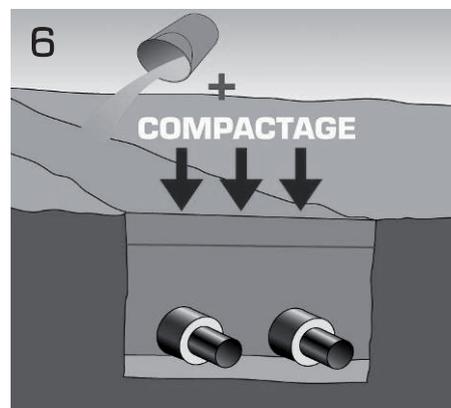
Damer le sable manuellement sur les côtés et entre les tubes, en évitant tout choc sur les gaines TUCAL. Etaler une couche de sable uniforme affleurant au niveau du sommet des tubes



Etaler une couche uniforme de sable de 10 cm d'épaisseur au dessus des canalisations et la damer soigneusement.



Un grillage avertisseur (couleur : violet) doit être placé à une distance d'environ 0.2 - 0.5 m au-dessus de la canalisation.



Réaliser le remblaiement par couches successives de 0.20 m de terre expurgée d'éléments supérieurs à 100 mm, puis les compacter l'une après l'autre.

### **6.5.2 Traversée de route**

Au niveau des traversées de routes, les creux et les bosses du revêtement final doivent être proscrits de façon à éliminer les forces dynamiques qui pourraient résulter du passage du trafic.

L'épaisseur minimale de remblai au dessus de la gaine extérieure (revêtement routier compris) pour des sollicitations de 13 tonnes à l'essieu, doit être égale à au moins deux fois le diamètre extérieur de cette gaine. Pour tout cas particulier (enfouissement supérieur ou inférieur aux limites précisées), INPAL Industries doit être consulté.

## **7. MAINTENANCE D'UN RESEAU TUCAL**

Le système TUCAL est conçu pour donner entière satisfaction pendant de nombreuses années. Cependant, comme tout équipement, il nécessite un entretien minimum.

Il est essentiel de s'assurer de l'absence d'humidité dans le système après installation et en cours de fonctionnement, selon les procédures indiquées ci-après.

### **7.1 Inspection du Site**

Deux fois par mois, le réseau doit être parcouru et les points suivants vérifiés :

-  Absence de vapeur (qui pourrait révéler la présence d'humidité).
-  Absence de nouveaux travaux et terrassement à proximité de la conduite.
-  Aspect au dessus du réseau (pas de traces sur l'herbe, pas d'effondrement, etc....).

### **7.2 Examen des Chambres de Visite**

Les chambres de visite doivent être inspectées au moins une fois par mois, particulièrement en période de pluie.

Si de l'eau se trouve dans la chambre, il faut la pomper. De plus, il faut trouver l'origine de cette eau et y remédier, celle-ci ne devant jamais atteindre le bas de la conduite.

Les surfaces métalliques doivent être protégées de la corrosion par une peinture adéquate, et il est nécessaire de les repeindre régulièrement.

Les événements de la chambre ne doivent pas être bouchés pour une bonne aération de celle-ci.

### ***7.3 Examen des Extrémités du Réseau***

Les tubes et les points fixes fermés se trouvant dans les chambres de visites et aux entrées de bâtiment doivent être repeints quand cela s'avère nécessaire.

Au moins une fois par mois, les vidanges localisées au bas des extrémités du réseau doivent être ouvertes afin de permettre la vérification de l'absence d'humidité entre le tube de service et la gaine.

Cette opération est à proscrire en cas de mise sous vide.

### ***7.4 Détection et Localisation de Fuite***

#### *Détection de l'existence d'une fuite*

En plus des examens périodiques des points bas, l'existence d'une fuite éventuelle se détectera par la présence d'eau ou de vapeur à l'échappement du disque de rupture installé en point bas dans des regards (se référer au plan d'exécution du réseau).

#### *Localisation de la fuite*

Dans la grande majorité des cas, la localisation s'effectue au mètre près, et à partir de la surface, à l'aide de techniques actuellement bien maîtrisées et ayant fait l'objet d'essais industriels. En fonction des particularités du réseau on utilisera :

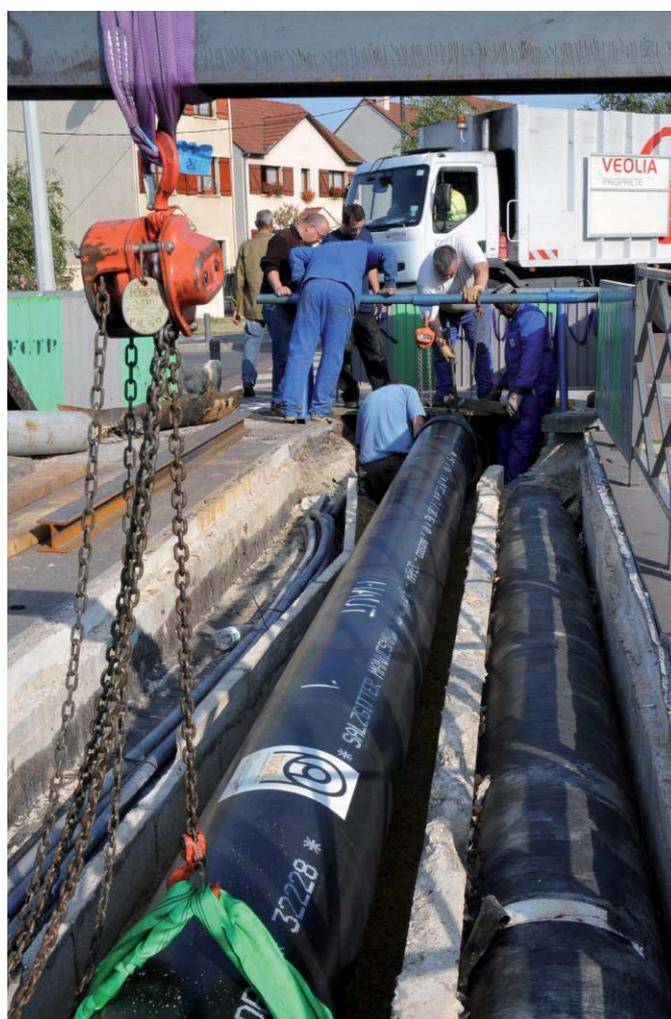
- La méthode acoustique.
- L'infrarouge.
- La micro sismique.

### ***7.5 Procédure de Séchage***

En cas de présence d'humidité ou d'eau dans l'espace d'air annulaire et dans le calorifuge (au moment de l'installation ou après incident), il est indispensable de drainer et sécher le système TUCAL. Si l'origine de cette humidité n'est pas évidente, on préviendra INPAL Industries qui indiquera la meilleure marche à suivre.

## TUCAL

## REFERENCES



## 8. REFERENCES

N°	Année	Maître d'Ouvrage	Maître d'Œuvre	Site	Dpt	DN de service / DN gaine	Conditions de Service
1	2000	GBMC	TCVAL	ILLKIRCH	67	DN100 / DN300	VAP. / 180 °C - 13 bar
2	2000	Ville de LYON	TCVAL	Parc de la Tête d'Or	69	DN32 / DN150	ES <sup>1</sup> / 200 °C - 20 bar
3	2000	Ville de LYON	TCVAL	Parc de la Tête d'Or	69	DN80 / DN250	ES / 200 °C - 20 bar
4	2001	RCU	DALKIA	Joué-lès-Tours	37	DN200 / DN450	ES / 150 °C - 18 bar
5	2001	RCU	ELYO	Compiègne	60	DN200 / DN400	ES / 180 °C - 30 bar
6	2001	Casino	TCVAL	Aix en Provence	13	DN65 / DN250	ES / 200 °C - 20 bar
7	2002	SIFODA	TCVAL	Louvara	22	DN80 / DN200	VAP. / 180°C - 19 bar
8	2003	SIAPP	SIAPP	Usine épuration Seine Aval - MAISON LAFITTE	78	DN100 / DN 400	VAP. / 225 °C - 25 bar
9	2003	MGC	MGC	LYS SERVICES Zone Industrielle-MERVILLE	59	2 x DN100 / DN450	ES / 175 °C - 12 bar
10	2003	RCU	AXIMA	Mulhouse	68	DN150 / DN350	ES / 180°C - 25 bar
11	2003	RCU	ECA	Chenove	21	DN40 / DN150	ES / 160 °C - 15 bar
12	2003	RCU	CRYSTAL	Bagnolet	93	DN200 / DN400	ES / 200 °C - 28 bar
13	2004	Comédie Française	BEGEX	Paris	75	DN 50 / DN200	ES / 140 °C - 6 bar
14	2004	UIOM	DALKIA	Brest	29	DN300 / DN550	ES / 180 °C - 25 bar
15	2004	RCU	PERGAZ	Meaux	77	DN125 / DN 300	ES / 145 °C - 16 bar

ES = Eau Surchauffée  
VAP = Vapeur

<i>N°</i>	<i>Année</i>	<i>Maître d'Ouvrage</i>	<i>Maître d'Œuvre</i>	<i>Site</i>	<i>Dpt</i>	<i>DN de service / DN gaine</i>	<i>Conditions de Service</i>
16	2004	MSD	MIEGE et PIOLLET	Site Industriel de MSD	63	DN100 / DN300	VAP. / 200 °C - 15 bar
17	2004	Foyer ARIMC	HERVE THERMIQUE	Lormont (extension des réseaux)	33	2 x DN100 / DN450	ES / 180 °C - 16 bar
18	2004	EADS	AMEC SPIE	Toulouse	31	DN 65 / DN300	ES / 180 °C - 22 bar
19	2005	Ville de Lyon	ITL	Parc de la Tête d'Or	69	DN32 / DN200	ES / 200 °C - 20 bar
20	2005	Ville de Lisieux	SONEX	Hauteville	14	DN65 / DN200	ES / 180 °C - 18 bar
21	2005	Hôpital de Cambrai	FARASSE Fluides	Pôle logistique	59	DN80 + DN50 / DN350	VAP. / 195 °C - 13 bar
22	2005	Ville de Bourges	DALKIA	Chaufferie Urbaine	18	2 x DN50 / DN300	ES / 170 °C - 20 bar
23	2005	Ville de Lille	DALKIA	Avenue René Coty	59	DN250 / DN500	ES / 180 °C - 25 bar
24	2005	RC SOREV	SOGECA	Vandoeuvre-lès-Nancy	54	DN125 / DN300	ES / 180 °C - 25 bar
25	2005	Ville de Lyon	ITL	Parc de la Tête d'Or	69	DN65 / DN250	ES / 160 °C - 32 bar
26	2005	Ville de Colmar	SCCU	Centre Médico Social Colmar	68	DN32 / DN200	ES / 180 °C - 16 bar
27	2005	Ville de Colmar	SCCU	Hôtel de Police Colmar	68	2 x DN65 / DN400	ES / 180 °C - 15 bar
28	2005	Clinique des 4 Pavillons	TUNZINI	Lormont	33	DN65 / DN250	ES / 180°C - 25 bar
29	2005	DDE	SNEF	Gendarmerie de Bourges	18	DN32 / DN250	ES / 160 °C - 7 bar
30	2005	Usine Panzani	IMATEC	Nanterre	92	DN125 / DN300	ES / 150 °C - 25 bar
31	2005	PDM Industries	FIMAT	Quimperlé	29	DN250 / DN500	VAP. / 207 °C - 20 bar
32	2006	Elyo	IDEX	St Pierre des Corps	37	DN100 / DN300	ES / 250 °C - 15 bar
33	2006	Ville du Mans	TAILLEFER	Tramway - Le Mans	72	DN125 / DN300	ES / 200 °C - 30 bar
34	2006	CPA	SCCU	Colmar	67	DN100 / DN300	ES / 180 °C - 15 bar

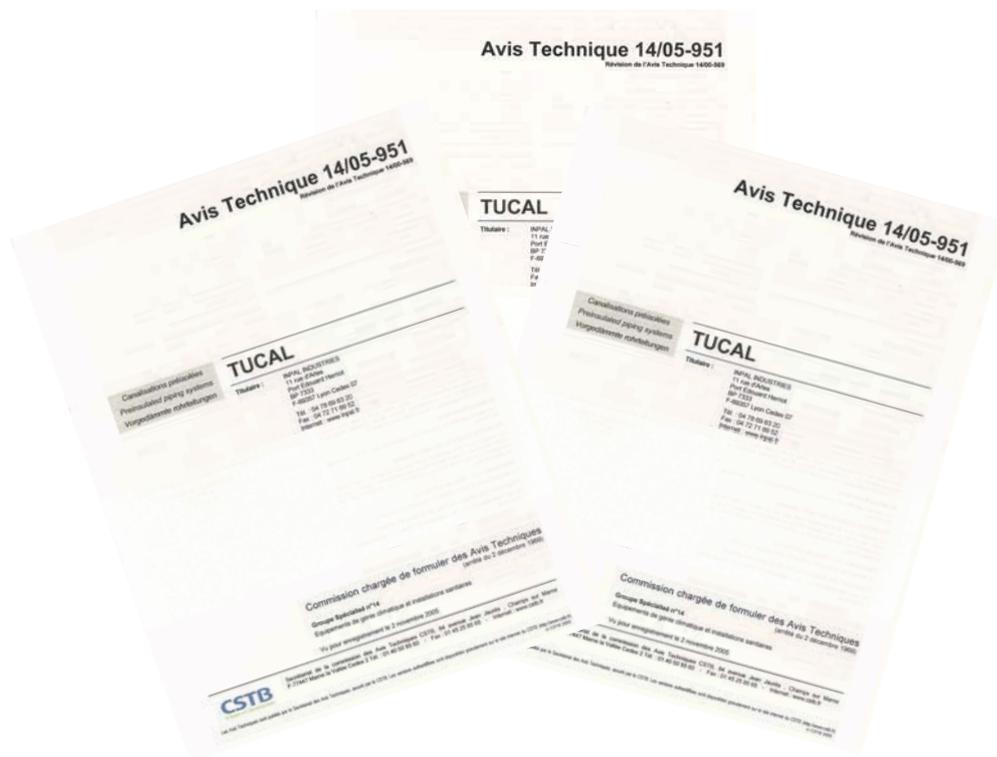
N°	Année	Maître d'Ouvrage	Maître d'Œuvre	Site	Dpt	DN de service / DN gaine	Conditions de Service
35	2006	Elyo	ABP	Malakoff - Nantes	44	DN350 / DN600	ES / 200 °C - 20 bar
36	2006	DALKIA	DALKIA	Bourges Déviation	18	DN40 / DN 200	ES / 180 °C - 15 bar
37	2006	DALKIA	CEGELEC	Groupe scolaire Ivry	75	DN65 + DN25 / DN300	ES / 180 °C - 15 bar
38	2006	Ville de Colmar	SCCU	Colmar Pépinière	67	2 x DN65 / DN350 2 x DN50 / DN350	ES / 180 °C - 15 bar
39	2006	CROUS Mulhouse	AXIMA	Mulhouse	68	2 x DN65 / DN400	ES / 180 °C - 18 bar
40	2006	ELYO	COCA	Piscine Malakoff - Nantes	44	DN250 / DN500	ES / 200 °C ; 29 bar
41	2006	CUB	SETGII	Parc Palmer	33	DN65 / DN250	ES / 180 °C ; 25 bar
42	2006	Michelin	FIMAT	Bassens	33	DN200 / DN400 DN100 / DN300	VAP. / 265 °C - 50 bar
43	2006	DALKIA	SOREV	Vandoeuvre-lès- Nancy	54	DN65 / DN250	ES / 180°C - 27 bar
44	2007	MICHELIN	CTM	Cataroux	63	DN150 / DN350	ES / 171°C - 7 bar
45	2007	ELYO	COCA	Tripode - Nantes	44	DN100 / DN300	ES / 200 °C - 29 bar
46	2007	IMHOFF	IMHOFF	Jussey	70	DN80 + DN50 / DN400	VAP. / 184 °C - 10 bar
47	2007	ELYO	EGC	Foyer des Jeunes Travailleurs - Nantes	44	DN125 / DN300 DN100 / DN300 DN65 / DN250	ES / 180 °C - 25 bar
48	2007	RONAVAL	Usine PCAS	Bourgoin-Jallieu	38	DN125 + DN50 / DN600	VAP. / 210 °C - 18 bar
49	2007	SCCU	SCCU	LACARRE	68	2 x DN40 / DN400	ES / 180 °C - 12 bar

N°	Année	Maître d'Ouvrage	Maître d'Œuvre	Site	Dpt	DN de service / DN gaine	Conditions de Service
50	2008	ELYO	COCA	Maison de quartier - Nantes	44	DN65 / DN250	ES / 200 °C - 29 bar
51	2008	ELYO	ELYO	Vitry Nord 2	94	DN100 + DN50 - DN 550/400	VAP. / 250 °C - 30 bar
52	2008	ELYO	ELYO	Compiègne	92	2 x DN50 / DN 350	ES / 180 °C - 20 bar
53	2008	ELYO	ELYO	St Quentin - Résistance	02	2 x DN65 / DN 350 2 x DN100 / DN450	ES / 180 °C - 20 bar
54	2008	ELYO	ELYO	St Quentin - Berthollet	02	2 x DN80 / DN400 2 x DN125 / DN550	ES / 180 °C - 20 bar
55	2008	ELYO	ELYO	St Quentin - Barbusse	02	2 x DN80 / DN400 2 x DN65 / DN350 2 x DN40 / DN250	ES / 180 °C - 20 bar
56	2008	S3C	ABP	Pré St Jean - Chalon sur Saône	92	2 x DN100 / DN500 2 x DN80 / DN400 2 x DN50 / DN350 2 x DN32 / DN300	ES / 180 °C - 22 bar
57	2008	COCA	COCA	Tripode Îlot A	44	DN100 / DN300	ES / 200 °C - 29 bar
58	2008	ELYO	ELYO	Epinal - Rue Kennedy	88	2 x DN65 / DN250	ES / 180 °C - 18 bar
59	2008	ELYO	ELYO	Kennedy 2	88	DN40 / DN250	ES / 180 °C - 18 bar
60	2008	ELYO	ELYO	Chemin des Patients	88	2 x DN32 / DN300	ES / 180 °C - 18 bar
61	2008	SCCU	SCCU	Ecole du musée - Colmar	67	2 x DN32 / DN300	ES / 180 °C - 21 bar
62	2008	SCCU	SCCU	Woelfelin - Colmar	67	2 x DN25 / DN250	ES / 180 °C - 14 bar

<i>N°</i>	<i>Année</i>	<i>Maître d'Ouvrage</i>	<i>Maître d'Œuvre</i>	<i>Site</i>	<i>Dpt</i>	<i>DN de service / DN gaine</i>	<i>Conditions de Service</i>
63	2008	SCCU	SCCU	Milupa - Colmar	67	DN65+DN32 / DN300 DN65+DN32 / DN400	VAP. / 240 °C - 20 bar
64	2008	COCA	COCA	Tripode Îlot B	44	DN65 / DN250	ES / 180 °C - 29 bar
65	2008	ELYO	ELYO	Gymnase rue d'Alembert - St Quentin	02	DN65 / DN400 DN50 / DN350	ES / 180 °C - 20 bar
66	2009	ELYO	SETGI	La Ramade	33	DN350 / DN550	ES / 110 °C - 12 bar
67	2009	COFELY	IMHOFF EPINAL	DOJO EPINAL	88	DN32 / DN300	ES / 180 °C - 16 bar
68	2009	GDF - COFELY	EGC	BD CARNOT NANTES	44	DN125 / 300 DN100 / 300	ES / 200 °C - 29 bar
69	2009	COFELY	IMHOFF EPINAL	AVRINSART EPINAL	88	DN32 / DN300	ES / 180 °C - 16 bar
70	2009	COFELY	COFELY	MALAKOFF NANTES	44	DN65 / DN250	ES / 180°C - 29 bar
71	2009	SDCB	SERFIM	BAGNOLET	93	DN250 / DN400 DN200 / DN400	ES / 200 °C - 28 bar

# TUCAL

## Avis Technique du C.S.T.B.



## 9. AVIS TECHNIQUE CSTB

# Avis Technique 14/05-951

Révision de l'Avis Technique 14/00-569

*Canalisations préisolées*  
*Preinsulated piping systems*  
*Vorgedämmte Rohrleitungen*

## TUCAL

Titulaire : INPAL INDUSTRIES  
11 rue d'Arles  
Port Edouard Herriot  
BP 7333  
F-69357 Lyon Cedex 07  
Tél. : 04 78 69 63 20  
Fax : 04 72 71 89 52  
Internet : [www.inpal.fr](http://www.inpal.fr)

Commission chargée de formuler des Avis Techniques  
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n°14  
Equipements de génie climatique et installations sanitaires

Vu pour enregistrement le 2 novembre 2005



Secrétariat de la commission des Avis Techniques CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne  
F-77447 Marne la Vallée Cedex 2 Tél. : 01 40 50 85 60 - Fax : 01 45 25 85 65 - Internet : [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (<http://www.cstb.fr>)  
© CSTB 2005

**Le Groupe Spécialisé 14 « Installations de génie climatique et installations sanitaires » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 21 juin 2005 la demande de révision de l'Avis Technique 14/00-569 de la société INPAL INDUSTRIES relative au système de canalisations préisolées TUCAL. Le groupe a formulé concernant ce système l'Avis Technique ci-après.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

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

Le système est composé d'une gaine extérieure en acier protégé extérieurement. A l'intérieur de la gaine se trouvent un ou plusieurs tubes caloporteurs calorifugés individuellement. Le choix de l'isolant se fait en fonction de la température.

Un système de supports permet la libre dilatation des tubes par rapport à la gaine extérieure.

### 1.2 Identification

Les éléments du procédé portent sur la gaine extérieure, de façon indélébile, le sigle du fabricant.

## 2. AVIS

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Identique au domaine d'emploi proposé : protection contre la corrosion externe et isolation thermique de canalisations de transport de fluides utilisés en génie climatique.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

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

Les éléments du procédé ainsi que leur mise en oeuvre permettent la réalisation de réseaux conformes à la réglementation (arrêté du 6 décembre 1982 visant à la réglementation des canalisations de transport des fluides non inflammables ni nocifs, arrêté du 15 janvier 1962 visant à la réglementation des canalisations d'usine et la Directive européenne n°97/23-CE réglementant les appareils sous pression).

#### 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 normalement 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 oeuvre

Elle est normalement assurée, s'agissant de travaux de canalisations traditionnels.

#### 2.2.2 Durabilité - Entretien

Mis en oeuvre 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.

#### 2.2.3 Fabrication - Contrôle

Toutes les pièces sont fabriquées en usine. Les contrôles relatifs à la qualité de l'isolation et de la protection externe sont normalement effectués et permettent d'être assuré d'une suffisante constance de la qualité.

#### 2.2.4 Mise en oeuvre

Les prescriptions indiquées dans le manuel de mise en oeuvre du fabricant (voir Cahier des Prescriptions Techniques) doivent être scrupuleusement respectées. Ces règles de mise en oeuvre permettent d'assurer aux réalisations un niveau de qualité sensiblement constant.

La conception du réseau est réalisée par la société INPAL INDUSTRIES d'après les informations données par le client.

La société INPAL INDUSTRIES fournit sur demande également une assistance technique comprenant la formation du personnel sur le chantier et une supervision des essais.

### 2.3 Cahier des prescriptions techniques

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

La mise en oeuvre du procédé TUCAL devra être réalisée conformément au manuel de montage. Ce manuel devra porter le numéro de l'Avis Technique et rappeler qu'il tient lieu de Cahier des Prescriptions Techniques de mise en oeuvre du présent Avis. Le Groupe Spécialisé devra être informé de toute modification apportée à ce manuel.

## Conclusions

### Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine proposé est appréciée favorablement.

### Validité

Jusqu'au 30 juin 2010.

Pour le Groupe Spécialisé n°14  
Le Président  
A. DUIGOU

## Dossier Technique établi par le demandeur

### A. Description

#### 1. Généralités

##### 1.1 Généralités

Désignation commerciale du procédé : TUCAL

Nom et adresse du fabricant :

- INPAL INDUSTRIES
- 11 rue d'Arles
- Port Edouard Herriot
- BP 7333
- F-69357 Lyon Cedex 07

##### 1.2 Domaine d'emploi

Le domaine d'emploi est le transport de fluides caloporteurs utilisés en génie climatique, à savoir :

- Eau chaude et eau surchauffée,
- Vapeur,
- Fluides thermiques.

En fonction des températures rencontrées, la société INPAL INDUSTRIES déterminera le type d'isolant, les dispositifs de compensation des dilatations et les points fixes appropriés.

Les épaisseurs des conduites extérieures prévues dans le Dossier Technique sont capables de résister aux sollicitations courantes dans les conditions suivantes :

- a) Enfouissement maximal pour une densité du remblai d'environ 1900 kg/m<sup>3</sup> :

Dext > 457 mm                      h ≤ 3m

244 mm < Dext ≤ 457 mm            h ≤ 6m

- b) S'il n'y a pas de charges locales, l'épaisseur minimale du remblai doit être de 500 mm au dessus de la génératrice supérieure de la gaine extérieure.
- c) L'épaisseur minimale du remblai (revêtement routier compris) au dessus de la gaine extérieure pour des sollicitations de 13 tonnes à l'essieu doit être égale à au moins deux fois le diamètre extérieur de cette gaine.
- d) Pour tout cas particulier (enfouissement supérieur ou inférieur aux limites précisées, charges locales agissant en dehors d'un passage routier ou conditions de service particulières), le constructeur doit être consulté.

Cependant, ces conditions ne sont valables que si :

- l'enfouissement et le remblayage ont été effectués correctement,
- le remblayage est stable, c'est à dire si toutes les précautions sont prises pour éviter, par exemple, un enlèvement de ces remblais par courant d'eau souterrain,
- le réseau passe sous une route, il faut que son revêtement soit correct, de façon à éviter des surcharges dynamiques répétées sollicitant anormalement la conduite.

##### 1.3 Assistance technique - Formation de personnel

La société INPAL INDUSTRIES fournit l'assistance technique suivante :

- Conception et calcul du réseau,
- Plans d'exécution.

Sur demande :

- Formation du personnel,

- Assistance technique sur chantier.

#### 2. Définition du procédé

##### 2.1 Principe du procédé

Le système est composé (figure 1) :

- d'une gaine extérieure en acier protégée par un revêtement polyéthylène ou élastomère de polyuréthane dans le cas de réseau enterré ou d'une protection anticorrosion dans le cadre d'un réseau aérien,

- à l'intérieur de cette gaine, d'un ou plusieurs tubes caloporteurs calorifugés individuellement à l'aide de coquilles de fibre minérale ou, fonction de la température, de mousse de polyuréthane ou de verre cellulaire,

Laine de roche                      600°C max

Laine de verre                      450°C max

Verre cellulaire                      430°C max

Mousse PU                            110°C max

- d'un système de support breveté permettant la libre dilatation tant axiale que latérale des tuyaux isolés par rapport à la gaine extérieure et évitant les ponts thermiques entre la canalisation et le support.

##### 2.2 Description des éléments

Toutes les parties du réseau sont entièrement fabriquées en usine et conçues de telle sorte que les assemblages sur chantier ne se fassent que sur des parties droites.

##### 2.2.1 Liste des éléments préfabriqués et des accessoires

###### Longueurs droites

Les longueurs droites sont livrées en éléments d'environ 11,2 m (12,3 m au maximum).

###### Manchons (figure 2)

L'isolation est constituée d'une coquille isolante de largeur 30 cm. Une coquille ou deux demi-coquilles acier sont rapportées par soudure sur l'enveloppe extérieure.

###### Manchons de réduction

###### Tubes caloporteurs

Les réductions sont fabriquées à la demande en fonction du plan du réseau à partir de réductions du commerce.

###### Enveloppe

Une réduction de diamètre au niveau du tube caloporteur occasionne souvent une diminution du diamètre de la gaine extérieure. L'assemblage des deux tronçons de diamètres différents est réalisée en usine.

###### Coudes

###### Tube caloporteur

Les changements de direction sont fabriqués à la demande, en fonction des plans du réseau à partir de coudes du commerce.

###### Tube enveloppe

Les coudes sont réalisés avec des segments soudés découpés dans un tube droit.

###### Raccords en T

Les raccords en T sont comme tous les autres éléments préfabriqués en usine. Ils sont réalisés de telle sorte qu'en raison de la dilatation thermique, le glissement du tube caloporteur puisse avoir lieu.

## Points fixes (figure 3)

Ils sont constitués d'une tôle dont l'épaisseur est proportionnelle aux contraintes, disposée perpendiculairement à la fois à la gaine extérieure et au(x) tube(s) caloporteur(s).

## Compensateurs de dilatation (figure 4)

Les compensateurs arrivent prétendus sur chantier avec une butée repérée sur le capot extérieur qui cède lors de l'élévation de température. Il est toutefois possible d'utiliser des compensateurs non prétendus, la prétension est à réaliser par l'installateur selon les prescriptions de la société INPAL INDUSTRIES.

## Extrémités de réseaux

Ces accessoires sont destinés à obturer l'espace entre la gaine extérieure et le ou les tubes intérieurs.

Ils se placent à chaque extrémité de réseaux ou de partie de réseaux, de façon à obtenir l'étanchéité. Ils sont prévus aux entrées de bâtiments, à la liaison avec un autre réseau, aux chambres de visite.

### Tête fermée

La tête fermée est constituée d'une tôle perpendiculaire à l'axe du réseau et solidaire de la gaine extérieure et du ou des tubes caloporteurs. Les têtes fermées sont construites de telle façon qu'elles sont capables de reprendre d'importants efforts et faire fonction de point fixe.

Cette tôle est munie d'un orifice (2") recevant un bouchon et servant soit au test pneumatique, soit au séchage ou au drainage du réseau après accident.

### Tête de dilatation (figure 5)

Elle a la même fonction que la tête fermée mais sa conception permet un mouvement relatif entre la gaine et le ou les tubes intérieurs.

## Chambre de visite

Les chambres de visite sont entièrement préfabriquées en usine. Elles sont destinées à être enfouies dans le sol. Elles sont étanches à l'eau et sont protégées intérieurement (peinture antirouille) et extérieurement (couche de bitume + fibre de verre) contre la corrosion. Elles sont munies d'un trou d'homme, d'une échelle d'événements pour éviter la condensation et d'un puisard.

Des profilés sont soudés à la base pour permettre d'ancrer la chambre dans un socle en béton. Tous les accessoires peuvent y être prévus tels que dérivations, vannes, purges, évènements, points fixes, réductions, attentes, compensateurs, ...

Des variantes notamment en béton peuvent être acceptées sous conditions de garantir les mêmes performances techniques.

## 3. Définition des matériaux constitutifs

Le tube préisolé comprend dans sa partie courante, de l'extérieur vers l'intérieur :

- Protection hydrofuge,
- Gaine extérieure,
- Couche d'air,
- Isolant thermique,
- Tube caloporteur.

### 3.1 Caractéristiques des constituants

#### 3.1.1 Protection hydrofuge

La protection est soit en polyéthylène, soit constituée d'une ou plusieurs couches minces de polyuréthane (450 à 750  $\mu$ ) appliquées par projection.

#### 3.1.2 Gaine extérieure

Les tubes enveloppe sont réalisés en tube acier soudé selon NF A 49-150 ou équivalent.

#### 3.1.3 Isolant

Le calorifuge est constitué par des coquilles en fibre minérale (verre ou roche) imprégnée, non combustible, ininflammable, non hygroscopique, inattaquable par la plupart des agents chimiques ou par les rongeurs. Il est chimiquement neutre et n'attaque pas les matériaux en contact.

D'autres matériaux isolants peuvent être utilisés en fonction des caractéristiques du fluide caloporteur.

#### 3.1.4 Tubes véhiculant le fluide caloporteur

Le matériau du tube intérieur est déterminé par le type de fluide transporté et ses caractéristiques.

## 3.2 Description du processus de fabrication

### 3.2.1 Tubes intérieurs

- Mise à longueur et réalisation des chanfreins,
- Contrôle visuel de l'aspect extérieur et intérieur des tuyaux (100%),
- Assemblage et soudage des tuyaux. Pour les canalisations soumises à la réglementation, le contrôle des soudures est fait conformément aux textes en vigueur.

### 3.2.2 Conduites extérieures

Les gaines extérieures sont revêtues soit d'une bande polyéthylène à froid, soit d'un revêtement polyuréthane projeté.

La surface des gaines est nettoyée avant application des revêtements.

La continuité du revêtement est contrôlée (visuel, épaisseur, balai électrique).

### 3.2.3 Assemblage

Les tuyaux intérieurs sont calorifugés et munis de leur support. Cet ensemble est ensuite télescopé dans la gaine extérieure.

Quand une soudure est effectuée sur la conduite extérieure en acier, celle-ci est mise sous pression d'air (0,5 ou 1 bar) et la soudure est contrôlée à l'aide d'une solution savonneuse. Les soudures sur gaines extérieures sont nécessaires dans le cas de coudes, points fixes, réductions et entrées de bâtiments.

Les soudures sont ensuite protégées de la corrosion par des bandes d'asphalte renforcées de fibres de verre ou thermorétractables. Cette protection est ensuite éprouvée au balai électrique à environ 15000 V.

### 3.2.4 Contrôles avant chargement

Avant chargement, toutes les unités sont contrôlées visuellement. En cas de blessure sur une gaine, celle-ci est réparée et contrôlée au balai électrique.

Un contrôle dimensionnel est également effectué.

Les tuyaux intérieurs sont maintenus en place dans la conduite extérieure par des crochets ou tout autre moyen équivalent et les extrémités libres sont protégées contre les infiltrations (eau ou terre) à l'intérieur de la gaine ou du tube caloporteur.

## 4. Description de la mise en oeuvre

### 4.1 Conception du réseau

La conception du réseau est réalisée par la société INPAL INDUSTRIES d'après les informations données par le client. Celle-ci prend en compte les données techniques (pression, température, débit, pertes de charge, taux de travail admissible, etc.), les exigences du cahier des charges, la configuration du terrain.

Sur la base de ces informations, la société INPAL INDUSTRIES planifie et ébauche un plan de pose, dont l'approbation par le client est obligatoire avant toute exécution.

Toute modification doit faire l'objet d'un accord écrit de la société INPAL INDUSTRIES.

### 4.2 Transport et manutention

Exception faite des chambres de visite, le déchargement et la manutention à l'aide de chaînes ou de câbles ne sont pas permis. Ces opérations doivent s'effectuer à l'aide de deux sangles dont la largeur sera au minimum de 100 mm.

### 4.3 Conditions de stockage

Le stockage devra être effectué avec soin afin d'éviter les dégâts au revêtement extérieur ainsi que la pénétration d'eau et/ou de corps étrangers.

Les tubes reposent sur des madriers par l'intermédiaire d'un carton à raison d'au moins 5 madriers pour les tubes de 12 m et 3 madriers pour les tubes de 6,5 m.

Au cas où les tubes sont stockés par empilage, il est nécessaire d'intercaler des madriers entre chaque couche en veillant à ce que les unités munies d'éléments en saillie (points fixes, etc.) ne blessent pas les revêtements de celles avoisinantes.

Ne pas retirer le dispositif d'obturation des tubes avant mise en place.

Dans le cas où, malgré les précautions prises lors de la manutention, du transport et du stockage, le revêtement a pu subir des dégradations (dégradations dues à un échauffement par exemple), les réparations nécessaires sont effectuées avant remblaiement de la tranchée.

## 4.4 Tranchées

Les dimensions de la tranchée seront conformes à celles indiquées par le société INPAL INDUSTRIES (figure 6). La tranchée sera élargie et approfondie (étayer si nécessaire) là où les diverses unités préfabriquées doivent être assemblées.

En cours d'installation, l'assèchement éventuel de la tranchée sera assuré et les éboulements évités. A chaque interruption des travaux, les unités déjà posées dans la tranchée seront garanties contre la pénétration d'eau ou de corps étrangers.

Une couche de sable d'une épaisseur minimale de 10 à 15 cm sera prévue sur tout le pourtour des éléments du réseau. Le fond de la tranchée aura une pente régulière de façon à proscrire tout point bas ou haut non accessible qui empêcherait de purger ou d'éventer les tubes caloporteurs ou de drainer la gaine extérieure.

Avant la descente dans la tranchée des éléments préfabriqués, vérifier l'état du revêtement extérieur de la gaine et, si nécessaire, réparer les zones endommagées. Les unités préfabriquées doivent être mises en place dans l'ordre du plan d'assemblage.

A l'endroit où le réseau croise d'autres canalisations métalliques ou câbles, une distance minimale de 25 cm est requise entre le réseau et ces canalisations. En cas d'impossibilité matérielle, un isolant diélectrique imputrescible d'une épaisseur d'environ 2 cm sera interposé.

## 4.5 Mise en place des éléments dans la tranchée

Les différents éléments préfabriqués du réseau seront disposés au fond de la tranchée en respectant les prescriptions relatives à la manutention indiquées au paragraphe 4.2.

Pour toutes les parties de réseau non verticales, la conception des supports du ou des tubes caloporteurs dans leur fourreau impose le respect d'une position précise des éléments, position repérée par une bande jaune (suivant une génératrice) ou la lettre H disposée à chaque extrémité. Ce repère doit correspondre à la génératrice supérieure.

## 4.6 Assemblage - exécution

Seuls des assemblages de parties droites sont à réaliser sur chantier.

### 4.61 Assemblage du tube caloporteur

Les extrémités chanfreinées des tubes sont placées bout à bout (après mise en place dans la tranchée) puis l'assemblage est exécuté par soudure.

Le contrôle des soudures est fait conformément aux textes en vigueur (Ex. : arrêté du 24 mars 1978, arrêté du 6 décembre 1982 et DESP).

Les tubes intérieurs subissent une épreuve hydraulique en pression de 1,5 fois la pression de service (2 fois dans certains cas), avec un minimum de 6 bars et examen de chacune des soudures.

### 4.62 Isolation du tube intérieur

Une fois la soudure effectuée, le raccord isolant, sous forme d'une coquille cisailée est ensuite posé sur l'assemblage et cerclé au moyen de bandes aluminium de façon à assurer la continuité de l'isolation.

Les matériaux isolants de raccords sont joints à la livraison des éléments.

### 4.63 Assemblage des gaines extérieures

Avant la descente dans la tranchée des éléments préfabriqués, il est nécessaire d'enfiler les manchettes de liaison de la gaine extérieure sur celle-ci. Des demi-coquilles peuvent aussi être utilisées.

Ces manchettes sont en tôle d'acier de même épaisseur que celle de la gaine extérieure. Elles sont soudées sur celle-ci afin d'obtenir une gaine extérieure étanche. Les différents assemblages étant exécutés, il est procédé à une épreuve pneumatique de 0,5 ou 1 bar du conduit en appliquant des solutions savonneuses sur les soudures.

### 4.64 Protection extérieure des manchettes

La protection est assurée par des bandes polyéthylène. Le recouvrement d'une bande sur l'autre doit être d'au moins 30 mm. Ces bandes sont fournies par la société INPAL INDUSTRIES.

Dans le cas de gaines revêtues PU, la protection peut être réalisée soit par des bandes polyéthylène, soit par projection de PU.

La protection des manchettes de même que les réparations éventuelles effectuées sur la protection externe feront l'objet d'une épreuve au balai électrique (15000 V).

## 4.7 Compensation des dilatations

Les dilatations peuvent être compensées par l'emplacement judicieux de lyres, coudes, esses ou de manchons de dilatation.

Dans le cas d'utilisation de lyres, coudes ou esses, une précontrainte est à prévoir pour limiter le taux de travail du tuyau en fonctionnement et pour permettre une diminution des dimensions des éléments.

En tenant compte de cette précontrainte, les éléments dilatables sont calculés afin de ne pas dépasser un taux de travail de l'ordre de 8 à 10 kg/mm<sup>2</sup>.

Quand l'importance de la dilatation l'impose, la gaine extérieure est surdimensionnée pour laisser suffisamment de place à cette dilatation.

Les compensateurs de dilatation seront installés, soit de façon à être visitables, soit enterrés.

### 4.71 Exécution des points fixes

Les points fixes sont en partie préfabriqués en usine. Ces dimensions sont déterminées par la société INPAL INDUSTRIES.

### 4.72 Conception et exécution des changements de direction (lyres, Z, L,...)

Les lyres sont livrées en 2, 3 ou 4 pièces pour l'aller et 2, 3 ou 4 pièces pour le retour en fonction du diamètre.

### 4.73 Compensateurs de dilatation

Les compensateurs enterrés font partie intégrante du système TUCAL. Les compensateurs visitables sont placés dans une chambre de visite ou à l'intérieur des bâtiments.

## 4.8 Exécution des points singuliers

### 4.81 Entrées de bâtiments - Traversées de murs

Les entrées de bâtiments sont en partie préfabriquées en usine (figure 7).

Les traversées de mur sont constituées de plaques d'étanchéité; il s'agit d'une couronne en acier qui est fixée uniquement à la gaine extérieure. Cette couronne est destinée à être ancrée dans la maçonnerie pour éviter les infiltrations d'eau. Cet accessoire n'est prévu que quand l'état du terrain l'impose.

### 4.82 Chambre de dilatation - Chambre de vannes

Ces éléments sont entièrement préfabriqués. Ces chambres reposent sur un socle béton se composant de deux parties; une dalle servant d'assise dont l'épaisseur est de 350 mm et dont le diamètre est celui de la chambre augmenté de 900 mm.

Quand cette base est sèche, la chambre y est déposée et une deuxième couche de béton de même dimension que la première est coulée de façon à faire un ensemble solide. On veillera spécialement à ce que le béton englobe parfaitement les poutrelles qui sont soudées sous la base de la chambre. Le plus souvent, ces chambres constituent des points fixes.

La profondeur de la dalle sera déterminée en fonction des cotes de niveau qui apparaissent sur les plans.

La chambre doit être disposée horizontalement.

### 4.83 Raccordement avec d'autres systèmes

Le raccordement avec d'autres systèmes peut s'effectuer soit par l'intermédiaire d'une chambre de visite, soit par l'intermédiaire des extrémités de réseaux.

### 4.84 Attentes en vue de l'extension du réseau

Lorsque l'extension ultérieure d'un réseau est prévue, le ou les tubes caloporteurs sont obstrués avec un fond bombé et la gaine extérieure l'est par une tôle soudée.

Lors du raccordement ultérieur, la gaine extérieure est découpée de façon à dégager 150 mm de tube caloporteur.

## 4.9 Essais - contrôles

Outre les essais effectués en usine et sur le chantier au cours de la pose, une épreuve hydraulique à une pression minimale de 1,5 fois la pression de service avec un minimum de 6 bars pendant 2 heures sera effectuée en fin de travaux par l'installateur.

## 4.10 Réparations éventuelles

Si, pour une raison quelconque, de l'eau ou de l'humidité s'est introduite dans le réseau pendant sa mise en œuvre, il est indispensable de le drainer et de le sécher avant sa mise en service.

Pour cela, il faut enlever les bouchons de drainage aux points bas du réseau de façon à permettre l'évacuation de toute l'eau qui pourrait s'y trouver.

Pour sécher l'isolation, les bouchons aux entrées des bâtiments sont enlevés et l'air est insufflé par exemple à l'aide d'un compresseur.

Au besoin, pour accélérer le processus, de l'air chaud peut être utilisé.

## 4.11 Remblaiement et repérage de la tranchée

Le sable de remblayage, et celui qui se trouve en dessous des conduites, doivent être propres (exempts d'objets contondants), peu argileux, présentant un coefficient de frottement élevé et répondant aux critères suivants :

- Equivalent de sable supérieur à 50,
  - Teneur en éléments inférieurs à 74 microns, inférieure à 3%.
- Le remblayage autour et entre les tuyauteries sera effectué manuellement avec du sable identique à celui décrit ci dessus mais le compactage pourra cependant être réalisé à l'aide d'un matériel mécanisé léger.

Le remblayage doit se faire par couches successives de 15 à 20 cm maximum pour arriver au niveau de la génératrice supérieure de la canalisation. Ensuite prévoir une couche finale de sable de 15 cm.

Le compactage devra être effectué avec grand soin pour chaque couche, tout particulièrement dans les parties inférieures. Le degré de compactage doit être de 90% de la valeur du maximum Proctor Standard déterminée en laboratoire.

---

## 5. Informations complémentaires

### 5.1 Plan de repérage

Lorsque l'installation est terminée, il est recommandé que le maître d'œuvre, en accord avec l'installateur, remette à la société INPAL INDUSTRIES, un plan du réseau sur lequel figurent la profondeur du réseau, les canalisations ou câbles à proximité, les repères fixes, etc.

### 5.2 Détection de fuite

En option, le système TUCAL peut être équipé d'un détecteur de fuite. Celui-ci détecte instantanément la présence d'humidité dans l'espace d'air. L'information est enregistrée sur un tableau central.

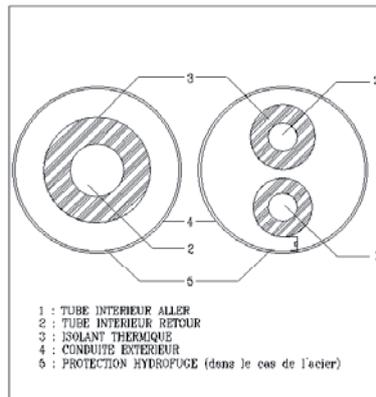
### 5.3 Mise sous vide

L'espace entre le calorifuge et la gaine extérieure peut être mis sous vide (1 à 5 mbar). Cela permet d'extraire toute trace d'humidité et de diminuer les pertes thermiques.

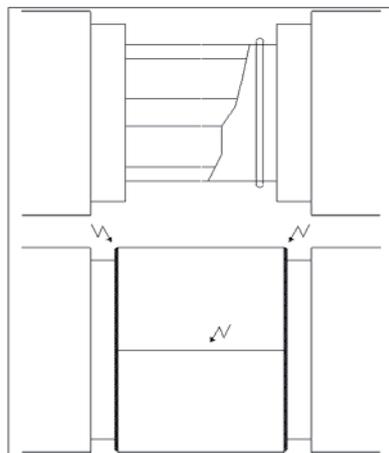
## B. Références

Une liste de références a été fournie au secrétariat.

**Tableaux et figures du Dossier Technique**



*Figure 1 - Principe du procédé*



*Figure 2 - Manchons*

## POINT FIXE

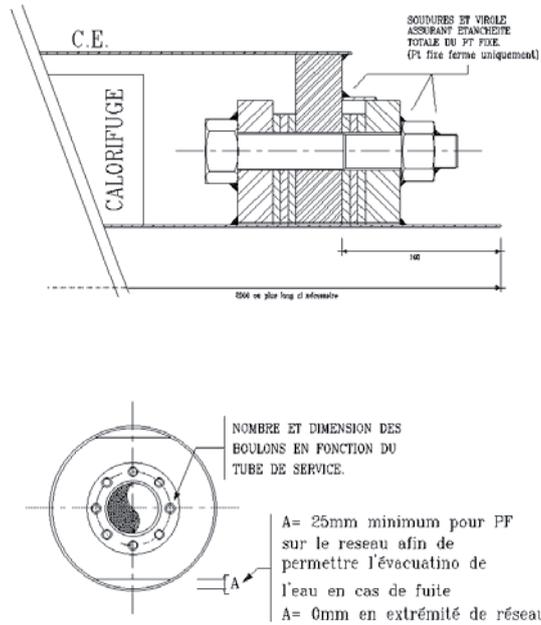


Figure 3 - Point fixe

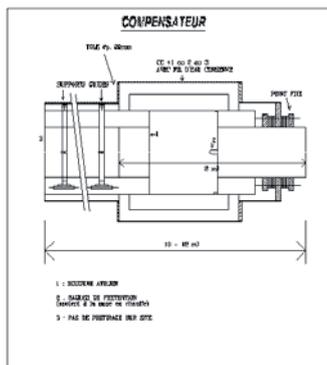


Figure 4 - Compensateur

## TETE DE DILATATION

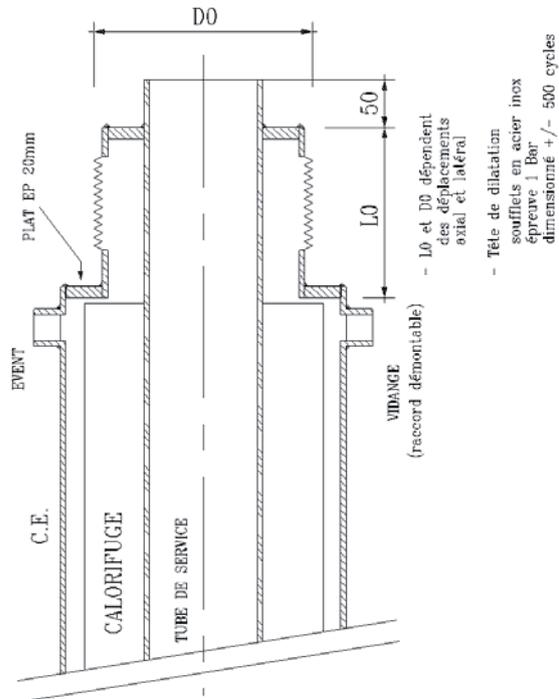


Figure 5 - Tête de dilatation

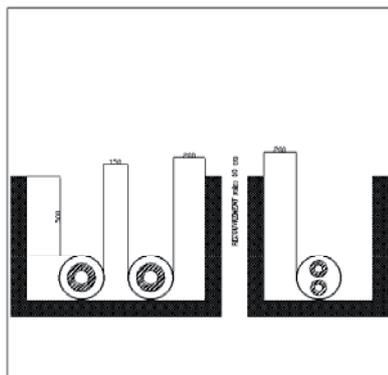


Figure 6 - Tranchées

**PASSAGE DE CLOISON**

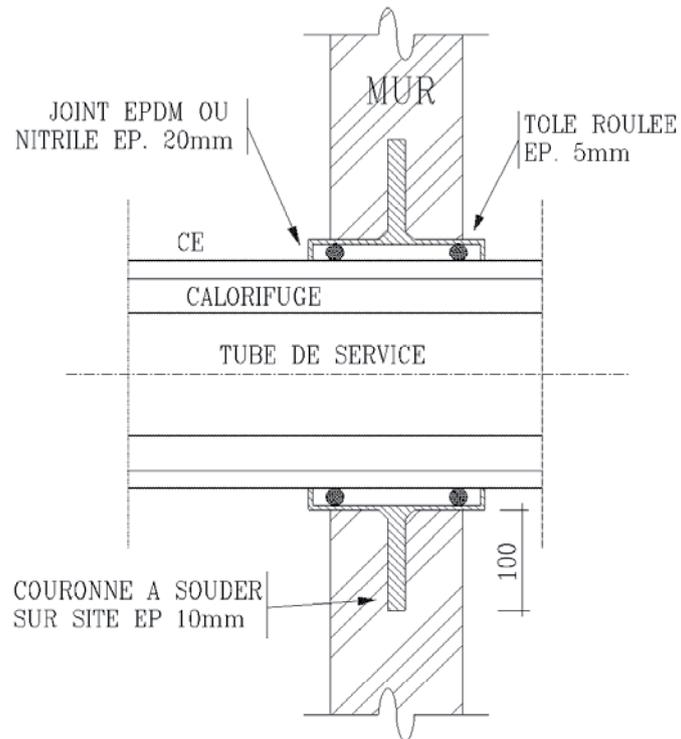


Figure 7 - Passage de cloison



## **Inpal Industries**

238, rue des Frères Voisin – Z.A. de Chapotin – 69970 CHAPONNAY

Tél. +33 (0)4 78 69 63 20    Fax +33 (0)4 72 71 89 52    [www.inpal.com](http://www.inpal.com)