

La première version du « Guide de pose et d'utilisation des canalisations en Polyéthylène » est devenue un outil très apprécié par un large public allant des maîtres d'œuvre aux utilisateurs, en passant par les concepteurs. La présente édition de ce document intègre de nombreuses mises à jour des données, notamment réglementaires et normatives, le tout présenté dans un format différent pour vous offrir une approche plus conviviale.

Les qualités du Polyéthylène en font un matériau très utilisé pour la distribution d'eau potable, les branchements et, les réseaux de transport. La possibilité de conditionner en grandes longueurs ainsi que l'autobutage en font une canalisation rapide à mettre en œuvre. La technique d'assemblage des tubes Polyéthylène par soudure apporte à l'utilisateur la certitude d'avoir un réseau étanche, avec peu de frais de maintenance. L'utilisation quasi exclusive du Polyéthylène pour les réseaux de distribution du gaz est une preuve de cette grande fiabilité.

Les systèmes de canalisations en PE font l'objet de spécifications précises et détaillées dans les normes produits et système dédiées aux différentes applications. Les composants des canalisations en PE sont titulaires de nombreux certificats au niveau européen et français impliquant pour chacun d'entre eux des contrôles qualité tout au long de la chaîne de fabrication. Ce niveau d'exigence permet d'assurer la plus grande fiabilité de ces composants vis-à-vis de leur application.

Il faut également souligner le retour d'expérience important sur ces canalisations, puisqu'il est maintenant de plus de 50 ans.

Aussi bon le matériau soit-il, la qualité de la pose déterminera la performance des réseaux. Cet ouvrage rappelle les règles de l'art propres à la mise en œuvre des réseaux Polyéthylène sous pression.

La part du Polyéthylène dans le marché français des canalisations progresse d'année en année, il est aujourd'hui le premier matériau dans les réseaux d'adduction d'eau potable et de distribution du gaz en Europe.

Les canalisations en Polyéthylène ont profité, ces dernières décennies, de l'évolution des matières premières et de l'amélioration des procédés de fabrication. C'est donc un produit qui, à la fois, se veut d'actualité, mais qui continuera aussi d'évoluer afin de s'adapter aux besoins du marché.

Bonne lecture...

LE COMITÉ DE RÉDACTION DU STR-PEPP

Sommaire

Introduction au Polyéthylène	4	3.2.3 Les assemblages mécaniques	28
Lexique	5	3.2.4 Normalisation, certification, réglementation	29
Historique	6	3.2.5 Formation des opérateurs	30
1. Généralités	7	4. Conception du réseau	31
1.1 Définition du PE	7	4.1 Généralités	31
1.2 Techniques de transformation	8	4.2 Choix des composants du réseau	31
1.2.1 Compoundage ou pré-transformation	8	4.3 Gestion de la dilatation	32
1.2.2 L'extrusion	8	4.4 Autres influences extérieures	33
1.2.3 L'injection	9	4.4.1 Tenue au feu	33
1.2.4 Autres techniques	9	4.4.2 Rayonnement ultraviolet (U.V.)	33
1.3 Techniques d'assemblage	10	4.4.3 Tenue au gel	33
		4.4.4 Ancrages, butées, passages de paroi	33
2. Environnement	11	4.5 Pertes de charge	34
2.1 Cycle de vie & FDES	11	4.6 Charges et surcharges	35
2.2 Bilan carbone	12	5. Manutention, transport, stockage	37
2.3 Recyclage	12	5.1 Préambule	37
2.4 Performance environnementale du PE		5.2 Règles générales	37
par rapport aux autres matériaux	13	5.3 Transport et livraison	37
2.4.1 Étude Vito	13	5.4 Réception	38
2.4.2 Étude PE 100+	13	5.5 Déchargement	38
		5.6 Stockage sur dépôt	39
		5.7 Stockage sur chantier	40
3. Produits	15	6. Pose	41
3.1 Tubes 15		6.1 Recommandations pour la mise en œuvre	
3.1.1 Résistance à long terme	15	des tubes	41
3.1.2 Caractéristiques physiques	19	6.1.1 Généralités	41
3.1.3 Réactivité aux agressions chimiques	19	6.1.2 Tubes conditionnés en couronnes	41
3.1.4 Avantages des tubes en PE	20	6.1.3 Tubes conditionnés sur tourets	42
3.1.5 Normalisation, certification et marque		6.1.4 Tubes conditionnés en longueurs droites	43
de qualité	23	6.1.4 Mise en place de vannes ou autres	
3.1.6 Gamme usuelle de tubes	26	appareils lourds	43
3.2 Raccords	26		
3.2.1 Types d'assemblages usuels	27		
3.2.2 Les assemblages soudés	27		

6.1.5	Contrainte d'environnement	44	7.3.2	Procédure de soudage de tubes en longueurs droites par manchons électrosoudables	70
6.2	Pose en enterré	44	7.3.3	Procédures	71
6.2.1	Réalisation de la tranchée	44	7.4	Raccords mécaniques plastiques	73
6.2.2	Pose mécanisée	48	7.4.1	Principe	73
6.3	Pose sans tranchée	48	7.4.2	Équipement	74
6.3.1	Forage	48	7.4.3	Procédure	74
6.3.2	Rénovation	51	7.4.4	Domaines d'applications	74
6.4	Pose en aérien	53	7.5	Raccords mécaniques métalliques	75
6.4.1	Généralités	53	7.5.1	Principe	75
6.4.2	Données	53	7.5.2	Équipement	75
6.4.3	Pose des canalisations	54	7.5.3	Procédure	75
6.4.4	Support	57	7.5.4	Domaines d'applications	75
6.4.5	Montage	58	7.6	Raccordements par collets-bridés	75
6.5	Pose en immergé	59	7.6.1	Choix des composants	76
6.5.1	Flexibilité des canalisations en Polyéthylène	59	7.6.2	Mise en œuvre	76
6.5.2	Lestage des canalisations en Polyéthylène	60	7.7	Raccordement des réseaux et branchements PE électrosoudés à des canalisations ou accessoires de matériaux différents	77
6.5.3	Techniques d'immersion	60			
6.5.4	Enterrement des canalisations dans les zones à risque	60	8. Maintenance-intervention		79
6.6	Canalisations incorporées dans l'ouvrage	61	8.1	Maintenance	79
6.6.1	Généralités	61	8.2	Intervention	79
6.6.2	Piquages et assemblages	61	9. Formation des équipes de pose		81
6.6.3	Joints	61	10. Essais de réception des réseaux		83
6.6.4	Canalisations incorporées dans une dalle pleine	61	10.1	Adduction de l'eau	83
6.6.5	Canalisations incorporées dans les chappes flottantes et dalles flottantes	62	10.2	Fluides gazeux	84
6.6.6	Canalisations placées dans l'épaisseur d'une cloison	62	Bibliographie		87
7. Techniques d'assemblage		63			
7.1	Introduction des différentes techniques	63			
7.2	Électrosoudage	63			
7.2.1	Équipements	64			
7.2.2	Procédure de soudage de deux tubes par manchons électrosoudables	65			
7.2.3	Mise en œuvre de raccords de dérivation	68			
7.3	Soudage bout-à-bout	70			
7.3.1	Équipement / Outillage	70			

Introduction au Polyéthylène

En France, c'est au cours des années 1950, que la production industrielle de tubes en Polyéthylène a réellement commencé, d'abord avec des résines de « basse densité », puis de « haute densité », plus performantes. C'est après les années 70, quand son utilisation pour la distribution du gaz a fait son apparition, que les canalisations en Polyéthylène ont pris leur véritable essor et les quantités produites n'ont, dès lors, cessé d'augmenter chaque année.

En 1990, les progrès constants de la qualité ont permis au tube Polyéthylène d'acquiescer ses lettres de noblesse, avec une Marque de qualité « NF114 » largement reconnue. Depuis, ces tubes sont couramment utilisés dans des domaines aussi variés que :

- la distribution de gaz combustible;
- l'adduction et les branchements d'eau potable ;
- l'irrigation et la micro-irrigation ;
- l'arrosage ;
- les réseaux d'incendie ;
- l'évacuation d'effluents divers ;
- le transport des fluides corrosifs ;
- les gaines pour câbles (fibres optiques, électricité...)
- la protection des câbles de pré-contrainte, etc.

Se voulant, d'abord, être un guide pour la conception et la réalisation de réseaux de distribution d'eau potable, les auteurs ont néanmoins voulu que les utilisateurs de ce matériau moderne puissent approfondir leurs connaissances dans ce domaine.

POLYÉTHYLÈNE (PE) :

Il existe différents types de Polyéthylène (PE). Chaque classe de PE est caractérisée par sa contrainte minimale requise (MRS).

Classification du Polyéthylène	Contrainte minimale requise (MRS)*	Résistance hydrostatique à long terme à 20°C**
PE100	10,0 MPa	8,0 MPa
PE80	8,0 MPa	6,3 MPa

* Minimum required strength (MRS), appellation selon norme CEN/ISO (voir def page 17)

** Hydrostatic design stress (ou « sigma σ » en appellation usuelle) (voir def page 16)

Concernant les tubes et les raccords destinés à des applications sous pression, l'évolution des polyéthylènes a rendu obsolète l'ancienne classification basée uniquement sur la densité : basse, moyenne et haute densité.

Une nouvelle classification de PE100 dit RC est apparue. RC signifie « Resistant Crack ». Il s'agit d'un polyéthylène avec des caractéristiques de résistance à la fissuration nettement améliorées.

PN

La pression nominale correspond à la valeur en bars d'une pression d'eau maintenue constante à l'intérieur d'un élément de canalisation à 20°C.

La PN est une désignation conventionnelle, relative à la résistance mécanique d'un composant de tuyauterie et utilisée à des fins de référence.

DN

Diamètre nominal des canalisations polyéthylène, soit le diamètre extérieur du tube PE. Il s'agit d'un DN/OD. Cette valeur s'exprime en mm.

e (épaisseur)

Épaisseur nominale de la paroi du tube. Cette valeur s'exprime en mm.

Ov (Ovalisation)

Différence entre le diamètre extérieur maximal et le diamètre extérieur minimal dans la même section droite du tube ou du bout mâle d'un raccord. Cette valeur s'exprime en mm.

SDR (Standard Dimension Ratio)

Le rapport dimensionnel standardisé (SDR) est un nombre arrondi qui exprime le rapport du diamètre nominal à l'épaisseur nominale $SDR = DN/e$.

PFA (Pression de Fonctionnement Admissible)

Pression hydrostatique maximale à laquelle un composant est capable de résister de façon permanente en service.

PMA (Pression Maximale Admissible)

Pression maximale, y compris le coup de bélier, à laquelle un composant est capable de résister lorsqu'il y est soumise de façon intermittente en service.

PEA (Pression d'Épreuve Admissible sur chantier)

Pression hydrostatique maximale à laquelle un composant nouvellement mis en œuvre est capable de résister pendant un laps de temps relativement court afin d'assurer l'intégrité et l'étanchéité de la conduite.

PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES

Pour une canalisation en Polyéthylène, il s'agit de son aptitude à préserver les qualités gustatives et d'aspect (couleur, saveur, odeur, transparence) du fluide transporté. Cette aptitude est indispensable pour les réseaux d'eau potable.

DÉTIMBRAGE

Facteur correctif, inférieur à 1, à appliquer à la PN d'un réseau lorsque les conditions de fonctionnement diffèrent notablement des conditions standard (température, nature du fluide, conditions mécaniques...)

PERTE DE CHARGE

Elle est due aux frottements du fluide sur les parois de la canalisation et se traduit par une chute de pression entre deux points du réseau dans lequel un fluide circule.

UNITES USUELLES DE PRESSION

La pression atmosphérique de référence équivaut à :

1 atm (atmosphère)

760 mm de mercure

10,33 m d'eau

1 bar

0,1 MPa (mégapascal)

1 kg/cm²

1,013 daN/cm² (deca-Newton/cm²)

Historique

Le Polyéthylène : Histoire d'une naissance accidentelle et de son extraordinaire évolution.

1933 : découverte par hasard du Polyéthylène Basse Densité (PEBD) radicalaire par deux chercheurs de la société I.C.I. (explosion du réacteur laboratoire : à 1400 bars et 170°C, l'éthylène s'est transformé en Polyéthylène).

1938 : production de la première tonne de PE.

1939 : démarrage de la première usine de Polyéthylène.

1953 : naissance du Polyéthylène Haute Densité (PEHD) Ziegler (polymérisation de l'éthylène sous faible pression catalysée par des complexes organométalliques titane + aluminium).

1956 : naissance du PEHD Philips (polymérisation toujours sous basse pression en présence de nouveaux catalyseurs à base de chrome).

1956 : dépôt du 1^{er} brevet sur l'électrosoudage par Mannesmann.

1976 : début de la généralisation du PEHD pour les réseaux gaz par GDF.

1977 : Union Carbide annonce la polymérisation du PEBD en basse pression phase gazeuse, par copolymérisation « éthylène-butène » : naissance du PEBD linéaire.

1987 : premières résines PE 100.

1990 : création de la marque NF 114.

1993 : nouvelle famille de Polyéthylène faite en catalyse dite métallocène.

2000 : 4,9 millions de tonnes de PEHD utilisées en Europe (UE 14 + Norvège et Suisse) (source PlasticsEurope).

2004 : développement du PE 100 RC (résistance améliorée à la fissuration lente).

2005 : 5,2 millions de tonnes de PEHD utilisées en Europe (UE 25 + Norvège et Suisse) (source PlasticsEurope).

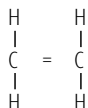
2011 : >70% des longueurs de tube posées en Europe pour l'adduction d'eau potable sont en polyéthylène (source AMI).

2014 : 5.9 millions de tonnes de PEHD utilisées en Europe (UE 28 + Norvège et Suisse) (source PlasticsEurope).

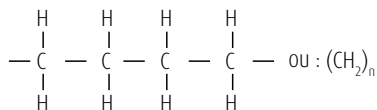
1. Généralités

1.1 - DÉFINITION DU PE

L'éthylène est un produit de la pétrochimie obtenu après diverses opérations de transformation du pétrole. C'est un gaz composé de 2 atomes de carbone et 4 atomes d'hydrogène symbolisé par C_2H_4 :



La polymérisation des molécules d'éthylène donne le Polyéthylène communément appelé « PE » :



Ces macromolécules constituent des chaînes de forme et de longueur variables.

On distingue les chaînes ramifiées :



et linéaires :



L'arrangement des molécules est soit cristallin (alignement des molécules), soit amorphe (molécules désordonnées).

Le PE est un mélange de ces deux arrangements. Les structures cristallines ayant une densité = 1 et les amorphes une densité < 0,8 ; les PE se situent dans une plage de 0,90 à 0,96.

Les types de PE suivant la densité :

PE	Densité
Basse Densité (radicalaire et linéaire)	0,915 à 0,930
Moyenne Densité	0,930 à 0,945
Haute Densité	0,945 à 0,960

A noter qu'outre la densité, les PE sont caractérisés par le « melt index » qui est un indicateur de la longueur des molécules et caractérise donc une indication du comportement sur les machines de transformation.

Exemple :

Melt index bas : produit visqueux, les chaînes sont longues.

Melt index élevé : produit fluide, les chaînes sont courtes.

Applications principales :

- PEBD : films (soufflage), isolants câbles, récipients ménagers
- PEHD : films, tubes, tous corps creux rigides et objets d'emballage.

Pour l'application 'canalisation sous pression', les PEHD sont également caractérisés par :

- La résistance hydrostatique à long terme (PE80, PE100)
- La résistance à la fissuration lente (caractéristiques RC ou non)
- La résistance à la fissuration rapide.

1.2 - TECHNIQUES DE TRANSFORMATION

Les polymères (résines) se présentent à la sortie des réacteurs sous des formes diverses (fondue ou poudre de fine granulométrie pour le Polyéthylène).

Une première extrusion transforme cette poudre en petits grains solides de couleur ivoire, légèrement translucides, non utilisables en l'état pour les tubes.

1.2.1 Compoundage ou pré-transformation

La préparation, appelée « compoundage », consiste à incorporer à la résine certains additifs (adjuvants, charges) dans le double but de faciliter la mise en forme ultérieure de la matière et d'améliorer certaines de ses caractéristiques ou sa stabilité à l'environnement.

Parmi les additifs les plus courants, on peut citer :

- les stabilisants et le noir de carbone destinés à la protection des tubes et des raccords aux effets des rayons ultraviolets. Ils leur confèrent la couleur noire ;

- les antioxydants qui protègent le polymère contre l'action de l'oxygène ;
- les colorants qui permettent de modifier l'aspect du produit.

Deux techniques de transformation sont principalement utilisées :

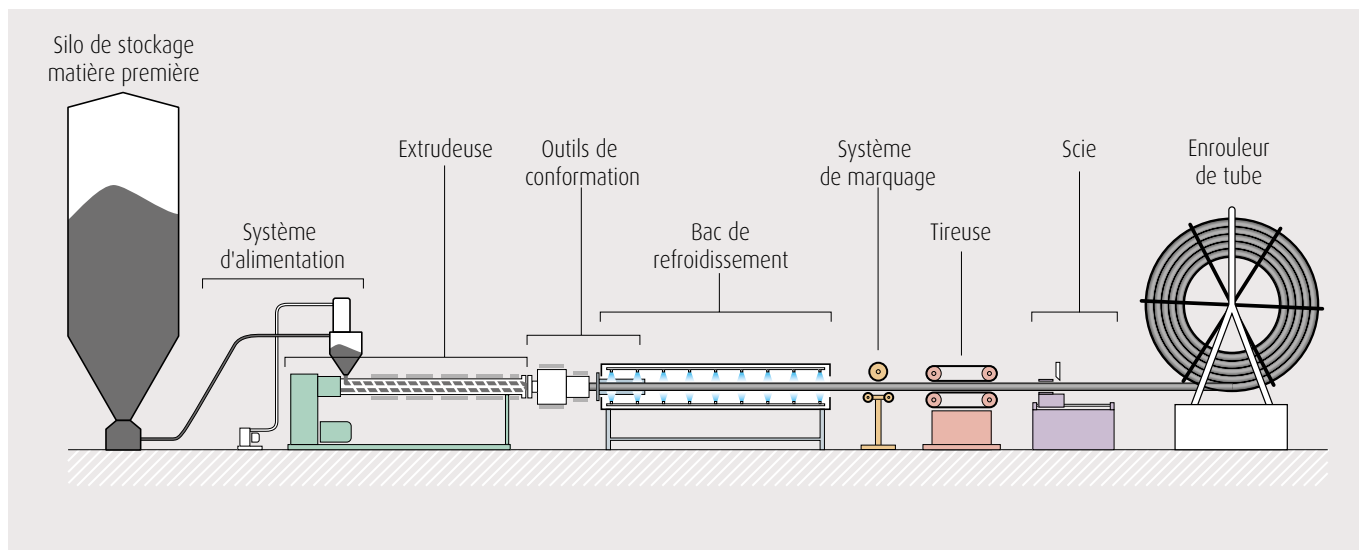
- l'extrusion pour les tubes ;
- l'injection pour les raccords et les pièces spéciales.

1.2.2 L'extrusion

L'extrusion est une technique de transformation des matières premières thermoplastiques qui permet d'obtenir des produits finis tels que des tubes par un processus continu.

Cette même technique permet également de fabriquer des profilés rigides ou encore de revêtir en continu fils et câbles d'une gaine isolante.

Une extrudeuse est un ensemble constitué par une vis d'Archimède tournant à vitesse contrôlée à l'intérieur d'un cylindre chauffé.





Cet ensemble a pour fonction :

- de « saisir » la matière et de la transporter par une vis sans fin du point d'alimentation jusqu'à la sortie ;
- de « plastifier » et de « fondre » cette matière en cours de trajet par chauffage et malaxage entre la vis et le cylindre ;
- de la « forcer » à travers un outillage (filière - poinçon) ;
- de calibrer le profilé obtenu dans un conformateur pour lui donner sa forme dans ses dimensions définitives, puis le refroidir.

Lorsqu'il s'agit d'un tube en Polyéthylène, celui-ci peut être coupé en longueurs droites, mais aussi être enroulé en courbes ou sur tourets quand ses dimensions le permettent.

1.2.3 L'injection

Pour les réseaux de canalisations en PE, l'injection est utilisée pour produire les accessoires d'assemblage.

L'injection est un processus discontinu permettant de produire des objets de formes variées, directement utilisables.

L'élément principal de la machine est un moule dans lequel a été usiné en creux l'empreinte de l'objet à réaliser.

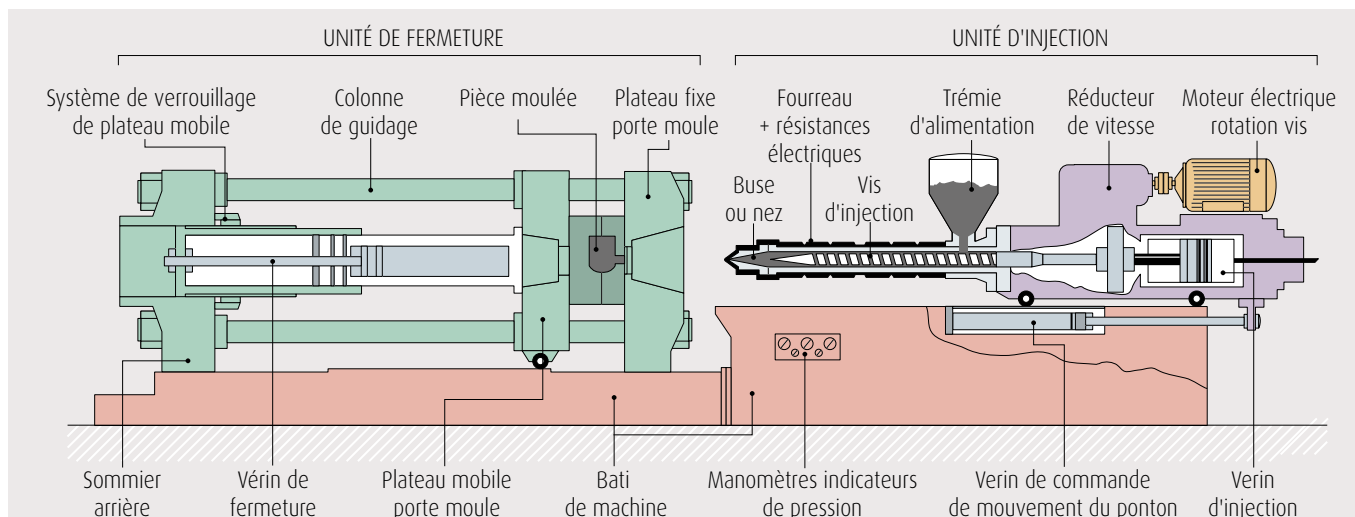
Cette empreinte sera remplie à chaque cycle avec de la résine thermoplastique.

A cette fin, la machine comprend un ensemble vis-cylindre, plastifiant la matière de manière à pouvoir l'injecter sous pression dans le moule.

Après refroidissement et solidification de la matière, le moule s'ouvre et l'objet est éjecté.

1.2.4 Autres techniques

Il existe également d'autres techniques de transformation (moulage, rotomoulage...).



1.3 - TECHNIQUES D'ASSEMBLAGE

Dans le domaine de la canalisation PE en pression, les principales techniques pour raccorder deux tubes ou un tube et une pièce de forme sont au nombre de 3 :

Le raccordement mécanique (à serrage extérieur ou à encliqueter) :



En usage en réseau neuf pour des tubes de diamètre inférieur ou égal à 63 mm.

En usage en réparation quelque soient les diamètres et la nature des tubes.

Le raccordement électrosoudable :



En usage en réseau neuf et en réparation pour des tubes de diamètre compris entre 20 et 1200 mm.

Le raccordement par soudage bout à bout :



En usage en réseau neuf généralement à partir du diamètre 200 mm.

La construction d'un réseau étanche et parfaitement homogène n'est possible qu'en privilégiant les techniques de raccordement par soudage.

Pour les raccordements de tubes en PE avec des tubes en autre matière, le raccordement à brides est privilégié.

2. Environnement

2.1 - CYCLE DE VIE & FDES

Le cycle de vie d'un produit est décrit dans la FDES. L'analyse du cycle de vie des canalisations en PE pour l'eau potable montre un faible impact environnemental tout au long de leur vie qui peut être vérifié à l'aide de la FDES « Canalisation d'adduction d'eau potable en PE enterrée » disponible sur le site du syndicat – www.strpepp.org

L'objectif

Les FDES ont été développées pour mettre à la disposition des acteurs du bâtiment et des travaux publics les caractéristiques environnementales et sanitaires des canalisations d'adduction d'eau potable en Polyéthylène enterrées, selon un cadre commun à tous les produits de construction.

Outil d'information aidant les professionnels à proposer des ouvrages de construction en phase avec les enjeux de développement durable.

La FDES « Canalisation d'adduction d'eau potable en PE enterrée » est une fiche collective.

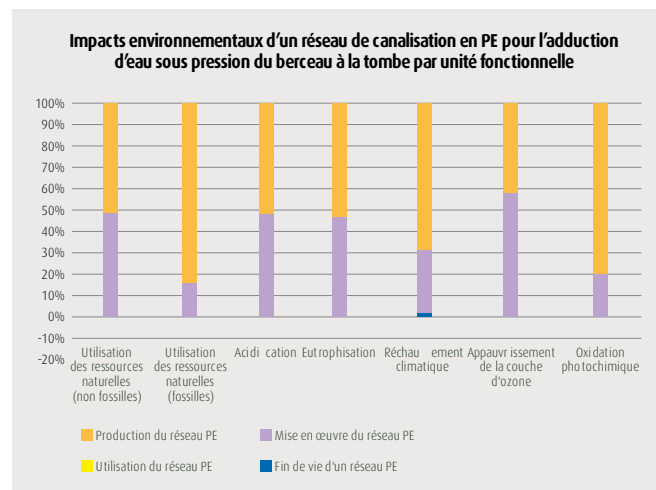
Les données ont été fournies par les adhérents du Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène (STRPEPP), et de TEPPFA (The European Plastics Pipes and Fittings Association).

La FDES comporte 2 parties

- La FDES proprement dite : fournit toutes les justifications et calculs des informations fournies dans l'affichage environnemental et des données complémentaires.
- L'affichage environnemental : présente les principales caractéristiques environnementales et sanitaires de la canalisation d'adduction d'eau en PE :

- Caractérisation du produit,
- Indicateurs ou impacts environnementaux,
- Contributions du produit à l'évaluation des risques sanitaires et la qualité de vie à l'intérieur du bâtiment.

Caractérisation du produit : le produit est caractérisé par une portion de réseau appelée unité fonctionnelle, définie comme suit : « Un mètre linéaire de canalisation PE moyenne, enterrée, pour distribuer l'eau potable dans un lotissement pendant une annuité. Les résultats sont donnés pour une annuité et pour la DVT de 100 ans. »



Sont inclus :

- l'emballage de distribution,
- les produits complémentaires suivants : composants métalliques et joints en élastomère,
- un taux de chute lors de la mise en œuvre de : 2%

Principaux constituants : Résine PE : 92%, Métaux : 8%

Durée de vie typique (DVT) : 100 ans

Durée estimée sur la base de la bonne conservation des canalisations en plastique (PE) enterrées en service depuis plus de 50 ans, la durée de vie typique du réseau d'adduction d'eau potable en PE, est évaluée à 100 ans.

Pose : Les consommations liées au terrassement (fouille, remblaiement) dont énergie et matériaux de remblaiement sont incluses.

Commentaire sur les consommations de ressources énergétiques.

Elles sont imputables pour :

Production	81 %
Transport (1)	1 %
Mise en œuvre (2)	18 %

(1) Transport distance moyenne de 460 km

(2) Mise en œuvre : réalisation de la fouille, mise en place du tube et remblaiement

Commentaire sur les consommations de ressources non énergétiques.

Essentiellement le sable, le gravier, le fer (accessoires)

Elles sont imputables à :

Production	40 %
Transport et mise en œuvre	60 %

2.2 - BILAN CARBONE

Le Bilan carbone des canalisations en PE pression s'avère très favorable en premier lieu lors de la production de tubes et de l'usine au chantier mais aussi lors de la pose sur chantier. « La légèreté représente un atout de poids .»

Cette caractéristique doit être prise en compte lors de l'établissement du bilan carbone des ouvrages qui doivent être rapportés au mètre linéaire de canalisation et non au poids.

1 m de canalisation linéaire avec un diamètre intérieur de 200 m.

PEhd	Fonte
9,05 kg	33,4 kg

Source : catalogue fabricants

Résultats

Empreinte Carbone d'un réseau de distribution d'eau en Polyéthylène (PE) sur la totalité du cycle de vie

	Unité (kg)	Un mètre linéaire de canalisation PE moyenne	Un kg de canalisation PE moyenne	Contribution en % du total
Etape produits	CO ₂ équivalent	5,99	2,76	64 %
Etape construction	CO ₂ équivalent	3,24	1,49	35 %
Etape d'utilisation	CO ₂ équivalent	0	0	0
Etape de fin de vie	CO ₂ équivalent	0,14	0,07	1 %
Total cycle de vie	CO ₂ équivalent	9,37	4,32	100 %

Sources : FDES du STRPEPP
Rapport du consultant Henry Lecouls

Interprétation

2/3 de l'empreinte Carbone du réseau de distribution d'eau sont dus à la production des tuyauteries et des accessoires, 1/3 est dû à la construction, la fin de vie est négligeable.

2.3 - RECYCLAGE

Les canalisations en PE sont 100 % recyclables que ce soient les chutes de fabrication ou de chantier et la fin de vie. Le processus de recyclage se fait en plusieurs étapes et comporte une collecte, un lavage, un broyage et si besoin une regranulation.

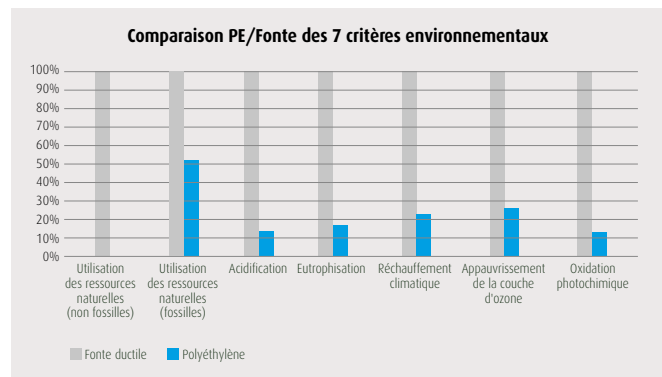
2.4 - PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DU PE PAR RAPPORT AUX AUTRES MATÉRIAUX

2.4.1 Étude Vito

Une étude a été menée de façon indépendante et selon les normes ISO 14040 et 14044, par l'Institut Flamand de Recherche Technologique (VITO) en Belgique et les conclusions ont été validées, via une revue critique, par un institut internationalement reconnu dans le développement durable, Denkstatt GmbH en Autriche.

2.4.2 Étude PE 100+

Les résultats montrent que, pour l'adduction d'eau sous pression, les réseaux réalisés en Polyéthylène ont un impact environnemental plus faible que celui des réseaux réalisés en fonte (voir tableau ci-dessous).





3.1 - TUBES

La résistance mécanique d'une conduite peut être considérée comme étant son aptitude à supporter une contrainte dans le matériau, due à la pression du fluide transporté.

Concernant le comportement des matières thermoplastiques soumises à un effort, on constate que leur déformation sous l'action d'une contrainte mécanique met en jeu trois propriétés :

- **élasticité instantanée** le corps déformé reprend ses dimensions primitives dès que la contrainte cesse ;
- **élasticité retardée**, ou viscoélasticité : la déformation disparaît lentement pendant que le corps revient à son état initial ;



- **aptitude au fluage** : sous l'action d'une contrainte de longue durée, même relativement modérée, la déformation peut devenir permanente et irréversible. Cette aptitude permet une relaxation des contraintes et une adaptation de la canalisation polyéthylène à son environnement (ex : mouvement de terrain).

Cela peut impliquer des dispositions particulières au niveau des raccords mécaniques et assemblages à bride. Aucune disposition n'est à prévoir dans les assemblages soudés.

Ces différentes propriétés permettent de dissiper les contraintes en se déformant ce qui permet à la canalisation de s'adapter sans rupture. Cette propriété est très intéressante vis-à-vis des mouvements de terrain.

3.1.1 Résistance à long terme

Pour déterminer la tenue à long terme des tubes en PE, il est réalisé plusieurs séries d'essais de pression hydraulique tels que définis dans la norme ISO-9080.

Ces essais reproduisent le phénomène de « vieillissement » accéléré, et permettent d'estimer la durée de vie du matériau en fonction de sa résistance à la pression à une température donnée.

Des essais « grandeur nature » réalisés sur de très nombreuses années ont montré la parfaite concordance de cette théorie avec des essais effectués en « vieillissement » accéléré.

Les essais se font sur des jeux d'éprouvettes (dont on a mesuré avec précision le diamètre et l'épaisseur) prélevées sur des tubes extrudés avec une matière donnée dont on cherche à déterminer la contrainte circonférentielle induite dans la paroi d'un tube soumis à une pression P .

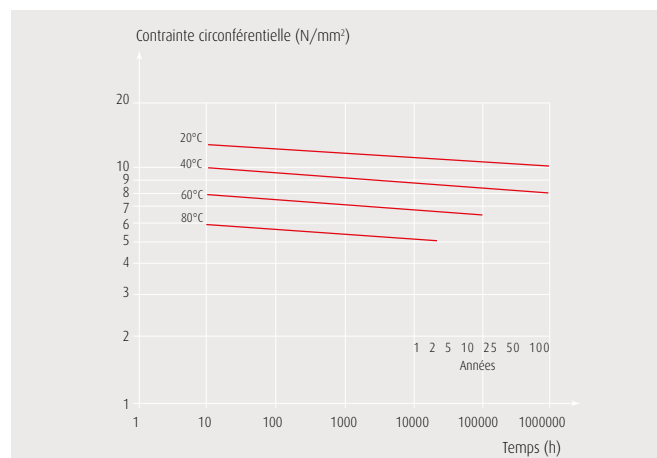
Cette valeur est communément appelée Minimum Required Strength (MRS) ou « contrainte minimale requise ». Elle est exprimée en mégapascal (MPa).

Les éléments de tubes, immergés dans des bains d'eau maintenus à une température constante (20°, 40°, 60° et 80°C), sont soumis à différentes pressions internes.

Pour une température donnée, on détermine cinq contraintes différentes appliquées chacune à cinq éprouvettes au moins. Ces contraintes sont choisies pour donner une durée d'essai étagée dans le temps (entre 1 heure et 10 000 heures, soit 416 jours).

L'essai consiste à relever pour chaque niveau de température et de pression interne, la résistance des éprouvettes, c'est-à-dire le temps qui s'écoule jusqu'à leur rupture, et à en tirer par une exploitation statistique des résultats obtenus, la durée de vie minimale la plus probable de chacun des jeux d'éprouvettes pour un couple température/ pression.

Un exemple de diagramme, de la durée de vie minimale de ces éprouvettes à 20°, 40°C etc..., est présenté sur la figure ci-après. Il constitue le réseau des courbes dites « courbe de régression » du Polyéthylène fabriqué à partir d'une résine donnée.



Exemple de courbes de régressions du PE 100

Chacune des courbes qui le composent caractérise ainsi les durées minimales obtenues avant rupture pour des éprouvettes sous pression à la température considérée.

Le parallélisme des courbes obtenues, constaté expérimentalement, permet à partir de lois complexes (lois d'Arrhenius), d'obtenir par extrapolation des courbes de régression. Un nombre important de mesures permet de valider ces résultats avec une très grande fiabilité.

COURBE DE RÉGRESSION

L'examen de cette courbe permet d'observer que pour un temps supérieur à 100 ans et sous une température de service de 20°C, le tube peut supporter, sans rupture, une contrainte circonférentielle égale à 10 MPa (ce qui a conduit à classer le matériau sous la dénomination, « MRS 10 » ou encore « PE 100 » dans le langage courant).

En appliquant à cette contrainte circonférentielle de 10 MPa, un coefficient de sécurité égal à 1,25, on définit une contrainte de référence du matériau testé, appelée aussi résistance hydrostatique à long terme, dont la valeur dans le cas présent est de 8 MPa. Cette valeur est généralement appelée « sigma » (σ). Elle est utilisée pour calculer la géométrie des tubes qui auront alors une durée d'essai supérieure à 100 ans, avec de l'eau à 20°C sous une pression égale à la PN (exigence minimale précisée par l'ISO-9080).

RUPTURES DUCTILES ET RUPTURES FRAGILES

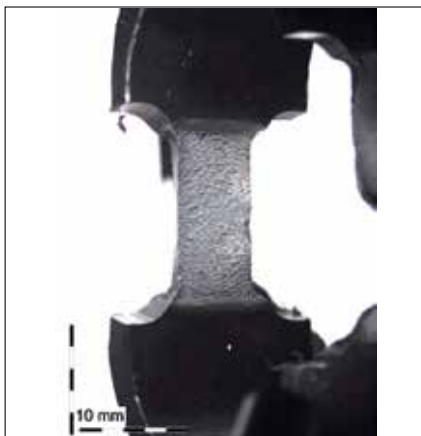
On constate que ce diagramme contrainte-temps, tracé en coordonnées logarithmiques, est constitué par des familles de droites parallèles. Les ruptures sont en général de deux types selon le niveau de contraintes exercées :

Pour des contraintes (ou des pressions) très fortes qui sont en dehors du domaine d'utilisation normale des tubes, les ruptures se produisent après une importante déformation ductile provoquant une hernie sur le tube.

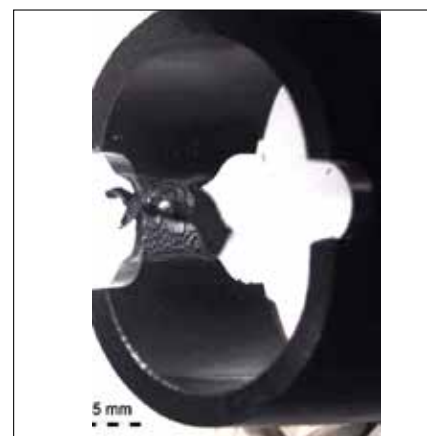
Cette rupture dit ductile se présente sous la forme d'une ouverture dans le sens circonférentielle avec une déformation du tube, dit en forme de bec de perroquet.



Rupture ductile, bec de perroquet



Rupture ductile



Rupture fragile

Pour des pressions plus faibles, de l'ordre de grandeur de celles auxquelles le tube est soumis en service normal, mais au bout de temps très longs, la rupture fait suite à l'apparition de microfissures qui se créent sans déformation des éprouvettes : on dit de cette rupture qu'elle est fragile.

Cette rupture se présente sous la forme d'une fissure dans le sens longitudinal et sans déformation du tube.

CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTES RÉSINES UTILISÉES

Pour les applications courantes, en France, les polyéthylènes PE 80 et PE 100 sont les plus fréquemment utilisés.

Désignation du polymère	Contrainte minimale requise MRS(*) en MPa	Contrainte de calcul pour les canalisations d'eau, en MPa
PE100	10	8
PE80	8	6,3

(*) MRS signifie (Minimum Required Stress) que l'on peut traduire par « Contrainte minimum requise »

Une nouvelle classification de PE100 dit RC est apparue. RC signifie « Resistant Crack ». Il s'agit d'un polyéthylène avec des caractéristiques de résistance à la fissuration nettement améliorées.

DIMENSIONNEMENT DES TUBES

C'est à Gabriel LAMÉ, mathématicien et ingénieur français, que l'on doit d'avoir établi la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides, en prenant en compte les caractéristiques de la déformation et des tensions internes.

C'est à partir de la formule qui porte son nom, et qui est la formule de base utilisée dans le domaine de la plasturgie, que sont déterminées les épaisseurs des tubes.

Son expression, fonction de la pression P et des caractéristiques dimensionnelles d'un tube, est :

$$p = \frac{\sigma 2e}{dn^e}$$

avec P = pression à l'intérieur du tube, en MPa
(1 MPa = 10 bars)

σ = contrainte circonférentielle à l'intérieur du tube
exprimée en MPa

dn = diamètre extérieur du tube, en mm

e = épaisseur du tube, en mm.

Lorsqu'un tube est soumis à une pression interne P , il en résulte dans sa paroi un système de contraintes dont la plus importante est la contrainte circonférentielle. Dans cette formule, on choisit pour cette contrainte, parmi les valeurs du tableau précédent, la résistance hydrostatique à long terme σ qui intègre déjà le coefficient de sécurité de 1,25 pour les canalisations d'eau, ce qui permet ainsi de déterminer l'épaisseur de la paroi du tube :

$$e = \frac{P \times dn}{2\sigma + P}$$

SDR (STANDARD DIMENSION RATIO)

Pour une matière et une pression données, le rapport des dimensions nominales des tubes (diamètre extérieur et épaisseur) est constant.

Cette constante est désignée sous le sigle SDR qui se traduit par « Rapport Dimensionnel Standardisé » :

$$SDR = \frac{dn}{e}$$

Il a été convenu d'arrondir ses valeurs aux nombres suivants (selon la Série de Renard) : 33 - 26 - 21 - 17 (ou 17,6) - 13,6 - 11 - 7,4 et 6.

DÉTERMINATION DE LA PFA – DÉTIMBRAGE

PFA : pression de fonctionnement admissible :

pression hydrostatique maximale à laquelle un composant est capable de résister de façon permanente en service.

Dans les cas où les conditions de fonctionnement présentent un risque vis à vis de la pérennité de la canalisation (températures

>20°C, nature du fluide, type de pose...), il convient d'appliquer alors un coefficient de détimbrage en partant de la formule :

$$PFA = f(t) \times f(a) \times PN$$

Avec :

PFA = Pression de Fonctionnement Admissible (Bar),

PN = Pression Nominale (Bar),

$f(t)$: facteur de détimbrage imposé par la température, avec $f(t) \leq 1$,

$f(a)$: facteur de détimbrage entraîné par les conditions internes et environnementales de fonctionnement, avec $f(a) \leq 1$.

Ce qui revient à dire que pour une PFA déterminée on définira la pression nominale (PN) du tube par l'expression :

$$PN = \frac{PFA}{f(t) \times f(a)}$$

Pour des conditions normales d'utilisation ($f(t)=f(a)=1$), on a donc $PFA=PN$.

COEFFICIENTS DE DÉTIMBRAGE LIÉS À LA TEMPÉRATURE F(T)

La gamme de température admissible est de - 20°C à 50°C.

Les valeurs de coefficient de détimbrage et espérance de vie sont données dans le tableau ci-dessous.

Température (°C)	Coefficient	Espérance de vie à PN
Jusqu'à 20°C	1,0	100 ans
30°C	0,85	100 ans
40°C	0,73	50 ans
45°C	0,67	30 ans
50°C	0,63	18 ans

Pour des températures intermédiaires, une interpolation est permise.
Coefficient issu de norme ISO 13761(2017).

Espérance de vie constante pendant toute la durée de vie.

Détermination de la PMA du tube

La PMA est la pression maximale, y compris le coup de bélier, à laquelle le tube est capable de résister lorsqu'il est soumis de façon intermittente.

Des coups de bélier (surpressions) peuvent survenir lors de manipulation de vanne sur le réseau ou bien lors de l'arrêt ou de démarrage de pompe de refoulement entraînant des niveaux de pressions instantanées pouvant être supérieurs à la PN du tube. Un tube PE conforme aux spécifications de la marque NF 114 résiste avec sécurité à des coups de béliers de 2 fois la PN soit $PMA=2 \cdot PN$ dans des conditions normales d'exploitation où $f(a)$ et $f(t) = 1$.

Détermination de la PEA du tube

Pression hydrostatique maximale à laquelle le tube est capable de résister pendant un laps de temps relativement court (<24h) afin de tester son intégrité et son étanchéité.

Pour les tubes PE, $PEA = 1.5 \cdot PN$ dans des conditions normales d'exploitation où $f(a)$ et $f(t) = 1$

Avant de choisir une pression d'épreuve définie, il convient de s'assurer que tous les éléments du réseau y résistent. La pression effective du réseau sera déterminée après avoir pris en compte les PEA des composants des différents réseaux. La pression d'épreuve ne devra pas être plus élevée que la plus basse des PEA des différents composants du réseau. Voir chapitre 3 : conception et chapitre 9 : essai de réception.

Résistance à la fatigue du tube

Les tubes possédant des caractéristiques de résistance à la fissuration lente conformes aux spécifications de la marque NF 114 montrent une insensibilité à des contraintes instantanées répétées jusqu'à des fréquences de 1200 cycles par jour dans la limite de la PMA.

3.1.2 Caractéristiques physiques

	PE 80	PE 100 ou PE100 RC	Unité
Masse volumique*	949 à 956	956 à 961	kg/m ³
Fluidité MFI (190°C ; 5 kg)	0,3 à 1	0,2 à 0,5	g/10 min
Résistance au seuil d'élasticité instantanée	≥15	≥19	MPa
Allongement à la rupture	≥600	≥600	%
Coefficient de poisson	0,4	0,4	-
Dilatation linéaire	0,2	0,2	(mm/m/°C)
Coefficient rugosité hydraulique		0,01 mm	
Résistivité électrique		≥10 ¹⁷	Λ/cm

Sources : FDES du STRPEPP
Rapport du consultant Henry Lecouls

Tableau Module d'Young en fonction du temps d'application de la contrainte pour un PE à 20°.

INSTANTANÉE (DYNAMIQUE)	1100 MPa
24 H	550
50 ANS	275
100 ANS	250

Source : STRPEPP

3.1.3 Réactivité aux agressions chimiques

CORROSION

Le PE est inerte chimiquement, pour pratiquement tous les usages, à l'intérieur de sa plage de températures d'utilisation. Il est imputrescible, il ne rouille pas, ne se pique pas, ne se corrode pas. De ce fait, son épaisseur n'est modifiée par aucune corrosion chimique ou électrique (insensibilité totale) provenant du milieu environnant (Argile, sol acide, ou en présence de sel de déneigement à proximité des voiries).

Le PE est particulièrement recommandé dans les cas où il y a des risques de courants vagabonds (à proximité des voies ferrées, tramway,...).

PERMÉATION

La perméation est le passage de petites molécules de gaz, vapeurs ou liquides à travers la structure moléculaire d'un matériau.

Elle est influencée par de nombreux facteurs, comme la structure du matériau, son interaction avec le perméat, son épaisseur, la taille de la molécule étrangère, la température...

Le temps de latence (TL), défini par le temps entre le premier contact de la canalisation avec le contaminant et la diffusion en régime stationnaire est défini par l'équation (issue du modèle de diffusion de Fick) :

$$TL = d^2 / (6xD)$$

Où d est l'épaisseur du tube (m)

D est le coefficient de diffusion ($m^2/jour$)

TL est le temps de latence (jour)

Ces temps peuvent être très longs/de 130 à 270 ans

Grâce aux caractéristiques du matériau, les réseaux de tubes en PE 80 & 100, soudés (absences de joints) présentent une excellente résistance à la perméation face à la majorité des produits chimiques recensés.

Dans tous les cas, l'installation exceptionnelle d'un système de canalisation dans un sol fortement pollué par des composés aromatiques (benzène, carburants classiques) par exemple, nécessite une attention particulière et ce, quel que soit le type de matériau (PEHD, mais aussi fonte à emboiture, PVC à emboiture etc.). Des précautions spécifiques doivent être mises en œuvre. Il est notamment possible d'utiliser à titre provisoire des fourreaux de protection ou d'utiliser des systèmes de canalisations PE (tubes et raccords) à couche barrière, spécialement conçus pour la pose en zone contaminée. Il est malgré tout conseillé de procéder à la décontamination du sol.

RÉSISTANCE AUX ATTAQUES CHIMIQUES

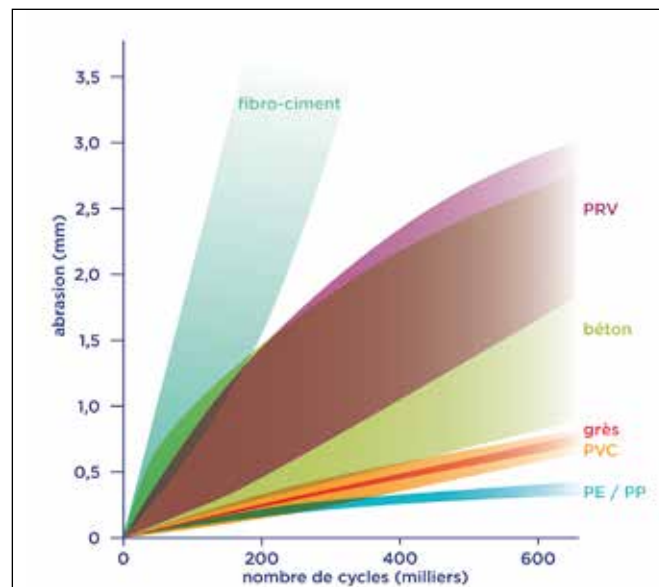
Dans le cas où il s'agirait de transporter des fluides avec des concentrations importantes de produits chimiques, il convient de se reporter aux tableaux de la norme NF-T 54-070 et l'ISO-TR 10358.

L'attention de l'utilisateur est attirée sur les risques de réaction que subira un tube posé dans un sol pollué chimiquement ; la précédente norme donnera une indication sur la dangerosité de certains composants chimiques.

3.1.4 Avantages des tubes en PE

ABRASION

Les tubes Polyéthylène résistent très bien à l'abrasion. Lorsqu'on compare les tubes PE aux tuyaux conventionnels utilisés pour des applications identiques, on constate une augmentation considérable de la durée de vie des canalisations vis-à-vis de ce phénomène physique.



Usure de la paroi du tube soumis au test dit «de Darmstadt» (suivant DIN 19565-1).

DUCTILITÉ, FLEXIBILITÉ

La ductilité inhérente au PE permet aux conduites d'absorber les impacts, les vibrations et les contraintes causées par les mouvements de sol.

La propriété de flexibilité et l'aptitude à se déformer sans dommage permanent permettent en outre aux conduites d'être cintrées dans le cas de tracés difficiles ou de changements de direction.

Leur aptitude à s'adapter aux mouvements du sol est particulièrement intéressante dans les zones potentiellement instables telles que des zones comblées récemment, au-dessus de carrières ou encore dans des zones sismiques.

RÉSISTANCE À LA DÉPRESSION

La dépression admissible peut être calculée de façon approchée comme suit :

$$\Delta P_{\text{ext/int}} = E / 0.775 \cdot \text{SDR}^3$$

avec

E = module d'élasticité du matériau MPa

$$\text{SDR} = \frac{\text{diamètre extérieur}}{\text{épaisseur des parois}}$$

Il convient d'appliquer à cette valeur les coefficients de sécurité usuels en fonction du fluide transporté; le coefficient 0,775 inclut un facteur de sécurité 125 pour tenir compte de l'ovalisation possible du tube et des concentrations de contraintes inhérentes.

EXEMPLES À 20°C	DÉPRESSION CRITIQUE INSTANTANÉE (E=1000 MPA)	DÉPRESSION CRITIQUE À LONG TERME (E=425 MPA)
PE 100 SDR 11	9.7 BAR	4.1 BAR
PE 100 SDR 17	2.6 BAR	1.1 BAR
PE 100 SDR 26	0.7 BAR	0.3 BAR
PE 100 SDR 7,4	3.18 BAR	13,5 BAR

RÉSISTANCE AUX CHARGES EXTERIEURES

Les canalisations polyéthylène conçues pour résister à la pression hydrostatique long terme ont une très bonne résistance mécanique face aux charges extérieures. Il est cependant possible de vérifier cette résistance mécanique face aux charges

extérieures (poids des terres, charges roulantes, charges exceptionnelles de chantier, etc...) en utilisant la méthode de calcul décrite dans le Fascicule 70.

RÉSISTANCE À LA FISSURATION

Les matières PE80 et PE100 offrent une très bonne résistance à la fissuration des tubes en Polyéthylène.

Plusieurs essais permettent de caractériser cette tenue :

a) Résistance à la propagation lente de fissure : essai à la virole

Cet essai est effectué sur des tubes dont l'épaisseur est inférieure ou égale à 5 mm. Il consiste à soumettre des échantillons pré-entaillés et sous déformation constante à l'action d'un milieu tensio-actif maintenu à une température élevée. L'évolution de la longueur de la fissure en fonction du temps est mesurée et ne doit pas dépasser une vitesse prédéterminée (inférieure à 10 mm/jour).

b) Résistance à la propagation lente de fissure : essai sur tube entaillé (NOTCH TEST)

Cet essai est effectué sur des tubes dont l'épaisseur est supérieure à 5 mm. Il consiste à soumettre des échantillons dont quatre entailles externes équidistantes ont été usinées dans le sens longitudinal à un essai de pression hydraulique constante. Les échantillons doivent résister au minimum 500 heures et ce à une température de 80°C.

b.1 Caractéristiques de résistance à la fissuration lente d'un PE100 RC

Suivant les groupes de diamètre, les essais suivants s'appliquent :

b.1.1 Strain – Hardening (SHT) – pour DN20 à DN63

- ISO 18488 - Détermination du module d'écrouissage en relation avec la propagation lente de fissures.
- 80°C – plaque de 300 µm issue de la matière du tube – Gp ≥ 50 MPa.

b.1.2 Essai accéléré à l'entaille (ANPT) – pour DN75 à DN225

- ISO 13479 - Méthode d'essai de la propagation lente de la fissure d'un tube entaillé.
- 80°C – DN110 SDR11 – 9,2 bar – 2 % nonyphenol – t >300 h.

b.1.3 Essai Crack Round Bar (CRB) – pour DN250 à DN800

- ISO 18489 – Détermination de la résistance à la propagation lente de fissures sous un chargement cyclique - Méthode d'essai de la barre ronde fissurée.
- 23°C – barre ronde 14mm usinée dans le tube – 12,5 MPa 10 Hz – cycles >= 1,5 10⁶.

b.1.4 Essai sur matière première – Accelerated Full Notch Creep Test (AFNCT)

- ISO 16770 – Détermination de la fissuration sous contrainte dans un environnement donné (ESC) du polyéthylène - Essai sur éprouvette entièrement entaillée.
- 90°C – 2 % lauramide oxide – barre carrée 10 mm – 4 MPa t >550 h ou 5 MPa t >300 h – pas de rupture fragile.

c) Résistance à la propagation rapide de fissure : essai S4

L'essai consiste à soumettre un tube d'une longueur spécifiée, à une température d'essai définie (généralement 0°C) et rempli d'un fluide sous une pression spécifiée à l'action d'un choc à proximité d'une de ses extrémités. On détermine alors la pression critique à partir de laquelle le choc provoque une fissure longitudinale se propageant rapidement sur toute la longueur du tube. Cette valeur permet de déterminer la pression critique de l'essai si celui-ci avait été effectué en grandeur nature.

La valeur de la pression critique pour un PE100 est de 10bar à 0°C et pour un PE100RC est de 20 bar à -20°C.

RÉSISTANCE AUX COUPS DE BÉLIER

La nature de la matière utilisée limite les efforts du coup de bélier par un effet d'amortissement rapide selon la formule d'Allievi. La longévité des différents composants du réseau s'en trouve améliorée.

$$\Delta P = \frac{d}{10 g} \times v_p \times \Delta v$$

Dans laquelle :

- ΔP = variation de la pression (en bar)
- d = masse volumique du liquide (en kg/dm³) (1 pour l'eau)
- g = accélération de la pesanteur = 9,81m/s²
- v_p = célérité de l'onde de choc dans la canalisation (en m/s)⁽¹⁾
- Δv = variation de la vitesse du liquide au moment du coup de bélier (en m/s)⁽²⁾

(1) Dans le cas de canalisations en PE, la célérité de l'onde de choc peut se calculer d'après la formule d'Allievi :

$$v_p = \frac{9\,900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}}$$

ΔP intervient dans le calcul de la pression maximale MDP, voir chap 4.

Dans laquelle :

- v_p = célérité de l'onde de choc (en m/s)
- D = diamètre intérieur de la canalisation (en mètres)
- e = épaisseur de la canalisation (en mètres)
- K = coefficient variable selon la nature du matériau de la canalisation, pris égal à 16 pour les PE

(2) Remarques : en cas de fermeture brutale de la circulation du fluide, Δv est égale à la vitesse du fluide avant fermeture.

« AUTOBUTAGE »

Les canalisations PE permettent de limiter au minimum les points d'ancrage du réseau. Cette caractéristique est assurée par l'aptitude du matériau PE à être conditionné en grandes longueurs (DN ≤160) et à être soudé (bout-à-bout et électro-soudage). Elle simplifie la conception du réseau en limitant les butées d'ancrage. L'autobutage a des répercussions non négligeables dans la rapidité d'exécution du chantier et sur la réduction des coûts du chantier.

3.1.5 Normalisation, certification et marque de qualité

a) Normalisation

Les propriétés exigées pour les canalisations d'eau potable nécessitent un suivi de qualité à chaque étape de la fabrication : production de la matière de base (composition Polyéthylène), fabrication des tubes.

Ces exigences sont précisées par des normes établies au sein de commissions de normalisation rassemblant tous les acteurs économiques concernés (fabricants, utilisateurs, laboratoires, ...), et qui définissent :

- les caractéristiques générales des produits ;
- les spécifications auxquelles ils doivent satisfaire ;
- les méthodes d'essais permettant de les évaluer.

De par leur mode d'élaboration, les normes constituent des référentiels acceptés par tous.

Aujourd'hui, parmi les quelques 150 normes consacrées à l'ensemble des matériaux plastiques, normes de produits ou normes d'essais, les plus utilisées sont les suivantes :

- **NF EN 1555** : SYSTÈME DE CANALISATION PLASTIQUE POUR LA DISTRIBUTION DE COMBUSTIBLES GAZEUX – POLYÉTHYLÈNE (PE)
- **NF EN 12201** : SYSTÈMES DE CANALISATIONS EN PLASTIQUES POUR L'ALIMENTATION EN EAU ET POUR LES BRANCHEMENTS ET LES COLLECTEURS D'ASSAINISSEMENT AVEC PRESION-POLYÉTHYLÈNE (PE)
- **NF EN ISO 15494** : SYSTÈMES DE CANALISATIONS EN MATIÈRES PLASTIQUES POUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Ces normes sont prises en compte dans le règlement de la marque NF 114 - Tubes en polyéthylène pour réseaux de distribution de gaz combustibles, réseaux de distribution d'eau potable, irrigation, industrie, eau non potable et assainissement sous pression, confinement de transport d'électricité.

b) Marque de qualité des tubes en Polyéthylène « NF 114 »

La marque de qualité NF est une certification de produit. Elle atteste que les caractéristiques d'un produit sont conformes à

des spécifications définies dans un référentiel donné et sont maintenues conformes dans le temps grâce à des essais de contrôle et audits réguliers menés par un organisme certificateur indépendant (le LNE mandaté par AFNOR Certification).

La certification de produit conduit à la délivrance d'un certificat, document attestant la conformité du produit au règlement de la marque (normes + spécifications complémentaires).

La certification est matérialisée sur le tube par l'apposition du monogramme NF :

Il convient de ne pas assimiler une simple déclaration de conformité du tube à la norme par un fabricant ou un seul PV d'essai d'une part, avec une certification de Marque NF délivrée par un organisme tiers mandaté par l'AFNOR Certification d'autre part.

Le règlement de la Marque NF 114 existe depuis janvier 1990 et est révisé annuellement pour tenir compte des évolutions normatives et techniques.



Les tubes en Polyéthylène ont été classés en 5 groupes différents en fonction de leur application :

- le groupe 1 concerne l'application « gaz combustibles »,
- le groupe 2 concerne l'application « eau potable »,
- le groupe 3 concerne l'application « irrigation et arrosage »,
- le groupe 4 concerne les applications « industrielles et non potable »,
- le groupe 5 concerne l'application « confinement de transport d'électricité ».

Un tube « gaz » et « eau potable », admis à la Marque NF, est défini par :

- un diamètre extérieur nominal,
- une épaisseur nominale,
- une composition (c'est-à-dire une matière); pour l'eau potable celle-ci doit être titulaire d'une Attestation de Conformité Sanitaire (ACS) et ne pas altérer les propriétés organoleptiques de l'eau,
- une ligne d'extrusion.

Le règlement particulier de la Marque précise les conditions du contrôle de la conformité du produit :

- liste des normes applicables,
- exigences que doivent respecter les fabricants avec en particulier la mise en place de dispositions d'assurance-qualité,
- nature et modalités des audits effectués par l'organisme de certification.

La gestion de la Marque est assurée par l'organisme certificateur (AFNOR) ou par un organisme mandaté par l'AFNOR Certification (il s'agit du LNE pour la marque NF 114) qui, pour mener à bien ces missions :

- tient compte de l'avis des membres du comité d'orientation de la Marque,
- fait appel à des organismes d'essais et à des auditeurs qualifiés,
- rend compte à un « comité » (comme toutes les Marques NF)

composé d'experts représentatifs de tous les acteurs de la profession.

Dans le cas des tubes en Polyéthylène, la Marque NF permet de garantir la conformité de ces produits aux exigences spécifiées dans les normes de référence et par le Règlement particulier.

La certification des tubes est liée à :

- l'obligation d'utiliser des matières elles-mêmes certifiées et dont les caractéristiques sont vérifiées par le LNE ;
- l'obligation, pour les producteurs de matière et les extrudeurs, de mettre en place un système d'assurance qualité répondant aux exigences de la norme internationale NF EN ISO 9001 ;
- la conformité des produits aux spécifications définies par les normes et par le règlement particulier de la Marque.
- la conformité sanitaire (Arrêté du Ministère du 29 Mai 1997) : « Les matériaux utilisés dans les systèmes de production ou de distribution et qui sont au contact de l'eau destinée à la consommation humaine ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau ».

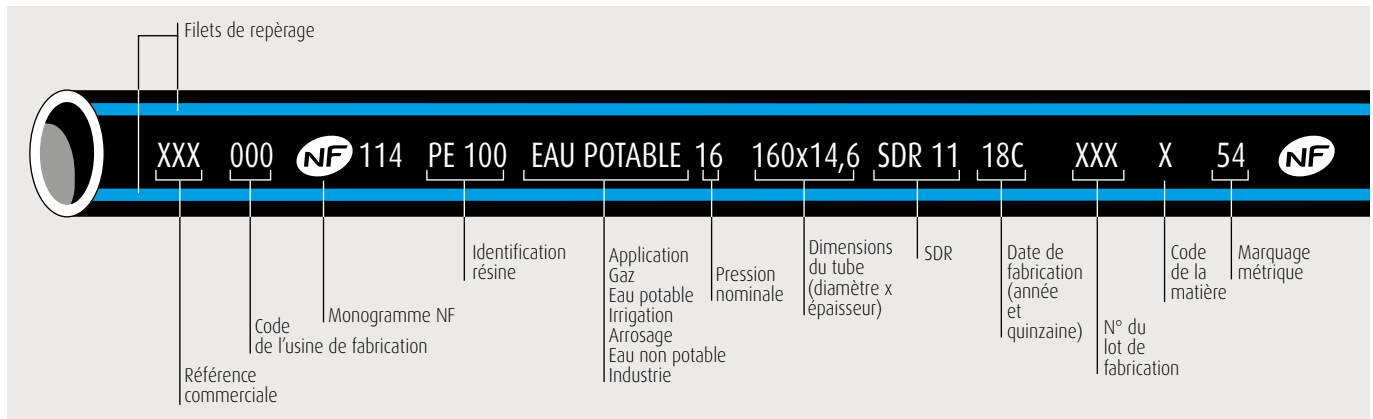
Ainsi, tubes et raccords doivent satisfaire à des essais normalisés, afin d'obtenir une attestation de conformité sanitaire (ACS) délivrée par des laboratoires habilités par la Direction Générale de la Santé.

L'ACS, délivrée après résultats d'essais, est obligatoire depuis avril 2002.

NB : Cette obligation de conformité sanitaire a été intégrée dans le Règlement de la Marque NF pour les tubes destinés aux réseaux d'eau potable.

Chaque tube, fabriqué à partir de ces critères, se verra accorder le label qui constituera pour l'acheteur et l'utilisateur une preuve de la qualité de produits certifiés.

Ces tubes, caractérisés par des filets de repérage de couleur jaune pour le gaz, bleu pour l'eau potable, marron pour l'assainissement, violet pour l'arrosage, sont marqués comme ci-contre.



c) Réglementation : conformité sanitaire des canalisations du groupe « eau potable »

Il convient de distinguer la réglementation liée aux eaux potables et la réglementation liée au contact alimentaire. Un matériau, même apte au contact alimentaire, n'est pas « de facto » reconnu comme étant apte au transport de l'eau potable.

La réglementation française est parmi les plus sévères en Europe ; elle est soucieuse de la protection des consommateurs. Malgré les efforts imposés par l'harmonisation européenne, il n'y a pas encore de réglementation commune.

Elle demande à ce que les matières premières servant à fabriquer le Polyéthylène soient en conformité avec des «listes positives» de molécules autorisées et qu'en outre des essais rigoureux soient effectués au niveau du produit fini (tube, raccord et accessoire) en ce qui concerne :

- les caractéristiques organoleptiques,
- la migration de produits dans l'eau selon les procédures normalisées, avec détection des molécules à des concentrations extrêmement faibles (moins de 1 microgramme par litre après des mises en contact de plusieurs fois 24 heures avec des eaux témoins).



LA SEULE PRÉSENCE DE BANDE BLEUE OU LE MARQUAGE CE SUR UN TUBE, SUR UN PRODUIT N'EST PAS UN GAGE DE CONFORMITÉ !

LA MEILLEURE FAÇON D'ÊTRE GARANTI EST D'UTILISER UN PRODUIT À LA MARQUE NF.

d) Marquage CE

À la date de parution de cet ouvrage, les canalisations en matière plastiques pour le transport d'eau potable, dont le PE, ne font pas l'objet de marquage CE du fait de l'absence de norme harmonisée. Les fabricants de tubes et de raccords en PE ne peuvent donc pas fournir de déclaration de performances (DOP).

3.1.6 Gamme usuelle de tubes

Conditionnement des tubes en PE :

- Pour les diamètres 20 à 75 mm, les tubes sont généralement conditionnés en couronne.
- Pour les diamètres allant jusqu'à dn 160, le conditionnement en touret permet de livrer des linéaires de plusieurs centaines de mètres.
- Le conditionnement en longueurs droites est utilisé pour la plupart des diamètres.

Les normes NF T 54-965 pour les tubes gaz et NF T 54-951 pour les tubes eau définissent précisément ces conditionnements.

3.2 - RACCORDS

Un raccord est un élément isolé utilisé pour la jonction de deux ou plusieurs tronçons de canalisation et comportant ou non des parties destinées à modifier la direction de cette canalisation.

Les accessoires pour réseaux en polyéthylène de distribution de combustibles gazeux, d'eau potable, d'irrigation, d'arrosage, d'assainissement avec pression et d'applications industrielles communément désignés « accessoires pour réseaux en PE » sont de type à souder ou mécanique.

Ils doivent avoir une espérance de vie au moins à celle des tubes en PE avec lesquels ils sont destinés à être utilisés dans les conditions suivantes :

- avec une pression de service admissible, PFA, pouvant aller jusqu'à 25 bar,
- à une température de service de 20°C comme température de référence,
- enterrés dans le sol,
- comme émissaires de rejet en mer,
- posés dans l'eau,
- non-enterrés, y compris les canalisations suspendues sous des ponts.

Les exigences relatives au niveau de performance de la matière des composants qui ne sont pas en polyéthylène doivent être au moins aussi élevées que celles de la composition PE du système de canalisations.

Les autres matières des raccords en contact avec le tube en PE ne doivent pas altérer les performances du tube, ni imiter des fissurations sous contrainte.

Comme pour toute canalisation, l'assemblage des tubes entre eux ou avec des pièces de raccord a une double fonction :

- assurer l'étanchéité à la pression interne, ou externe ;
- garantir le maintien mécanique pour éviter le déboîtement des éléments.

Pour les canalisations en matériaux plastiques, les raccords sont ou peuvent ne pas être de la même matière que les tubes.

Ainsi qu'il sera développé plus loin, les assemblages des tubes en Polyéthylène peuvent se diviser en deux grandes familles :

- les assemblages mécaniques ;
- les assemblages par soudage (soudage bout-à-bout, par élément chauffant ou électrosoudage).



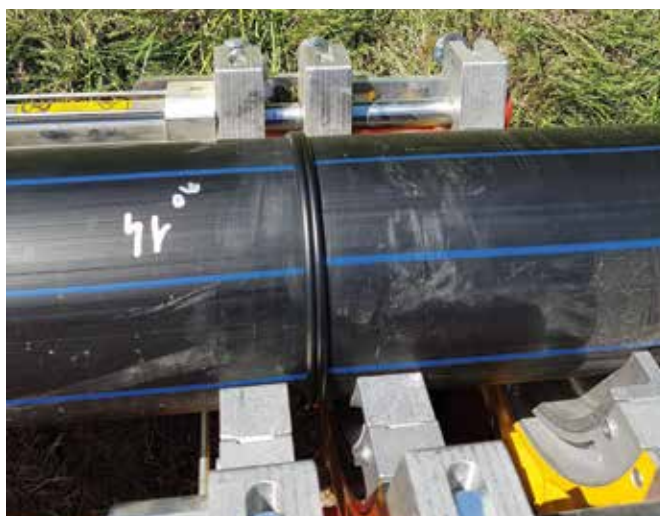
La méthode appropriée pour l'assemblage de pièces en PE est le soudage (le PE ne se colle pas, il est «non polaire») : la matière fondue est reconstituée à l'identique à la jonction des deux surfaces lorsque l'ensemble, porté à fusion, refroidit.

3.2.1 Types d'assemblages usuels

Application	Diamètre des tubes (mm)	Mécanique		Tubes à emboîtement	Electrosoudables	Soudage bout-à-bout
		Métal	Plastique			
Gaz - Biogaz	20-63	✓			✓	
	63-200				✓	
	200 et +				✓	✓
Eau potable	20-63	✓	✓		✓	
	63-200		✓	✓	✓	
	200-1200			✓	✓	✓
Irrigation et Arrosage	20-63		✓		✓	
	63 et +		✓		✓	✓
Industrie et eau non potable	20-63	✓	✓		✓	
	63 et +		✓		✓	✓
Confinement transport d'électricité	75 et +		✓	✓	✓	✓
Fourreau pour fibres optiques	20-63		✓		✓	

3.2.2 Les assemblages soudés

Les raccords électrosoudables permettent la réalisation de réseaux en PE complètement homogènes, auto-butée, 100 % étanches tout en renforçant mécaniquement les points de liaison.



Gamme complète disponible du diamètre 20 au 1200 mm.

Prises de branchement en charge sans outillage particulier.

Kit de branchement

Dérivation en charge possible avec outillage approprié.

Transition vers les robinets ou les vannes par pièces d'adaptation filetées ou à brides.

Vannes ¼ de tour



LE SOUDAGE BOUT À BOUT

Ce mode de soudage est plus adapté aux grands diamètres de tubes (>200 mm). Il permet de souder directement des tubes ou des tubes et des éléments de canalisation de même SDR entre eux.

L'équipement reste en poste fixe. Les canalisations soudées sont déposées en fouille au fur et à mesure de l'avancement des soudures.

Il est composé d'un châssis, d'un rabot, d'un miroir chauffant, d'un groupe hydraulique. Il peut être manuel ou automatique avec traçabilité des données de soudure.

Disponible jusqu'au diamètre 1200 mm.



3.2.3 Les assemblages mécaniques

Permettent une liaison verrouillée de tubes PE entre eux ou à un autre élément de la canalisation.

- Les raccords à serrage extérieur ou de type à compression



Gammes plastiques
16 au 125 mm

Gamme métallique
20 au 63 mm

PN 16

Conception, matériau et nature du joint selon l'application

- Les raccords à emboîtement : de 2 types selon les gammes de diamètres



A encliqueter
D20 à 63 mm

A emboîtement
D90 à 25 mm

PN 16

Nature du joint selon caractéristique du fluide

- Les assemblages par brides : de 2 sortes selon la forme de la bride



Simple :

La bride est libre en matériau de synthèse ou métallique protégé contre la corrosion. Elle ne prévient pas le fluage du collet en PE dans le temps.

Gammes usuelles de diamètres jusqu'au DN 800.

Anti-fluage :

La bride est libre en matériau de synthèse ou métallique et présente une forme qui prévient le fluage du collet en PE dans le temps.

Gammes usuelles de diamètres jusqu'au DN 500.

LA ROBINETTERIE

Existe en matériaux métalliques, en PE ou en matériaux de synthèse à assemblage par vissage ou à brides.

LES RACCORDS DE RÉPARATION



Les gammes des raccords mécaniques ci-dessus présentent toutes des solutions de réparation pour les diamètres allant du 20 au 63mm, le plus généralement consistant en des manchons ou tés coulissants.

Il existe des gammes de raccords spécifiques permettant de couvrir des plages de diamètres allant jusqu'au DN 800. Ils peuvent être ou non verrouillés et/ou permanents. Ils sont généralement conçus avec du métal.

3.2.4 Normalisation, certification, réglementation

NORMALISATION

Depuis 1987, les raccords destinés à raccorder des canalisations en PE font l'objet de normes définissant les spécifications des produits et les méthodes d'essai. Depuis 2015, les spécifications des raccords mécaniques sont définies par l'ISO 17885.

Pour le gaz il s'agit de l'EN 1555 partie 3 et pour l'alimentation en eau de l'EN 12201 partie 3.

CERTIFICATION

Plusieurs possibilités de preuves de conformité aux normes existent :

- la déclaration du fabricant - qui annonce sous sa seule responsabilité qu'un produit est conforme à une norme ou à un autre document normatif spécifié.
- le rapport d'essais qui est un document présentant les résultats d'essais, l'essai étant l'opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit suivant un mode opératoire spécifique.
- la certification de produit qui est une procédure par laquelle une tierce partie sur la base de rapport d'essais, de contrôles et d'audit sur site périodiques donne une assurance écrite qu'un produit est conforme aux exigences spécifiées.

La Marque NF est une certification de produit. Elle atteste que les caractéristiques d'un produit sont conformes à des spécifications définies dans un référentiel donné et sont maintenues conformes dans le temps.

LE RÉFÉRENTIEL EST COMPOSÉ :

- des normes de produits spécifiant les exigences auxquelles doivent satisfaire un produit donné ;
- des normes d'essais ;
- des compléments éventuels définis dans les règles de certification de la Marque.

La certification de produit conduit à la délivrance d'un certificat, document attestant la conformité des raccords qui ont été présentés. Le fabricant peut apposer le logo **NF** sur ses documentations et sur l'étiquette du produit concerné.

LA MARQUE DE QUALITÉ NF 136 :

Le premier règlement de la Marque NF applicable aux accessoires pour réseaux en Polyéthylène de distribution de combustibles gazeux, d'eau potable, d'irrigation et applications industrielles a été publié en 1992 et porte le numéro d'identification : AFNOR NF 136.

Pour les cinq groupes d'application (groupe 1 : application combustibles gazeux (G), groupe 2 : application eau potable (W), groupe 3 : application irrigation (I), groupe 4 : application process industriels (PI), groupe 5 application collecteurs et branchements d'assainissement avec pression (P)) ces règles de certification définissent les spécifications de produits ainsi que les exigences en matière de qualité, selon 5 groupes différenciant les types d'accessoires :

- groupe A : Les raccords en polyéthylène à emboîtures électrosoudables,
- groupe B : Les raccords avec selle électrosoudable,
- groupe C : Les raccords en polyéthylène à bouts mâles,
- groupe D: Les raccords de jonction par assemblage mécanique ou autres types d'assemblage démontables ou non,
- groupe E : Les robinets en polyéthylène.

La gestion de cette marque a été mandatée par l'AFNOR Certification, à Certigaz qui publie régulièrement la liste des produits bénéficiant de la Marque NF sur le site **www.certigaz.fr**.

RÈGLEMENTATION

L'arrêté du Ministère de la Santé, daté du 29 mai 1997, impose que : «Les matériaux utilisés dans les systèmes de production ou de distribution et qui sont au contact de l'eau destinée à la consommation humaine ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau».

Ainsi, comme pour les tubes, les raccords en matière plastique doivent satisfaire à des essais normalisés, afin d'obtenir une attestation de conformité sanitaire (ACS) délivrée par des laboratoires habilités par la Direction Générale de la Santé.

Cette obligation de conformité sanitaire a été intégrée dans le Règlement de la Marque NF pour les accessoires destinés aux réseaux d'eau potable.

www.eurofins.fr - www.groupecarso.com

3.2.5 Formation des opérateurs

Dans le domaine du gaz, les soudeurs PE ont l'obligation d'être qualifiés conformément au cahier des charges RSDG 3.2 édité par l'AFG : Soudage des canalisations et des branchements en polyéthylène (PE) et selon la spécification ATG B.527-9 : Modalité de qualification des opérateurs polyéthylène (PE).

Dans les autres domaines, il n'existe pas d'obligation de qualification du soudeur PE toutefois, cette pratique est fortement recommandée car elle est une condition essentielle de l'assurance de la qualité du soudage.

La norme NF EN 13067 («Personnel en soudage des plastiques Epreuve de qualification des soudeurs - Assemblages soudés thermoplastiques») spécifie la méthode à utiliser pour évaluer les connaissances et l'habileté d'un soudeur à qui il est demandé de réaliser des soudures sur des matières thermoplastiques pour des constructions neuves et des travaux de réparation. Son application garantit que l'examen se déroule selon une procédure d'épreuve uniforme. Elle s'applique aux procédés de soudage suivants : soudage au gaz chaud : buse ronde, buse rapide, coin chauffant ; soudage par extrusion ; soudage par élément chauffant : bout à bout, selle de raccordement, emboîture, coin chauffant ; soudage par électrofusion : emboîture, selle de raccordement ; soudage par solvant : emboîture pour le soudage des produits suivants : feuilles/plaques ; tubes ; raccords ; membranes de revêtement.

4. Conception du réseau

4.1 - GÉNÉRALITÉS

Un réseau ou tronçon de réseau est caractérisé notamment par les trois pressions suivantes :

- **DP (Design Pressure)** : pression de calcul en régime permanent. Pression maximale de fonctionnement du réseau ou de la zone de pression fixée par le projeteur en tenant compte des développements futurs mais non compris le coup de bélier.
- **MDP (Maximum Design Pressure)** : pression maximale de calcul du réseau ou de la zone de pression fixée par le prescripteur, y compris le coup de bélier et tenant compte des développements futurs.
- **STP (System Test Pressure)** : pression d'épreuve du réseau. Pression hydrostatique appliquée à une conduite nouvellement posée de façon à s'assurer de son intégrité et de son étanchéité.

C'est à partir de ces pressions que les composants du réseau seront choisis.

4.2 - CHOIX DES COMPOSANTS DU RÉSEAU

Le concepteur du réseau est amené à choisir successivement :

- Le groupe d'application selon le fluide transporté (AEP, Industrie, Eau non Potable, Gaz, etc...).
- La PN des composants

En fonction de la pression du fluide convoyé, du détimbrage envisagé et des contraintes éventuelles apportées par l'environnement extérieur ou la pose, le choix de la PN d'un composant s'effectue en tenant compte des niveaux de pression caractéristiques du réseau.

Par conséquent, lors du choix de chacun des composants (tube, mais aussi raccord, bride, et autres accessoires), le concepteur doit vérifier que :

- La DP (pression de calcul en régime permanent) calculée pour le réseau reste inférieure à sa PFA ($=PN/(f(t)*f(a))$ pour le tube).
- La MDP (pression maximale de calcul, y compris le coup de bélier) envisagée pour le réseau reste inférieure à sa PMA ($=2*PN$ pour le tube).
- La STP (pression d'épreuve du réseau) prévue reste inférieure à sa PEA ($=1,5 PN$ pour le tube).

COMPOSANTS		RÉSEAU
PFA	≥	DP
PMA	≥	MDP
PEA	≥	STP

Le diamètre de passage

Il est fixé pour les débits prévus à court et à long terme à la conception du réseau. Le diamètre de passage est ensuite choisi en fonction des pertes de charge et des coups de bélier admissibles dans le réseau ainsi que la vitesse minimale de circulation pour le bon fonctionnement du réseau.

En pratique, il est souhaitable d'éviter des vitesses inutilement élevées ou faibles. Une fourchette de 0,5 m/s à 2,0 m/s peut être considérée comme convenable. Cependant, dans des circonstances particulières, on peut accepter des vitesses jusqu'à 3,5 m/s. Pour les conduites de refoulement, il y a lieu de faire une estimation économique afin de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement de façon à rendre minimal le coût en capital et le coût actualisé des frais de pom-

page. La vitesse qui en résultera se trouvera normalement dans la fourchette 0,8 m/s à 1,4 m/s.

4.3 - GESTION DE LA DILATATION

Un tube PEHD soumis à des variations de température va chercher à se dilater ou se contracter. L'effet de la dilatation sera d'autant plus important que l'amplitude de température sera importante. Cela se traduit, soit par un allongement ou une rétractation, soit par une mise en contrainte du tube PEHD.

Un réseau d'adduction d'eau enterré en polyéthylène associé à des raccords électrosoudables est un réseau autobuté. La dilatation ou la contraction n'a aucun effet sur le fonctionnement du réseau. Aucune disposition particulière n'est à prévoir (ancrage, point fixe...). Le polyéthylène lui-même va prendre en charge les contraintes associées à la dilatation.

La gestion de la dilatation est nécessaire dans les cas suivants :

- Pose du tube PEHD en aérien (en encorbellement sous un pont par exemple) car les variations de température peuvent être importantes.
- A l'interface entre un réseau auto-butée et un réseau non auto-butée (emboîture mécanique non verrouillée) car la dilatation ou la contraction peut provoquer un déboîtement du réseau non auto-butée.
- A l'entrée d'un bâtiment pour éviter que les efforts de la dilatation ne portent sur les murs porteurs et les fondations.

Dans ces trois cas, deux solutions permettent de gérer la dilatation :

Solution 1 – le tube est laissé libre de s'allonger ou se rétracter. Dans ce cas, l'effort de poussée est inexistant. Il faut prévoir un dispositif permettant au tube de s'allonger tout en assurant l'étanchéité (ex : lyre de dilatation en aérien, joint de dilatation...).

Solution 2 – le tube est bloqué par des points fixes. Dans ce cas, le tube ne s'allonge pas ni ne se rétracte. Les points fixes doivent être dimensionnés pour résister aux efforts liés à la dilatation.

Lors de l'installation il conviendra de faire attention aux températures de pose et au risque de rétractation du tube avant le raccordement, une fois le tube remblayé.

CALCUL DE LA DILATATION

Solution 1 :

Méthode de Calcul de l'allongement du polyéthylène

La variation de longueur ΔL d'un tube est calculée selon la formule :

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

avec $\alpha = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/m/}^\circ\text{C}$, coefficient de dilatation du PEHD
 ΔL , variation de longueur en m
 L , la longueur initiale en m

ΔT , la variation de température en $^\circ\text{C}$

Solution 2 :

Méthode de Calcul de la poussée au point fixe

Le calcul de la poussée est donné par la formule suivante. Elle est issue de la théorie de la mécanique des milieux continus :

$$F = E \alpha \Delta T S$$

avec E : Module de Young en MPa,
 $\alpha = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/m/}^\circ\text{C}$, coefficient de dilatation du PEHD
 S : section annulaire du tube en mm^2
 ΔT , la variation de température en $^\circ\text{C}$
 F , force en N

Il est à noter que la force de poussée au point fixe est indépendante de la longueur du tube.

Pour prendre en compte les caractéristiques visco-élastiques du polyéthylène, le module d'Young est fonction du temps pendant lequel l'effort est appliqué. Voir chap 2.1.2

Par exemple, lors d'un remplissage, l'effort maximum correspond à un temps caractéristique de 1 heure.

Pour des variations de température quotidiennes, on considèrera un temps caractéristique de 10h.

4.4 - AUTRES INFLUENCES EXTÉRIEURES

4.4.1 Tenue au feu

Les informations ci-après sont relatives aux canalisations en Polyéthylène sous pression destinées à la distribution d'eau.

Le comportement au feu des matériaux et des éléments de construction est apprécié selon deux critères ; d'une part la réaction au feu (classements M0 à M4 qui doivent être prochainement remplacés par les Euroclasses A à F) et d'autre part, la résistance au feu.

Note : les canalisations en PE sont généralement classées M4.

L'analyse des risques se fait également par la connaissance de la nature et du mode d'exploitation des locaux.

Note : Ce paragraphe tient compte des réglementations en vigueur au 1^{er} janvier 2015 et n'a qu'un but d'information et qu'il ne peut en aucun cas se substituer aux différents textes officiels en vigueur ni être considéré comme base juridique.

4.4.2 Rayonnement ultraviolet (U.V.)

Le noir de carbone présent (entre 2,0 % et 2,5 %), et finement dispersé dans les matières homologuées est un excellent agent de protection contre les effets du rayonnement UV sur le polymère.

La canalisation peut ainsi être posée en aérien sur toute sa durée de vie. Il conviendra de prendre en compte les éventuels

effets d'échauffement par le rayonnement dans le calcul de la PFA avec un coefficient de réduction de pression.

Les tubes de couleur (bleu ou jaune) ou noir qui ne contiennent pas de noir de carbone en quantité suffisante, ne peuvent pas être posés en aérien.

4.4.3 Tenue au gel

Les canalisations polyéthylènes peuvent être exploitées à des températures négatives, jusqu'à -20°C.



Grâce à la flexibilité du matériau, les canalisations polyéthylène ne présentent aucun risque d'éclatement sous l'effet de gonflement lié au gel du fluide transporté.

Le polyéthylène est un excellent isolant thermique. Cependant, pour une protection efficace contre le gel du fluide, il conviendra de prévoir un calorifuge correctement dimensionné à l'extérieur de la canalisation avec éventuellement la présence d'un câble chauffant sur la canalisation.

4.4.4 Ancrages, butées, passages de paroi

Certains raccords mécaniques proposés sont du type «à ancrage». Il est impératif, dans ces cas, de suivre rigoureusement les indications fournies par le fabricant, en incluant dans

la conception, les éventuels efforts longitudinaux additionnels que peuvent créer l'effet de fond et les efforts de dilatation ou retrait causés par les différences de températures (voir paragraphes précédents et pose).

L'ensemble tubes et raccords électrosoudés ou tubes soudés bout à bout constitue une canalisation auto-butée qui, par définition, évite toute confection de butée.

Par contre, l'immobilisation par ancrage des vannes et de la robinetterie reste nécessaire.

Les passages de paroi devront être réalisés en intercalant entre celle-ci et le tube PE un fourreau pouvant être pourvu, éventuellement d'un système à joint assurant l'étanchéité.

Une attention particulière doit aussi être portée aux éventuels problèmes de tassement du sol à l'aplomb de la paroi risquant d'engendrer de sévères contraintes de cisaillement qu'il conviendra donc de limiter (fourreau plus long et souple, supportage du tube prolongé hors de l'aplomb...).

4.5 - PERTES DE CHARGE

On distingue les pertes de charge linéaires et les pertes de charge ponctuelles causées par les accessoires du réseau.

Les pertes de charge linéaires sont calculées grâce aux formules suivantes :

$$\Delta H = J \times L$$

$$J = \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left[\frac{K}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times V \lambda} \right]$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Où :

ΔH = la perte de charge du réseau, exprimée en mètres de colonne d'eau

J = la perte de charge par frottement en mètre de colonne d'eau par mètre de tuyau

L = la longueur de la canalisation en mètres

V = la vitesse du fluide, en mètres par seconde

g = l'accélération de la pesanteur, en mètres par seconde au carré

λ = le coefficient de perte de charge (sans dimension)

D = le diamètre intérieur en mètres

k = la rugosité hydraulique en mètres

Re = le nombre de Reynolds

ν = la viscosité cinématique, en mètres carrés par seconde

La perte de charge peut aussi s'exprimer comme une pression :

$$\Delta p = \omega \times \Delta H$$

Où :

Δp = la perte de charge exprimée en unité de pression (Pascal)

ω = le poids volumique du fluide en Newton par mètres cubes.

On a la correspondance suivante (le poids volumique du fluide est égal à 10 kN/m³)

1 bar = 100 kPa = 0,1 MPa = 10 m CE.

Les calculs de pertes de charge peuvent être réalisés à l'aide du logiciel de calcul de pression du STRPEPP (téléchargeable sur le site www.strpepp.org)

Les pertes de charge calculées automatiquement dans ce logiciel s'expriment en mètres de colonne d'eau, en bar et en MPa.

Ce logiciel permet également de calculer les données suivantes : le coefficient de température (ft), la pression de fonctionnement admissible (PFA), le diamètre intérieur du tube et la vitesse du fluide.

Les données d'entrée sont les suivantes : rugosité du tube, température du fluide, Diamètre nominal (DN) et pression nominale (PN) du tube, le débit ou la vitesse et la longueur totale de la canalisation et le nombre de changement de direction de plus de 45°.

4.6 - CHARGES ET SURCHARGES

Sous l'effet de la pression, les tubes ont, à l'inverse, tendance à reprendre en partie leur forme originelle ronde. En fonction de la rigidité du tube, donc de son épaisseur, il est conseillé ce qui suit :

- Pour les tubes de SDR ≤ 11 posés à des profondeurs comprises entre 0,8 et 6 m, il convient d'appliquer les règles de pose décrites dans le fascicule 71 sans aucune précaution supplémentaire.

Au-delà de 3 m, avec des tubes de SDR 13,6 ou pour les séries de SDR 17 et 21 entre 0,8 et 6 m, il convient d'opter pour la zone d'enrobage du tube pour un sol de type 1 ou 2 et d'effectuer un compactage de type CC (compacté - contrôlé), ainsi que ces notions sont définies par le fascicule 70.

Pour les tuyaux de SDR 26, il est nécessaire d'être encore plus attentif comme l'indique le tableau ci-après résumant ces recommandations

SDR ⁽¹⁾	Hauteur de remblai (m)		Précautions supplémentaires vis-à-vis du fascicule 71
	Mini	Maxi	
≤ 11	0,8	6,0	aucune
13,6	0,8	3,0	aucune
13,6	>3	6,0	sol 1 ou 2 - CC
17 et 21	0,8	6,0	sol 1 ou 2 - CC

(1) SDR = $\frac{DN}{e}$ arrondi à la valeur la plus proche

Rigidité annulaire initiale des tubes

SDR	Série de tubes s	Rigidité annulaire initiale (S_{calc}) pour un module d'Young de 1100 Mpa (kN/m ²)
41	20	1,5
33	16	2,8
26	12,5	5,9
21	10	11,5
17	8	22,4
13,6	6,3	45,9
11	5	91,7
9	4	179,1
7,4	3,2	349,7
6	2,5	734,4

Suivant EN 12201-2 annexe D



5. Manutention, transport, stockage

5

5.1 - PRÉAMBULE

Les règles générales d'une manutention soignée des tubes en Polyéthylène sont exposées ci-après. Ces règles sont applicables au transport, à la livraison et au déchargement des tubes et des raccords sur les dépôts des clients. Quelques précautions complémentaires pour le stockage sur chantier sont aussi données. Se référer au petit guide «Conseil de pose».

5.2 - RÈGLES GÉNÉRALES

Le tube en Polyéthylène est résistant, élastique, relativement léger donc facile à manutentionner. Il est cependant sensible aux agressions pouvant être causées par des objets pointus. Pour cela, une manutention soigneuse est nécessaire et il convient d'éviter de traîner le tube en Polyéthylène sur le sol.

Les tubes en Polyéthylène présentant des blessures dont la profondeur excéderait 10% de l'épaisseur de la paroi ne doivent pas être utilisés; ils seront identifiés et étiquetés. Lors de la pose la partie défectueuse devra être éliminée.

Les propriétés du Polyéthylène ne sont pas altérées par le froid ; cependant en raison de leur surface lisse, les tubes deviennent glissants en période de pluie et de gel. Dans de telles conditions, il conviendra de porter une attention particulière lors de la manutention et à la sécurité des personnes.

Les emballages de protection doivent être préservés jusqu'à la mise en œuvre du produit. L'obturation provisoire des extrémités des tubes est recommandée.



5.3 - TRANSPORT ET LIVRAISON

Pour le transport, les camions utilisés doivent avoir des planchers propres, sans parties saillantes (clous). Le chargement en hauteur requiert des précautions afin d'éviter le glissement ou l'écrasement des produits; une protection spéciale sera mise en place sur toutes les parties saillantes.

Il faut éviter de charger les tubes et les raccords à proximité d'un pot d'échappement ou de toute source de chaleur.

Durant le transport et durant le stockage sur chantier, il faut empêcher toute possibilité de contact des tubes et des raccords avec des hydrocarbures ou des pièces métalliques saillantes.

Pour la manutention et l'arrimage, seul l'usage de sangles en Nylon ou en polypropylène est admis. L'emploi de chaînes ou d'élingues métalliques en contact avec les produits est à proscrire.

Les tubes conditionnés en longueurs droites doivent être mis en fardeaux et reposer sur toute leur longueur.

Il convient d'éviter les empilements excessifs des conditionnements de raccords.

5.4 - RÉCEPTION

Tous les produits doivent être réceptionnés dès leur arrivée. Un contrôle visuel de l'état de surface des tubes permettra d'identifier les éventuelles blessures ou autres altérations de la surface.

En cas de livraison sur touret, il importe également de vérifier son état.

En plus des réserves habituelles à noter sur les documents de livraison, le fournisseur doit être informé immédiatement des défauts rencontrés.

5.5 - DÉCHARGEMENT

Tubes en longueurs droites (conditionnés en fardeaux)

Pour la manutention avec une grue, seules sont autorisées les élingues non métalliques ou les sangles de grande largeur. Pour des tubes dont la longueur excède six mètres, il faut soit utiliser un palonnier dont la longueur est d'environ la moitié de

la longueur de la barre, soit conditionner les longueurs droites dans un cadre.

L'emploi de chaînes ou de crochets est interdit. Le levage nécessite une attention particulière afin de ne pas blesser les tubes ou leurs extrémités.

L'emploi de plusieurs sangles réparties sur toute la longueur de la charge facilitera le chargement et le déchargement.



Les fardeaux jusqu'à six mètres de long peuvent aussi être manutentionnés avec des chariots élévateurs, à condition de tenir compte de la flexibilité des tubes pour déterminer l'écartement des fourches de levage.

La manutention des fardeaux de plus de six mètres de long peut être effectuée avec des chariots à chargement latéral équipés d'au moins quatre fourches.

Les tubes non conditionnés sont manutentionnés individuellement en respectant les mêmes règles.

Tubes conditionnés en couronnes

Les liens posés lors de la fabrication maintiennent le tube enroulé. Ils doivent être préservés jusqu'à la mise en œuvre du produit. Lors de l'utilisation, il convient de prendre des précau-

tions pour éviter des incidents occasionnés par un déroulage brutal (effet «ressort»), en particulier pour les diamètres supérieurs à 50 mm.

Les couronnes de tube de petit diamètre peuvent être manutentionnées facilement à la main. Les couronnes plus lourdes peuvent être levées avec des sangles en nylon, ou déchargées avec un chariot élévateur équipé d'un «éperon». Il est interdit de rouler les couronnes dans le camion ou sur l'aire de déchargement.

Les couronnes doivent être stockées de préférence à plat.

Tubes conditionnés en tourets

Les tourets métalliques ne sont pas des emballages perdus !

Toutes les précautions devront être prises pour les conserver en l'état.

Les liens posés lors de la fabrication maintiennent le tube enroulé. Ils doivent être préservés jusqu'à la mise en œuvre du produit. Lors de l'utilisation, il conviendra de prendre des précautions pour éviter des incidents occasionnés par un déroulage brutal.

Le déchargement doit être exclusivement réalisé avec des chariots élévateurs ou à la grue.

Dans le cas de l'utilisation de chariot élévateur, il convient de vérifier, au préalable, sa capacité de levage afin d'éviter le risque de basculement occasionné par les dimensions inhabituelles de la charge. Les fourches portent sur les parties métalliques du touret et ne doivent en aucun cas être en contact avec le tube enroulé.

Pour le déchargement à la grue, il est nécessaire de disposer de sangles ou d'élingues, de préférence non métalliques. Les points de levage sont choisis de façon à veiller à ne pas blesser le tube et respecter l'équilibre de la charge. L'usage du palonnier est recommandé.

Durant ces opérations de déchargement, une attention particulière est requise afin d'éviter tout choc du produit. L'aire de

stockage doit être propre, plane et nettoyée de toutes pierres ou objets pouvant blesser le tube. Le touret doit être calé au sol, avant d'être libéré de son moyen de déchargement.

L'obligation de calage s'applique à tous les tourets qu'ils soient pleins ou vides.

L'obligation de calage s'applique à tous les tourets qu'ils soient pleins ou vides.

Raccords

Les raccords sont conditionnés en emballage carton ou sachet plastique. Ils sont généralement expédiés en caisse carton palettisée ou non. Aussi leur manutention ne requiert pas de conditions particulières en plus des soins habituels pour éviter les chocs.

5.6 - STOCKAGE SUR DÉPÔT

Les tubes et les raccords en Polyéthylène ne doivent pas être stockés au voisinage d'une source de chaleur ; des précautions sont prises pour éviter tout contact avec des hydrocarbures (fuel, gasoil, huiles...).

Les tubes et les raccords doivent être utilisés dans l'ordre de leur livraison. Les stocks sont organisés pour garantir la rotation des produits selon la règle «premier entrant = premier sortant». L'aire de stockage est propre, plane et suffisamment stabilisée pour admettre la circulation des engins de manutention.

Les tubes en Polyéthylène conditionnés en longueurs droites sont stockés à plat.

Dans le cas de tubes non conditionnés, un calage doit être mis en place, afin d'éviter que les tubes ne puissent rouler. La hauteur de stockage ne doit pas dépasser un mètre.

Les tubes en Polyéthylène conditionnés en couronne sont stockés de préférence à plat, sur une hauteur n'excédant pas un mètre.

Stockage des tubes en Polyéthylène conditionnés en tourets :
Le calage des tourets pleins ou vides est obligatoire.

L'efficacité des liens sera régulièrement contrôlée.

Dans le cas de l'utilisation d'une partie du conditionnement, il sera procédé au remplacement des liens coupés ; l'extrémité du tube côté extérieur sera arrimée sur l'armature du touret.

Les raccords en Polyéthylène doivent être stockés sous abri.
Les emballages d'origine des produits devront être préservés jusqu'à leur utilisation

5.7 - STOCKAGE SUR CHANTIER

Les règles annoncées dans le paragraphe « stockage sur dépôt », doivent également être respectées sur le chantier. Il est nécessaire, au préalable, de vérifier que les règles de sécurité sont assurées :



Sécurité des personnes

La circulation des piétons ne doit pas être gênée par les produits stockés. L'emploi de protections, telles que des barrières, est nécessaire afin d'interdire l'accès du public.

RAPPEL

L'obligation de calage s'applique à tous les tourets qu'ils soient pleins ou vides.

Sécurité du trafic routier

Respecter les règles de signalisation et s'assurer des règles de circulation pour le stockage.

Sécurité des produits stockés

Les produits doivent être protégés des risques de vandalisme ou de pollution.

L'aire de stockage doit être aménagée pour permettre la circulation des véhicules de livraison et des engins de manutention.

Les emplacements de stockage sont déterminés pour limiter le nombre des manutentions lors de la mise en œuvre. Les aires choisies doivent être éloignées des zones de trafic du chantier, afin de se préserver des risques de détérioration des produits par les engins de chantier.

Les raccords doivent être stockés dans leurs emballages d'origine, à l'abri des intempéries, jusqu'à leur utilisation.

6.1 - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE DES TUBES

6.1.1 Généralités

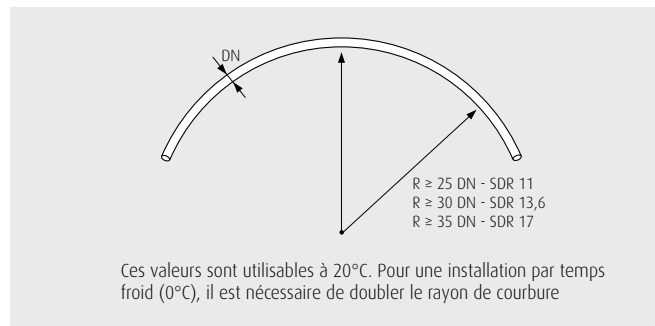
La pose en grande longueur, spécifique aux canalisations en PE en couronnes et/ou en tourets, permet une exécution plus rapide du chantier en limitant le nombre de raccords.

Les tubes PE doivent être soigneusement inspectés avant la pose et toute couronne ou tout tube blessé ou entaillé doit être écarté. Un soin particulier doit être apporté à la mise en fouille, pour éviter des contacts brutaux avec le bord ou le fond de la tranchée.

Ne pas installer les tubes sur des cales provisoires en matériaux durs (bois, briques, parpaings), qui risqueraient d'être oubliés au moment du remblayage.

Les tubes PE assemblés par soudage supportent les efforts longitudinaux, et ne nécessitent pas en général de butée ni d'ancrage au droit des courbes ou des piquages.

Lors des changements de direction, lorsqu'elle est possible, la pose en courbe est à respecter puisqu'elle limite la perte de charge et les effets des coups de bélier. Pour les tubes, en fonction du SDR, un rayon de courbure minimum du tube doit être respecté, selon le schéma suivant :



Dans tous les autres cas, l'utilisation de raccords est nécessaire.

Le tube PE pour l'application gaz doit impérativement être posé en enterré. Il doit s'arrêter à 1m de l'entrée dans le bâtiment.

6.1.2 Tubes conditionnés en couronnes

La pose des tubes en couronne doit s'effectuer par déroulement des couronnes plutôt que par tirage du tube, de façon à éviter le vrillage.



Par temps froid, le désanglage des couronnes ou la coupe du tube demandant une attention et des moyens particuliers pour éviter un effet de ressort.

Mettre la canalisation en place en fond de fouille en réalisant de larges ondulations pour tenir compte d'une éventuelle contraction thermique ultérieure, surtout lors d'une pose en pleine chaleur.

6.1.3 Tubes conditionnés sur tourets

Les tubes PE sont enroulés en usine, « à chaud » sur des tourets adaptés, sur lesquels ils sont solidement sanglés par des liens. Lors du déroulage, afin de garantir la sécurité des personnes, il convient de respecter les règles de mise en œuvre ci-après permettant de se protéger de l'effet « ressort » du matériau.

ÉQUIPEMENTS NÉCESSAIRES :

- Une dérouleuse pour tourets disposant d'un axe fixe et stable (les systèmes à rouleaux tangentiels reposant sur le sol sont interdits).
- Une tête de tirage fixée au tube par système d'excentrique interne (le tirage par utilisation de cordes ou câbles passés dans un trou fait sur le tube est interdit).
- Des galets (ou diabolos) de pose en nombre suffisant y compris aux angles pour éviter les frottements.
- Dans le cas où le déroulage serait effectué en poste fixe :
 - un treuil avec dispositif de limiteur de couple,
 - appareils de communication de type « talkie-walkie » permettant à tous les opérateurs de se coordonner.

SENS DE DÉROULAGE :

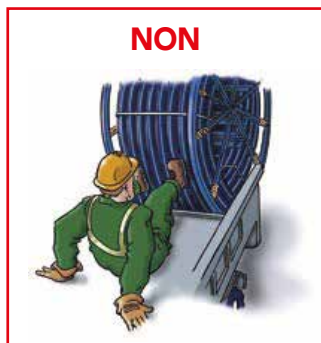
Le touret doit être placé sur la dérouleuse de façon à, dans tous les cas, effectuer le déroulement par le dessous.



Les frottements sur le sol ou sur les bords de la tranchée seront évités par la mise en place de protections bois ou en matière plastique. L'emploi d'une goulotte de guidage facilite l'entrée en fouille.

COUPE DES LIENS :

Avant de procéder à la coupe des premiers liens, l'extrémité externe du tube, équipée de sa tête de tirage, doit être arrimée au dispositif de traction. Les liens seront coupés couche par couche au fur et à mesure du déroulage.



**CONSIGNES
DE SÉCURITÉ**

L'opérateur chargé de cette tâche se placera obligatoirement face au touret, à l'arrière de la dérouleuse, c'est à dire entre le touret et la tranchée. L'accès aux liens par le coté du touret est formellement interdit ; à cet effet, certaines dérouleuses sont maintenant équipées de carters, latéralement et à l'avant, interdisant cet accès.

Le lien, assurant la fixation de l'extrémité intérieure du tube sur le touret, ne sera libéré qu'à la fin du déroulage, après avoir immobilisé le tube.

COUPE DU TUBE PE :

Avant de procéder à la coupe du tube, lorsqu'une partie reste sur le touret, il est nécessaire d'immobiliser le tube de part et d'autre de la coupe afin d'éviter la détente du tronçon restant et le coup de fouet de la partie libre ; pour cela, il convient d'utiliser des sangles à cliquets ou un outil de contention. La mise en œuvre du PE en période froide (température comprise entre 0°C à -5°C) nécessite des dispositions particulières ; il faudra immobiliser le tube avant d'amorcer la coupe.

Note : Toutes ces règles doivent être respectées, y compris dans le cas d'une pose à la tranchée. Toutefois, si le déroulage par le dessus est obligé, ces règles devront être adaptées.

6.1.4 Tubes conditionnés en longueurs droites

Dans le cas d'assemblage des longueurs droites en poste fixe, il est indispensable d'utiliser des rouleaux permettant d'acheminer la canalisation en évitant tout contact avec le sol.

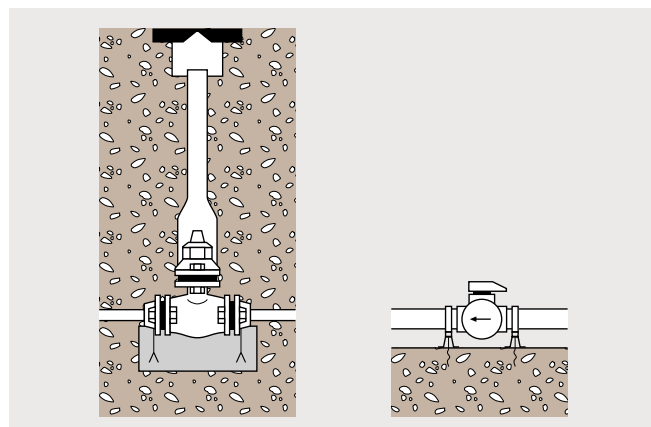
Le maintien des bouchons d'extrémité jusqu'au raccordement est conseillé :

- pour éviter toute intrusion de corps étrangers ou d'animaux,
- pour conserver l'état sanitaire de la canalisation,
- pour éviter tout tirage thermique (courant d'air) lors du soudage.

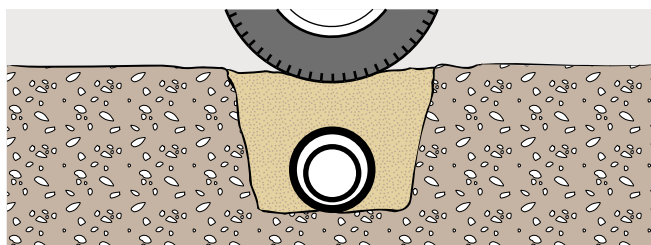
6.1.5 Mise en place de vannes ou autres appareils lourds

En raison des efforts supplémentaires que la conduite aura à supporter autour de ces pièces, à cause de leur poids propre et d'un éventuel couple de torsion à la manœuvre, il convient de les sceller ou de les supporter directement. Dans le cas de l'utilisation de vannes en PE, cette contrainte est fortement réduite.

En cas de supportage, le tube doit être maintenu par des colliers fixes de part et d'autre de l'appareil.



Dans le cas de passage en zones privatives avec trafic automobile, il est recommandé de protéger la conduite par un fourreau rigide, si la profondeur d'enfouissement est inférieure à 40 cm.



Il est possible de noyer dans le béton des portions de canalisations PE si celles-ci passent à travers un fourreau. L'épaisseur de l'enrobage doit être au moins de 10 cm .

Lorsque la conduite PE se trouve au voisinage (moins de 40 cm) d'une canalisation de chauffage urbain, il est recommandé de la faire passer dans un fourreau.

6.1.6 Contrainte d'environnement

La flexibilité des canalisations en PE leur permet de s'adapter à des conditions de terrain particulièrement difficiles.

Le PE satisfait bien le besoin d'étanchéité de la canalisation d'eau potable chaque fois que le réseau ne peut éviter une zone sensible ou polluante (proximité d'un réseau d'assainissement par exemple, effluents industriels...).

Les canalisations en PE soudées ou électrosoudées permettent d'assurer l'étanchéité totale des réseaux.

Toutefois, dans le cas de réseaux d'eau potable, il est nécessaire d'assurer une protection des canalisations par un fourreau approprié (pvc, ...) lorsque le terrain comporte des risques de présence d'hydrocarbures.

6.2 - POSE EN ENTERRÉ

6.2.1 Réalisation de la tranchée

TRACÉ :

Le tracé doit être conforme à celui du projet.

La souplesse naturelle des tubes en PE leur permet de s'affranchir de coudes lorsque les rayons de courbure du tracé dépassent ceux admis pour les tubes en PE. Cette propriété permet d'éviter les obstacles du sous-sol et de croiser facilement les autres réseaux.

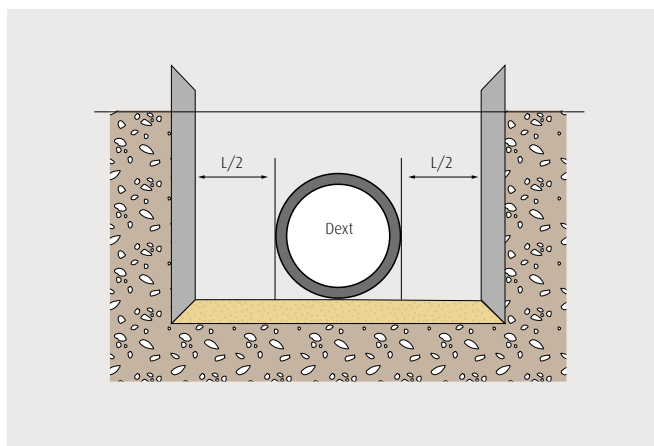


LARGEUR :

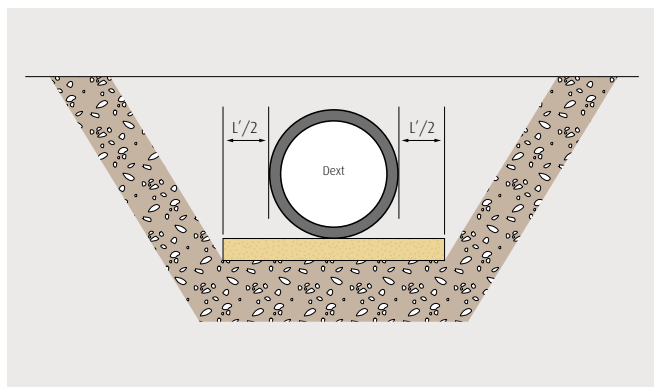
La largeur du fond de fouille doit être déterminée pour permettre le déroulage du tube et le compactage du remblai. Ces largeurs de tranchées du fascicule 71 permettent :

- un accès nécessaire au personnel pour exécuter les travaux de sécurité,
- de bonnes conditions de compactage,
- de disposer d'un espace suffisant pour les contrôles de compactage.

Diamètre extérieur (Dext en mm)	Largeur minimale de tranchée entre blindages (en mm) = (Dext + L)				Largeur minimale du fond d'une tranchée non blindée (Dext + L')
	<1,30 m	de 1,3 m à >2,5 m	de 2,5 m à <4 m	à partir de 4 m	
Jusqu'à 225	Dext + 500	Dext + 700	Dext + 1000	Dext + 1000	Dext + 500
>225 à 350	Dext + 600	Dext + 700	Dext + 1000	Dext + 1200	Dext + 600
>350 à 600	Dext + 800	Dext + 800	Dext + 1100	Dext + 1300	Dext + 800
>600 à 1200		Dext + 900	Dext + 1100	Dext + 1300	Dext + 900



Pose unique en tranchée avec blindage



Pose unique en tranchée sans blindage

PROFONDEUR :

Sauf stipulation contraire, la profondeur de la tranchée est en général telle que la génératrice supérieure des canalisations se trouve au minimum à une profondeur qui permet de maintenir la canalisation hors gel.

D'une manière générale, la profondeur minimale recommandée est de 0,8 m par rapport à la génératrice supérieure pour les canalisations d'adduction d'eau, ou de 0,4 m pour les branchements posés en terrain privé sans circulation.

FOND DE FOUILLE :

Le fond de fouille de la tranchée expurgée est réglé suivant la pente prescrite et compacté si nécessaire.

L'appui ainsi réalisé permet à chaque tuyau de reposer sur toute sa longueur. Des niches sont creusées à l'emplacement des raccords si nécessaire.

Les éventuelles venues d'eau sont épuisées de manière à maintenir la nappe à une cote inférieure à celle du fond de fouille pendant la durée des travaux.

Lorsque des bancs rocheux ou des maçonneries sont rencontrés, la fouille est approfondie au moins de 10 cm et sablée jusqu'au niveau initialement prévu.

Si le fond de fouille n'a pas les caractéristiques de portance suffisantes pour assurer l'appui correct du tube et la stabilité du remblai, la tranchée est approfondie d'une hauteur au moins égale à 0,2 m. Le lit de pose est alors réalisé avec des matériaux rapportés.

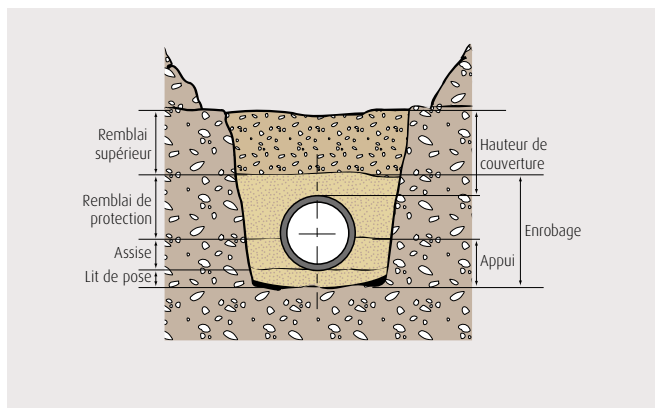
Le maître d'ouvrage peut prescrire l'exécution systématique d'un lit de pose en matériaux rapportés.

REMBLAYAGE DES TRANCHÉES :

Le remblayage des tranchées comporte en général 2 phases principales :

- Remblai d'enrobage,
- Remblai supérieur.

Le dessin ci-dessous définit et illustre les différentes couches constituant l'enrobage et le remblai supérieur destinés à combler la tranchée.



Remblai d'enrobage

L'enrobage des conduites comprend :

- Le lit de pose
- L'assise
- Le remblai de protection

Il est réalisé conformément au projet en mettant en place des matériaux de nature appropriée qui proviennent en général de la réutilisation des déblais des fouilles.

Dans tous les cas, les éléments susceptibles de blesser la canalisation par des effets poinçonnement, tassements ou chocs lors de la consolidation doivent être éliminés : débris végétaux, les pierres, produits de démolition, ...

Exécution du lit de pose :

La mise en œuvre doit être soignée. Le lit de pose est réalisé avec une couche d'au moins 10 cm de matériaux rapportés : sable roulé dont la granulométrie est comprise entre 0,1 et 5 mm (entre 5 et 15 mm en présence d'une nappe phréatique).

Assise et remblai de protection :

Dans le cas des canalisations de diamètre nominal jusqu'à 160 mm, l'assise et le remblai de protection ne sont pas différenciés et sont réalisés en une seule fois.

Exécution de l'assise :

Au-dessus du lit de pose et jusqu'à la hauteur de l'axe de la canalisation, le matériau de remblai est poussé sous les flancs de la canalisation et compacté de façon à éviter tout mouvement de celle-ci et lui constituer l'assise prévue.

Afin d'assurer à la canalisation une assise qui ne sera pas décomprimée par la suite, il convient de réaliser l'assise après relevage partiel des blindages, s'ils existent.

Les matériaux utilisés pour la réalisation de l'assise seront identiques à ceux du lit de pose.

Exécution du remblai de protection :

Au-dessus de l'assise, le remblai et son compactage sont poursuivis par couches successives, symétriquement puis uniformément jusqu'à obtenir une couverture du tube et des assemblages d'au moins 10 cm.

Les matériaux utilisés pour le remblai de protection sont identiques à ceux de l'assise.

Remblai supérieur :

Le remblai supérieur peut être réalisé avant ou après les épreuves en pression, en fonction des contraintes de l'environnement et de la sécurité des personnes et des biens.

Il est exécuté en mettant en place des matériaux appropriés qui proviennent en général de la réutilisation des déblais des fouilles dont on élimine les éléments impropres (exemples : débris végétaux, gros blocs de roche). Le compactage de ce remblai est effectué par couches successives de 30 cm.

Pour le repérage de la canalisation, il est nécessaire de placer un grillage avertisseur détectable et de couleur conventionnelle selon l'application à au moins 30 cm au dessus de la génératrice supérieure du tube.

Les conditions de mise en œuvre et la reconstitution de la couche supérieure dépendent des situations rencontrées comme précisé ci-après :

- Remblai supérieur en zone rurale :
Sont concernées les tranchées ouvertes en terrain de culture, prairie et zone boisée. Le remblayage est effectué par couches successives et régulières légèrement damées et la couche supérieure de terre végétale est reconstituée par le réemploi de la terre végétale mise en dépôt.
La maîtrise d'œuvre peut préciser les conditions particulières à remplir en fonction des conditions locales et, des risques particuliers inhérents aux terrains.



- Remblai supérieur en milieu urbain ou en agglomération rurale : le remblayage supérieur sous voirie est effectué par couches régulières et successives compactées pour obtenir le degré de consolidation spécifié au projet.

a) Règles de sécurité

On respectera les réglementations en vigueur en particulier en ce qui concerne le blindage des parois de la tranchée. Cette précaution est obligatoire lorsque des hommes doivent travailler en fond de fouille.

De même, la signalisation et le balisage seront organisés pour garantir la sécurité des personnes.

b) Techniques de compactage

Le compactage doit être particulièrement soigné dans la zone de remblai constituant l'enrobage de la canalisation.

Afin d'obtenir la densité voulue du matériau d'enrobage, les méthodes suivantes sont recommandées : damage, utilisation de plaques vibrantes ou de rouleaux.

Il est réalisé au niveau du lit de pose, latéralement de chaque côté du tube, puis sur le remblai d'enrobage.

Si la tranchée est blindée, les blindages feront l'objet d'un relevage partiel sur la hauteur de la zone d'enrobage avant d'effectuer le compactage. Lors de cette opération à proximité de la canalisation, il est nécessaire de porter une attention particulière de manière à ne pas endommager la canalisation.

Le remblai supérieur sera effectué par couches successives et régulières pour obtenir le niveau de compactage défini par le maître d'œuvre. On se reportera aux règles des Fascicules 70 ou 71, suivant le cas.

- Compactage et déflexion :

Les tubes sont sujets à déformation s'ils sont enterrés. En raison de la relaxation des contraintes et au fluage du matériel, le seul critère qui doit être suivi pour assurer la stabilité des tubes est sa déformation.

6.2.2 Pose mécanisée

a) Trancheuses

Il existe deux types de machines : les trancheuses à roue et les trancheuses à chaîne.

La trancheuse à roue est généralement réservée aux terrains difficiles comme la pose de fourreaux le long d'une chaussée d'autoroute nécessitant de « couper » le revêtement. La tranchée reste étroite et un dispositif en arrière de la trancheuse, permet la mise en place des tubes ainsi que du sable et le grillage avertisseur.



La trancheuse à chaîne se différencie par le fait que la roue dentée est remplacée par une chaîne à godets. Ce type de machine permet de réaliser des tranchées plus larges et plus profondes.

Un dispositif à bande transporteuse permet d'évacuer les matériaux d'extraction pour les remplacer par un remblai de granulométrie appropriée.

Ces machines sont utilisées quand plusieurs tubes ou gaines ont besoin d'être placés simultanément.

A noter qu'il est possible d'atteindre des profondeurs supérieures à 2 mètres.

Ces techniques, suivant les terrains, permettent de poser quotidiennement plusieurs centaines de mètres. En général, l'utilisation de tubes conditionnés en touret de grande longueur évite des arrêts trop fréquents de la trancheuse.

Pour les diamètres supérieurs à 160 mm, les tubes Polyéthylène conditionnés en longueurs droites sont préalablement soudés bout-à-bout le long de la zone de pose.

6.3 - POSE SANS TRANCHÉE

6.3.1 Forage

a) Forage dirigé

Le forage dirigé permet d'enterrer une canalisation en limitant au minimum la gêne pour les riverains dans le respect de l'environnement. Alors que les techniques de tranchées sont réservées à la pose en campagne, le forage dirigé peut, lui, être utilisé en zone urbaine.

Issue et dérivée des forages pétroliers, cette technique fait appel à l'utilisation d'un matériel spécifique et permet de réaliser des travaux impossibles à réaliser autrement ou très coûteux (par exemple : passage sous une rivière).

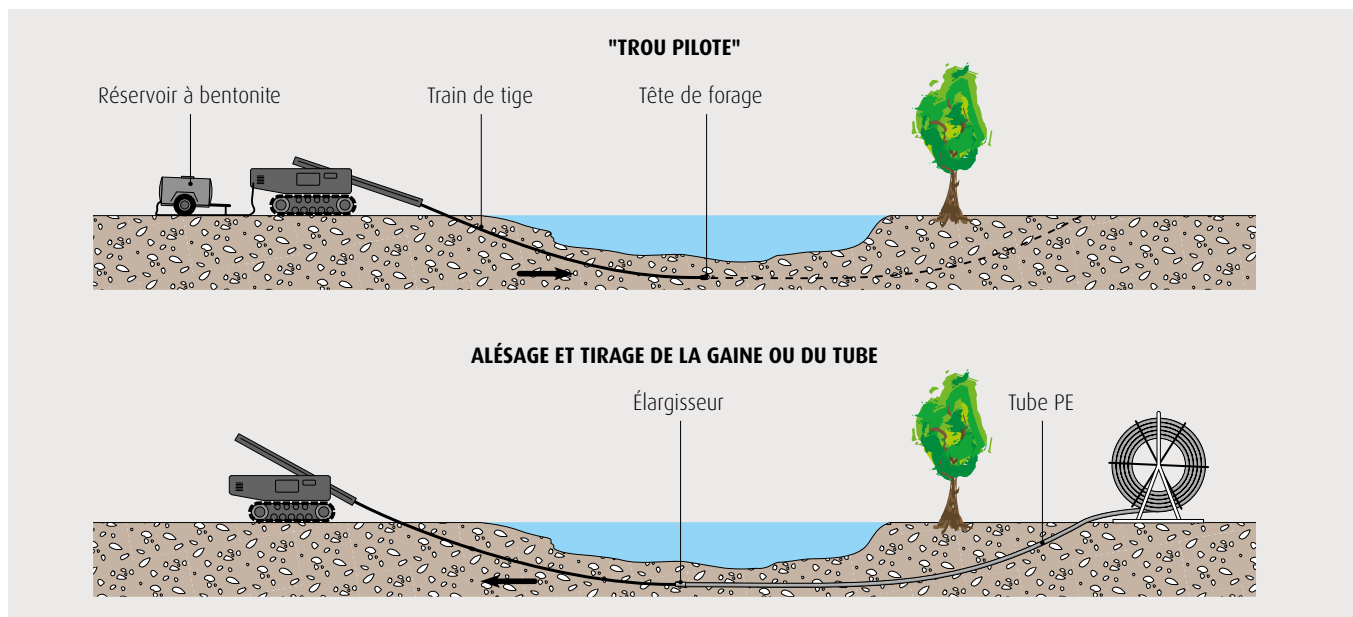
Principe

La technique du forage dirigé se décompose en deux étapes :

- **la réalisation du trou pilote,**
- **l'alésage et tirage simultané du tube.**

LE TROU PILOTE

Une tête de forage, adaptée au terrain que l'on pénètre, est amenée en rotation et poussée, combinée ou avec des tiges métalliques rigides qui se vissent les unes dans les autres.



Simultanément à cette poussée-rotation, de la « bentonite » (mélange thixotropique de boue, argile, eau, plastifiant) est injectée au niveau de la tête de forage ce qui permet la lubrification de l'outil tout en consolidant le trou. Elle permettra également par la suite le passage de l'aléasseur en rendant malléable la zone du forage.

La profondeur, la direction et l'inclinaison de la tête sont communiquées à la surface par une sonde émettrice incorporée dans l'outil.

L'opérateur peut ainsi contrôler en permanence la direction du forage et procéder aux modifications éventuelles de trajectoire en jouant sur l'angle d'inclinaison de la tête directement à partir de la foreuse.



L'ALÉSAGE ET LE TIRAGE

Quand la tête de forage ressort à l'extrémité du trou pilote, un « tunnel » d'environ 10 cm de diamètre a donc été créé qu'il suffit « d'élargir » en ramenant en sens inverse, vers la foreuse, le train de tige à l'extrémité duquel un « élargisseur » a été installé (1,2 à 1,5 fois le diamètre de la canalisation à installer).



Immédiatement derrière cet alésage, le tube PE est accroché et donc tiré vers la foreuse en même temps que le trou se fait. Il peut arriver qu'en raison de la nature du terrain, plusieurs alésages progressifs soient nécessaires.

C'est bien sûr lors du dernier tirage que le tube est placé et tracté jusqu'aux puits d'entrée.

Précaution

Ce travail est toujours assuré par des professionnels dotés d'un matériel approprié au travail envisagé. Il dépend :

- de la longueur de la canalisation à mettre en place,
- de la nature du terrain,
- du diamètre du trou à réaliser.

Dans tous les cas une étude préalable de la composition du terrain est nécessaire, ainsi que la connaissance et la localisation des canalisations existantes.

Domaines d'application

- Gaines pour passage de câbles électriques
- Gaines pour passage de fibres optiques
- Tubes pour le Gaz
- Tubes pour l'Eau potable
- Tubes pour l'Assainissement (sous pression)
- Dépollution
- Chauffage urbain...

TYPES DE TUBES

Le choix des tubes est essentiel pour la bonne réalisation du travail. D'une façon générale il est préconisé des tubes de SDR 11 qui offrent de bonnes caractéristiques aux efforts de traction lors de la pose.

Pour les chantiers de petite longueur et n'offrant pas de difficultés particulières, des tubes de SDR 13,6 peuvent être utilisés.

Pour les diamètres supérieurs à 160 qui ne permettent pas la livraison sur touret, il est nécessaire d'utiliser des longueurs droites qui seront soudées bout à bout.

Si les efforts de traction risquent d'être importants, des tubes PE 100 sont préconisés, en conservant le même SDR.

Force de traction admissible pour tube PEHD pour usage sous pression

$$\text{Force traction} = S \text{ en mm}^2 \times \text{contrainte en MPa}/10$$

(D'après TS 15223 validated design per meters of buried plastic system).

Pour les utilisations de tubes en fourreaux, l'usage a montré qu'il est possible de multiplier ces valeurs par deux. Il faut cependant rester prudent compte-tenu des risques d'ovalisation pouvant résulter de l'opération de tirage.

Forces exprimées en décanewtons pour usage fourreaux			
Diamètre ext	SDR 13.6	SDR 11	SDR 9
90	1700	2100	2600
110	2600	3200	3900
125	3300	4100	5000
160	5500	6800	8300
180	6900	8600	10500
200	8600	10600	13000
225	10900	13400	16400
250	13400	16600	20300
280	16900	20800	25500
315	21300	26400	32300
355	27100	33500	41000
400	34400	42600	52100
450	43600	53900	65900
500	53800	66600	81400
560	67600	83500	102100
630	85500	105700	129300

b) Fusées

Réservée aux petites distances, la pose à la fusée est couramment utilisée. Elle offre l'avantage d'un matériel simple et peu encombrant, idéale pour la réalisation de petits branchements sans ouvrir la chaussée.

Principe

Un tube d'acier muni d'une tête de forage adaptée au terrain, avance sous l'effet d'un marteau pneumatique à l'intérieur de ce tube appelé « fusée ».

Le tube Polyéthylène est fixé à l'arrière de la fusée au moyen d'un dispositif de maintien. Il est tiré au fur et à mesure de l'avancement de l'outil de forage.

6.3.2 Rénovation

a) Tubage de canalisation avec vide annulaire

Rénovation ou renforcement des réseaux et des branchements sans ouverture de tranchée en mettant à profit les avantages du PE :

- Conditionnement en grande longueur
- Souplesse
- Légèreté
- Insensibilité à la corrosion

Principe

Poser, dans la conduite existante utilisée comme fourreau, un tube PE conditionné en grandes longueurs sur touret, sur couronne ou en barres préalablement assemblées.

TECHNIQUE DE TUBAGE

Les avantages des techniques résident dans l'économie et le gain de temps qu'elles procurent (peu de terrassements) ainsi que la moindre gêne occasionnée aux riverains.

Les limitations à la mise en œuvre sont les suivantes :

- Le diamètre intérieur utile de la conduite à tuber.
- La présence d'éléments réduisant la section de passage (branchements pénétrants par exemple)
- La propreté de la conduite à tuber.

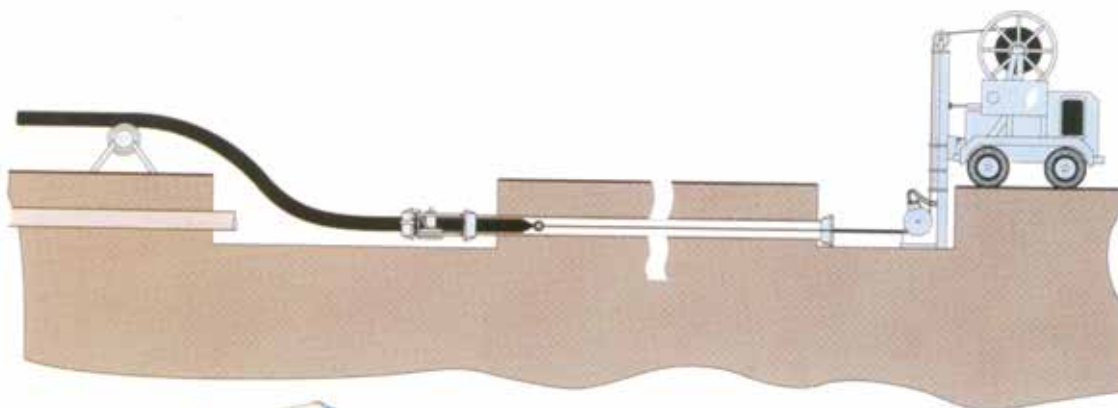
Usuellement il est retenu que le diamètre extérieur du tube en PE est égal au maximum à 2/3 du diamètre intérieur du fourreau.

D'une manière générale, les dimensions relatives du tube PE et du fourreau sont fonction du débit à assurer et de la perte de charge admissible.

RÉALISATION DES TRAVAUX

Les phases principales sont les suivantes:

- 1- Isolement et nettoyage du tronçon à tuber.
- 2- Passage de l'aiguille du câble de traction.
- 3- Mise en place des protections et introduction du tube PE.



Réduction à chaud



Réduction à froid

4- Réalisation des jonctions. Elles sont réalisées sur un tube libéré des contraintes dues au tirage. Si les extrémités de la partie tubée doivent être raccordées sur des canalisations en place, autres qu'en Polyéthylène, il est impératif d'installer un dispositif qui compense la dilatation et le retrait du tube PE.

5- Essais.

6- Reprise des branchements.

ESSAIS

Il convient de procéder aux essais de résistance mécanique et d'étanchéité habituels.

b) Autres techniques de rénovation

D'autres techniques de rénovation des réseaux mettant en œuvre des tubes en Polyéthylène sont utilisées pour des canalisations, jusqu'au diamètre 1000.

SWAGE LINING

Cette technique consiste à insérer dans une conduite en place un tube en Polyéthylène de diamètre temporairement réduit de manière qu'une fois ce tube installé, il reprenne son diamètre initial en se plaquant sur la paroi interne de la canalisation à rénover.

C'est parce que le Polyéthylène possède des propriétés bien particulières (visco-élasticité et aptitude au fluage) que cette technique de swage lining peut être mise en œuvre : étirement sans modification de ses propriétés mécaniques, chauffage puis refroidissement sans destruction de la structure moléculaire du matériau, puis retour à son état initial.

Principe d'exécution

Ce procédé consiste :

- à réduire préalablement avant l'introduction le diamètre du PE (de 7 à 15%) par un passage en filière conique :

- à froid pour les diamètres < à 250 mm
- à chaud à 80°C pour les diamètres ≥ 250 mm ;
- à introduire par tirage avec un effort de traction constant le tube en Polyéthylène dans la canalisation existante pour maintenir cette réduction avec un allongement d'environ 4 % ;
- à relâcher la conduite qui reprend son diamètre initial en moins de 24 heures en se plaquant sur la paroi de l'ancienne conduite.

Avantages

Pour la conduite rénovée :

- pas de vide annulaire,
- faible réduction de la section de passage,
- utilisation de tubes PE dont les caractéristiques dimensionnelles sont généralement usuelles,
- le revêtement interne de la conduite réhabilitée peut-être autostructurant ou ne pas l'être,
- la préparation des tronçons se fait en surface avec soudure classique au miroir.

REPLACEMENT PLACE POUR PLACE PAR EXTRACTION

Ce procédé consiste à extraire par tirage les canalisations en fonte grise de diamètre 60 à 150 mm et à les remplacer par des tubes en Polyéthylène de même diamètre ou d'un diamètre nominal supérieur (pouvant aller jusqu'à 250 mm).

Principe d'exécution

La canalisation en fonte grise est extraite par tronçon de 10 à 30 mètres par application d'une force de 30 à 60 tonnes transmise par des câbles et des vérins hydrauliques.

Au fur et à mesure de l'extraction, le tuyau en fonte grise est brisé et la nouvelle conduite en PE est simultanément tractée.

TUBE PE REPLIÉ

Cette technique consiste à insérer dans la conduite à rénover un tube en Polyéthylène plié en forme de U puis « regonflé » de façon à ce que le tube reprenne sa forme initiale en étant plaqué sur la paroi interne de la canalisation en place.

Avantages de ces divers procédés

- Conservation du tracé de la canalisation en service,
- Réduction des nuisances de chantier et par conséquent diminution des gênes occasionnées aux riverains.
- Rapidité de mise en œuvre en milieu urbain.

6.4 - POSE EN AÉRIEN

6.4.1 Généralités

Sont considérées comme installées en aérien toutes canalisations posées aussi bien à l'intérieur des bâtiments qu'à l'air libre. Les canalisations posées dans des caniveaux, des égouts, des puits sont également concernées par ces recommandations.

Rappel : les canalisations en polyéthylène pour la distribution du gaz ont une utilisation exclusivement enterré. Elles ne doivent pas être posées en aérien.

6.4.2 Données

Les éléments ci-après doivent être pris en considération :

- température des fluides,
- nature des fluides,
- densité des fluides,
- conditions de site (températures, expositions, ...),
- conditions de pose (influences de la température, de la saison...),
- série du tube (PN et MRS ou SDR).

COMPENSATION DES VARIATIONS DE LONGUEUR :

Compensation des variations de longueur :

Les variations de longueur doivent être compensées à la faveur des changements de direction de la canalisation en utilisant des bras ou des lyres de dilatation.

La longueur minimale du bras de dilatation se calcule selon la formule suivante :

$$L_B = 27 \sqrt{D \cdot \Delta L}$$

où

L_B : longueur du bras de dilatation compensant la variation de la longueur

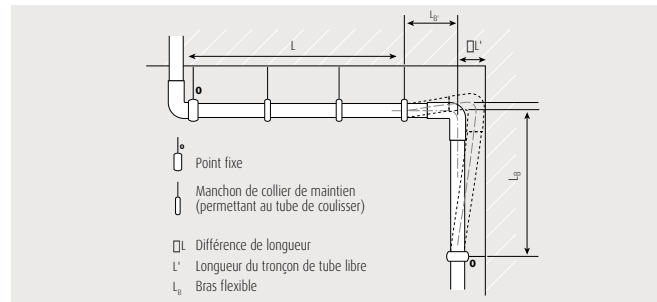
D : diamètre extérieur du tube

ΔL : variation de longueur (voir paragraphe 4.3)

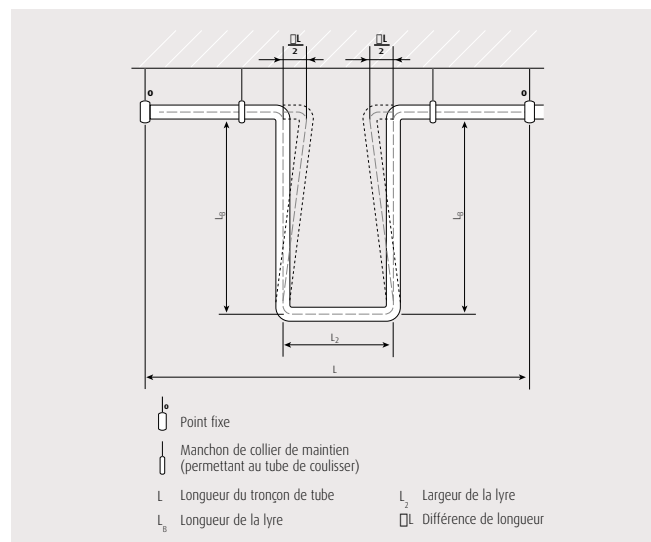
D , ΔL , L_B : exprimés dans la même unité, habituellement en mm

Les points fixes doivent être choisis en tenant compte des sollicitations à prévoir, ceci dans le cas où la contrainte axiale serait contrariée lors de la dilatation ou de la contraction de la canalisation.

EXEMPLES DE SYSTÈMES DE COMPENSATION :



Compensation de la dilatation ΔL par un bras flexible



Compensation de la dilatation par une lyre de dilatation

CALCUL DES LONGUEURS DE BRAS :

L'abaque de la page 58 permettra de déterminer la longueur des bras en fonction du diamètre du tube et de la variation de longueur :

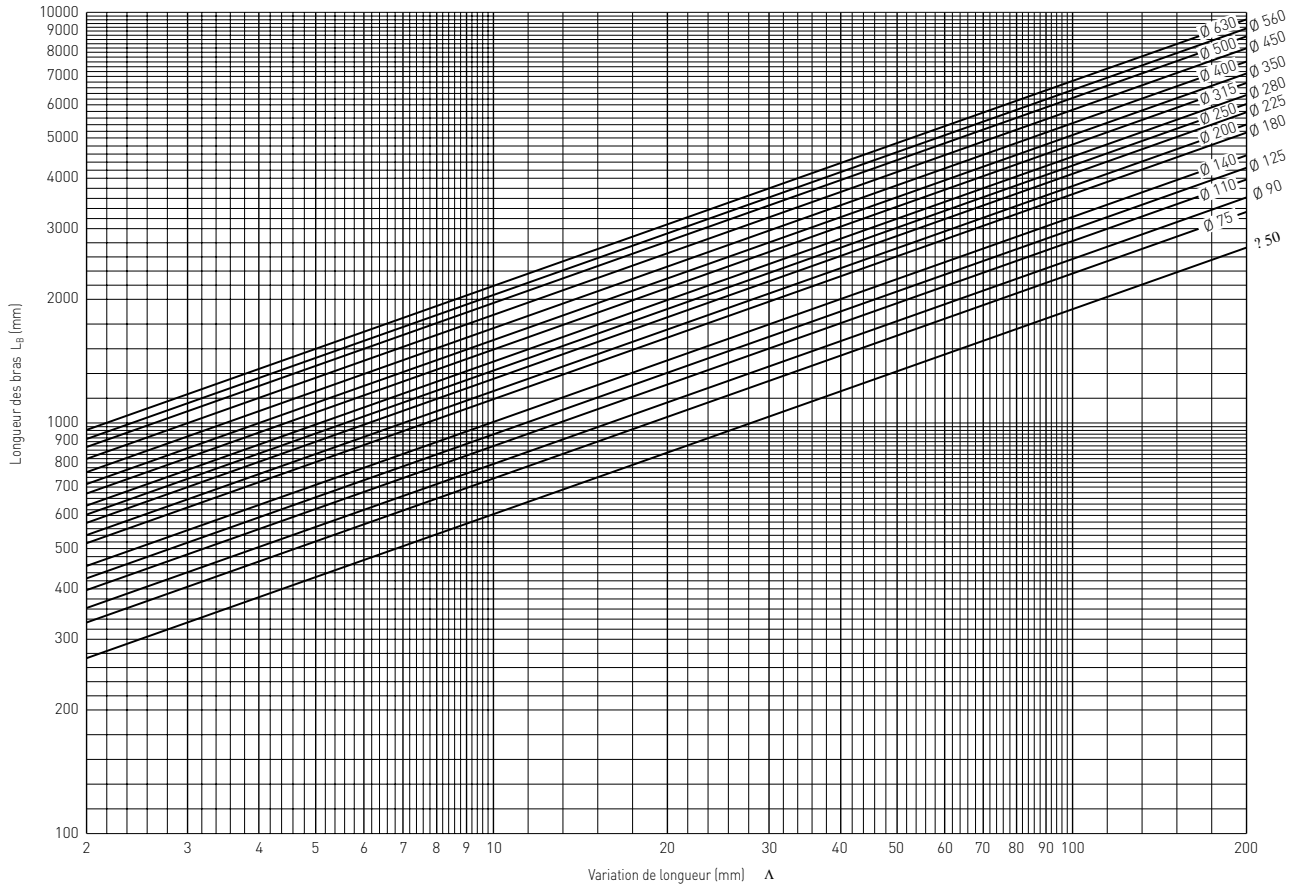
- Dans le cas d'un seul bras, on rentrera ΔL pour obtenir la valeur de L_B
- Dans le cas d'une lyre de dilatation, on rentrera $\frac{\Delta L}{2}$ dans l'abaque pour obtenir la valeur de L_B .

6.4.3 Pose des canalisations

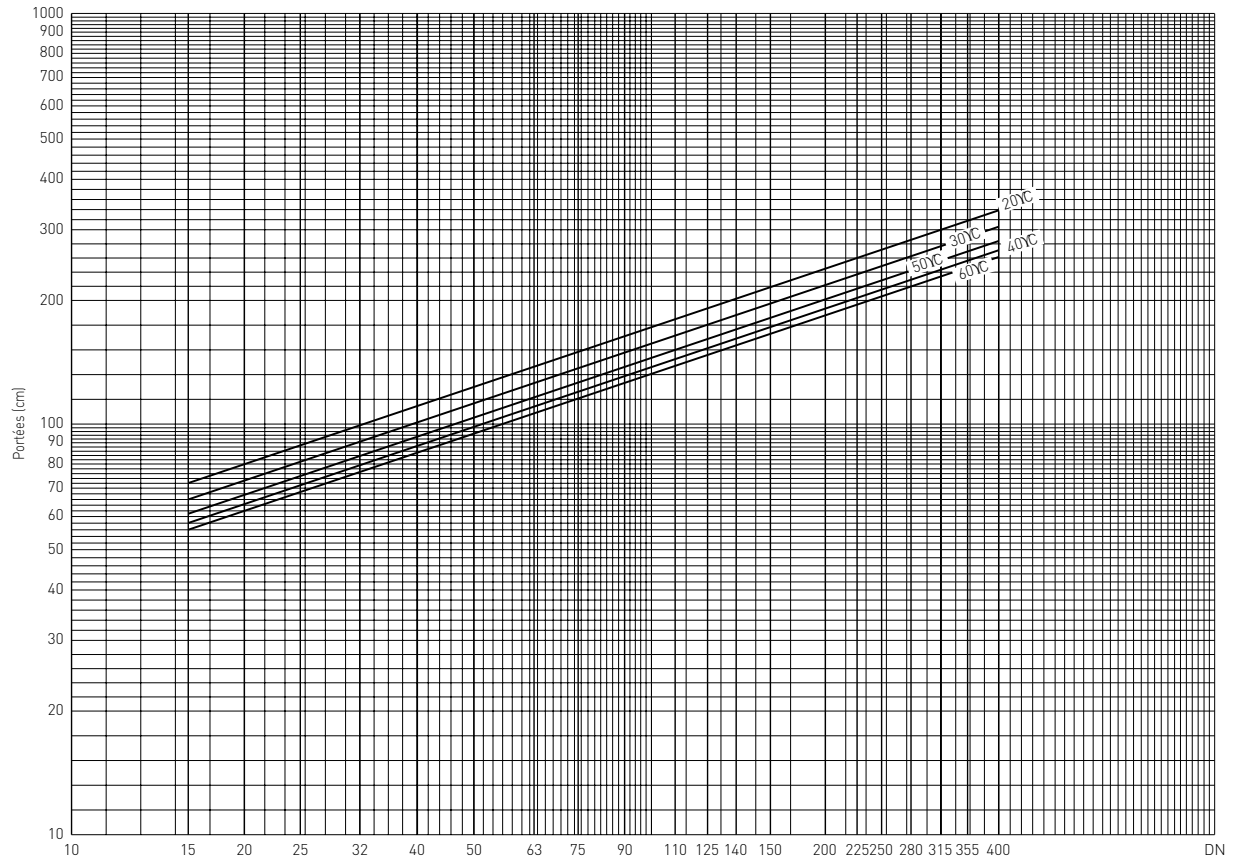
GÉNÉRALITÉS :

Les conduites en Polyéthylène installées en aérien doivent être maintenues par des supports appropriés. Leurs variations de longueur en fonction de la température sont importantes et la conception des supports doit en tenir compte.

CALCULS DES LONGUEURS DE BRAS DE DILATATION



CALCULS DES PORTÉES



PRÉCAUTION À PRENDRE :

Les phénomènes de dilatation ou de contraction inhérents au matériau doivent être pris en compte. Ceci implique un montage des canalisations avec supports libres et points fixes choisis en tenant compte des possibilités du tracé (lyre, bras, robinetterie,...).

Les fixations doivent être dimensionnées afin de ne pas endommager les canalisations.

DISTANCE ENTRE LES SUPPORTS :

La distance entre les supports doit prendre en considération :

- le dimensionnel du tube : diamètre, épaisseur (SDR),
- la densité du fluide transporté,
- la température de service de la canalisation,
- la disposition de la canalisation.

Si les supports doivent être très proches, il est souhaitable d'utiliser des goulottes. Pour des conduites horizontales un support continu (goulotte, chemin de câble, ...) peut être plus rationnel et économique que des fixations.

Pour les diamètres jusqu'au 110 à l'intérieur du bâtiment, il faudra se référer aux recommandations du DTU 60.1.

CALCUL DES PORTÉES :

On trouvera page précédente l'abaque donnant les distances entre les supports. Les distances indiquées sont valables pour une canalisation horizontale en PE de SDR 11, un fluide transporté de densité 1 (eau) et un support d'une largeur d'1/2 diamètre.

Les distances seront multipliées d'un ou plusieurs coefficients en fonction :

- de la densité du fluide :

- gaz coef. 1,30
- fluides densité 1,25 coef. 0,90
- fluides densité 1,50 coef. 0,85
- fluides densité 1,75 coef. 0,80

- du SDR de la canalisation :

- SDR 9 coef. 1,03
- SDR 11 coef. 1,00
- SDR 13,6 coef. 0,95
- SDR 17 coef. 0,90
- SDR 21 coef. 0,86

- de l'inclinaison de la canalisation :

- installation verticale coef. 1,30

6.4.4 Support

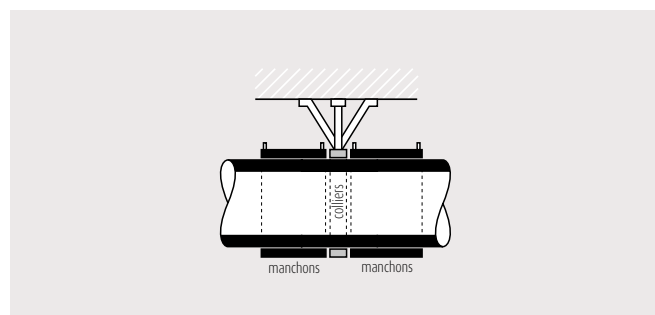
Des fixations standards existent en acier ou en matière plastique : il est nécessaire de protéger les canalisations de l'effet des frottements.

POINTS FIXES

Leur rôle est d'éviter les déplacements de la canalisation non maîtrisés.

Lors de leur calcul, il faut prendre en compte le type du montage : montage bloqué, montage libre.

EXEMPLE DE CONCEPTION



POINTS MOBILES

Ils sont utilisés pour suivre les déformations de la canalisation dans toutes les directions d'un plan.

6.4.5 Montage

a) Montage bloqué

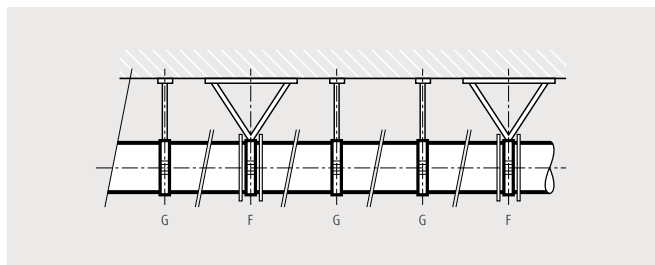
POINTS FIXES

Les mouvements longitudinaux sont annulés par des points fixes, engendrant des tensions dans la matière. Les poussées axiales résultantes doivent être absorbées par les points fixes afin d'éviter que sous l'effet de ces tensions la conduite ondule ; elle doit être guidée longitudinalement.

COLLIERS DE GUIDAGE

Les colliers de guidage permettent d'éviter que la conduite ondule entre deux points fixes. Ils doivent être répartis judicieusement et laisser à la conduite le jeu nécessaire. Le diamètre intérieur de ces colliers doit être de 2 % supérieur à celui du diamètre extérieur du tube, afin que ce dernier puisse également se dilater librement. Lors du serrage, le collier de guidage ne devra en aucun cas bloquer la conduite.

Le choix du type de point fixe dépend des poussées attendues, ainsi que de la distance à supporter. Dans la zone de changement de direction ou de courbure de la conduite, les efforts transversaux sont à considérer. Un dimensionnement approprié doit être effectué pour tous montages particuliers.



La répartition des colliers « points fixes (F) » et de « guidage (G) » dépend du diamètre, du tracé ainsi que des conditions de l'installation (température etc...)

Poussées axiales sur points fixes dans le cas d'une conduite installée en aérien

Ces poussées sont à calculer par l'intermédiaire de la formule suivante :

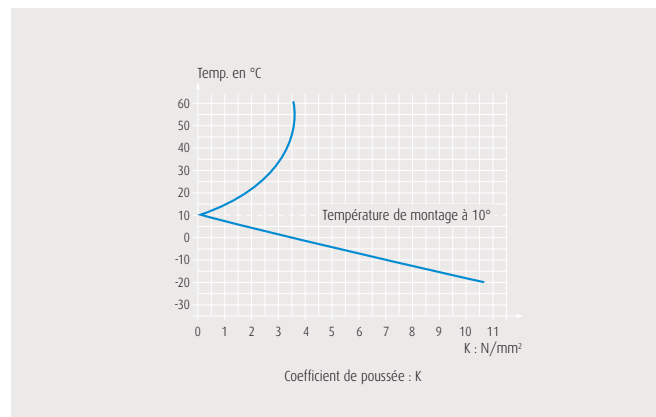
$$P = S \times K$$

P : Poussée sur point fixe (N)

S : Section du tube (mm²)

K : Coefficient de poussée (N/mm²) dépendant de la température (voir courbe ci-dessous)

Remarque : La poussée P n'est pas fonction de la distance entre points fixes



b) Montage libre

Contrairement au montage bloqué, les mouvements longitudinaux sont dirigés et absorbés dans les dispositifs de dilatation (manchon long, compensateur, lyre de dilatation, etc.). Le système de fixation (point fixe, collier de « guidage » et « blocage ») doit donc être adapté en conséquence.

Pour la conception de l'installation voir le chapitre « Gestion de la dilatation » (paragraphe 4.3).

FACTEURS D'INFLUENCE EXTÉRIEURE

Dans le cas de canalisations posées en aérien, il convient de prendre en compte divers facteurs résultant de ces conditions d'installation : température, ultra-violets, nature du fluide etc., qui peuvent réduire la résistance à long terme des canalisations (cf. chapitre 2 « Les produits » paragraphe « Résistance à long terme », page 15).

6.5 - POSE EN IMMERGÉ

Les canalisations Polyéthylène immergées représentent une solution technique et économique intéressante dans les cas de figure suivants :

- traversées de fleuves, lacs... pour tout type d'application (adduction d'eau potable, assainissement...)
- émissaires en mer (stations d'épuration, assainissement industriel...)
- pompage en mer.

6.5.1 Flexibilité des canalisations en Polyéthylène

UN ATOUT MAJEUR POUR LA CONCEPTION DES OUVRAGES IMMERGÉS

Dans le cas de pose en immergé, la canalisation est soumise à des forces dues principalement à l'action du courant et des vagues et à l'instabilité du sol. L'amplitude exacte de ces forces est difficile à prévoir. Ce degré d'incertitude a des conséquences différentes suivant le type de canalisation (rigide ou flexible) choisi pour réaliser l'ouvrage.

Les canalisations traditionnelles métalliques rigides (fonte ou acier) ne supportent que de faibles déformations latérales ; elles doivent alors être fortement lestées et dimensionnées avec des coefficients de sécurité très importants ou être profondément enterrées.

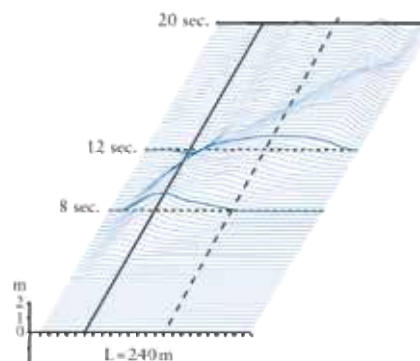
Il en résulte des coûts de pose et de matériau très élevés auxquels s'ajoute le coût d'une protection cathodique indispensable pour éviter la corrosion.

Concernant les canalisations en Polyéthylène, le coefficient de sécurité peut être considérablement réduit si l'on accorde à la canalisation une mobilité lui permettant d'absorber toute force d'amplitude exceptionnelle.

Ce type de conception repose sur les propriétés intrinsèques des polyoléfines : une forte résistance à la déformation et une aptitude à la relaxation sous contrainte.

La simulation numérique qui suit illustre comment une canalisation en Polyéthylène se déplace latéralement sous l'action d'une vague de très forte amplitude avant de reprendre sa position initiale sans avoir subi de dommage.

Ainsi, la légèreté des canalisations en Polyéthylène et leur capacité à s'adapter à des sols instables, combinées à leur grande flexibilité permettent l'emploi de techniques d'immersion rapides et pertinentes sur un plan économique, tout en assurant une très longue pérennité à l'ouvrage.



Déformation d'une canalisation sous l'action d'une vague d'ampleur supérieure à la vague utilisée pour le calcul de la canalisation. La simulation numérique est relative à un tube PE PN 4 DN 1.600 mm lesté pour donner une résistance de 5 000 N/m et attaqué par une vague ayant une force donnant 10 000 N/m. Le diagramme illustre comment une section de la canalisation, ayant bougé de 1m en 8 secondes après le passage de la vague en droit du début du tube, est revenue pratiquement à sa position initiale 20 secondes plus tard.

6.5.2 Lestage des canalisations en Polyéthylène

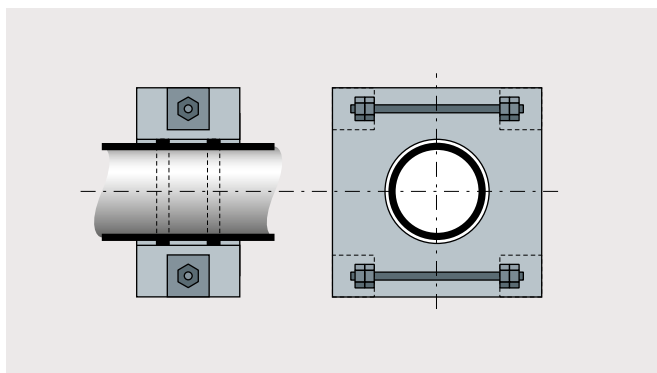
Le calcul du poids des lests, leur conception et leur espacement sont des paramètres fondamentaux qui doivent être analysés par des spécialistes des ouvrages immergés en regard des conditions d'immersion (intensité du courant et des vagues, nature du sol), de la profondeur d'immersion et du type de canalisation Polyéthylène utilisée (diamètre extérieur, masse linéique).

Généralement et suivant les considérations précédentes sur le concept de canalisation flexible, un lest à 100% de la poussée d'Archimède n'est pas requis (sauf cas extrême de courant ou de vague).

Un lest de l'ordre de 35 à 50% est couramment utilisé près des côtes. Il est alors possible d'immerger la canalisation depuis la surface où elle flotte en la remplissant progressivement d'eau (cf. paragraphe suivant sur les techniques d'immersion).

Les lests sont traditionnellement réalisés en béton armé. Leur forme est symétrique par rapport à un axe transversal de la canalisation et conçue de telle sorte que la canalisation repose au minimum à un quart de son diamètre au dessus du sol.

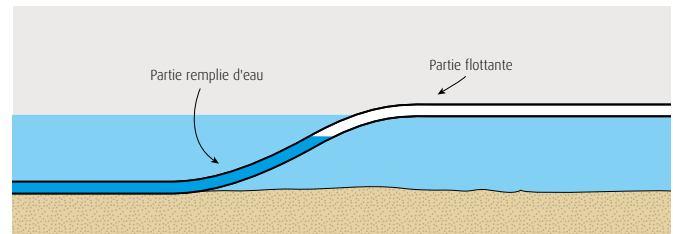
Une forme carrée permet d'éviter les mouvements de torsion lors des déformations maximales, la longueur des lests est optimisée pour minimiser la pression de surface entre la canalisation et le lest.



Lest habituel pour tuyaux flexibles immergés

6.5.3 Techniques d'immersion

La méthode la plus pertinente consiste à remplir progressivement d'eau la canalisation depuis le rivage.



Phase d'immersion

Lors de cette opération, la pression d'air dans la partie de la canalisation émergée doit être contrôlée de manière précise, en fonction de la charge et de la profondeur d'immersion, afin de ne pas infliger à la canalisation un rayon de courbure inférieur à celui qu'elle peut tolérer.

Cette méthode est applicable jusqu'à un lest d'environ 65%.

Dans le cas d'un lest supérieur à 65%, la méthode la plus simple consiste à immerger la canalisation suivant la méthode précédente avec un lest plus léger, puis à compléter ce lest lorsque la canalisation est en place.

Pour éviter tout risque de flambage lors de l'immersion, il est recommandé de réaliser l'immersion sans interruption. Une vitesse de 500 m/heure constitue une bonne moyenne.

Des modèles de simulation numérique permettant de prévoir le comportement de la canalisation lors de la phase d'immersion ont été mis au point (ex : le programme FLEX-RISER de Zentech).

6.5.4 Enterrement des canalisations dans les zones à risque

Un des intérêts majeurs du concept de canalisation flexible immergée repose sur la non nécessité d'ensouiller la canalis-

tion, même dans le cas de sols fortement instables et soumis à des phénomènes de sédimentation importants.

Cependant, sur certaines parties de l'ouvrage (les zones de déferlement des vagues notamment) il peut s'avérer nécessaire d'enterrer la canalisation pour la protéger. Dans ces conditions, on aura recours aux techniques traditionnelles d'excavation sous-marine.

Le lestage de la canalisation dans la tranchée avant son remblai devra alors faire l'objet d'une attention particulière car le matériau de remblai rapporté génère une pression verticale pouvant déplacer la canalisation hors de la tranchée.

6.6 - CANALISATIONS INCORPORÉES DANS L'OUVRAGE

6.6.1 Généralités

Dans tous les cas, on respectera les normes notamment le DTU 60.1, règles et usages propres à la construction de bâtiments et à la sécurité des personnes.

Dans les planchers, les canalisations peuvent être enrobées ou encastées.

Dans les autres éléments de gros œuvre, pris en compte dans la stabilité du bâtiment (poteaux, poutres, murs porteurs, éléments précontraints, etc...) les canalisations ne peuvent être qu'encastées. Il est interdit de pratiquer des saignées dans les éléments de gros œuvre porteurs.

Les saignées dans les éléments non porteurs ne doivent pas compromettre la stabilité de ces derniers ; en particulier, il ne doit pas y avoir de sectionnement d'armatures.

Quand les canalisations reposent sur une dalle brute, elles doivent être incorporées dans un ravoirage ou dans une forme. La distance entre la génératrice la plus proche de la canalisation ou du fourreau et le dessus de la forme ne doit pas être inférieure à 20 mm.

6.6.2 Piquages et assemblages

Les raccords mécaniques doivent être accessibles (trappes de visite ou panneaux démontables par exemple). Les assemblages soudés (tube à tube ou tube à raccord) sont autorisés. Les piquages soudés sont autorisés.

6.6.3 Joints

Les joints de construction des bâtiments ne doivent pas être franchis par des tubes ou des fourreaux.

Il est admis que les tubes puissent passer sous un joint de fractionnement, à condition que toutes les précautions soient prises afin que les tubes et fourreaux ne soient pas endommagés.

6.6.4 Canalisations incorporées dans une dalle pleine

PRESCRIPTION RELATIVE AUX DISTANCES D'ENROBAGE :

Des distances minimales d'enrobage doivent être respectées.

La distance entre la génératrice supérieure ou inférieure de la canalisation et le nu de la dalle brute ne doit jamais être inférieure à 20 mm.

POSE DES FOURREAUX

Dans tous les cas, les canalisations posées en dalle pleine doivent être mises sous fourreau.

Pour les fourreaux en plancher, en ouvrage fini à l'entrée ou à la sortie, le fourreau doit dépasser le niveau du sol fini d'au moins 30 mm dans les pièces humides et d'au moins 10 mm dans les autres cas.

PRESCRIPTION RELATIVE AUX PIQUAGES ET ASSEMBLAGES :

Les piquages et assemblages autres que par soudage sont à proscrire à l'intérieur de la dalle.

6.6.5 Canalisations incorporées dans les chapes flottantes et dalles flottantes

PRESCRIPTION RELATIVE AUX DISTANCES D'ENROBAGE :

Des distances minimales d'enrobage doivent être respectées.

La distance entre la génératrice supérieure de la canalisation ou du fourreau et le dessus de la forme ne doit pas être inférieure à 20 mm.

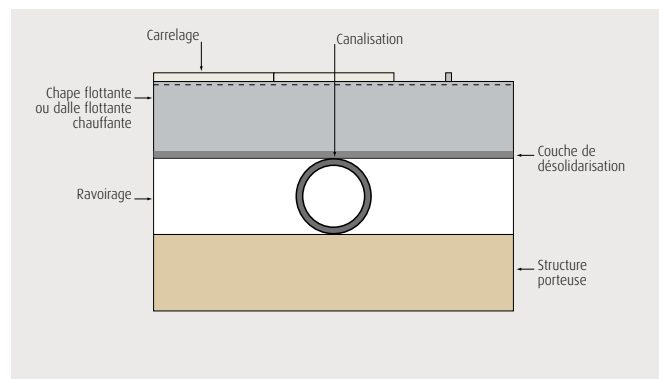
PRESCRIPTION RELATIVE À L'OBLIGATION D'UN FOURREAU OU NON :

- Canalisations d'eau froide
Les tubes seront mis en œuvre :
 - soit sous fourreaux,
 - soit directement enrobés.
- Canalisations de conditionnement d'air
Les tubes seront mis en œuvre sous fourreaux.
Il faut prendre en compte les effets de la condensation.

RÈGLES DE POSE DES CANALISATIONS

• Généralités

Dans le cas d'une chape, les canalisations (tube ou fourreau) sont fixées directement sur la structure porteuse et incorporées dans un ravoilage ou une forme.



Il est interdit de mettre en œuvre des canalisations dans une dalle flottante à vocation acoustique (réglementation acoustique).

Dans le cas de pose en dalle flottante non acoustique, les tubes peuvent reposer directement sur l'isolant.

Pour les fourreaux en plancher, le fourreau doit dépasser le niveau du sol fini, à l'entrée et à la sortie, d'au moins 30 mm dans les pièces humides et d'au moins 10 mm dans les autres cas.

• Traversée des parois (murs et planchers)

Les traversées de paroi par les canalisations doivent se faire avec fourreaux.

Les fourreaux sont arasés au nu du plafond et dépassent le nu du plancher comportant son revêtement de sol d'au moins 30 mm dans les pièces humides et d'au moins 10 mm dans les autres cas.

6.6.6 Canalisations placées dans l'épaisseur d'une cloison

Cas des cloisons en carreaux de plâtre ou en briques plâtrières : seul, l'engravement* avec fourreau est autorisé sous certaines conditions.

Cloison en panneau composite (plaques de parement assemblées sur un cadre ou sur une âme ou cloison à plaques de parement sur ossature) :

Le passage direct (sans fourreau) des canalisations entre les plaques de parement est autorisé.

L'accès aux assemblages avec raccord mécanique, aux compensateurs, aux robinets et accessoires sur ces canalisations non accessibles doit être assuré (par exemple, trappes de visite, panneaux amovibles).

* *Canalisations engravées* : canalisations mises en place (directement ou avec fourreau) dans une saignée réalisée après coup dans le gros œuvre, puis enrobée avec un matériau compatible.

Commentaire : de nombreuses cloisons de ce type sont encore sous Avis Technique. On vérifiera donc, dans l'Avis Technique de la cloison, la validité du passage direct.

7. Techniques d'assemblage

7.1 - INTRODUCTION DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES

Nous avons vu précédemment que les assemblages des tubes en PE se divisent en 2 grandes familles : les assemblages par soudage dont le principe général est la fusion et les assemblages mécaniques dont le principe est la compression d'un joint.

Il existe deux techniques principales de raccordement des canalisations PE par soudage :

- **l'électrosoudage**
- **le soudage bout à bout**

Le soudage dans l'emboîture par élément chauffant est parfois également utilisé, essentiellement dans l'industrie.

La mise en œuvre de ces techniques d'assemblage doit être effectuée par du personnel qualifié afin d'optimiser la pérennité des ouvrages en PE.

Les réseaux PE soudés sont d'une fiabilité exceptionnelle : étanches, répondant parfaitement aux normes sanitaires, autobotée, d'une durée de vie prouvée par l'expérience et les tests de vieillissement, faciles à poser, permettant des rayons de courbure inférieurs aux réseaux traditionnels, insensibles

aux mouvements de terrain, avec un coefficient de rugosité très favorable, résistants à l'entartrage et au tuberculose... Ces avantages sont décisifs, d'autant plus que les raccordements, sur des réseaux existants ou pour les branchements, ne posent aucune difficulté.

7.2 - ELECTROSOUDEGE

Cette technique consiste à réaliser des assemblages de tubes et d'éléments de canalisation en PE pouvant être d'épaisseurs de paroi différentes, au moyen de raccords électrosoudables.

Une résistance électrique a été intégrée aux raccords lors de la fabrication.

Après avoir réalisé un montage dans les règles de l'art, la résistance électrique du raccord est connectée à une source d'énergie.

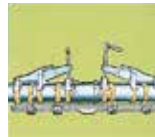
Lors du soudage, la dissipation, par effet Joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux pièces assemblées, assurant grâce à un mélange intime de la matière, une cohésion et une étanchéité parfaites.



Manchon en coupe



Positionneur pour prise de branchement



Positionneur pour manchon



Prise de branchement

7.2.1 Équipements

L'électrosoudage est une technique simple et efficace ; elle nécessite l'utilisation de matériels spécifiques, pour assurer la qualité de l'assemblage.

Arrondisseur : cet outil permet de corriger l'ovalisation du tube dans la zone de soudage.

Outil de grattage : Il sert à gratter la surface de la pièce à raccorder (tube, sortie lisse d'un raccord), sur toute la surface où s'effectuera la soudure. L'outil doit être approprié pour enlever des copeaux et donner une profondeur de grattage de l'ordre minimum de 0,15 mm sur toute la surface grattée, afin d'obtenir une surface propre et non oxydée. L'utilisation d'un grattoir mécanique est à privilégier dans tous les cas.

Profondeur de grattage	Diamètre
0,15 à 0,25 mm	20 à 63 mm
0,25 à 0,35 mm	75 à 225 mm
0,30 à 0,40 mm	250 à 710 mm
0,40 à 0,60 mm	800 à 1600 mm

Coupe tube : cet outil doit permettre une coupe perpendiculaire à l'axe du tube sans l'écraser au cours de la coupe ; l'utilisation d'une scie est à proscrire pour les petits diamètres jusqu'au 400 mm.



Positionneurs et positionneurs-redresseurs : ces outils permettent, pour tous types de raccords d'aligner les pièces et les tubes, de supprimer les courbes résiduelles pour les tubes en couronne ou en touret, de supprimer les non-alignements, les contraintes dans la zone de soudage et les mouvements intempestifs pendant les temps de soudage et de refroidissement de l'assemblage.

Automate de soudage : l'automate de soudage doit être capable, à partir d'une alimentation électrique (secteur ou groupe électrogène), de fournir une énergie régulée définie par le fabricant de la pièce à souder.

L'automate peut également enregistrer les données de soudage pour assurer la traçabilité de l'opération.

La programmation du soudage peut être réalisée : par lecture d'un code à barres ou d'un QR code contenant les informations nécessaires à la réalisation du soudage, ou par un mode automatique propre au fabricant du raccord.

Groupe électrogène : il doit être choisi pour délivrer la puissance requise pour tous les raccords prévus sur le chantier.

Certains groupes électrogènes, à régulation électronique, ne sont pas compatibles avec les automates de soudage.

D'autres, dont l'alimentation électrique produite n'est pas suffisamment stabilisée, peuvent mettre les automates « en défaut » et interrompre le soudage.

Si une rallonge électrique doit être utilisée entre l'automate de soudage et le groupe électrogène, sa longueur ne devra pas dépasser 25 m, pour une section minimum de 2,5 mm² par conducteur. Tout prolongateur doit être déroulé complètement. Le groupe électrogène doit être démarré avant de brancher l'automate de soudage et arrêté après avoir éteint puis débranché celui-ci.

Produits de nettoyage : les surfaces à souder devront être impérativement nettoyées avec un tissu de coton blanc, propre, non pelucheux, imbibé d'un nettoyant dégraissant pour le polyéthylène préconisé par le fabricant et autorisé d'emploi par la réglementation en vigueur.

Le produit dégraissant doit être conservé dans son emballage d'origine.

Certains fabricants proposent des serviettes pré-imprégnées de nettoyant dégraissant pour PE.

Crayons marqueurs : à marquage permanent compatible avec le PE.

Mètres : pour mesurer les longueurs d'emboîtement.

Équerres : afin de s'assurer que les coupes sont bien perpendiculaires à l'axe du tube.

Conditions générales de mise en œuvre des raccords électrosoudables

Température de mise en œuvre

Pour réaliser une soudure de qualité, l'ensemble tubes, raccords et automate de soudage doivent être à la même température, dans la plage -10°C à +45°C. Attention en cas de fort ensoleillement la température du tube peut dépasser les 45°C, il convient alors de prendre toutes les précautions pour mettre les surfaces de soudage à l'ombre.

Les automates de soudage permettent d'opérer dans une plage de température ambiante allant de -10°C à +45°C. La température ambiante est mesurée par l'automate et consultable sur l'écran.

Propreté

Les surfaces à souder doivent être parfaitement propres et dégraissées.

Humidité

Les surfaces à souder doivent être parfaitement sèches au moment du soudage.

Conditions climatiques

Il est nécessaire de prendre des précautions (bâche, tente) pour lutter contre les effets du vent, de la pluie, la neige, la rosée, du gel, de l'ensoleillement pouvant influencer sur les conditions de propreté, d'humidité et de température.

Les tubes et raccords en polyéthylène étant de couleur noire, il convient d'empêcher leur réchauffement excessif en période de fort ensoleillement.

Délai de mise en œuvre

La préparation de l'assemblage doit être réalisée immédiatement avant de procéder au soudage.

Venue d'eau

Toutes les mesures nécessaires doivent être mises en œuvre pour empêcher le mouillage des surfaces à souder.

7.2.2 Procédure de soudage de deux tubes par manchons électrosoudables

Cette procédure dans le cadre d'assemblage Tube + manchon ou tube+ pièce forme femelle électrosoudable ou Tube + pièce de forme mâle à bout lisse.

a) Compatibilité de soudage

Les tubes et raccords en PE peuvent être produits à partir de différents polymères PE.

La compatibilité entre deux éléments s'apprécie à partir de la combinaison de :

- l'indice de fluidité des matières qui les composent. Les résines PE80 et tous les types de PE100 dont l'indice de fluidité est compris dans la plage allant de 0,2 g/10 min à 1,4 g/10 min MFR 190°C - 5 kg, sont considérés comme compatibles au soudage entre elles.
- Du diamètre nominal.
- Des SDR respectifs. Il convient de vérifier que le SDR du raccord est compatible avec le SDR du tube. La gamme de SDR compatible du raccord est donnée par le fabricant.

b) Préparation de l'assemblage

Respecter les conditions générales de mise en œuvre décrite au chapitre 7.2.2

Ovalisation :

Les tubes droits peuvent présenter un écrasement de leur section à cause de leur conditionnement et stockage. Ils sont dits ovalisés. Lorsque ce phénomène est trop important, il est préjudiciable à l'assemblage des tubes dans les raccords dont la section est parfaitement ronde. Dans ce cas, il est obligatoire de

remettre la section du tube au rond avant de procéder à la mise en œuvre à l'aide d'outillage spécifique (arrondisseur).

Vérification de l'ovalisation des tubes : SCHEMA – trois dessins, un avant, un après KO montrant un grattage latéral, un après OK montrant un arrondissement.

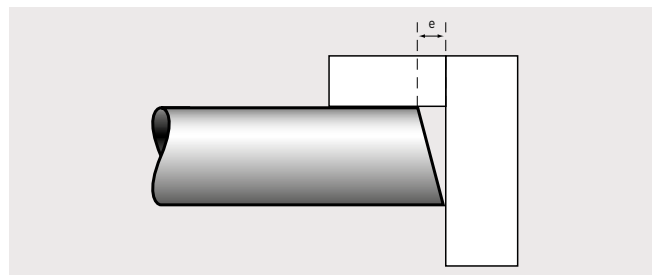
Mettre en place le positionneur.

Marquer et couper le premier tube à la longueur désirée en veillant à effectuer une coupe perpendiculaire à l'axe du tube.

La tolérance maximum d'une coupe biaisée doit être conforme aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après.

\varnothing (mm)	e	$E = 2^*e$
20	2	4
25	2	4
32	2	4
40	2	4
50	2	4
63	3	6
75	3	7
90	4	8
110	5	10
125	5	11
140	6	13
160	7	14
180	8	16
200	9	18
225	10	20
250	11	22
280	12	25
315	14	28
355	16	32
400	18	36
450	20	40
500	22	45
560	25	50
630	28	57
710	32	64
800	36	72
900	40	81
1000	45	90

Tolérance maximum d'une coupe biaisée



Placer ce tube dans le positionneur.

Présenter le deuxième tube en suivant la même procédure que pour le premier.

Gratter ensuite régulièrement toutes les surfaces à souder des tubes (une longueur de manchon sur le premier tube et une demi longueur de manchon sur le deuxième tube).

L'utilisation de papier de verre, toile émeri, lime, râpe, couteau, cutter, disqureuse est formellement interdite.

Dans le cas d'utilisation de pièces PE comportant des parties mâles lisses, même conditionnées en sachet, le grattage de ces parties est obligatoire.



Après grattage, éliminer les copeaux sur les arêtes intérieures et extérieures des tubes ou pièces mâles lisses.

Remettre les tubes au rond avec un appareil approprié.

Nettoyer les tubes avec un solvant dégraissant adapté au polyéthylène et un tissu de coton blanc propre et non pelucheux ou bien avec une serviette de dégraissage spéciale.

Attendre l'évaporation complète du solvant dégraissant.

Marquer sur chaque extrémité des tubes, de façon précise, la longueur du demi-manchon (emboîture) avec un crayon ou un marqueur PE. Prendre le manchon (toujours dans son emballage d'origine) et en nettoyer l'intérieur avec le solvant dégraissant ou la serviette spéciale.

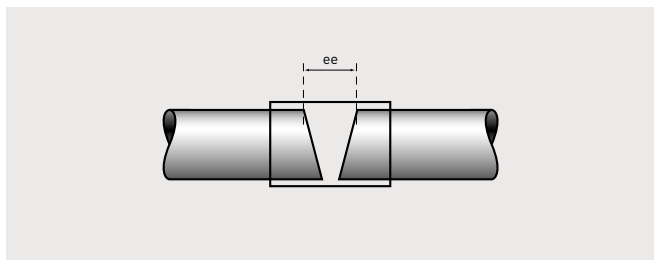
Attendre l'évaporation complète du solvant.

Placer le deuxième tube dans le positionneur.

Emboîter entièrement le manchon sur le tube qui a été gratté sur une longueur de manchon.

Redresser et aligner les tubes à l'aide du positionneur. L'espace résiduel entre les 2 faces de tubes doit être le plus réduit possible et au maximum de :

Jeu maximum entre deux tubes



Nota : dans le cas du raccordement d'un tube avec une pièce de forme mâle lisse, la valeur de la tolérance est donnée dans le tableau page 66.

Faire coulisser le manchon sur le deuxième tube jusqu'à ce qu'il se trouve bien centré entre les 2 marques.

c) Soudage

Dans le cas de l'utilisation d'un groupe électrogène pour l'alimentation de l'automate de soudage, vérifier la tension délivrée par le groupe avant le raccordement électrique de l'automate.

Si l'utilisation d'une rallonge électrique est nécessaire, la dérouler complètement. Respecter la longueur correcte pour la section de cette rallonge (ne pas dépasser 25 m avec un câble 3 x 2,5 mm²).

Suivre scrupuleusement les instructions affichées par l'automate de soudage.

Connecter le manchon aux câbles secondaires de l'automate.

La programmation du soudage peut être réalisée : par lecture d'un code à barres ou d'un QR code contenant les informations nécessaires à la réalisation du soudage, ou par un mode automatique propre au fabricant du raccord ou encore en mode manuel.

En fonction du mode choisi, l'automate guide l'opérateur dans la réalisation du soudage.

Dans le cas où une traçabilité intégrale de l'opération est souhaitée, les raccords sont livrés avec un code à barres supplémentaire à enregistrer préalablement à l'opération de soudage (suivre les instructions de la machine).

En mode manuel, suivre les instructions de soudage fournies avec le manchon. Veiller à l'affichage des bons paramètres et à la correction éventuelle du temps de soudage en fonction de la température ambiante du tube.



Vérifier le bon déroulement du soudage jusqu'à son terme puis débrancher le raccord.

Observer les indicateurs de fusion du manchon et faire une marque pour visualiser leur activation.

Indiquer sur le tube, l'heure prévue de fin de refroidissement de l'assemblage autorisant le démontage du positionneur. Le temps de refroidissement est défini par le fabricant du manchon.

A l'heure indiquée, démonter le positionneur.

On peut procéder aux essais d'étanchéité à l'air ou à l'eau suivant le fluide à véhiculer après un temps supplémentaire de refroidissement préconisé par le fabricant du raccord en fonction des pressions d'essai.

Lorsque l'on vérifie l'étanchéité avec un produit moussant, il est obligatoire de rincer à l'eau claire les parties concernées et de bien les essuyer.

7.2.3 Mise en œuvre de raccords de dérivation

Il existe également toute une gamme de raccords de formes diverses qui permet d'assurer les changements de direction, les différences de diamètres, ainsi que les dérivations.

a) Types de raccords

Principe :

Le raccordement de deux tubes de diamètres différents, que ce soit en ligne ou en angle, ou les changements de direction peuvent se concevoir selon deux principes :

1. Utilisation de pièces de forme (à bouts lisses mâles) et de manchons électrosoudables.
2. Utilisation de pièces électrosoudables « monoblocs ».

Pièces de forme à bouts lisses mâles

Ce sont des coudes à différentes angulations, des tés, des réductions, des bouchons ou des collets qui sont assemblés entre eux ou avec le tube par l'intermédiaire de manchons électrosoudables.

La préparation des pièces de forme est identique à celle des tubes (voir « Procédure de mise en œuvre de deux tubes en couronne ou touret par manchons électrosoudables ». Paragraphe « Mise en œuvre »).

La procédure de soudage des manchons doit être appliquée (voir « Procédure de mise en œuvre de deux tubes en couronne ou touret par manchons électrosoudables ». Paragraphe « Soudage »).

Pièces électrosoudables « monoblocs »

Ce sont des raccords dont les emboîtures femelles sont électrosoudables.

Leur préparation comme leur mise en œuvre s'effectuent de la même manière que pour les manchons (voir « Procédure de mise en œuvre de deux tubes en couronne ou touret par manchons électrosoudables ». Paragraphe « Soudage »).

Selles de dérivation

Ce sont des pièces qui permettent de réaliser une dérivation, directement à partir de la canalisation en Polyéthylène.



Elles se posent sur la canalisation principale. Le serrage est réalisé de façon autonome ou avec l'aide d'un positionneur.

Elles sont équipées d'un fil de résistance intégré à la périphérie de la zone de perçage.

Cette technique de dérivation permet de garantir l'étanchéité même en cas de légers mouvements des canalisations.

Selon que la canalisation est sous pression ou non, il convient de distinguer :

• les prises de branchement en charge

Ce sont des selles de dérivation électrosoudables pourvues d'un perforateur intégré. Elles permettent le branchement en charge sur la canalisation d'alimentation.

Le raccordement au tube de dérivation se fait par l'intermédiaire d'un manchon électrosoudable.

• les selles simples

Ce sont les pièces suivantes :

- colliers ou selles de ballonnement,
- colliers ou selles de dérivation à passage intégral,
- colliers et selles de renfort,
- etc...



Ces selles, une fois soudées sur le tube et après le percement hors charge de celui-ci, assurent au besoin la jonction avec la canalisation par l'intermédiaire d'un manchon.

b) Procédure de mise en œuvre des selles ou des prises de branchement

Prévoir un dégagement sous le tube PE permettant la mise en place de la selle inférieure, ou d'un positionneur.

Présenter la prise sur le tube à l'emplacement prévu, tracer le pourtour de la prise avec un crayon ou un marqueur.

Gratter régulièrement toute la surface à souder qui a été marquée, déborder de 1 à 2 centimètres tout autour.

Dégraissage - soudage - refroidissement et essais : mêmes précautions que pour le manchon.

A l'issue du temps de refroidissement, percer le tube à l'aide du perforateur intégré manœuvrable avec l'outillage spécifique de la marque de la prise. Remonter le perforateur en position haute.

Visser le bouchon.

Le montage de la pièce est effectué conformément aux indications du fabricant.

7.3 - SOUDAGE BOUT-À-BOUT

Effet cheminée

Dans le cadre de travaux neufs, la circulation d'air dans les tuyaux doit être empêchée en obstruant temporairement les extrémités de l'ouvrage de part et d'autre de l'assemblage pour éviter l'effet cheminée.

Le soudage bout-à-bout par élément chauffant est utilisé pour assembler les tubes et raccords en PE d'épaisseurs identiques et d'indices de fluidité compatibles entre eux : les résines PE80 et PE100 dont l'indice de fluidité est compris dans la plage allant de 0,2 g/10 min à 1,4 g/10 min MFR 190-5, sont considérées comme compatibles au soudage entre elles.

Ce procédé consiste à porter à la température de soudage, par un élément chauffant (miroir), les extrémités des tubes et/ou raccords.

Après escamotage de cet outil, les extrémités plastifiées sont mises en contact et sont maintenues en pression l'une contre l'autre pendant le cycle complet de refroidissement.

Une bonne soudure bout-à-bout, exécutée dans les règles de l'art reconstitue parfaitement la continuité de la canalisation avec une résistance mécanique identique.



7.3.1 Équipement / Outillage

Il est généralement constitué de :

- un châssis équipé de mâchoires destinées à maintenir en position les éléments à souder,
- une pompe hydraulique permettant le déplacement des mâchoires,
- un miroir chauffant thermorégulé,
- un outil pour couper le tube,
- un outil pour dresser les surfaces (rabot),
- un générateur électrique,
- des galets de roulement pour le tube,
- une tente destinée à protéger des mauvaises conditions atmosphériques.

Conditions générales de mise en œuvre pour la soudure bout à bout

7.3.2 Procédure de soudage de tubes en longueurs droites par manchons électrosoudables

a) Compatibilité de soudage

Les tubes et raccords en PE peuvent être produits à partir de différents polymères PE.

La compatibilité entre deux éléments s'apprécie à partir de la combinaison de :

- L'indice de fluidité des matières qui les composent. Les résines PE80 et tous les types de PE100 dont l'indice de fluidité est compris dans la plage allant de 0,2 g/10 min à 1,4 g/10 min MFR 190°C - 5 kg, sont considérés comme compatibles au soudage entre elles.
- Du diamètre nominal.
- Des SDR respectifs. Il convient de vérifier que le SDR du raccord est compatible avec le SDR du tube. La gamme de SDR compatible du raccord est donnée par le fabricant.

7.3.3 Procédure

EXIGENCES GÉNÉRALES

Le document de référence concernant le soudage par élément chauffant des tubes et raccords en PE est la Norme ISO 12176-1.

La qualité des assemblages soudés dépend de l'aptitude des matières PE à se souder entre elles. Pour cela, elles doivent avoir des indices de fluidité MFI 5 dans la fourchette de 0,2 à 1,4 g/10 min et être compatibles.

Cette qualité dépend aussi de la qualification des soudeurs, de l'adéquation des machines et des dispositifs utilisés, ainsi que du respect des directives de soudage.

a) Préparation de la machine

- Brancher le miroir de soudage, température réglée à 210°C ± 10.

- Equiper le châssis de mâchoires, correspondant au diamètre des tubes à souder, sur l'appareil de base.
- Fixer les tronçons de tubes dans les mâchoires, en laissant dépasser 30 mm à 40 mm, côté assemblage.

b) Préparation du tube

Les tubes ou les éléments de canalisations à assembler doivent être parfaitement coaxiaux dans les appareils de soudage. Il convient de prendre les mesures appropriées pour que les éléments à raccorder gardent leur mobilité dans le sens longitudinal (par exemple : galets de guidage ou dispositif de suspension).

Les tubes et éléments de canalisations doivent être fixés de telle sorte que les surfaces coïncident. L'écart de géométrie doit être éliminé à l'aide de colliers de serrage ; en cas d'impossibilité, il est nécessaire de sectionner le tronçon défectueux.

Les extrémités des tubes ou des éléments de canalisations à souder doivent être rabotées immédiatement avant le soudage, de telle sorte qu'elles soient parfaitement parallèles et débarrassées de la couche d'oxydation.



Après avoir passé le rabot, enlever les copeaux éventuellement tombés à l'intérieur des tubes.

Les surfaces usinées doivent être parfaitement propres ; tout contact avec les mains est à proscrire.



Il est en effet impératif de procéder au nettoyage intérieur et extérieur du tube avant le soudage à l'aide d'un solvant dégraissant adapté ou des lingettes pré-imprégnées.

Le désaxage des extrémités des tubes ne doit pas dépasser 1/10^{ème} de leur épaisseur.

c) Réalisation du soudage

Pour réaliser une soudure bout-à-bout, les surfaces à assembler sont portées à la température de soudage au moyen d'un élément chauffant. Les extrémités du tube ainsi ramollies sont assemblées sous pression, après retrait de l'élément chauffant.

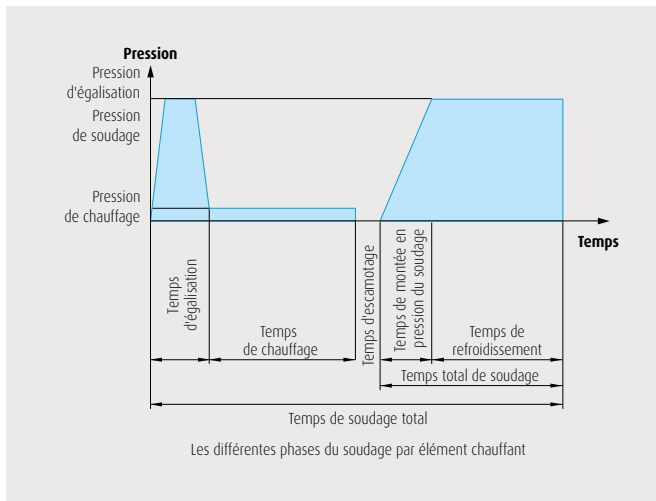
La température de l'élément chauffant pendant le soudage est comprise entre 200°C et 220°C.

Dans cette plage, plus l'épaisseur des tubes est importante, plus la température de soudage est faible.

Chaque fabricant de matière a développé pour les tubes de grande épaisseur des conditions spécifiques du soudage bout-à-bout.

L'utilisateur devra donc se rapprocher de son fournisseur de tubes pour définir la procédure à adopter.

La soudure est réalisée en respectant les étapes du schéma ci-après. Toutes les valeurs utilisées doivent être reportées dans le rapport de soudage.



Un cycle de soudage comprend 5 phases :

Préchauffage - Égalisation

Rapprocher les surfaces à souder contre le miroir chauffant, jusqu'à ce qu'elles soient en contact avec celui-ci et parfaitement parallèles. Il se forme alors deux bourrelets périphériques. La régularité de l'épaisseur des bourrelets permet de savoir si les surfaces à assembler sont en contact en tous points avec le miroir chauffant.

Chauffage

La chaleur générée par le miroir se diffuse dans les extrémités à souder portant celles-ci à la température de soudage.

La pression pendant le chauffage est réduite à une valeur presque nulle (maximum $0,02 \text{ N/mm}^2$), ce qui garantit un contact régulier des extrémités des tubes contre le miroir chauffant.

Retrait du miroir

Une fois que les surfaces à assembler sont portées à la température adéquate, retirer l'élément chauffant, sans endommager ni salir les surfaces chauffées.

Rapprocher **immédiatement** les surfaces à assembler.

La période de rétractation de l'élément chauffant doit être la plus réduite possible.

Assemblage

Rapprocher les surfaces ramollies. L'opération a lieu en deux phases.

Au moment du contact, la vitesse de rapprochement des surfaces à souder doit être pratiquement nulle.

La pression d'assemblage doit croître, si possible linéairement, jusqu'à la valeur de consigne : $0,15 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$



Refroidissement

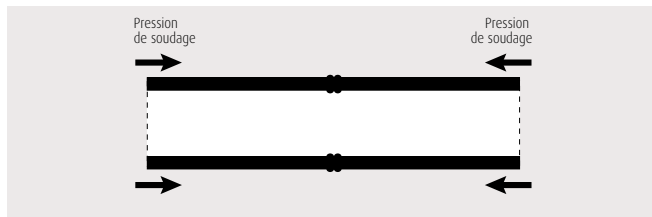
Laisser en place l'équipement et maintenir la pression constante afin de respecter les temps de refroidissement indiqués dans le tableau ci-après.

À l'issue du refroidissement, ouvrir les mâchoires et relâcher la pression de la centrale hydraulique..

Après l'assemblage, le tube présente un double bourrelet périphérique dont l'aspect constitue un élément d'appréciation de l'homogénéité de la soudure. La formation de bourrelets non identiques peut s'expliquer par une différence de comportement rhéologique entre les deux matériaux assemblés. Il faut noter que les bourrelets intérieurs ne diminuent pas notablement le débit hydraulique.

Exemples de paramètres (source Boréalisis)

Epaisseur de la paroi en mm	Préchauffage Epaisseur des bourrelets à la fin de chauffage en mm	Chauffage Temps de chauffage en secondes	Retrait du miroir chauffant durée maxi en secondes	Temps d'application de la pression jusqu'à la valeur consigne en secondes	Temps de refroidissement sous pression en minutes
4-5	0,5	30-70	3-5	3-6	3-6
5-7	1	70-120	4-6	4-8	6-10
7-12	1,5	120-190	5-8	8-12	10-16
12-19	2	190-250	6-10	10-15	16-24
19-26	2,5	250-330	7-14	15-20	24-32
26-37	3	330-460	8-17	20-25	32-40
37-50	3,5	460-600	7-20	26-35	40-45



Il existe des équipements automatisés dont les phases de soudage sont programmées en fonction des caractéristiques du tube.

7.4 - RACCORDS MÉCANIQUES PLASTIQUES

7.4.1 Principe

Ce sont des raccords mécaniques réalisés à base de résine plastique (Polypropylène, PVC, Polyamide, ABS) et qui servent à raccorder des tubes en Polyéthylène entre eux ou des tubes en Polyéthylène à d'autres éléments métalliques ou

plastiques du réseau de façon simple et rapide. Certains sont démontables et réutilisables sur le réseau sans avoir à couper les tubes.

Ils fonctionnent selon trois principes basés sur le mode d'ancrage et d'étanchéité indiqués dans le paragraphe ci-après.

a) Ancrage et étanchéité réalisés sur la paroi extérieure du tube

Les raccords sont constitués de plusieurs pièces distinctes assurant les fonctions suivantes :

- le corps du raccord qui fait la liaison avec les éléments à relier,
- le joint élastomère qui assure l'étanchéité par action sur la paroi extérieure du tube,
- la bague de crampage qui empêche l'arrachement des tubes reliés,
- l'écrou de serrage qui permet la connexion des tubes à relier au corps du raccord.

Dans certains cas, l'ensemble des pièces est lié et/ou assure des fonctions conjointes. Par exemple, l'écrou de serrage peut servir à connecter les tubes à relier et à comprimer le joint pour obtenir l'étanchéité lorsqu'il est en position fermée.

b) Ancrage réalisé sur la paroi extérieure du tube et étanchéité réalisée sur la paroi intérieure du tube

Seule la fonction étanchéité est réalisée différemment. La pièce permettant de réaliser cette fonction est composée d'une bague aux formes appropriées qui est insérée à l'intérieur du tube et qui agit sur la paroi intérieure pour réaliser l'étanchéité.

c) Ancrage et étanchéité réalisés sur la paroi extérieure du tube moyennant un système de renforcement de la paroi intérieure du tube

Les raccords sont constitués comme décrit au point 1.

La position du joint sur la paroi extérieure du tube nécessite un élément supplémentaire dans l'assemblage.

Il s'agit d'une bague qui est insérée à l'intérieur du tube et sert à renforcer la paroi intérieure.

7.4.2 Équipement

La longueur des tubes à relier doit être ajustée selon la convenance, pour cela il est nécessaire d'utiliser un outil adapté (par exemple coupe-tube).

Lorsque le raccord est muni d'un joint élastomère intégré, il est peut être utile de chanfreiner l'extrémité des tubes afin de faciliter leur insertion.

Pour le serrage des écrous, se reporter aux notices des fabricants pour connaître les moyens à employer et les couples de serrage à respecter.

7.4.3 Procédure

1. S'assurer que l'extrémité du tube à raccorder est en parfait état (propre, non-endommagée).
2. S'assurer que les pièces du raccord sont propres (exemptes de boue, sable, gravillon...)
3. Couper le tube perpendiculairement à son axe et à la longueur souhaitée.

4. Chanfreiner l'extrémité du tube lorsque cela est recommandé par le fabricant.

Se reporter à la notice du fabricant qui indique l'ordre et la manière de monter les pièces constituant le raccord sur le tube ainsi que les outils et contraintes à respecter pour obtenir un montage parfait.



7.4.4 Domaines d'applications

Ces raccords sont utilisés dans les domaines de l'industrie (gaignage, câblage...), de l'agriculture (irrigation), de l'arrosage et de l'adduction d'eau potable sous pression jusqu'à une PN de 16 bars.

Pour cette dernière application, ils doivent satisfaire aux exigences de l'Arrêté du 29 mai 1997, relatif aux matériaux et objets utilisés dans la distribution d'eau destinée à la consommation humaine (Attestation de Conformité Sanitaire).

Les raccords mécaniques plastiques sont testés selon des normes nationales et/ou internationales afin de démontrer leur aptitude à être utilisés dans les différents domaines cités ci-dessus.

Le fabricant doit être en mesure de fournir la liste des normes auxquelles il fait référence ainsi que les certificats de conformité obtenus.

7.5 - RACCORDS MÉCANIQUES MÉTALLIQUES

7.5.1 Principe

Ils fonctionnent selon les mêmes principes que les raccords mécaniques plastiques (voir ci-avant).

7.5.2 Équipement

Une clé dynamométrique est nécessaire au montage de ces raccords, à laquelle il convient d'adjoindre le petit outillage nécessaire à la coupe et à l'ébavurage.

Pour les couples de serrage à respecter, il convient de se reporter à la notice du fabricant de raccords.

7.5.3 Procédure

Avant montage du raccord sur le tube en PE :

- s'assurer de la propreté de la surface externe du tube ainsi que de l'absence de rayures profondes,
- effectuer une coupe perpendiculaire à l'axe du tube,
- chanfreiner ou ébavurer l'extrémité du tube selon les recommandations du fabricant,
- monter les pièces selon la notice du fabricant.

Enfin, effectuer le serrage au couple préconisé.

7.5.4 Domaines d'applications

Ils servent à assurer les raccordements entre deux tubes en PE ou à la robinetterie en place.

Ils sont essentiellement utilisés pour assembler des tubes de petits diamètres ($DN \leq 63$).

Pour les réseaux d'eau potable, ils doivent satisfaire aux exigences de l'Arrêté du 29 mai 1997, relatif aux matériaux et objets utilisés dans la distribution d'eau destinée à la consommation humaine (Attestation de Conformité Sanitaire).

7.6 - RACCORDEMENT PAR COLLETS-BRIDES

Le raccordement des réseaux PE, en particulier sur des réseaux existants (autres matériaux) ou des organes de type ventouses, bouches d'incendie ou de lavage, peut se réaliser par des collets-bridés électrosoudés, sur des tubes PE dès le diamètre 20 mm.

Ces pièces se présentent sous les formes suivantes :

- Collet PE lisse avec un manchon électrosoudable et une bride tournante.
- Ensemble antifuage comprenant : collet PE lisse avec un manchon électrosoudable, une bride tournante à profil antifuage et boulonnerie.
- Collet-bride monobloc antifuage lisse avec un manchon électrosoudable.



7.6.1 Choix des composants

Les collets :

Les collets en PE doivent être conformes à la norme EN 12201 et détenir une ACS pour les canalisations d'AEP.

Les joints :

Tous joints en élastomère rentrant en contact avec de l'eau doit répondre mécaniquement à la norme EN 681-1.

En considérant son utilisation (eau potable ou non) et les forces d'étanchéité, le choix d'un joint adapté aux canalisations en PE dépend de 3 paramètres : la forme du joint, ses dimensions et sa matière.

Le joint peut être plat ou profilé en fonction de la pression d'exploitation et du diamètre de la canalisation :

Tableau de choix des joints en fonction de la pression et du diamètre

DN	PN6	PN10	PN16
≤150	Joint plat	Joint plat	Joint profilé
>150	Joint plat	Joint profilé	Joint profilé

Le joint plat doit avoir une épaisseur minimum comme indiquée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Epaisseurs minimum des joints plats (selon DVS2210-1)

DN (mm)	Epaisseur mini (mm)
Jusqu'à 90 mm	$S \geq 2$ mm
≥ 110 mm	$S \geq 3$ mm

Les épaisseurs des joints profilés sont données par les fabricants.

Le joint peut être renforcé pour éviter sa déformation à l'usage et son aspiration. Il est recommandé de se rapprocher du fabricant de joint pour définir le joint adapté à votre application.

Les valeurs dimensionnelles des joints sont également importantes pour garantir un montage adéquat. Le choix se portera sur des joints (de préférence à oreille ou percés) centrés entre la boulonnerie, maximisant la surface de contact et possédant un diamètre intérieur ne dépassant pas +/-10mm du diamètre intérieur du collet.

La matière du joint est directement liée à la compatibilité aux fluides transportés. Pour l'AEP, les joints courants sont en EPDM de dureté 70 Shore A maximum et possédant une ACS.

La boulonnerie :

Le nombre et la dimension des boulons sont dépendants de la pression nominale et du diamètre de l'assemblage.

Le choix de la matière de la boulonnerie doit se faire en fonction des conditions de pose (milieu agressif ou non) et du cahier des charges (besoin de démonter ou non). La boulonnerie doit être conforme à la norme EN 1515.

Il conviendra d'ajuster la classe de boulonnerie aux efforts de tension nécessaire pour l'étanchéité de la jonction. Une boulonnerie trop raide ne permettra pas un serrage optimal.

Les brides :

Les plus courantes sont les brides libres qui sont conformes à la norme EN 1092-1.

Attention à leur résistance à la corrosion en fonction de l'application.

Il est possible de fabriquer des brides libres en plastique renforcé de fibres de verre ou en PVC. Une autre alternative constitue la fabrication de brides libres en plastique renforcées avec une âme acier ou fonte pour limiter leur déformation.

7.6.2 Mise en œuvre

Les plans de joint, le joint et les pas de vis des boulons doivent être propres.

L'ensemble à raccorder doit être parfaitement aligné dans l'axe de la canalisation. Les plans de joint des collets sont parallèles et en contact avec le joint.

La position du joint et des collets doit être correcte au moment du montage et ne doit pas être corrigée en jouant sur le serrage des boulons.

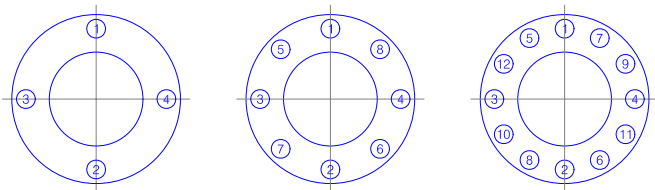
Assembler la moitié inférieure de la boulonnerie, insérer le joint entre les collets puis mettre en place la moitié supérieure des boulons. Des joints à oreilles ou percés permettent de faciliter le centrage et le montage du joint.

Serrage :

- Serrer les boulons à la main symétriquement
- Serrer en croix à la clé dynamométrique
- Effectuer plusieurs passages pour atteindre le couple requis et prescrit par le fabricant de joints.

N.B. : certains fournisseurs proposent des boulons équipés de rondelles élastiques permettant de s'affranchir de clef dynamométrique.

- Il est recommandé de contrôler et au besoin d'ajuster le serrage des boulons après mise en eau et avant la mise en pression.



Ordre de serrage des boulons recommandé suivant la méthode dite du serrage en croix

7.7 - RACCORDEMENT DES RÉSEAUX ET BRANCHEMENTS PE ÉLECTROSOUDES À DES CANALISATIONS OU ACCESSOIRES DE MATÉRIAUX DIFFÉRENTS

Les fabricants proposent à cet effet des collets-bridés (voir chapitre précédent), des pièces PE à souder avec insert en métal à visser ou à souder. Il existe également des selles électrosoudables à bossage pour montage de robinets de branchement traditionnels.

L'étanchéité entre polyéthylène et inserts métal est contrôlé en usine.





8. Maintenance-Intervention

8.1 - MAINTENANCE

Les réseaux de canalisations en PE réalisés exclusivement par soudure ne demandent aucune maintenance particulière.

8.2 - INTERVENTION

Réparation provisoire

Dans le cas d'un accident mineur, on peut, rapidement et sans précaution particulière, procéder à la pose d'un accessoire à joint (manchon, collier, ...) ce qui permet de rétablir très vite la continuité du réseau, en attendant de procéder à la réparation définitive, ultérieurement.

Après tout écrasement ou toute agression du tube PE il faut procéder, après la remise au rond du tube, à la mise en place d'une selle de renfort électrosoudable, qui assure le renforcement de la paroi.

Réparation définitive

Elle va consister à éliminer la partie du réseau qui est endommagée et à la remplacer par un élément sain.

Il existe également des raccords à joint qui permettent une réparation DEFINITIVE sans besoin de couper la conduite (dans la limite des possibilités de réparation du raccord).

a) Mise en place de raccords mécaniques

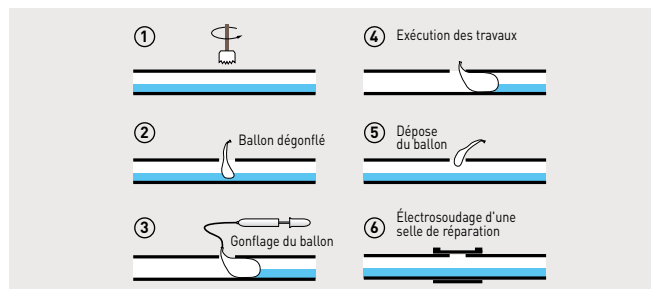
Lorsque cela est possible et exclusivement pour les canalisations de petites dimensions, il peut être installé des raccords mécaniques coulissants ($DN \leq 63$);

b) Soudure

L'opération de soudage est impossible en présence de liquide. Il est indispensable de mettre la canalisation « hors d'eau ».

Il reste ensuite à supprimer les écoulements résiduels par l'une des méthodes suivantes :

- Pose d'une prise inversée au point bas le plus proche de la réparation à effectuer pour purger la canalisation.
- Mise en place d'un ballon obturateur selon l'une des trois techniques suivantes : soit par l'utilisation d'une selle de ballonnement, soit par la mise en œuvre d'un appareillage ad hoc, soit tout simplement à travers un trou percé sur la canalisation obturée ensuite par une selle de réparation.



Arrêt de l'alimentation par ballonnement après perçage

- Utilisation d'autres moyens spécifiques.

Pour les petits diamètres, il est possible de placer, à la connexion des deux éléments de tube, un système d'étanchéité qui interdit le contact du raccord à souder avec le fluide.

S'étant ainsi affranchi de la présence de liquide au niveau de la réparation, la remise en continuité de la canalisation peut être entreprise. La plupart du temps, il sera utilisé un élément de tube en longueur droite, pour remplacer la partie détériorée. Cet élément sera raccordé à la canalisation par des raccords électrosoudables.



9. Formation des équipes de pose

La garantie d'une bonne tenue dans le temps des réseaux en PE aussi bien pour les tubes que pour les assemblages passe par le respect des règles de mise en œuvre et l'exécution organisée des procédures.

La formation des équipes de pose est indispensable.

Les différentes procédures, même si elles restent simples, doivent être acquises, respectées et reproduites par des opérateurs qualifiés par cette formation.

L'Office International de l'Eau, en partenariat avec le **Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène**, organise des modules de formation comprenant une partie théorique suivi de travaux pratiques, validés via la délivrance d'un diplôme.



Oleau - 22, rue Edouard Chamberland - 87065 Limoges cedex
Tél. : 05 55 11 47 70 - Fax : 05 55 77 71 15

Il existe aussi d'autres organismes ou écoles de formation dispensant un enseignement sur les techniques de pose des tubes et raccords en PE.

La formation peut mener, quand l'organisme de formation est agréé, à une qualification de soudeur, après contrôle des connaissances et des opérations de soudure.

La qualification des opérateurs sur machine de soudage bout-à-bout par éléments chauffants fait l'objet de formations spécifiques.



10. Essais de réception des réseaux

10.1 - ADDUCTION DE L'EAU

L'essai du réseau sous pression hydraulique intérieure est la caution finale donnée par l'entrepreneur au maître d'œuvre sur la qualité de sa prestation.

Il doit être réalisé dans les conditions prévues au C.C.T.G. (Fascicule 71 relatif aux ouvrages d'adduction d'eau), ainsi qu'aux conditions d'un éventuel cahier des clauses techniques particulières du contrat.

La présence du maître d'œuvre ou d'une personne habilitée à signer le procès-verbal est indispensable.

Les épreuves consistent en des mises en pression destinées à contrôler l'étanchéité des conduites. Compte-tenu du module d'élasticité et du coefficient de dilatation du Polyéthylène, il est parfois difficile de maintenir dans le temps une pression constante à l'intérieur de la canalisation.

A cette fin, le Fascicule 71 comporte une méthode spécifique au Polyéthylène qui est présentée ci-après.

Facteurs à prendre en compte pour la réalisation des essais

Les poches d'air résiduelles se dissolvent dans l'eau de façon réversible pendant l'épreuve, et amènent une chute de pression.

Comme dans toute conduite, il faut donc effectuer lentement le remplissage de la conduite, par les points bas du réseau, en ne dépassant pas un débit de l'ordre de 0,1 litre/seconde pour un DN < 90, ou de 0,5 litre/seconde entre DN 90 et 160, ou 2 litres/seconde à partir de DN 200.

Dans ces conditions, il ne se forme que peu de poches d'air, et la purge aux points hauts, indispensable avant toute mise en pression, en est grandement facilitée.

Il convient de réaliser l'épreuve officielle après la pointe diurne de température, et d'éviter les essais nocturnes : en effet, dans le cas d'un tronçon incomplètement remblayé, ou posé en aérien, si la température ambiante s'élève notablement entre le début et la fin des essais, le tube se dilate davantage que l'eau et la pression peut chuter, d'environ 0,5 à 1 bar pour une variation de 10°C.

Sous l'effet de la pression intérieure, la canalisation en Polyéthylène « gonfle » légèrement, avec une augmentation de diamètre qui peut atteindre 1,5 à 2 % après quelques heures.

Il est donc nécessaire de la mettre en pression préalablement à l'épreuve officielle, pour éviter que ce phénomène normal n'amène à une erreur de jugement.

Il est recommandé de ne pas tester des tronçons de longueur supérieure à 500 m en terrain plat. Dans le cas de réseaux présentant une dénivelée importante, il faudra tester le réseau par tronçons déterminés, de façon à ce que la pression au point le plus bas de chaque tronçon ne soit pas supérieure à la PN du composant. Afin que cette procédure d'essai soit représentative, il est nécessaire que la pression de 2^{ème} phase soit au moins de 1 bar au point haut du tronçon.

Essais selon le fascicule 71

Le Fascicule 71, édition 2003, prévoit des conditions spécifiques d'essai pour les tubes en PE.

Il s'agit d'un essai simple et bref au cours duquel on provoque une contrainte dans le tube en Polyéthylène en le maintenant à la pression d'épreuve pendant 30 minutes.

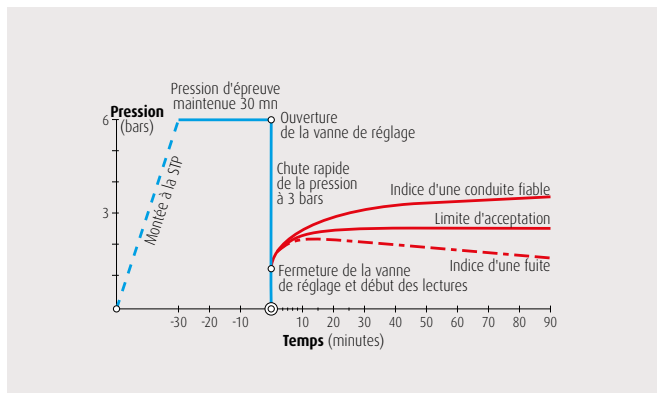
L'ouverture de la vanne de réglage réduit la pression à une valeur spécifiée, puis la vanne est refermée. Une remontée ultérieure de pression dans la conduite démontre l'absence de fuite.

Cet essai simple par « tout ou rien » est représentatif, à condition que le tronçon ait été bien purgé d'air.

Les épreuves sont réalisées comme suit :

- Appliquer une pression d'épreuve (STP) (*) égale selon le Fascicule 71 à la pression maximale de calcul (MDP) (*) de la conduite, et au moins égale à 6 bars, et la maintenir 30 minutes en pompant pour l'ajuster.
- Ramener la pression à 3 bars à l'aide de la vanne de purge. Fermer la vanne pour isoler le tronçon à essayer.
- Enregistrer ou noter les valeurs de la pression aux temps suivants :
 - entre 0 et 10 minutes :
1 lecture toutes les 2 minutes (5 mesures)
 - entre 10 et 30 minutes :
1 lecture toutes les 5 minutes (4 mesures)
 - entre 30 et 90 minutes :
1 lecture toutes les 10 minutes (6 mesures)

Les valeurs successivement enregistrées doivent être croissantes puis éventuellement stables, en raison de la réponse visco-élastique du Polyéthylène (voir graphique ci-dessous).



On obtient normalement une bonne indication en 90 minutes. Si durant cette période la pression diminue, c'est le signe d'une fuite sur le tronçon : vérifier en priorité tous les assemblages mécaniques avant d'inspecter les soudures.

Toute anomalie constatée doit être rectifiée et l'épreuve recommencée.

(*) Rappel : voir chapitre 3.1 pour les notions de PMA, PFA et PEA caractérisant les composants d'une part et DP, MDP, et STP caractérisant le réseau d'autre part.

10.2 - FLUIDES GAZEUX

Les réseaux de distribution de gaz en PE sont soumis à des essais de résistance mécanique et d'étanchéité adaptés à la pression de service.

Il s'agit d'essais réalisés en air, pour lesquels des précautions, selon la pression, peuvent être prises afin d'assurer la protection des personnes et des biens.

Pour une bonne interprétation des résultats, le PE possédant un coefficient de dilatation thermique élevé, il est nécessaire de veiller à ce que l'ouvrage soit le moins possible soumis à des variations importantes de température (en particulier à cause du soleil), afin que sa température, au moment de chaque mesure de pression d'essai, soit sensiblement identique.

Appareils de mesure

Le niveau de pression doit être vérifié par l'utilisation d'un manomètre de classe minimale 0,6 avec un domaine de mesure maximal de 1,5 fois la pression d'essai.

Essai de résistance mécanique

On effectue un essai à l'air, à 1,5 fois la pression de service, durant 2 heures, en vérifiant la tenue au manomètre métallique selon la procédure suivante :

- L'ouvrage est entièrement remblayé à l'exception des raccords électrosoudables (manchons) qui seront testés au produit moussant à l'issue de l'essai.
- La mise en pression d'air de l'ouvrage est réalisée à l'aide d'un compresseur de chantier à air sec.
- Une fois la pression d'air stabilisée à 1,5 fois la pression de service dans l'ouvrage, celui-ci est isolé du compresseur, maintenu en l'état pendant 2 heures, et la tenue en pression vérifiée au manomètre métallique.
- A l'issue des 2 heures, les opérateurs vérifient l'étanchéité de tous les assemblages à l'aide d'un produit moussant.

Après l'essai, les surfaces badigeonnées au produit moussant sont rincées à l'eau claire.

Essai d'étanchéité

On effectue un essai à l'air, à une pression comprise entre 0,5 et 1 bar, pendant au moins 48 heures.

Les seules tolérances admises sont celles résultant de l'imprécision des mesures. L'erreur maximale admise pour la pression de l'air est le millimètre de mercure.

L'inertie thermique du matériau rend inutile la correction de température.

Les mesures sont faites, en principe, le matin ; elles sont toutes faites avec les mêmes appareils aux mêmes emplacements au début et à la fin de l'essai.

L'essai est déclaré satisfaisant si la différence des pressions absolues (pression d'essai + pression barométrique) relevées dans la conduite au début et à la fin de l'essai est inférieure à 13 mbars.

Procès-verbal

Il est dressé un procès-verbal des essais.

Cas particulier

Dans le cas particulier où les conditions locales ne permettent pas d'exécuter l'ensemble des essais dans les conditions indiquées ci-dessus, on doit au moins procéder à un essai en gaz à la pression de service avec contrôle de l'étanchéité des assemblages à l'aide d'un produit moussant.





MARQUE DE QUALITÉ

MARQUE NF 114 - RÈGLEMENT PARTICULIER

Tubes en polyéthylène pour réseaux de distribution de gaz combustibles, réseaux de distribution d'eau potable, irrigation, industrie, eau non potable et assainissement sous pression, confinement de transport d'électricité.

MARQUE NF 136 - RÈGLEMENT PARTICULIER

Accessoires pour réseau en polyéthylène de distribution de combustibles gazeux, d'eau potable, d'irrigation, d'assainissement avec pression et d'applications industrielles.

ORGANISME CERTIFICATEUR : AFNOR

(Association Française de Normalisation)

11, avenue Francis de Pressensé

93571 Saint-Denis la Plaine CEDEX

Tél. : 01 41 62 80 00

Fax : 01 49 17 90 00

MARQUE DE QUALITÉ

ORGANISMES MANDATÉS PAR L'AFNOR :

LNE (Laboratoire National de métrologie et d'Essais)

1, rue Gaston Boissier

75724 Paris cedex 15

Tél. : 01 40 43 37 00

Fax : 01 40 43 37 37

CERTIGAZ

8, rue de l'Hôtel de Ville

92522 Neuilly sur Seine

NORMES TUBES

NF EN 1555

Système de canalisation plastique pour la distribution de combustibles gazeux – Polyéthylène (PE).

NF EN 12201

Systèmes de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau – Polyéthylène (PE).

NF T 54-965

Système de canalisations plastiques pour la distribution de combustibles gazeux - Polyéthylène.

Spécifications pour le conditionnement, le stockage, la manutention et le transport des tubes.

NF T 54-951

Systèmes de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau destinée à la consommation humaine -

Tubes en polyéthylène (PE 80 et PE 100) -

Propriétés organoleptiques des tubes et des compositions -
Conditionnement, stockage, manutention et transport des tubes.

NORMES RACCORDS

ISO 17885

Systèmes de canalisations plastiques - raccords mécaniques pour les systèmes de canalisations sous pression - spécifications A.

NF EN 1555

Système de canalisation plastique pour la distribution de combustibles gazeux – Polyéthylène (PE).

NF EN 12201

Systèmes de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau – Polyéthylène (PE).

RÉSISTANCE CHIMIQUE

NF T 54-070

Tubes et raccords en PE haute densité - résistance chimique vis-à-vis des fluides à véhiculer.

ISO/TR 10358

Tableau de classification de la résistance chimique des tubes et raccords plastiques.

MISE EN ŒUVRE

FASCICULE 71

Marché publics de travaux. Fournitures et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau.

DTU 60.1 NF P60.1

Travaux de bâtiment, plomberie sanitaire pour bâtiments

DTU 61-1 (ANNEXE 3)

(référence AFNOR NF P 45 204) Installation de gaz

DTU 65-10 (RÉFÉRENCE AFNOR NF P 52-305)

Canalisations PE bâtiment § 2,34

DIVERS

Plastics pipes for water supply and sewage disposal par Lars - Eric Janson
Document DVS traduit par l'Institut de soudure.



Remerciements

ATTENTION, LES INFORMATIONS CONTENUES DANS CE DOCUMENT RESTENT LA PROPRIÉTÉ DU SYNDICAT. LA DIFFUSION OU LA REPRODUCTION SONT STRICTEMENT INTERDITES SAUF ACCORD PRÉALABLE DU STRPEPP.

“ Cet ouvrage « conseils de pose », qui traite à la fois des caractéristiques des tubes et raccords en Polyéthylène ainsi que de leur mise en œuvre, est le résultat d'un travail collectif entre représentants de la profession. ”



www.strpepp.org



11 bis, rue de Milan – 75009 PARIS - FRANCE
Téléphone : 33 (0)1 53 32 79 79 – Télécopieur : 33 (0)1 53 32 79 70
e-mail : contact@syplast.org
www.strpepp.org