

**VKR**

Association tubes et raccords en matières plastiques

Utilisation de systèmes de tubes en matières plastiques  
**Conduites pression enterrées en polyéthylènes  
PE80 et PE100**

Guide et directives de pose

**VKR**  
**RL 02**  
08-f

Application de systèmes de tubes en matières plastiques

# Conduites pression enterrées en polyéthylènes PE80 et PE100

Guide et directives



Editeur et copyright :  
Association tubes et raccords en matières plastiques  
CH-5000 Aarau, Suisse  
[www.vkr.ch](http://www.vkr.ch)



 <p><b>VKR</b> Association tubes et rac- cords en matières plastiques</p>	<p>Utilisation de systèmes de tubes en matières plastiques <b>Conduites pression enterrées en polyéthylènes PE80 et PE100</b> Guide et directives de pose</p>	<p><b>VKR</b> <b>RL 02</b> 08-f</p>
--	---	---

Application de systèmes de tubes en matières plastiques

# **Conduites pression enterrées en polyéthylènes PE80 et PE100**

Guide et directives

Ce guide et ces directives de pose de conduites pression enterrées en polyéthylènes PE80 et PE100 ont été mis au point par un groupe de travail de l'Association tubes et raccords en matières plastiques, VKR, pour la première fois en 1997. Pour la mise sous presse de cette quatrième édition, un groupe de travail a été mis sur pied, avec les personnes suivantes :

- Christophe Keller, JANSEN SA, 9463 Oberriet
- Walter Künnecke, Plastconsult, 4102 Binningen
- Peter Mayer, HAKA GERODUR SA, 8717 Benken
- Ernst Nyffenegger, Georg Fischer Rohrleitungssys. AG, 8201 Schaffhouse
- Peter Stauffer, VKR, 5000 Aarau

La première édition de cette publication (VKR RL 02-97f) a fait l'objet d'une consultation auprès de l'ensemble des membres de la VKR avant d'être approuvée par son comité de direction. Dans la deuxième édition (VKR RL 02-99f), un certain nombre de points de la première édition ont été précisés, des fautes d'orthographe éliminées et les données actualisées. Dans la troisième édition (VKR RL 02-03f), le contenu a été mis à jour et la façon d'écrire les formules adaptée. La quatrième édition a pris en compte les modifications de l'Ordonnance du 29 juin 2005 sur la sécurité et la protection de la santé des travailleurs dans les travaux de construction (OTConst) ainsi que le complément à la directive SSIGE W4 (édition 2007) concernant les tests sous pression.

**Membres de la VKR qui offrent des tubes et raccords en PE80 et PE100 certifiés conformes par la SSIGE:**

(Source : Liste des certifications de la SSIGE, janvier 2006)

- Georg Fischer Rohrleitungssysteme AG, 8201 Schaffhouse
- Glynwed SA, 8212 Neuhausen am Rheinflall 2
- HAKA GERODUR SA, 8717 Benken
- Hawle Armaturen AG, 8370 Sirnach
- InterApp AG, 6343 Rotkreuz
- JANSEN AG, 9463 Oberriet
- Plastag SA, 1312 Eclépens
- Polyex AG, 9545 Wängi
- Streng Plastic AG, 8155 Niederhasli/Zurich

## **Abréviations**

$d_{em}$	diamètre extérieur moyen
$d_i$	diamètre intérieur moyen
$d_n$	diamètre nominal extérieur
$e_n$	épaisseur de paroi nominale
Electrosuisse	Association pour l'électro-technique, les technologies de l'énergie et de l'information, Fehraltorf
MPa	mégapascal (1 MPa = 1N/mm <sup>2</sup> )
PE	polyéthylène
SSIGE	Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux, Zurich

D'autres abréviations sont expliquées dans les paragraphes respectifs.

# 0 Contenu

	Page
<b>1. But</b>	<b>5</b>
<b>2. Domaine d'application</b>	<b>5</b>
<b>3. Références et documentations annexes</b>	<b>5</b>
<b>4. Général</b>	<b>5</b>
4.1 Normes, Directives et Ordonnances	5
4.2 Assurance de qualité et approbation	6
4.3 Aspects écologiques	6
4.4 Ordonnances des ECA sur les subventions	6
4.5 Garantie	6
<b>5. Données pour l'établissement de projets</b>	<b>8</b>
5.1 Le polyéthylène comme matière première des tubes	8
5.2 Propriétés de la matière	9
5.2.1 Propriétés physiques	
5.2.2 Résistance à la pression intérieure	
5.2.3 Comportement face aux agents chimiques	
5.2.4 Caractéristiques physiologiques et toxicologiques	
5.2.5 Diffusion	
5.2.6 Abrasion	
5.2.7 Comportement en cas de gel	
5.3 Classification des tubes et raccords	11
5.3.1 Classification	
5.3.2 Séries de tubes	
5.3.3 Catégories de pression	
5.4 Calcul statique	14
5.5 Charge due à une surpression intérieure	15
5.5.1 Eau	
5.5.2 Gaz	
5.6 Charge due à une dépression intérieure (surpression extérieure)	16
5.7 Caractéristiques hydrauliques et calcul de la perte de pression	16
5.8 Calcul de la perte de pression dans les conduites de gaz	18
5.9 Modifications longitudinales	20
5.9.1 Sous l'influence de changements de température	
5.9.2 Sous l'influence d'une pression intérieure	
5.10 Forces entre le tube et la fixation	21
5.10.1 Conditionnées par la pression intérieure	
5.10.2 Conditionnées par des changements de température	
5.11 Mise à la terre	23
5.12 Localisation	23
5.13 Mesurage et établissement de plans	23
<b>6. Directives de pose</b>	<b>24</b>
6.1 Transport et entreposage	24
6.2 La fouille du tube	25
6.2.1 Aménagement et forme	
6.2.2 Fond de la fouille (d'après EN: lit du tube)	
6.2.3 Remplissage de la fouille	

6.3	Types de pose sans fouilles	27
6.4	Changements de direction et courbes	27
	6.4.1 Avec des pièces moulées	
	6.4.2 Par cintrage du tube	
6.5	Joints	29
	6.5.1 Aperçu général	
	6.5.2 Soudage	
	6.5.3 L'assemblage par serrage	
	6.5.4 Les raccords à manchons à emboîter	
	6.5.5 Brides	
6.6	Jonctions et transitions	37
	6.6.1 Transitions sur des tubes fabriqués avec d'autres matières	
	6.6.2 Assemblages d'armatures	
	6.6.3 Jonction des conduites principales	
	6.6.4 Raccords à des maisons et passage dans des murs	
6.7	Fixation du tube et appuis	40
	6.7.1 Lors de modifications de direction, de courbes et de dérivations	
	6.7.2 Avec des armatures	
	6.7.3 En pente	
6.8	Assurance de qualité et contrôle	41
	6.8.1 Exigences à l'égard du personnel de pose	
	6.8.2 Système de gestion de la qualité	
	6.8.3 Test d'étanchéité (test sous pression)	
	6.8.4 Test des soudures	
	6.8.5 Documentation	
6.9	Entretien	44
	6.9.1 Nettoyage	
	6.9.2 Réparations	
	6.9.3 Interventions postérieures	
6.10	Récupération	45
6.11	Sécurité	45
	6.11.1 Protection contre les décharges par des appareils électriques	
	6.11.2 Sécurité dans la fouille	
	Annexe 1 : Dimensions des tubes	47
	Annexe 2 : Liste des normes, directives et ordonnances	49
	Annexe 3 : Test de la pression intérieure de conduites d'eau en PE80 et PE100	52
	Annexe 4 : Forces de traction longitudinale admissible pour tubes en PE 80 et PE 100	55

# 1 But

Ces directives ont pour but de transmettre aux constructeurs, aux planificateurs et aux utilisateurs les informations nécessaires pour qu'ils puissent choisir le système de tubes le plus approprié. Elles décrivent également les conditions essentielles à la planification de même que les règles générales de pose.

*Ces directives donnent des informations techniques sur la base des connaissances actuelles. Elles sont émises sans garantie et ne dispensent pas les acheteurs et les transformateurs de prendre toutes les mesures de prudence nécessaires et de respecter les normes, les directives et les ordonnances officielles.*

*Pour les informations qui se rapportent à un produit, en particulier pour celles qui portent sur la transformation et la pose, ce sont les données du fabricant qui priment.*

## 2. Domaine d'application

Les présentes directives se réfèrent aux tubes enterrés en polyéthylènes PE80 et PE100, en particulier les conduites d'approvisionnement en gaz et en eau. Elles complètent en ce sens les directives SSIGE-W4 et SSIGE-G2.

## 3. Références et documentations annexes

La liste des documents et annexes auxquels les directives se réfèrent se trouve dans l'Annexe 2.

## 4. Général

### 4.1 Normes, Directives et Ordonnances

Les normes, directives et ordonnances ci-dessous priment les directives ici données :

- L'ensemble des décrets, ordonnances, et directives applicables de la Confédération, des cantons et des communes.
- Les ordonnances de la SUVA sur la prévention des accidents et la sécurité au travail.
- Les directives, normes et instructions d'Electrosuisse concernant les installations électriques.
- Les directives SSIGE-W4
- Les directives SSIGE-G2
- Les instructions spécifiques à un produit données par le fabricant.

Une liste complète de toutes les normes, prescriptions et directives se trouve dans l'Annexe 2.

## **4.2 Assurance de qualité et approbation**

L'assurance de qualité des tubes et raccords est basée sur les éléments suivants :

- Maîtrise de la transformation et contrôles chez le fabricant. L'étendue minimale des tests est fixée par la directive SSIGE-GW/TPG-TPW 101.
- Les matières utilisées sont approuvées par la SSIGE.
- Certains fabricants ont un système de qualité selon SN-EN-ISO 9001.
- Les produits certifiés par la SSIGE sont régulièrement vérifiés par un institut de contrôle indépendant. L'étendue des tests ainsi que les exigences à remplir sont définies dans la directive SSIGE-GW/TPG-TPW 101.

Des règles à caractère obligatoire régissent l'utilisation exclusive de tubes et raccords portant la marque de certification SSIGE pour l'approvisionnement en gaz et en eau potable.

Le numéro d'approbation de la SSIGE est inscrit sur les pièces.

## **4.3 Aspects écologiques**

Les tubes et raccords en matières plastiques demandent moins d'énergie pour leur production, leur transport et leur pose que d'autres matières.

Les éventuels bouts de tubes qui restent après transformation et pose peuvent être repris par le producteur ou par des entreprises spécialisées de recyclage et retraités. Ils servent alors à fabriquer de nouveaux tubes, qui pourront être utilisés pour d'autres applications.

De plus, la combustion facile du polyéthylène permet d'utiliser la teneur élevée d'énergie du polyéthylène des tubes, même fortement encrassés.

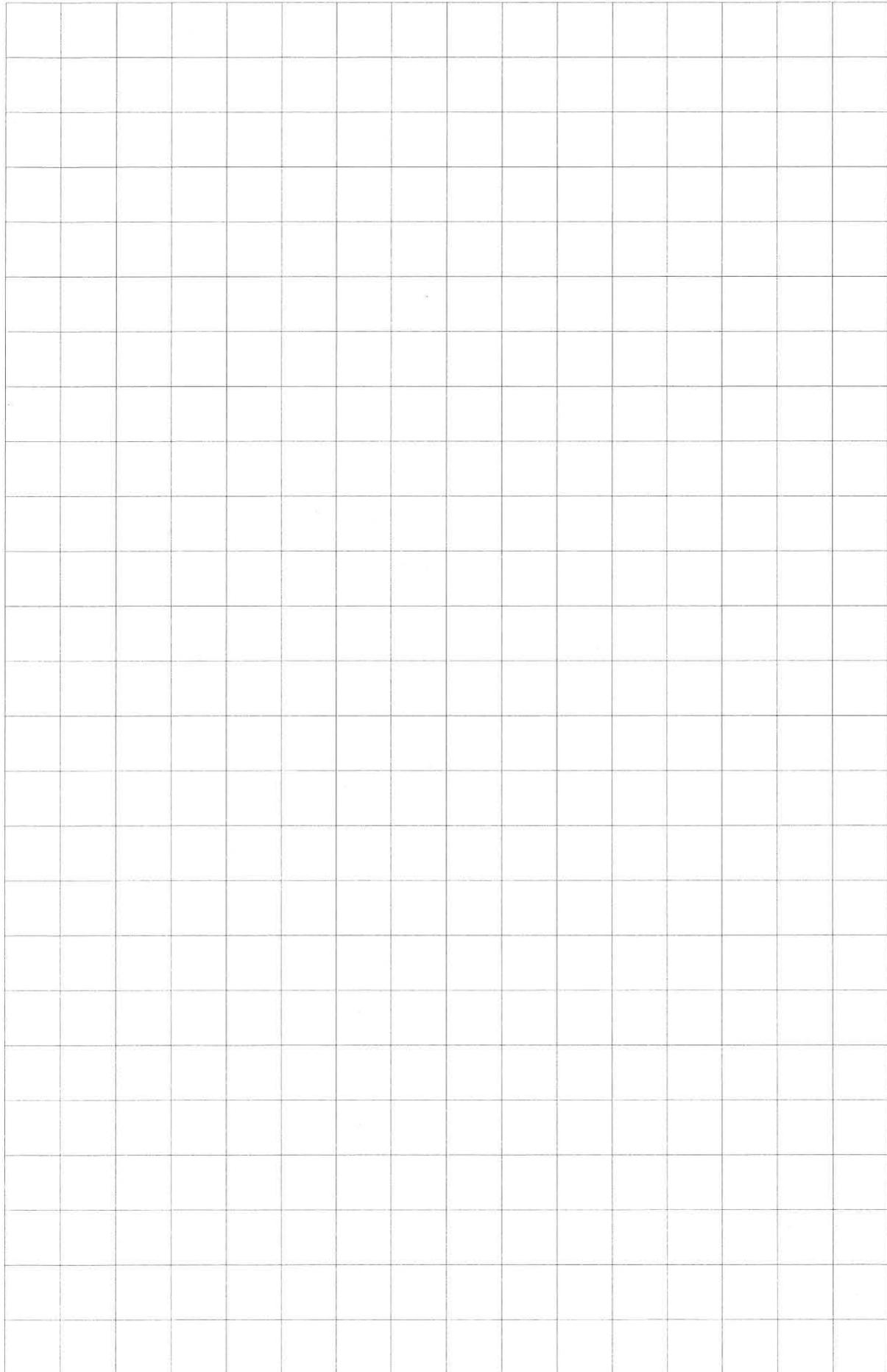
L'entreposage et la pose de tubes et raccords en polyéthylène ne pose aucun problème, même dans des zones protégées.

## **4.4 Ordonnances de l'ECA sur les subventions**

Les assurances immobilières (ECA) subventionnent les conduites d'eau en matières plastiques qui peuvent servir à l'extinction d'incendies. Des informations sur les conditions exactes de ces subventions peuvent être obtenues auprès de l'assurance immobilière responsable.

## **4.5 Garantie**

Les fabricants sont responsables, dans le cadre du droit des obligations et des dispositions de fourniture et de garantie propres à chaque entreprise. Des informations plus précises peuvent être obtenues auprès des fabricants.



## 5. Données pour l'établissement de projets

### 5.1 Le polyéthylène comme matière première des tubes

Le polyéthylène (PE) est un thermoplastique de la famille des polyoléfines. Les polyéthylènes généralement utilisés pour la production de conduites sont proposés sous diverses dénominations :

<i>D'après le procédé de fabrication</i>	Polyéthylène basse pression	Polyéthylène haute pression
<i>D'après la densité (p. ex. DIN)</i>	Polyéthylène haute densité (PE-HD)	Polyéthylène basse densité (PE-LD)
	Polyéthylène moyenne densité (PE-MD)	
<i>D'après la dureté (p. ex. SIA)</i>	Polyéthylène rigide (PE-dur) (HPE)	Polyéthylène souple (PE-souple) (WPE)
<i>D'après la résistance (p. ex. SN-EN)</i>	PE80, PE100 1)	PE40 1)

DIN	Norme de l'industrie allemande
SN	Norme suisse
SIA	Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes
SN-EN	Norme européenne intégrée dans les dispositifs de normes suisses

1) Dénomination habituelle aujourd'hui. Correspond à la classification ISO 1262. Voir aussi le paragraphe 5.3.1.

Les polyéthylènes PE80 et PE100 se caractérisent par :

- une forte ténacité et un fort allongement à la rupture
- une très bonne résistance chimique
- une forte résistance à la formation de fissures sous tension
- une production et une transformation faciles et en particulier une soudabilité idéale.

## 5.2 Propriétés de la matière

### 5.2.1 Propriétés physiques

Caractéristiques typiques des deux polyéthylènes PE80 et PE100. Les valeurs données ici peuvent varier selon le type de la matière (valeurs indicatives).

Propriétés	Unité	PE80	PE100
Densité à 23°C	g/cm	0,93...0,96	0,95...0,97
Indice de fluidité MFI 190/5	g/10 min	0,4...1,4	0,2...0,55
Elongation	MPa	18...22	22...25
Module d'élasticité (traction)	MPa	650...1000	1000...1400
Module de fluage-traction (1 h)	MPa	300...500	500...550
Module de fluage-traction (1000 h)	MPa	190...280	250...300
Résistance minimale nécessaire, MRS (résistance à la pression intérieure, 20°C, 50 ans)	MPa	min. 8	min. 10

### 5.2.2 Résistance à la pression intérieure

Le comportement dans le temps, sous pression intérieure, des matières plastiques est certainement leur caractéristique la plus importante. Il s'agit là de la prévision de la durée de vie d'un tube ou raccord sous pression intérieure. La pression crée un état de tension dans la paroi du tube. La résistance correspondante se calcule à partir de la pression intérieure et des dimensions du tube, c'est-à-dire à partir du diamètre moyen et de l'épaisseur de la paroi. Mais la résistance à la pression dépend de plus de la température et du corps à l'intérieur du tube.

On se réfère généralement, pour établir les limites d'utilisation, à la résistance à la pression d'un tube utilisé pendant 50 ans à 20°C et à travers lequel a transité de l'eau. Pour les différents domaines d'application, on tient compte d'un coefficient global d'exploitation (facteur de sécurité).

Les calculs et les expériences faits pendant les cinquante dernières années démontrent qu'une durée d'utilisation d'au moins cent ans est assurée.

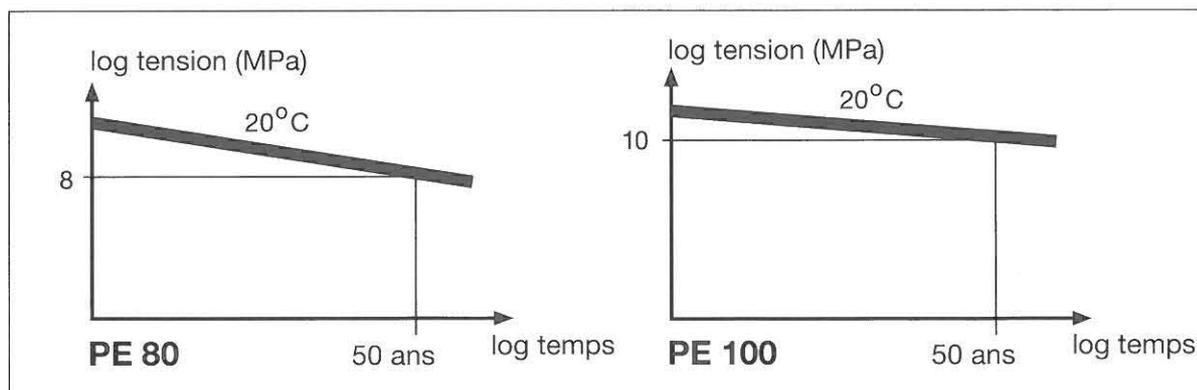


Fig. 5.1 Courbes typiques de résistance pour PE80 et PE100 à 20°C

### 5.2.3 Comportement face aux agents chimiques

Les polyéthylènes PE80 et PE100 font preuve d'une résistance exceptionnelle face aux agents chimiques et autres agents des sortes et compositions les plus diverses. Ainsi, le polyéthylène est capable de résister à des solutions aqueuses et à des sels, à des acides dilués et à des détergents. A la température de 20°C, le polyéthylène ne se dissout dans pratiquement aucun solvant. Les conduites en polyéthylène résistent aux influences chimiques de n'importe quel sol. Elles ne s'altèrent pas sous les agressions des bactéries et ne connaissent pas les phénomènes électrochimiques qui corrodent les conduites métalliques.

Les listes exhaustives de résistance (ISO/TR 10358) montrent l'aptitude des conduites en polyéthylène à être employées dans les domaines les plus divers. La résistance aux aromates contenus dans le gaz naturel (tetrahydrothiophène, adjuvants du gaz, condensats) a été largement prouvée par des essais en laboratoire et l'expérience pratique. L'eau potable, traitée par des composés de chlore ou à l'ozone, peut, du fait de sa faible concentration, être transportée sans problèmes dans des conduites en polyéthylène. En cas de concentrations plus élevées, l'aptitude de telles conduites à l'utilisation est à étudier au cas par cas.

Des informations supplémentaires sur la résistance face aux matières chimiques peuvent être obtenues auprès des producteurs de tubes et raccords.

### 5.2.4 Caractéristiques physiologiques et toxicologiques

L'aptitude des tubes utilisés à transporter de l'eau potable (resp. de la matière employée) est confirmée par l'Office fédéral de la santé publique (OFSP). L'admission des matières premières par la SSIGE comprend cette exigence.

Les conduites en polyéthylène peuvent être utilisées pour transporter de l'eau dans toutes les sortes de sols. Cependant, lorsque les sols sont fortement contaminés, il faut juger au cas par cas de l'aptitude de ces conduites à être employées.

### 5.2.5 Diffusion

Les pertes de gaz par diffusion sont, dans les tubes et raccords en PE80 et PE100, insignifiantes; en effet, étant donné l'épaisseur relativement importante des parois, de telles pertes sont extrêmement réduites. De plus, comme les conduites de gaz en polyéthylène sont jointes exclusivement par soudage, des fuites aux joints ne sont pas possibles.

La diffusion de gaz naturel peut être calculée par la formule suivante :

$$V = P \frac{\pi \cdot d_n \cdot L \cdot p \cdot t}{e_n}$$

V volumes de gaz diffusés en cm<sup>3</sup> (NTP)  
 P coefficient de diffusion en cm<sup>3</sup> (NTP)/m · bar · jour (pour les gaz naturels et les tubes en PE80 et PE100: 0,056 cm<sup>3</sup>/m · bar · jour)  
 d<sub>n</sub> diamètre extérieur du tube en mm  
 L longueur de la conduite en m  
 P pression partielle du gaz à l'intérieur du tuyau en bar  
 t temps en jours  
 e<sub>n</sub> épaisseur de paroi du tube en mm  
 (NTP) volumes par rapport à la température normale (23°C) et à la pression normale (1 bar).

Cependant, en réalité la perte est toujours moins élevée que la valeur obtenue par la formule donnée ci-dessus ; en effet, la température de la paroi d'un tuyau est en moyenne d'environ 10°C alors que la température servant à calculer les coefficients de diffusion est de 20°C.

### 5.2.6 Abrasion

Lors du transport de sable ou de matières solides similaires, le taux d'abrasion des tubes en polyéthylène est beaucoup moins élevé que celui des tubes fabriqués à partir de matières traditionnelles. Ainsi par exemple, l'abrasion des tubes en polyéthylène est environ 6 fois moins élevée que celle des tubes en acier. De plus, même comparé à celui d'autres matières plastiques, le taux d'abrasion des tubes en polyéthylène est le plus bas.

Ainsi, l'emploi de tubes et raccords en PE80 ou PE100 pour le transport de l'eau, dans lesquels on peut s'attendre à trouver des particules de sable ou de quartz, ne pose aucun problème.

### 5.2.7 Comportement en cas de gel

Les tubes en polyéthylène ne sont en général pas endommagés par les augmentations de volume engendrées par le gel de l'eau. Cependant des pièces moulées ou en métal peuvent être endommagées. La conduite doit donc toujours être protégée du gel.

## 5.3 Classification des tubes et raccords

### 5.3.1 Classification

Afin de tenir compte des niveaux de performance différents de résistance à la pression à long terme selon les matières plastiques, on a créé le système de classification des tubes d'après la norme ISO 12162. Point de départ de cette classification, l'établissement de courbes de régression et leur évaluation (extrapolation) conformément à la norme ISO TR 9080. Par l'évaluation mathématique des différentes courbes, on obtient :

- la résistance à la pression à long terme LTHS («Long term hydrostatic strength»)
- la limite inférieure de confiance de 97,5% LCL («Lower confidence limit»)

Cette valeur LCL est ramenée au chiffre normalisé inférieur le plus proche.

Le résultat est

- la résistance minimale nécessaire MRS («Minimum required strength»).

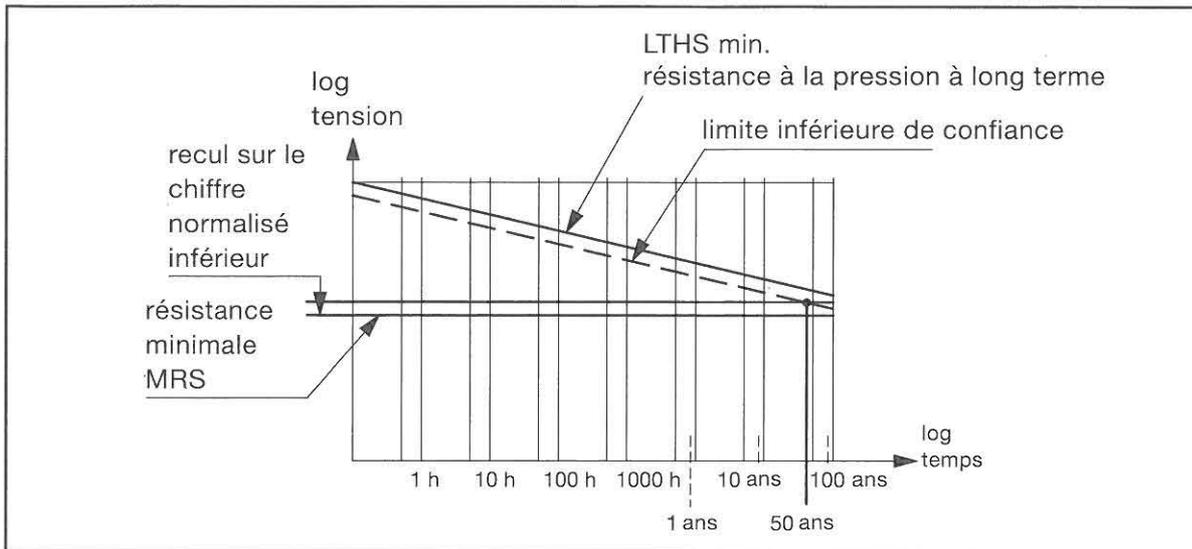


Fig. 5.2 Résistance minimale nécessaire

On classe généralement les conduites en polyéthylène des deux manières suivantes :

MRS	Classe
min. 10 MPa	PE100
min. 8 MPa	PE80

Le calcul de la tension de service admissible  $\sigma_s$  se fait par la formule suivante :

$$\sigma_s = \frac{\text{MRS}}{C}$$

C étant le coefficient total de fonctionnement. Dans les normes européennes, les valeurs minimales de C pour les tubes et raccords en PE80 et PE100 sont déterminées de la manière suivante :

Utilisation	C <sub>min</sub>
Eau	1,25
Gaz	2,0

Ces valeurs sont valables pour des conditions de pose et de service « normales ». L'ingénieur, lorsqu'il établit ses plans, doit tenir compte des conditions propres à son projet pour établir la valeur C.

### 5.3.2 Séries de tubes

Les tubes en matériaux thermoplastiques sont répartis en séries de tubes en fonction de leurs dimensions (diamètre extérieur et épaisseur des parois), conformément à la norme ISO 4065. Les tubes qui font partie d'une même série ont le même rapport entre le diamètre extérieur et l'épaisseur de paroi. Ces tubes peuvent, à condition d'appartenir à la même série et d'être fabriqués à partir d'une même matière première, être soumis aux mêmes contraintes. Ceci est valable pour les raccords également.

La série de tubes S est définie par la formule :

$$S = \frac{d_n - e_n}{2 \cdot e_n}$$

S            Nombre de la série de tubes  
 d<sub>n</sub>        Diamètre extérieur nominal  
 e<sub>n</sub>        Epaisseur de paroi nominale

Pour les conduites d'approvisionnement en gaz et en eau (en PE80 et PE100), on emploie principalement des tubes et raccords appartenant aux séries S8/SDR17, S5/SDR11 et S3,2/SDR7,4 (voir aussi à ce sujet les paragraphes 5.3.3 et 5.5).

Dans les normes européennes, on trouve également, la désignation « SDR » (« Standard dimension ratio ») pour désigner les séries de tubes. La valeur du SDR se calcule par la formule suivante :

$$SDR = \frac{d_n}{e_n}$$

et la relation entre «S» et «SDR» est donnée par l'équation :

$$S = \frac{SDR - 1}{2} \quad \text{respectivement} \quad SDR = 2 \cdot S + 1$$

Les valeurs les plus courantes sont donc:

Série de tubes	S8	S5	S3,2
SDR	17	11	7,4

### 5.3.3 Catégories de pression

Pour les conduites d'eau, on parle normalement, de «pression nominale» (PN). On exprime par là, pour les conduites en plastique, la pression de service maximale, à une température de 20°C et une durée de vie calculée d'au minimum 50 ans.

Le rapport entre les dimensions du tube, la tension admise calculée et la pression de service admise est exprimé dans l'équation suivante :

$$P = \frac{10 \cdot \sigma_s}{S}$$

P pression de service autorisée en bar  
 $\sigma_s$  tension calculée en MPa (mégapascal)  
S numéro de la série de tubes

Pour une température de 20°C et une tension extrapolée sur 50 ans, la pression de service admise (P) correspond à la pression nominale (PN). Pour l'adduction d'eau on utilise en général les tubes PN10, PN12,5 et PN16.

Le calcul de l'épaisseur de la paroi se fait par l'équation suivante :

$$e_n = \frac{d_n}{2 (10 \cdot \sigma_s / P) + 1}$$

$e_n$  épaisseur de paroi nominale en mm  
 $d_n$  diamètre nominal extérieur en mm  
 $\sigma_s$  calcul de tension en MPa (mégapascal)  
P pression de service admise en bar

***La pression nominale (PN) exprime le rapport entre le diamètre extérieur et l'épaisseur de la paroi de même que la résistance de la matière utilisée. C'est-à-dire que l'indication de la pression nominale n'est pas à elle seule suffisante pour identifier de manière précise un tube ou un raccord.***

#### 5.4 Calcul statique

Normalement, aucun problème statique ne se pose lorsque les tubes sous pression en PE80 et PE100 sont posés à profondeur normale dans le sol, voir sous des routes. Du fait de l'épaisseur relativement importante des parois (séries de tubes S5/SDR11 et S8/SDR17), l'aptitude à l'emploi est donnée, à condition d'avoir rempli et densifié la tranchée correctement (voir paragraphe 6.2.3, page 26).

Dans les cas spéciaux (pose du tube à faible profondeur, lourde charge du sol, etc.) le calcul de la statique du tube se fait conformément à la directive VKR-RL 03 ou à la norme SIA 190.

## 5.5 Charge due à une surpression intérieure

### 5.5.1 Eau

A une température maximale de 20°C et une durée calculée de 50 ans, les pressions maximales de service PMS pour les conduites d'eau potable sont les suivantes :

Matière	Séries de tubes		
	S8 SDR17	S5 SDR11	S3,2 SDR7,4
<b>PE80</b>	8 bar	<b>12,5 bar</b>	16 bar
<b>PE100</b>	<b>10 bar</b>	<b>16 bar</b>	

Niveaux de pression recommandés conformément à la SSIGE : 10 bar, 12,5 bar et 16 bar

Aux conditions mentionnées ci-dessus (20°C, eau et durée de service de 50 ans), les pressions de service indiquées dans le tableau correspondent aux « pressions nominales » PN indiquées sur les tubes et raccords. Elles contiennent un coefficient de service (facteur de sécurité) de 1,25 (voir paragraphe 5.3.1, page 11). Les pressions maximales de service à température plus élevée sont, en fonction de la diminution de la résistance, plus basses. Des indications plus détaillées peuvent être obtenues auprès des fabricants de tubes et raccords.

Des coups de bélier ne portent guère atteinte aux tubes en polyéthylène pour autant que la tension moyenne ne dépasse pas la tension maximale admise. Par exemple, la pression moyenne d'un tube de la série S5/SDR11 dont la pression maximale est de 12,5 bar à 20°C ne doit pas dépasser les 12,5 bar. L'amplitude de pression doit, dans ce cas, être au maximum de +/-12,5 bar. L'importance de l'amplitude de pression dans des tubes en polyéthylène transportant de l'eau à 20°C se calcule au moyen de l'équation suivante (dérivée de la formule de Joukowsky) :

$$P_s = \frac{14,49}{\sqrt{1 + \frac{1,25 \cdot d_m^2}{e_n}}} \cdot v_o \quad (\text{en bar})$$

- $P_s$  amplitude de la pression en bar  
 $v_o$  vitesse d'écoulement de l'eau en m/s  
 $d_m$  diamètre moyen du tube  
 (diamètre extérieur moins épaisseur de paroi) en mm  
 $e_n$  épaisseur de paroi en mm

### 5.5.2 Gaz

La pression intérieure admise pour les conduites de gaz (gaz naturel) est avant tout déterminée par les exigences de la SSIGE (SSIGE-G2).

Ce classement n'est pas uniquement basé sur la distinction entre les différents types de matériaux. Il tient également compte du diamètre du tube lorsqu'il s'agit de déterminer la charge de pression maximale :

Matière	Séries de tubes			
	S8 SDR17		S5 SDR11	
	$d_n$ jusqu'à 63	$d_n > 63$	$d_n$ jusqu'à 63	$d_n > 63$
<b>PE80</b>	-	<b>Jusqu'à 1 bar</b>	<b>Jusqu'à 5 bar</b>	<b>Jusqu'à 5 bar</b>
<b>PE100</b>	-	<b>Jusqu'à 5 bar</b>	<b>Jusqu'à 5 bar</b>	<b>Jusqu'à 5 bar</b>

Ces pressions maximales de service maintiennent un coefficient global de service d'au moins 2 (voir aussi à ce propos le paragraphe 5.3.1, page 11).

### 5.6 Charge due à une dépression intérieure (surpression extérieure)

Dans les tubes et conduites d'eau qui fonctionnent avec un vide, des dépressions peuvent apparaître quand on arrête les pompes ou ferme les soupapes, et il convient de vérifier la résistance de ces tubes et conduites à la dépression. Lorsque la température de paroi du tube n'excède pas les 20°C, les tubes en polyéthylènes PE80 et PE100 appartenant à la série **S5/SDR11** résistent au vide. Ils tiennent à des surpressions extérieures allant jusqu'à 1,6 bar pour une durée de service de 50 ans. Les tubes de la série **S8/SDR17** supportent une dépression durable jusqu'à 0,4 bar (facteur de sécurité: 2,0).

Lorsque la température de paroi est plus élevée et/ou que les tubes ont subi des déformations, la résistance à la dépression diminue. Des informations plus précises sur les cas particuliers d'utilisation peuvent être obtenues auprès des fabricants de tubes et raccords.

### 5.7 Caractéristiques hydrauliques et calcul de la perte de pression

Produits par extrusion, les tubes en polyéthylène présentent une surface intérieure très lisse et une paroi très peu rugueuse. C'est pourquoi ils ont pour caractéristique de permettre aux liquides de très facilement s'écouler.

La pratique a par ailleurs montré que même sous conditions hydrauliques extrêmes, aucun dépôt important, qui pourrait réduire la surface d'écoulement,

ne se forme. En outre, le coefficient de rugosité très bas, à l'encontre des particules charriées, permet aux tubes de très bien résister à l'abrasion (voir aussi paragraphe 5.2.6, page 11)

La perte de pression à l'intérieur d'une conduite d'eau dépend des proportions de la conduite (longueur, diamètre intérieur), de la rugosité et des conditions d'écoulement (type et vitesse d'écoulement).

A l'intérieur d'un tube aux parois lisses dans lequel s'écoule de manière régulière une matière incompressible la baisse de pression peut être calculée, d'après les observations de Colebrook, à l'aide du diagramme présenté dans la figure, 5.3.

Lorsque l'on profite des propriétés spécifiques du polyéthylène lors de la construction de tubes sous pression enterrés, on utilise assez peu de raccords. Leur contribution à la perte totale de pression est souvent négligeable. La figure 5.4 indique le facteur de participation à la perte de pression exprimé en longueur tube équivalente, suivant le type de raccords. Ces longueurs équivalentes sont à additionner à la longueur totale du tube.

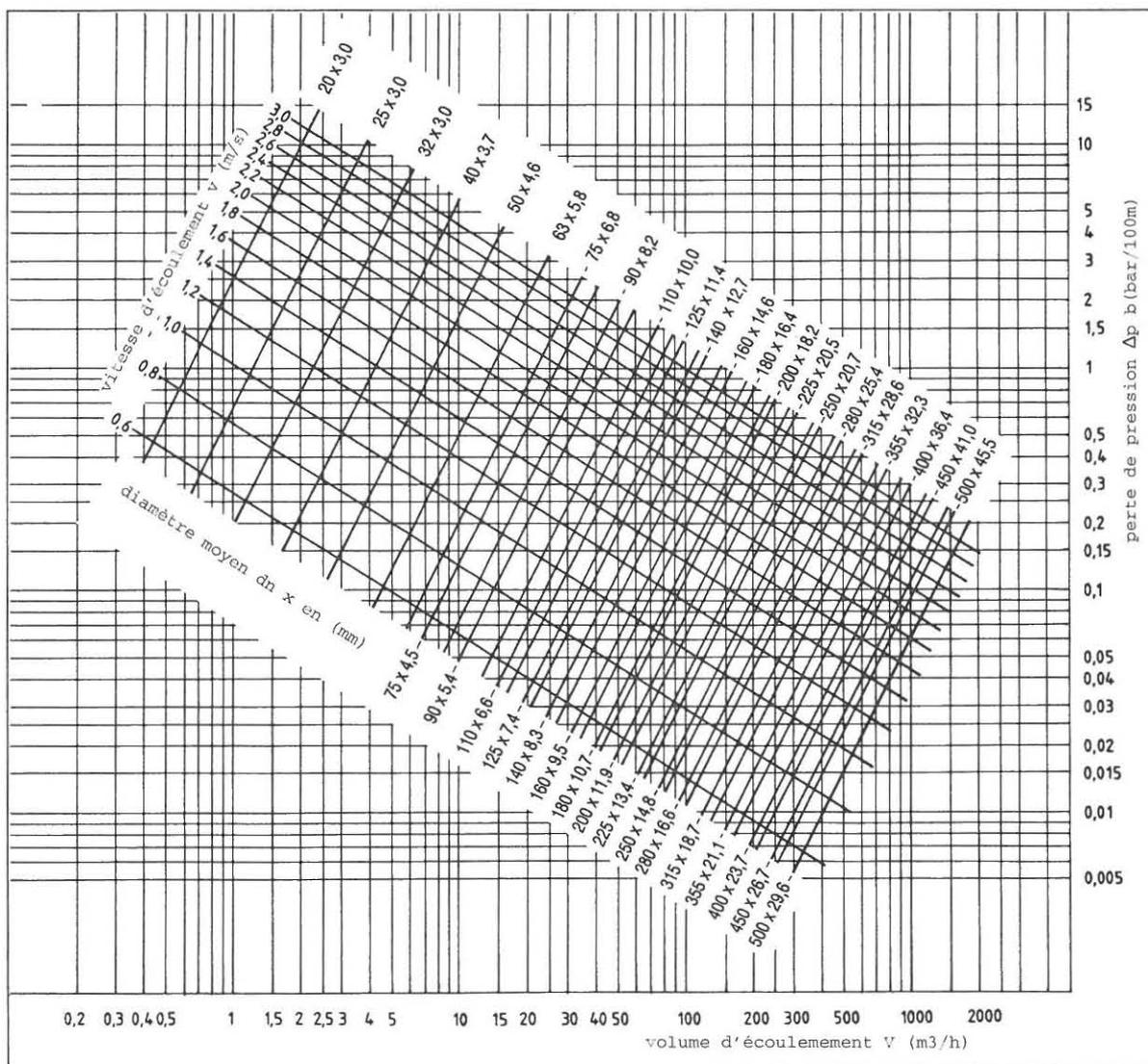


Fig. 5.3 Diagramme pour la détermination des pertes de pression dans les conduites d'eau en polyéthylène de la série de tubes S5/SDR11

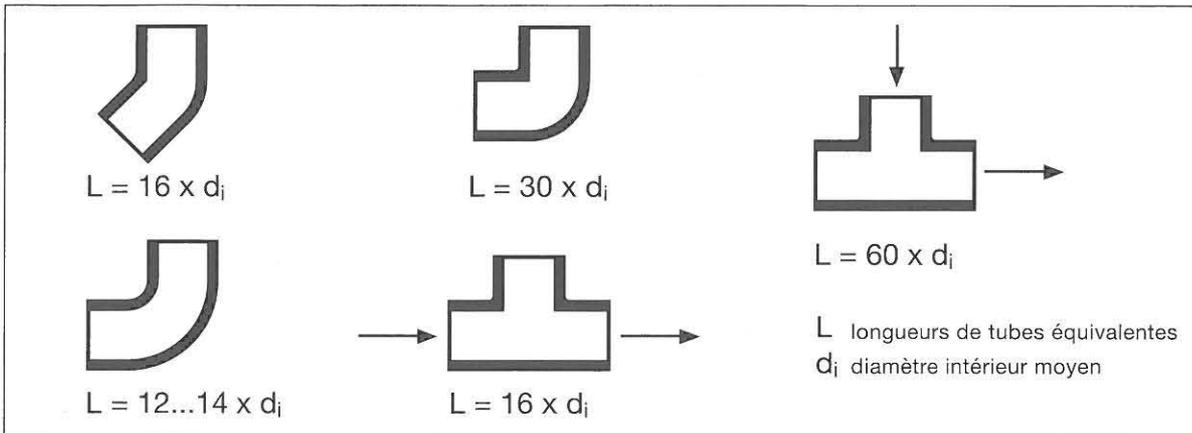


Fig. 5.4 Longueurs de tubes équivalentes (L) pour pièces moulées (valeurs indicatives)

### 5.8 Calcul de la perte de pression dans les conduites de gaz

Les gaz sont des fluides compressibles. Lorsqu'un gaz passe dans une conduite, la pression, à la suite de l'expansion, baisse. Cette baisse dépend de manière déterminante du niveau de la pression de service et s'ajoute à l'influence de la géométrie de la conduite (longueur, diamètre intérieur), à la friction dans le tube et au volume d'écoulement. Dans des réseaux à basse pression, d'une pression de service jusqu'à 100 mbar, sur la base du volume d'écoulement de service, en partant de l'hypothèse d'un flux à volume constant. Lorsque les pressions de gaz sont plus élevées, on effectue le calcul en admettant une variation du volume du gaz ; dans ce cas, le volume d'écoulement converti en état de norme est déterminant.

Pour le transport à volume constant, lorsque  $p$  est plus petit ou égal à 100 mbar, on a l'équation suivante :

$$\frac{\Delta p}{L} = \Delta^* \cdot x \cdot y \cdot z \quad \text{et} \quad v = v^* \cdot z$$

Pour le transport à volume variable, lorsque  $p$  est plus grand que 100 mbar, on a :

$$\frac{p_1^2 - p_2^2}{L} = 2 \cdot \Delta \cdot x \cdot y \quad \text{et} \quad v = v^* \cdot \frac{1}{p}$$

- $p_1$  valeur absolue de la pression du gaz à l'entrée de la conduite en bar  
 $p_2$  valeur absolue de la pression du gaz à la sortie de la conduite en bar  
 $p$  valeur absolue de la pression du gaz où que ce soit dans la conduite en bar  
 $\Delta$  perte de pression-valeur du diagramme en  $\text{bar}^2/\text{km}$   
 $\Delta^*$  perte de pression-valeur du diagramme en  $\text{bar}/\text{km}$   
 $L$  longueur de la conduite en km  
 $v$  vitesse d'écoulement en m/s  
 $v^*$  vitesse d'écoulement-valeur du diagramme en m/s  
 $x$  facteur de correction pour des densités du gaz autres que  $0,80 \text{ kg}/\text{Nm}^3$  à une température de  $0^\circ\text{C}$  et  $760 \text{ mmHg}$

$\rho_0$ en $\text{kg}/\text{Nm}^3$	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
-------------------------------------	------	------	------	------	------	------	------

$x$	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
-----	------	------	------	------	------	------	------

- $y$  facteur de correction pour des températures de gaz autres que  $10^\circ\text{C}$

$t$ en $^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20
-------------------------	---	---	----	----	----

$y$	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04
-----	------	------	------	------	------

- $z$  facteur de correction pour des altitudes autres que  $500 \text{ m}$  au-dessus du niveau de la mer

H en m au-dessus du niveau de la mer	0	250	500	750	1000
--	---	-----	-----	-----	------

$z$	0,94	0,97	1,00	1,03	1,06
-----	------	------	------	------	------

- $Q_0$  volumes de transport à une température de  $0^\circ\text{C}$ , à  $760 \text{ mmHg}$  en  $\text{Nm}^3/\text{h}$   
 $d_n$  diamètre nominal extérieur du tube

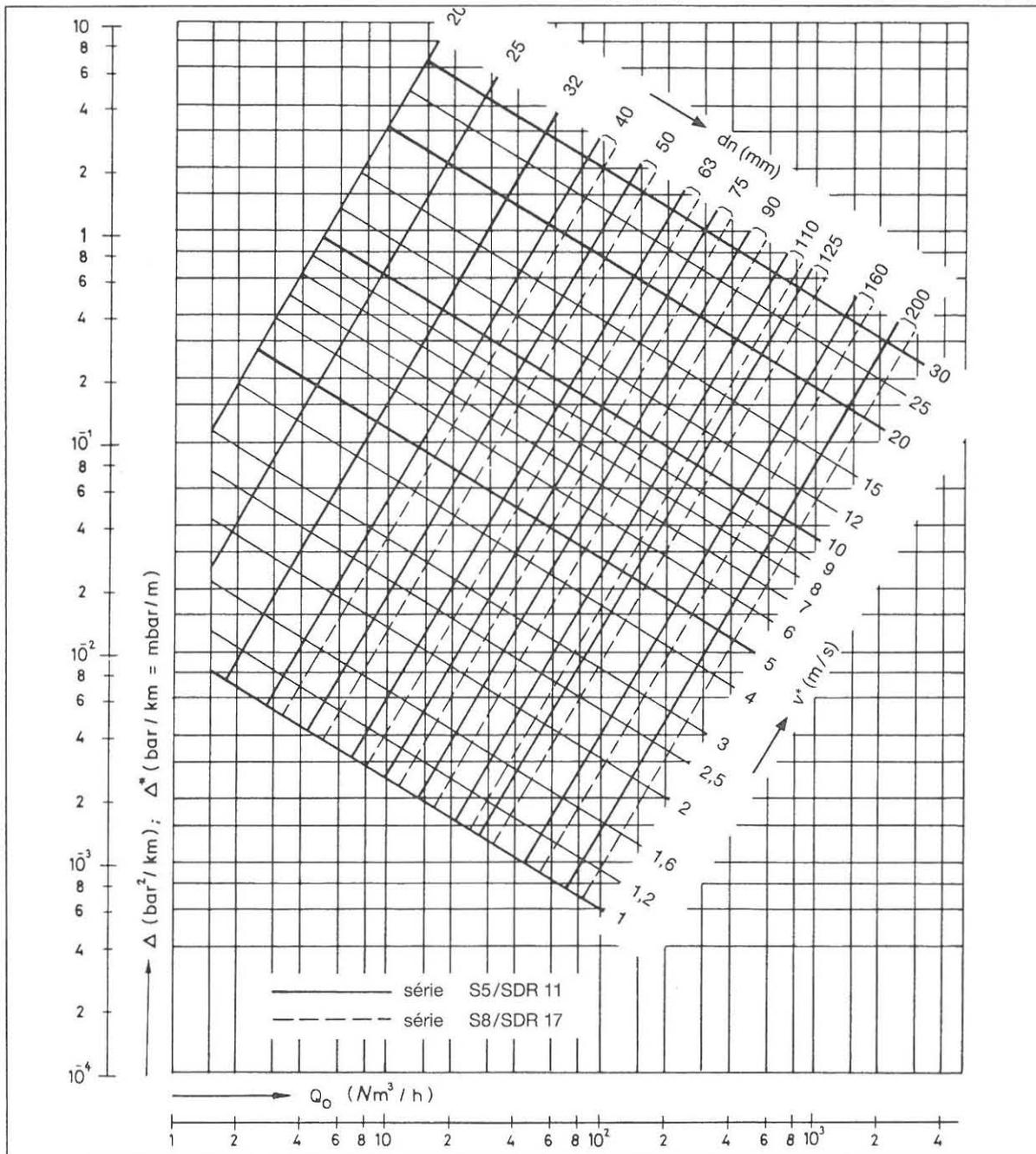


Fig. 5.5 Diagramme de calcul servant à déterminer la baisse de pression dans les conduites de gaz en polyéthylène des séries S5/SDR11 et S8/SDR17

## 5.9 Modifications longitudinales

### 5.9.1 Sous l'influence de changements de température

La température réelle moyenne de la paroi du tube est déterminante pour les modifications longitudinales. Elle dépend de la température des matières à l'intérieur du tube ainsi que de la température de l'environnement. La température de l'air et la température de rayonnement, respectivement les différences

entre ces deux températures, ont un impact, spécialement avant la pose. Lorsque le tube est posé, comme les différences de température entre la terre et l'eau sont minimales, il n'y a pas lieu de tenir compte des modifications longitudinales.

Calcul de la modification longitudinale provoquée par des différences de température dans la paroi du tube :

$$\Delta L_t = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

- $\Delta L_t$  modification thermique longitudinale en mm
- $L$  longueur du tube en mm
- $\alpha$  coefficient d'allongement thermique longitudinal  
(pour PE entre  $-20^\circ\text{C}$  et  $60^\circ\text{C}$ :  $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ )
- $\Delta T$  différence de la température moyenne de la paroi du tube en K  
(Kelvin, correspond à la différence en  $^\circ\text{C}$ ).

### 5.9.2 Sous l'influence d'une pression intérieure

Du fait de l'allongement de la paroi causé par la pression intérieure, la longueur de tube augmente. Cette modification se calcule comme suit :

$$\Delta L_p = \frac{p}{E_c} \cdot \frac{24}{(d_n/d_i)^2 - 1} \cdot L$$

- $\Delta L_p$  modification longitudinale causée par la charge de la pression intérieure en mm
- $p$  pression intérieure en bar
- $E_c$  module de fluage en MPa  
(pour PE entre  $-20^\circ\text{C}$  et  $0^\circ\text{C}$ :  $E_c = 950 \text{ MPa}$ , entre  $0^\circ\text{C}$  et  $20^\circ\text{C}$ :  $E_c = 640 \text{ MPa}$ )
- $d_n$  diamètre extérieur en mm
- $d_i$  diamètre intérieur en mm
- $L$  longueur du tube en m

La modification longitudinale qui se produit en réalité est cependant plus restreinte que celle obtenue par le calcul ; en effet, des forces de frottement limitent l'extension du système de tubes enterrés.

## 5.10 Forces entre le tube et la fixation

### 5.10.1 Conditionnées par la pression intérieure

Pour des systèmes de tubes à **résistants à la traction** (p. ex. avec des joints soudés) la pression intérieure n'agit pas comme une force extérieure. Il n'y a par conséquent pas besoin de prendre de mesures spéciales.

Pour des systèmes de tubes avec des connexions qui **ne résistent pas durablement à la traction**, la pression intérieure du tube agit vers l'extérieur aux points de fixation et de soutien. La fixation doit être à même de supporter la force qui résulte de la pression la plus élevée (p. ex. à la suite de la pression d'essai). Il convient alors, lorsque les conduites sont enterrées, de tenir compte de la charge tolérable suivant la composition du sol.

Les forces longitudinales créées par la pression intérieure se calculent comme suit :

$$F_l = \frac{d_n^2 \cdot \pi}{40} \cdot p$$

$F_l$  force longitudinale en N  
 $d_n$  diamètre extérieur du tube en mm  
 $p$  pression intérieure en bar

Il en résulte que la force résultante consécutive à un changement de direction se calcule de la manière suivante :

$$F_r = 2 \cdot F_l \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$F_r$  force résultante en N  
 $F_l$  force longitudinale en N  
 $\alpha$  angle du changement de direction

Les forces résultantes peuvent avoir des valeurs élevées. La force consécutive à un angle de 45° lorsqu'une conduite, par exemple, a un diamètre extérieur de 200 mm et que la pression d'essai est de 15 bar, est de 36070 N.

### 5.10.2 Conditionnées par des changements de température

Lorsque les systèmes de conduites sont encastrés de manière fixe, les forces engendrées par les différences de température doivent être absorbées par des points fixes. Lorsque les conduites sont enterrées, ces forces sont essentiellement absorbées par la terre environnante. Les forces opposées qui agissent sur le tube sont absorbées par ce dernier sans causer aucun dommage lorsqu'on l'enterre ou l'encastre de manière fixe ; en effet, les tensions maximales admissibles ne sont, dans de tels cas, pas dépassées.

On calcule de la manière suivante les forces longitudinales qui agissent sur la fixation lorsque l'allongement, respectivement le retrait thermique est entravé :

$$F_t = A_r \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot E_c$$

$F_t$  force longitudinale, conditionnée par la température, en N  
 $A_r$  surface de fixation de la paroi du tube en mm<sup>2</sup> ( $A_r = [d_n^2 - d_i^2] \cdot \pi / 4$ )

$\alpha$	coefficient de modification longitudinale thermique (pour PE entre -20°C et 60°C: $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ )
$\Delta T$	différence de la température moyenne de paroi du tube en K à partir de la température de montage (correspond à la différence en °C)
$E_c$	module moyen de fluage en MPa (pour PE entre -20°C et 0°C: $E_c = 950 \text{ MPa}$ , entre 0°C et 20°C : $E_c = 640 \text{ MPa}$ )

### 5.11 Mise à la terre

Les tubes en matières plastiques ne se prêtent pas à la mise à la terre d'installations électriques. Les bâtiments qui sont raccordés par des tubes en matières plastiques doivent être équipés de dispositifs de mise à la terre, conformément aux prescriptions d'Electrosuisse.

Avant de remplacer des conduites de raccordement en métal par des conduites similaires en plastique il faut avertir le service d'électricité responsable.

Lorsque l'on remplace des sections de conduites métalliques dans des réseaux d'eau, il faut éventuellement utiliser des connexions de mise à la terre. Dans ce cas également, il appartient au service d'électricité responsable de décider des mesures à prendre.

### 5.12 Localisation

Les tubes en matières plastiques peuvent être postérieurement localisés grâce à des instruments électroniques de recherche des conduites. Il est néanmoins recommandable de faire des calculs précis de localisation. Dans la mesure où l'on désire pouvoir postérieurement effectuer une localisation, il convient d'installer des bandes de localisation ou des systèmes spéciaux de localisation.

Les fuites dans les conduites en matières plastiques peuvent certes être localisées au moyen des instruments traditionnels de localisation par le son. Cependant, les systèmes de recherche modernes, qui utilisent la méthode de corrélation, donnent des résultats plus précis.

### 5.13 Mesurage et établissement de plans

Le mesurage et l'établissement des plans des conduites d'approvisionnement sont décrits dans le cahier technique SIA GEO 405 (« Modèles et échange des données des conduites souterraines »). Etant donné les différences de possibilités de charge des polyéthylènes PE80 et PE100, il est recommandé d'indiquer, de façon précise, le type de polyéthylène dans les plans d'installation de réseaux de tubes.

## 6. Directives de pose

### 6.1 Transport et entreposage

Les tubes et raccords doivent être chargés et déchargés avec soin. Les tubes ne doivent pas être tirés par-dessus le rebord de chargement. Durant le transport, les tubes doivent, dans la mesure du possible, être posés sur toute leur longueur. Ils doivent par ailleurs être assurés de manière à ce que le transport ne cause ni points de pression ni autres dommages.

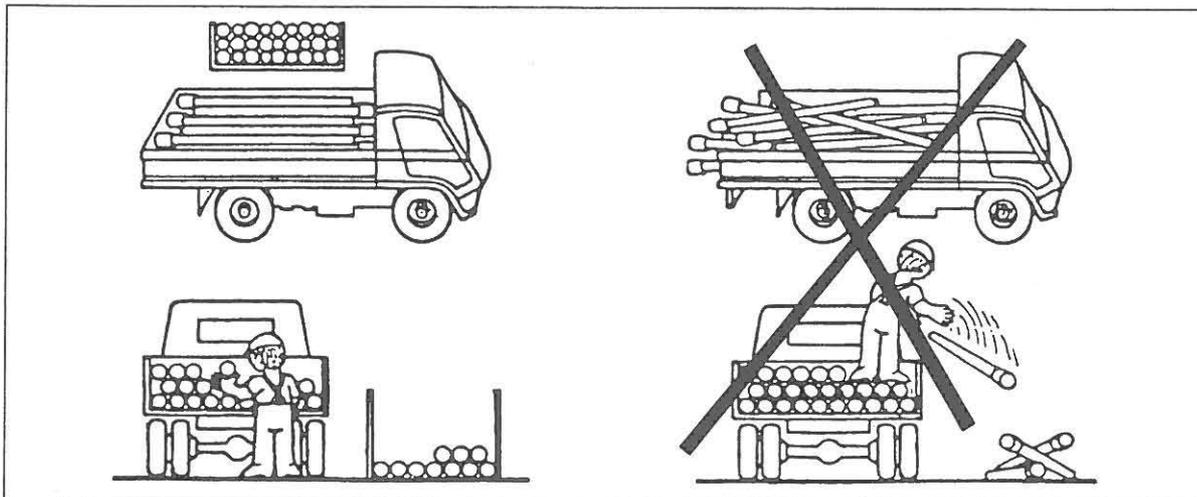


Fig. 6.1 Transport de tubes en matières plastiques

Les tubes peuvent être entreposés à l'air libre ; il faut cependant éviter que l'intérieur du tube ne soit sali par de la terre, de la boue ou de l'eau sale. Les piles de tubes ne doivent pas dépasser un mètre et doivent être maintenues par un nombre suffisant d'appuis et poteaux latéraux propres et larges, qui doivent être disposés à une distance telle les uns des autres que l'entreposage ne provoque ni déformations ni points de pression ni autres dommages durables. La distance sur laquelle les extrémités du tube sont sans appui ne doit pas dépasser la moitié de la distance d'appui. Dans le cas de tubes à manchons, on peut obtenir un entreposage approprié en modifiant la disposition des manchons ou en insérant des morceaux de bois adaptés.

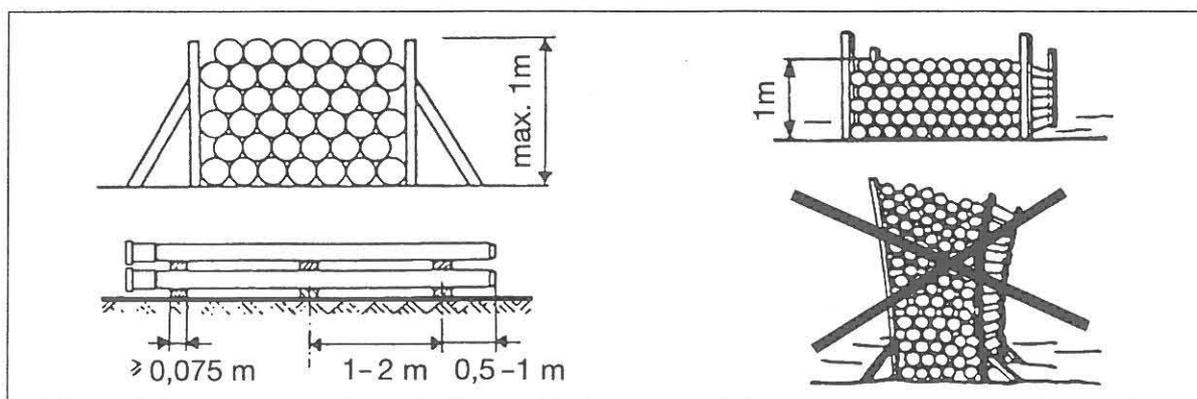


Fig. 6.2 Entreposage de tubes en matières plastiques



## 6.2.2 Fond de la fouille (d'après EN: lit du tube)

Le lit du tube doit avoir une profondeur d'au moins 0,1 m et être fait d'une couche compactée de sable, de granulométrie 0-16 mm ou d'un matériau de remblai adéquat.

## 6.2.3 Remplissage de la fouille

Des modifications longitudinales importantes peuvent se produire du fait des différences de température, par exemple entre le jour et la nuit. Les raccords ne résistant pas à la traction doivent tout particulièrement être contrôlés avant que la fouille ne soit comblée. La zone autour du tube (jusqu'à au moins 0,3 m au-dessus de la partie supérieure du tube) doit être remplie, à la main, avec de la granulométrie 0-16 mm et bien compactée (densité Proctor d'au moins 95%).

Les matériaux de remplissage suivants peuvent être employés :

- Granulométrie 0-16 mm
- Sables concassés jusqu'à 6 mm
- Verre concassé conformément à la recommandation SSIGE GW 1000. Seuls des débris de verre aux bords arrondis et d'une grosseur maximale de 5 mm peuvent être employés.
- Déchets de chantier minéraux (sable P uniquement) conformément à la recommandation SSIGE GW 1000.

Des manteaux, des matelas, ou des tubes de protection permettent l'utilisation d'autres matériaux. Le reste du remplissage s'effectue couche par couche, par compression constante du remblai adéquat et au moyen d'une légère plaque vibrante. Du tout-venant de classe 1 ou du déblai adapté doivent être utilisés comme matériau de remplissage.

Les bandes d'avertissement et de localisation doivent être placées à au moins 0,3 m au-dessus du sommet du tube ou à environ 0,5 m de la surface du sol.

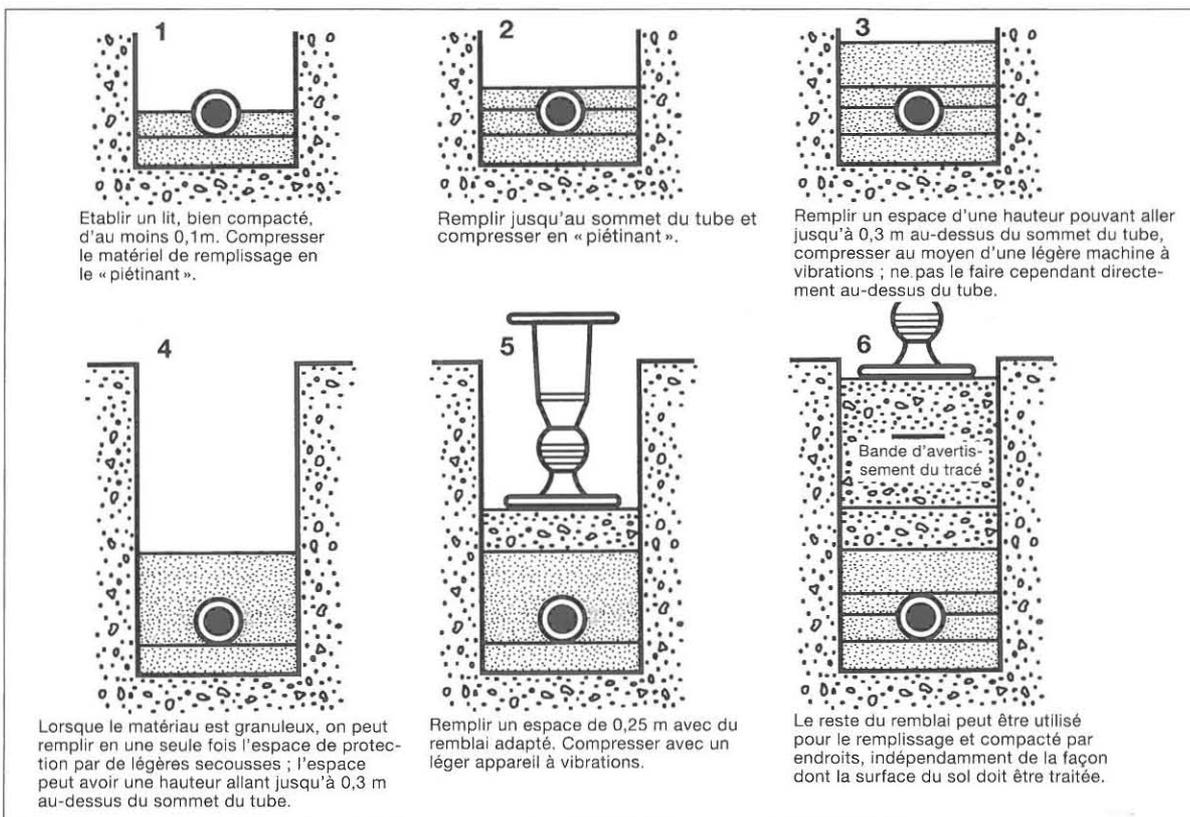


Fig. 6.4 Illustration de remplissage

### 6.3 Types de pose sans fouilles

On a développé des équipements et des méthodes de pose ainsi que des tubes spéciaux avec couche de protection externe ou intégrée qui exploitent pleinement les propriétés des tubes en polyéthylène et permettent de poser les tubes en bonne partie sans travaux de fouilles. Lorsqu'il s'agit de conduites de gaz, il convient de suivre les prescriptions spéciales de la SSIGE.

Différents systèmes de « relining » permettent d'introduire des tubes en polyéthylène dans des conduites existantes mais éventuellement endommagées, ou « tubes de protection ». Une liste des forces de tension maximales autorisées est disponible dans l'annexe 4 (page 56).

D'autres systèmes de pose sans fouilles travaillent selon le principe du pousse-tubes.

Des informations précises sur ces méthodes ou ces produits peuvent être obtenues auprès des entreprises qui proposent de tels systèmes ou auprès des fabricants de tubes en matières plastiques.

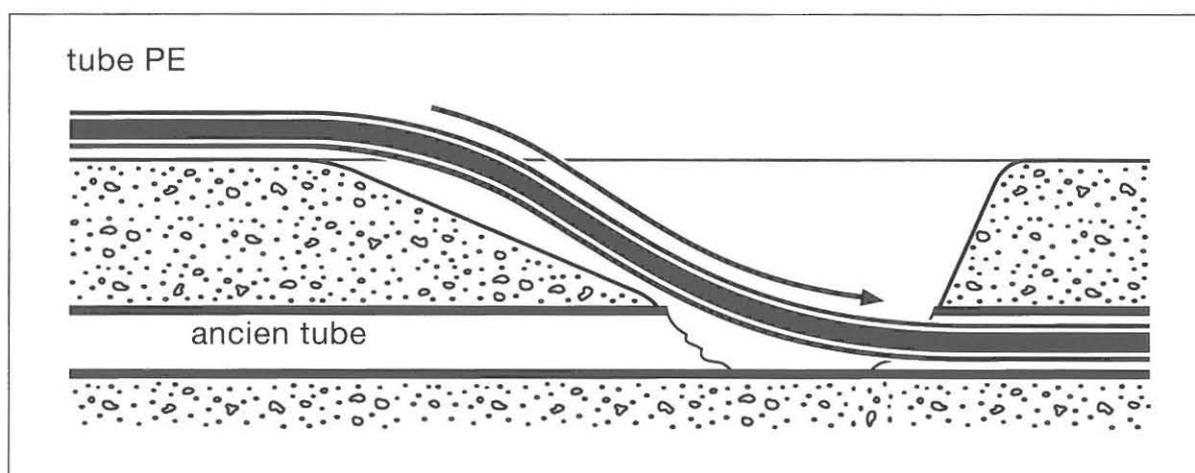


Fig. 6.5 Exemple du « relining » d'un tube

### 6.4 Changements de direction et courbes

Les modifications de direction de tubes en polyéthylène peuvent être réalisées grâce aux raccords et méthodes suivants :

- pièces moulées (injectées, soudées ou déformées à chaud à l'usine)
- cintrage à froid du tube
- déviation du tube au moyen de pièces de déviation appropriées

#### 6.4.1 Avec des pièces moulées

Lorsque l'espace est restreint, c'est-à-dire pour des changements de direction à rayon réduit, il faudrait employer, dans la mesure du possible, des pièces injectées. Des tubes courbés à chaud en usine (fabriqués à partir de tubes) peuvent être utilisés pour des rayons plus larges.

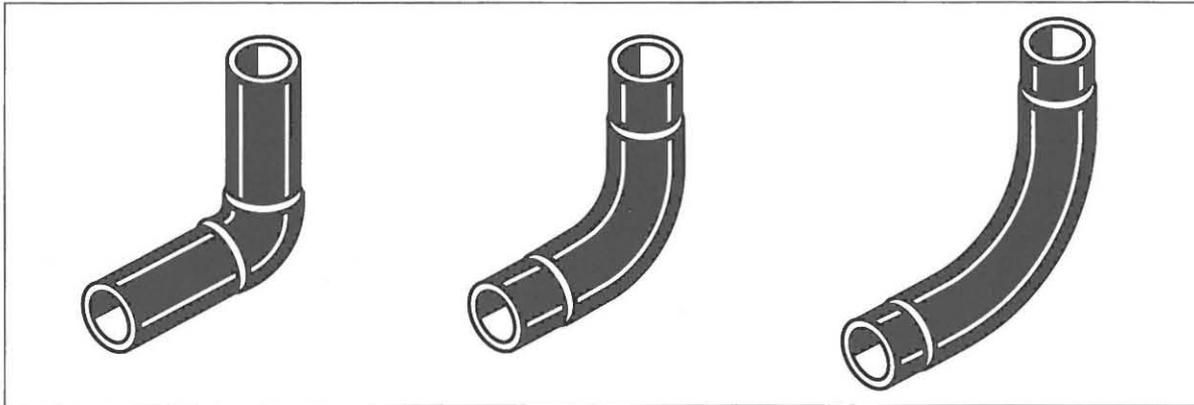


Fig. 6.6 Angle, coude et tube courbé

Pour des raccords non protégés contre la poussée, ou des manchons à emboîter ne résistant pas à la traction, les pièces moulées doivent être ancrées aux points de changement de direction. Il faut observer à ce propos le paragraphe 6.7.1 ainsi que la directive SSIGE W4.

#### 6.4.2 Par cintrage du tube

Lorsque l'on courbe des tubes pression en PE80 et PE100 des séries S5/SDR11 et S8/SDR17 sans supports, il faut garder un rayon moyen minimal :

Série de tubes	rayon minimal		
	à 20°C	à 10°C	à 0°C
S8	20 x d <sub>n</sub>	35 x d <sub>n</sub>	50 x d <sub>n</sub>
S5	20 x d <sub>n</sub>	35 x d <sub>n</sub>	50 x d <sub>n</sub>

Lorsque l'on courbe un tube muni de raccords à manchons à emboîter, il faut veiller à ce que le tube soit appuyé des deux côtés, afin que les forces de déformation soient entièrement absorbées par le tube et non par les manchons.

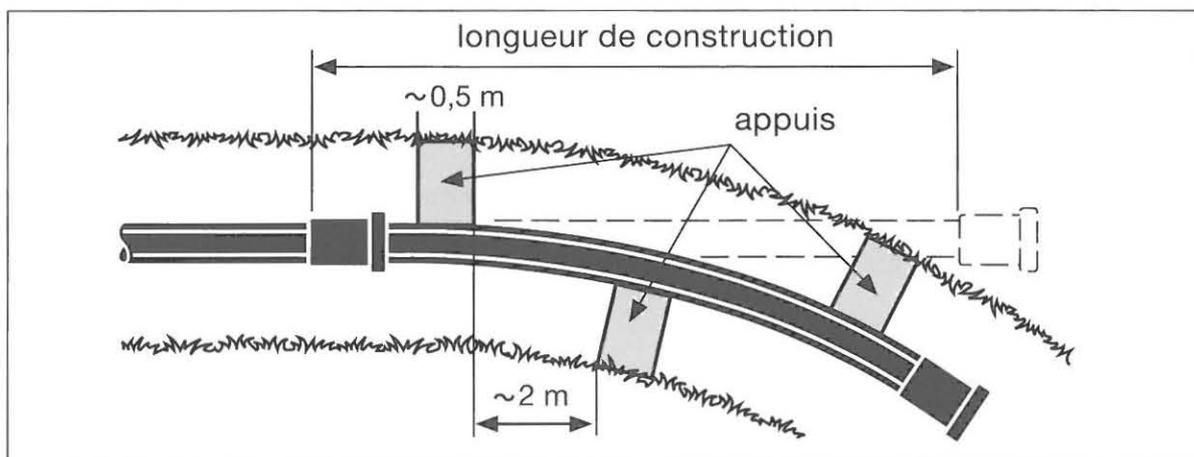


Fig. 6.7 Appuis du tube lorsqu'on le courbe

Pour des modifications de direction plus prononcées, il faut utiliser des pièces moulées.

## 6.5 Joints

### 6.5.1 Aperçu général

Les tubes et raccords en PE80 et PE100 utilisés pour l’approvisionnement en gaz et en eau peuvent être joints par les méthodes suivantes :

**Soudage**                    **Soudure bout-à-bout par élément chauffant**  
**Electrosoudage** (soudage par résistance)

**Liaisons**                    **Assemblage par serrage**  
**mécaniques**                **Raccords à manchons à emboîter**  
(pas pour les conduites de gaz)  
**Raccords à brides**

Lorsque tubes et raccords sont joints à des pièces en d’autres matières et lorsqu’ils sont raccordés à des appareils et à des armatures, on installe des joints mécaniques ou des raccords spéciaux.

### 6.5.2 Soudage

Le soudage permet d’obtenir des joints étanches, inséparables et résistants. L’étanchéité est garantie par la fonte de la matière des tubes ou des raccords. Aucun élément d’étanchéité n’est nécessaire. Seul du personnel ayant une formation adéquate a le droit d’effectuer des opérations de soudage. Les données de soudage doivent faire l’objet d’un procès-verbal. Voir à ce propos également les paragraphes 6.8.1 et 6.8.5 (pages 41 et 43).

Lorsque les travaux de soudage sont effectués à des températures inférieures à 0°C, il faut particulièrement veiller à ce que ni condensation ni gel n’empêche le soudage. Lorsque la température est inférieure à -5°C, les travaux de soudage doivent impérativement être effectués sous une tente chauffée.

#### 6.5.2.1 La soudure bout-à-bout par élément chauffant (SBB)

La soudure bout-à-bout (appelée également «soudure au miroir») consiste à chauffer les surfaces de contact des tubes ou des raccords au moyen d’un élément chauffant («miroir de soudage») pour finalement les assembler sous pression.

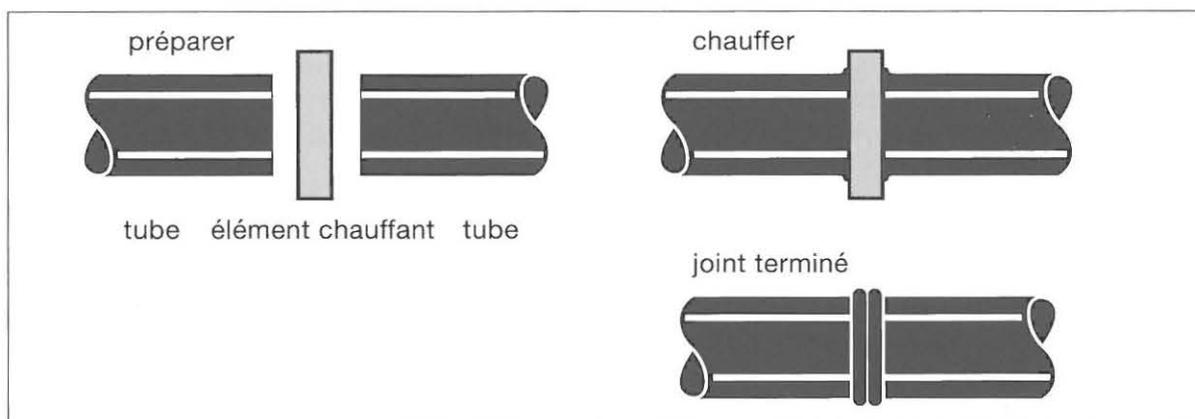


Fig. 6.8 Principe du soudage bout-à-bout

Cette méthode permet de joindre des tubes et des raccords en PE80 à des tubes et des raccords en PE80 et des tubes et des raccords en PE100 à des tubes et des raccords en PE100. L'indice de fusion des pièces à joindre doit être de MFR 190/5 0,2 jusqu'à 1,4 g/10 min.

Le soudage bout-à-bout par élément chauffant entre des tubes ou des raccords en PE80 et des tubes et des raccords en PE100 est également possible si l'on s'en tient aux paramètres donnés.

Le soudage bout-à-bout par élément chauffant est décrit en détail dans la directive DVS 2207, partie 1. Les exigences à l'encontre des appareils de soudage sont décrites dans la directive DVS 2208, partie 1. Les soudages « mains libres » ne sont pas autorisés.

Les étapes les plus importantes du soudage (résumé d'après DVS 2207, partie 1, septembre 2005) :

1. Créer des conditions de travail appropriées (p. ex. : tente de soudage).
2. Contrôler le fonctionnement des instruments de soudage.
3. Aligner les pièces à souder, par exemple à l'aide de supports à rouleaux.
4. Obturer les extrémités du tube afin d'éviter les courants d'air.
5. Lire sur l'instrument la pression de mouvement, respectivement la force de mouvement et l'inscrire dans le protocole de soudage.
6. Etablir les valeurs de réglage pour la pression d'égalisation, la pression d'échauffement et la pression de soudage.
7. Déterminer les valeurs directrices conformément au tableau présenté plus loin, fig. 6.11.
8. Nettoyer éventuellement les surfaces de contact avec un produit dégraissant et du papier non peluchant et non coloré. Raboter.
9. Retirer le rabot.
10. Enlever les copeaux de la zone de soudage (balai, pinceau, papier).
11. Vérifier le parallélisme des surfaces en les mettant en contact l'une avec l'autre (jeu maximum pour des tubes ayant un diamètre jusqu'à et y compris 355 mm, max. 0,5 mm ; en ce qui concerne les autres valeurs, voir DVS 2207, partie 1).
12. Vérifier le désalignement (au maximum 10% de l'épaisseur de paroi).
13. Examiner la température de l'élément chauffant en fonction de l'épaisseur de paroi (voir fig. 6.10).
14. Nettoyer l'élément chauffant avec du papier non peluchant et non coloré.
15. Mettre l'élément chauffant dans la position de soudage.
16. Presser les surfaces contre l'élément chauffant jusqu'à la formation d'un bourrelet conformément au tableau 6.11 présenté plus loin.
17. Chauffer à une pression réduite, égale ou plus petite que 0,02 MPa ; déterminer le temps de chauffe conformément au tableau présenté plus loin, fig. 6.11.
18. Lorsque le chauffage est terminé, éloigner les surfaces à souder de l'élément chauffant et retirer ce dernier de sa position de soudure.
19. Pendant la durée de déplacement, rapprocher les surfaces à souder à une vitesse décroissante ; durée de préparation maximale conformément au tableau présenté ci-après, fig. 6.11.
20. Un bourrelet doit être visible après assemblage. De même que sur la figure 6.12, K doit partout être supérieur à 0. (Pour une appréciation plus approfondie du soudage, voir aussi la directive DVS 2202, partie 1).

21. Refroidir sous pression de soudage, conformément au tableau présenté plus loin, fig. 6.11.
22. Débrider l'assemblage après le temps de refroidissement.
23. Compléter le protocole de soudure.

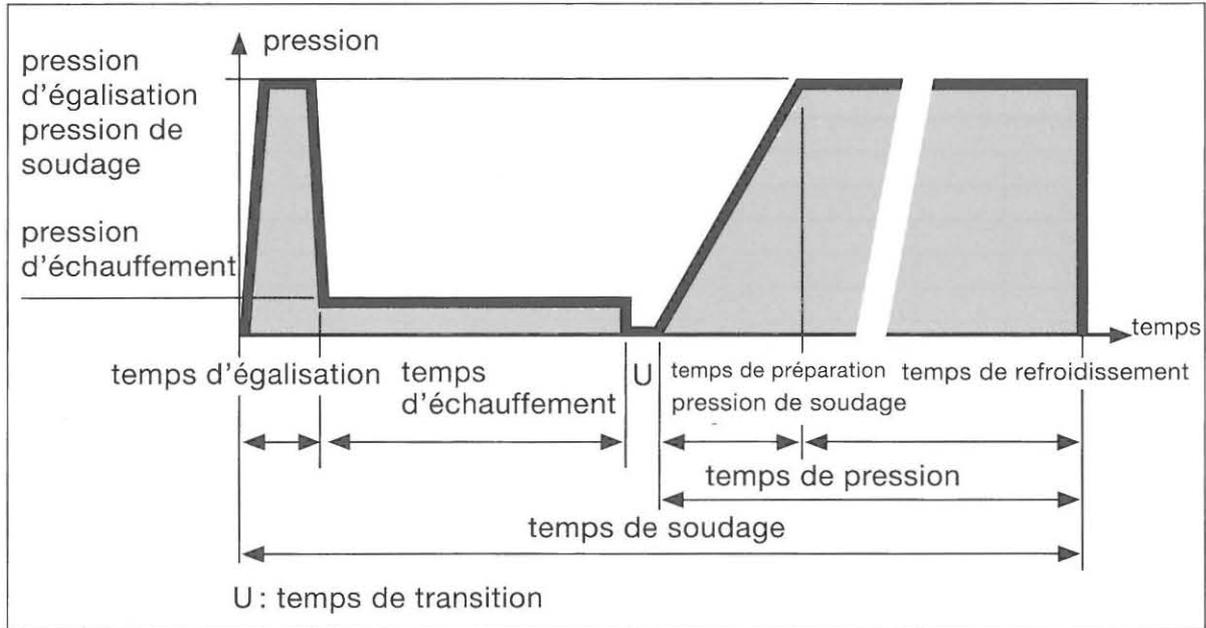


Fig. 6.9 Diagramme pression (force)/temps pour le soudage bout-à-bout par élément chauffant

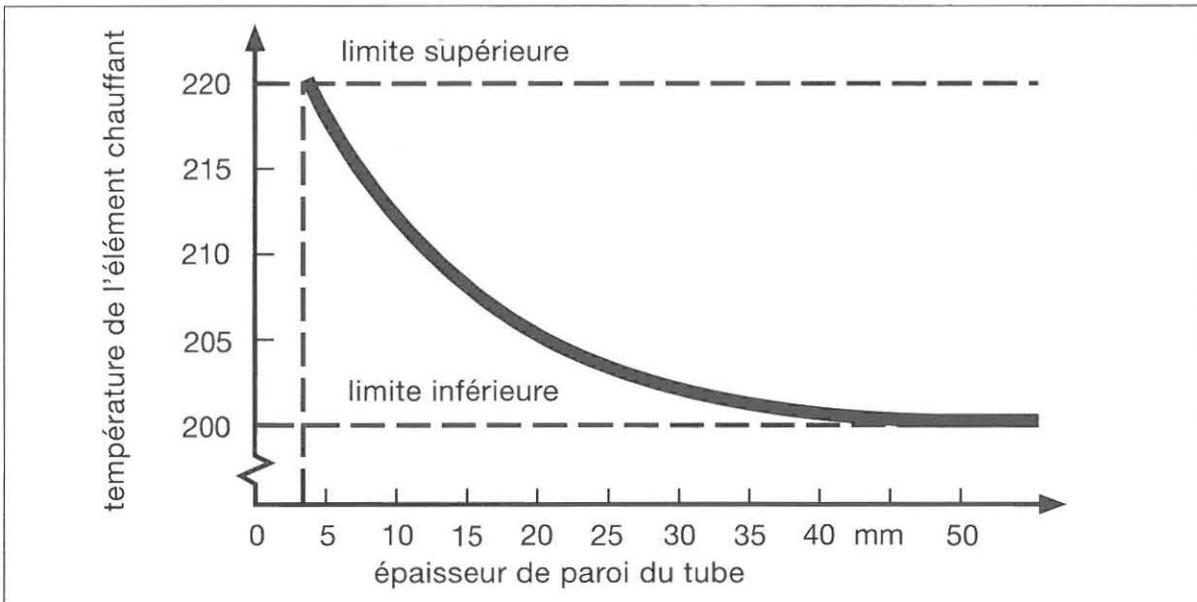
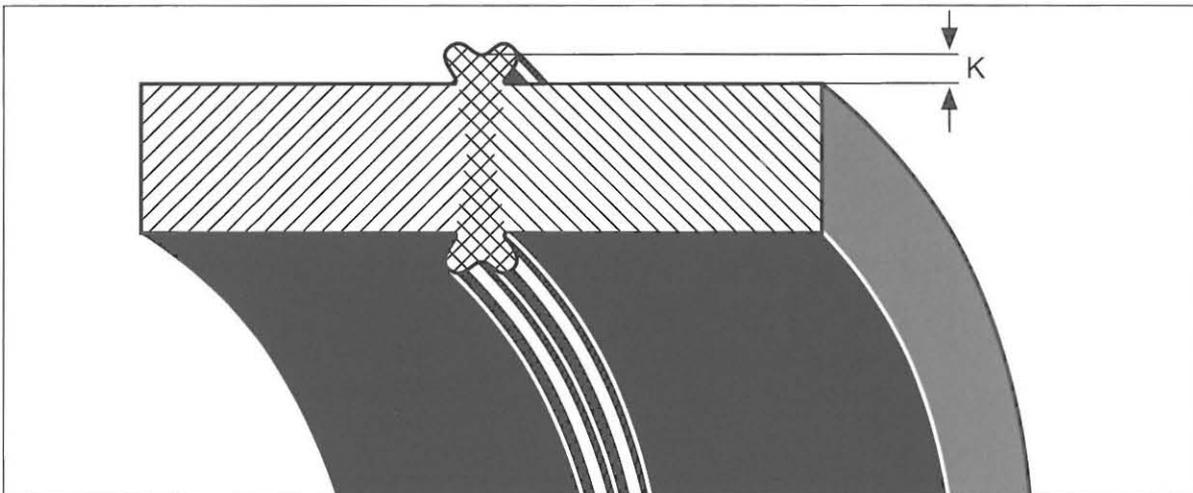


Fig. 6.10 Courbe des valeurs directrices pour la température de l'élément chauffant en fonction de l'épaisseur de paroi du tube

Epaisseur nominale de paroi	Egalisation 1)	Echauffement 2)	Préparation	Temps de préparation de la pression de soudage 3)	Temps de refroidissement sous pression de soudage 3)
mm	mm (min.)	s	s (max.)	s	min (min.)
jusqu'à 4,5	0,5	45	5	5	6
4,5...7	1,0	45...70	5...6	5...6	6...10
7...12	1,5	70...120	6...8	6...8	10...16
12...19	2,0	120...190	8...10	8...11	16...24
19...26	2,5	190...260	10...12	11...14	24...32
26...37	3,0	260...370	12...16	14...19	32...45
37...50	3,5	370...500	16...20	19...25	45...60
50...70	4,0	500...700	20...25	25...35	60...80

- 1) Taille du bourrelet près de l'élément chauffant à la fin du temps d'égalisation (égalisation en dessous de 0,15 MPa)  
2) Temps d'échauffement = 10 x épaisseur de paroi (échauffement à une pression égale ou plus petite que 0,02 MPa)  
3) Pression maximale de soudage (0,15 MPa)

*Fig. 6.11 Valeurs indicatives pour le soudage bout-à-bout par élément chauffant de tubes et raccords en PE80 et PE100 à une température extérieure d'environ 20°C et un air modérément agité (les valeurs intermédiaires doivent être interpolées). Les valeurs sont valables aussi bien lorsque des pièces en PE80, respectivement en PE100, sont soudées entre elles que lorsque des pièces en PE80 sont soudées à des pièces en PE100.*



*Fig. 6.12 Forme d'un bourrelet de soudure bout-à-bout*

Les joints réalisés par soudage bout-à-bout par élément chauffant doivent, suivant la directive DVS 2203, partie 1, obtenir les valeurs de résistance suivantes :

- Facteur de soudure court-terme : min. 0,9
- Facteur de soudure long-terme : min. 0,8

### 6.5.2.2 L'électrosoudage (soudage par résistance)

L'électrosoudage consiste à souder, au moyen d'un courant électrique, les surfaces des tubes et/ou raccords avec les surfaces de raccords (manchons électriques) qui sont équipés de fils à résistance incorporés et chauffants.

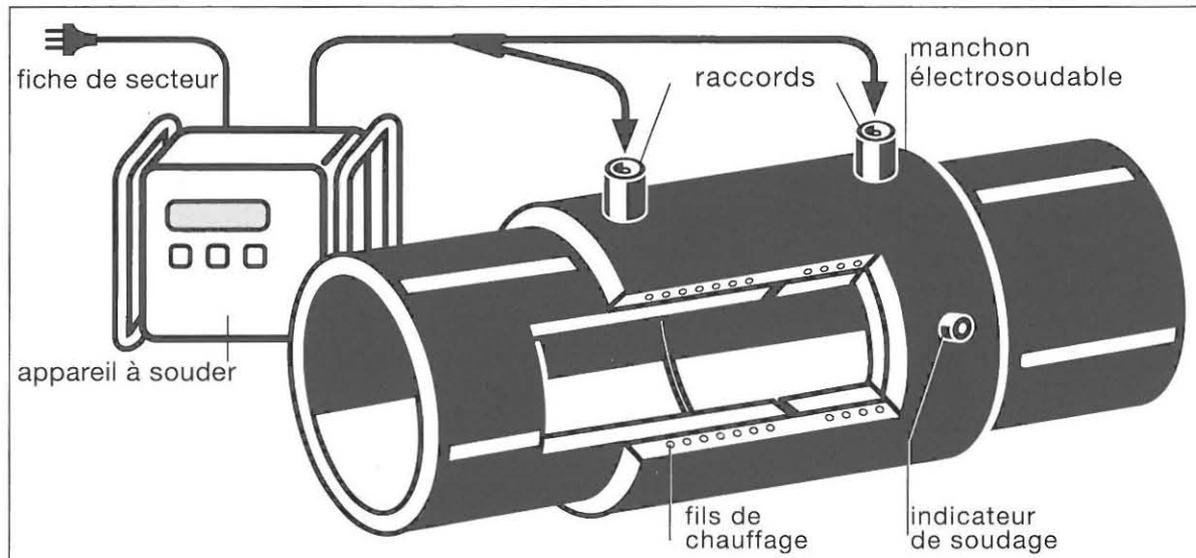


Fig. 6.13 Principe de l'électrosoudage illustré par l'exemple d'un joint muni d'un manchon électrosoudable

Les tubes et raccords pression en PE80 et PE100 peuvent être soudés entre eux ou combinés. Le champ de l'indice de fusion des pièces à souder doit être compris entre MFI 190/5 0,2 et 1,4 g/10 min.

Cette méthode de soudage est décrite dans la directive DVS 2207, partie 1. Il est cependant indispensable d'observer les instructions d'emploi du producteur avant l'utilisation car les appareils à souder et les manchons électriques (manchons, colliers et pièces moulées électrosoudables) présentent des caractéristiques spécifiques à chaque fabricant. Il faut en particulier veiller à ce que le système de l'appareil à souder soit adapté aux manchons qui doivent être utilisés. Seuls des opérateurs ayant reçu une formation adéquate ont le droit de réaliser le soudage. Voir sur ce point le paragraphe 6.8.1. (page 41).

Etapes importantes en ce qui concerne les manchons et les pièces moulées (pour les colliers, voir le paragraphe 6.6.3, page 38)

1. Créer des conditions de travail appropriées (p. ex. : tente de soudage).
2. Brancher l'appareil de soudage au réseau ou à un générateur à courant alternatif et vérifier leur fonctionnement (tension électrique, capacité du générateur, etc.).
3. Couper les extrémités du tube à angle droit par rapport à l'axe du tube. Nettoyer les zones de soudure et égaliser les surfaces (profondeur d'environ 0,15 mm). Utiliser les instruments recommandés par le producteur (pas de tissu abrasif).
4. Nettoyer la surface travaillée avec un dégraissant. Utiliser un produit de nettoyage recommandé par le producteur avec un papier non peluchant et non teinté.

5. Ne sortir les manchons de leur emballage qu'au moment du montage. Le nettoyage de la zone de soudage des manchons doit se faire conformément aux instructions du producteur.
6. Montage des manchons électriques. Après avoir préparé au soudage, nettoyé, séché et travaillé les surfaces de contact, les maintenir propres et ne pas les toucher (saleté, transpiration des mains, etc.). Contrôler la profondeur de pénétration par marquage ou par un autre moyen approprié.
7. Fixer les pièces à souder au moyen de brides ou d'autres systèmes de fixation. Si, pour des raisons de place, il n'est pas possible d'utiliser de tels dispositifs, le soudeur a l'obligation de veiller, par des mesures appropriées, à ce que les joints ne bougent pas et ne subissent pas de tensions durant le soudage et le refroidissement.
8. Etablir le contact entre l'appareil de soudage et les manchons (pas de traction sur les câbles de soudage !). Lorsque l'appareil n'est pas équipé d'un système de mise au point automatique, introduire les paramètres de soudage au moyen d'un code-barres ou manuellement. La mise en marche de la procédure de soudage se fait conformément aux instructions d'utilisation de l'appareil de soudage.
9. Surveiller le déroulement du soudage conformément aux instructions du producteur.
10. Enlever les câbles du manchon une fois la procédure de soudage terminée.
11. Maintenir les parties soudées dans les fixations durant le refroidissement. Durant cette période, elles ne doivent ni être déplacées ni subir de contrainte mécanique. Le temps de refroidissement est indiqué par le fabricant des manchons électriques.

### 6.5.3 L'assemblage par serrage

Au moyen d'un écrou chapeau, on effectue un transfert de force sur une bague d'assemblage spéciale, ce qui permet d'assembler le tube et de l'assurer contre les tractions. L'étanchéité du joint est garantie par un joint en élastomère.

Les joints à serrage peuvent être facilement et rapidement montés. Ils sont démontables et de ce fait, par exemple, bien adaptés aux réparations.

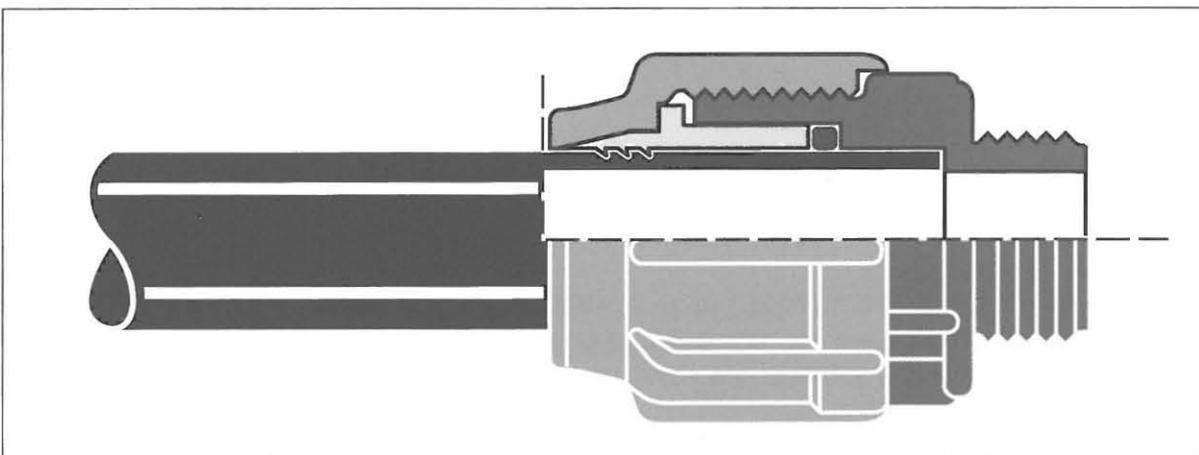


Fig. 6.14 Principe d'un assemblage par serrage

Les parties métalliques des joints à serrage doivent être spécialement bien protégées contre la corrosion.  
Pour certains joints à serrage, il faut placer, à l'intérieur du tube en polyéthylène, des douilles de soutien.  
Avant le montage, les extrémités du tube doivent être propres et coupées à angle droit.

#### 6.5.4 Les raccords à manchons à emboîter

Les raccords à manchons à emboîter sont aujourd'hui le plus souvent des raccords résistants à la traction. Ils allient les avantages des raccords à manchons à emboîter avec la résistance à la traction des joints électrosoudés. Une bague d'assemblage intégrée dans le manchon assure le calage du tube en cas de traction. Une fois le raccord emboîté, les forces de traction sont transférées du tube sur la denture de la bague d'assemblage et de cette dernière sur le manchon.

L'utilisation de raccords à manchons à emboîter pour les conduites de gaz n'est pas autorisée.

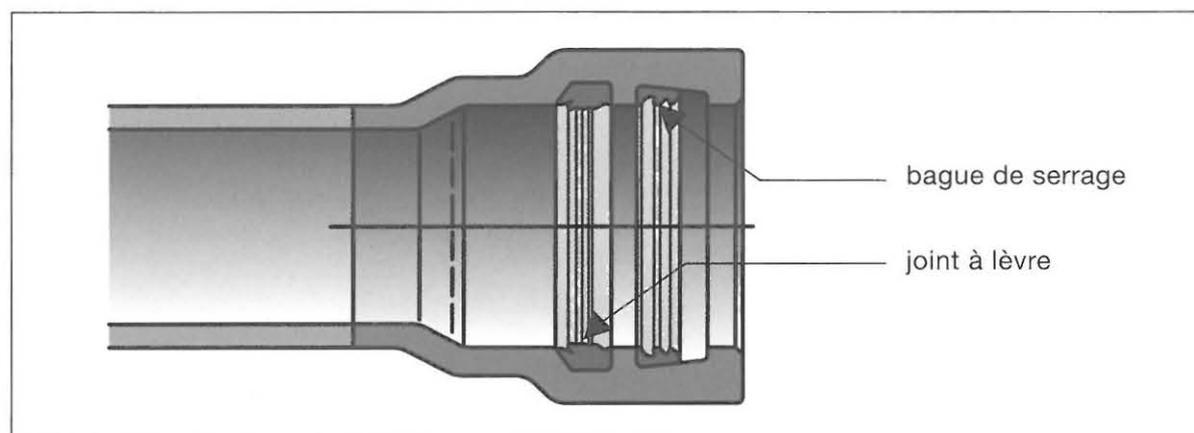


Fig. 6.15 Principe d'un raccord à manchon

En cas d'utilisation d'un raccord ne résistant pas à la traction, il faut prévoir des ancrages pour les déviations, terminaisons, pièces en T et armatures, conformément au paragraphe 6.7, respectivement la directive SSIGE W4, appendice 3.

Les étapes importantes de la procédure :

- Contrôler l'assise de la bague de serrage et du joint à lèvres.
- Nettoyer l'extrémité mâle, la bague de serrage ainsi que le joint à lèvres.
- Passer une légère couche d'un lubrifiant recommandé par le fabricant sur les extrémités des tubes et sur le joint à lèvres.
- Emboîter l'extrémité mâle jusqu'à la marque.
- Bloquer la bague de serrage par un mouvement arrière.

### 6.5.5 Brides

Les assemblages par brides sont principalement utilisés pour joindre des armatures et des joints de transition.

Formes d'exécution:

- collet à souder en PE80 ou PE100 qui est relié au tube au moyen d'un soudage bout-à-bout par élément chauffant ou par électrosoudage, bride folle en métal ou plastique (p. ex. polypropylène avec insert métallique) et joint plat avec insert métallique
- raccord préfabriqué par le producteur et composé d'un tube en polyéthylène avec une bride en métal
- raccords spéciaux en métal (voir aussi la section 6.6)
- raccords par serrage (voir aussi la section 6.5.3, page 34)

Du fait du fluage du polyéthylène, une bride avec un collet à souder en PE et un joint plat devrait être resserrée 3 fois, à des intervalles de 1 heure.

Les parties métalliques de l'assemblage par bride (bride, vis) doivent être spécialement bien protégées contre la corrosion.

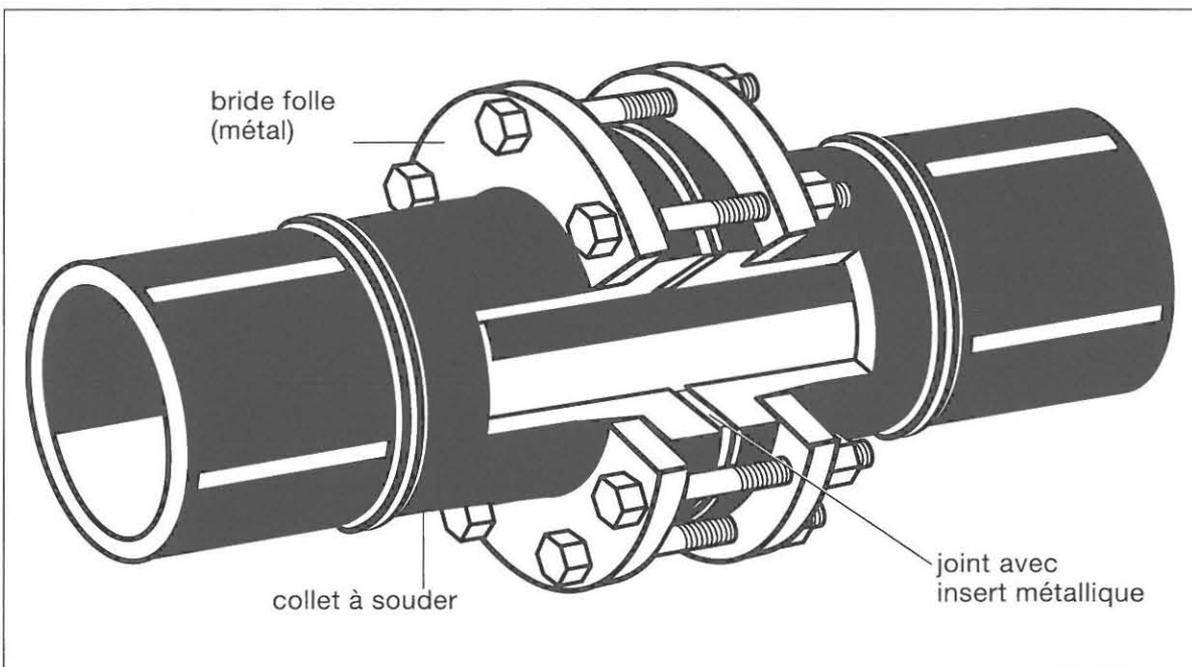


Fig. 6.17 Principe d'un assemblage par bride

Lors d'un assemblage par brides, il faut veiller à ce que

- les surfaces d'étanchéité soient propres
- les vis soient serrées en croix au moyen d'une clé dynamométrique (couple de serrage selon tableau ci-après)
- le joint d'étanchéité reste centré
- les joints à raccorder restent centrés et soient assemblés sans torsions. Les distorsions et les écarts de longueur ne doivent pas être corrigés par le serrage des vis.

Couples de serrage (valeurs indicatives) pour brides avec collets à souder et joints plats avec inserts métalliques

Tube $d_n$		couples de serrage		Tube $d_n$		couples de serrage	
mm	Nm	mm	Nm	mm	Nm	mm	Nm
25	9	160	60	180	70	200	75
32	10	225	75	250	80	280	80
40	20	315	90	355	110	400	110
50	25						
63	30						
75	35						
90	40						
110	45						
125	45						
140	50						

Pour les couples de serrage d'autres systèmes d'étanchéité, voir les instructions du fabricant.

## 6.6 Jonctions et transitions

### 6.6.1 Transitions sur des tubes fabriqués avec d'autres matières

Pour connecter des tubes en polyéthylène avec des tubes en d'autres matières, on dispose de différents éléments de liaison et pièces moulées spécifiques.

Exemples de pièces de transition :

- Pièces de transition vissées, en fonte
- Couplages résistants et non résistants à la traction pour tubes d'acier
- Pièces en polyéthylène avec filets intérieurs ou extérieurs en métal pour liaisons avec tubes métalliques filetés
- Brides (voir aussi paragraphe 6.5.5)

Il faut dans tous les cas observer les instructions d'utilisation et les directives de montage du fabricant.

### 6.6.2 Assemblages d'armatures

Les armatures sont généralement assemblées au moyen de brides ou par le soudage d'un manchon en polyéthylène fixé à l'armature.

On doit monter, respectivement positionner, les armatures en veillant à ce qu'aucune tension importante ne soit exercée sur la jonction.

### 6.6.3 Jonction des conduites principales

A l'aide de ce que l'on appelle des colliers de centrage, on peut réaliser des jonctions avec des conduites principales, aussi bien sous pression de service que sans aucune pression. Les colliers de centrage sont soudés sur le tube par électrosoudage. Un foret encastré dans le tube permet de forer la conduite principale sous pression.

Seuls des instruments de forage prescrits par le producteur peuvent être utilisés pour forer. Pour obtenir de plus amples informations sur la procédure d'électrosoudage, consulter le paragraphe 6.5.2.2.

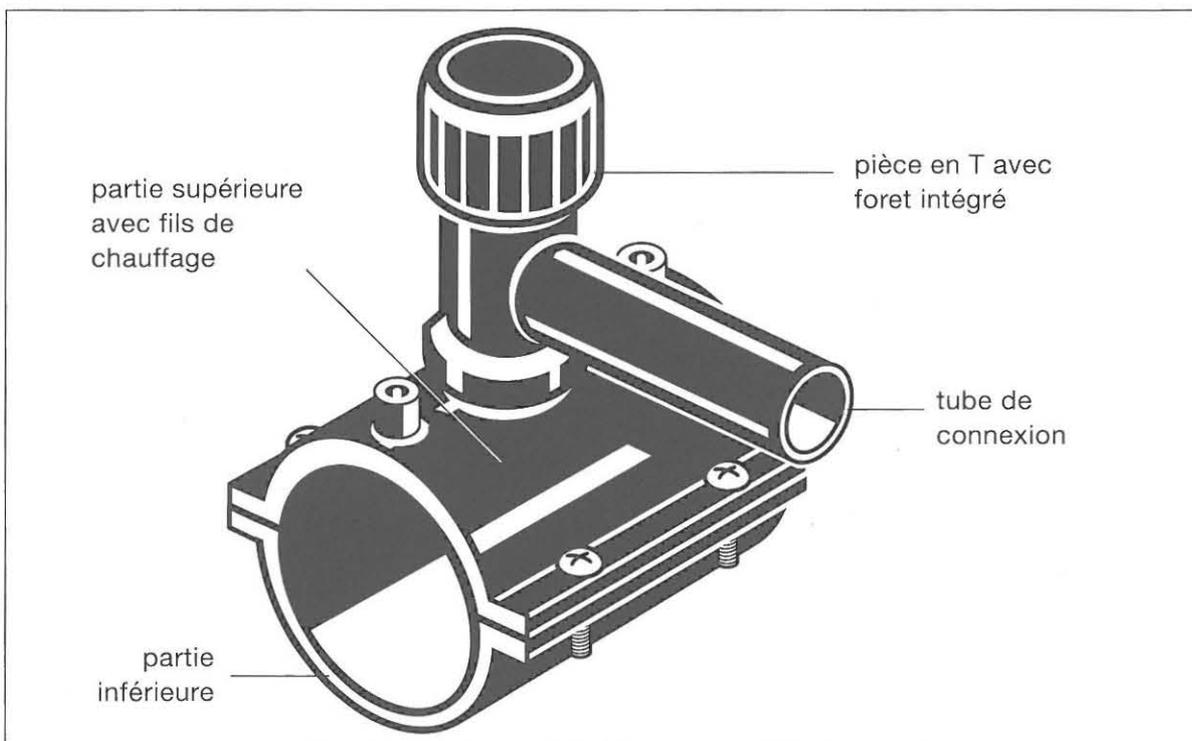


Fig. 6.17 Colliers de soudage électriques avec installations de centrage

Les étapes les plus importantes pour le montage des colliers de centrage électrosoudables, avec dispositif de forage, sont les suivantes :

1. Créer des conditions de travail appropriées (p. ex. : tente de soudage).
2. Brancher l'appareil de soudage au réseau ou à un générateur à courant alternatif et vérifier leur fonctionnement (tension électrique, capacité du générateur, etc.).
3. Nettoyer les zones de soudure de la conduite principale et égaliser les surfaces (profondeur d'environ 0,15 mm) au moyen d'un grattoir ou d'un dispositif recommandé par le fabricant (pas de tissu abrasif).
4. Nettoyer la surface travaillée avec un dégraissant. Utiliser un produit de nettoyage recommandé par le fabricant avec un papier non peluchant et non teinté.
5. Ne sortir les colliers électrosoudables de leur emballage qu'au moment du montage. Le nettoyage de la zone de soudage des colliers doit se faire conformément aux instructions du fabricant.

6. Installer les colliers à souder puis, suivant le modèle, les assurer mécaniquement.
7. En cas d'ovalité de la conduite principale de plus de 1,5%, utiliser des brides.
8. Joindre l'appareil de soudage et les colliers (électriques) (pas de traction sur les câbles de soudage !). Lorsque l'appareil n'est pas équipé d'un système de mise au point automatique, introduire les paramètres de soudage au moyen d'un code-barres ou d'une carte magnétique. La mise en marche de la procédure de soudage se fait conformément aux instructions d'utilisation de l'appareil de soudage.
9. Surveiller le déroulement du soudage suivant les instructions du fabricant.
10. Enlever les câbles du collier électrique une fois la procédure de soudage terminée.
11. La conduite principale ne doit être forée qu'après l'écoulement du temps de refroidissement indiqué par le fabricant. Il est impératif de suivre les instructions du fabricant.
12. La procédure de forage doit être exécutée avec les instruments prescrits par le fabricant et suivant ses prescriptions.

Remarque : L'étanchéité de la conduite de connexion devrait être vérifiée avant le début de la procédure de forage.

Les connexions aux conduites principales peuvent également être réalisées à l'aide de pièces en T ou de manchons électrosoudables.

#### 6.6.4 Raccords aux bâtiments et passage dans des murs

Il n'est pas permis d'emmurer directement des tubes en polyéthylène.

En cas de raccord à des bâtiments, le tube doit être soutenu par un support en béton dans la zone de la fosse (voir fig. 6.18).

Grâce à des passages spéciaux dans les murs, qui évitent l'infiltration d'eau ou de gaz, des tubes en polyéthylène (conduites d'eau et de gaz) peuvent être introduits dans les bâtiments depuis l'extérieur.

Lorsque l'on effectue simultanément les passages dans les murs et un raccord avec un tube en métal, il faut utiliser des pièces spéciales, résistantes à la traction et ancrables (p. ex. pour les conduites eau et gaz).

La conduite en polyéthylène est raccordée à la conduite en métal à l'intérieur d'un tube de protection en plastique ou en métal. Il est par ailleurs possible de disposer de sorties de tubes, avec divers matériaux et filets.

Les instructions de montage du fabricant doivent être suivies.

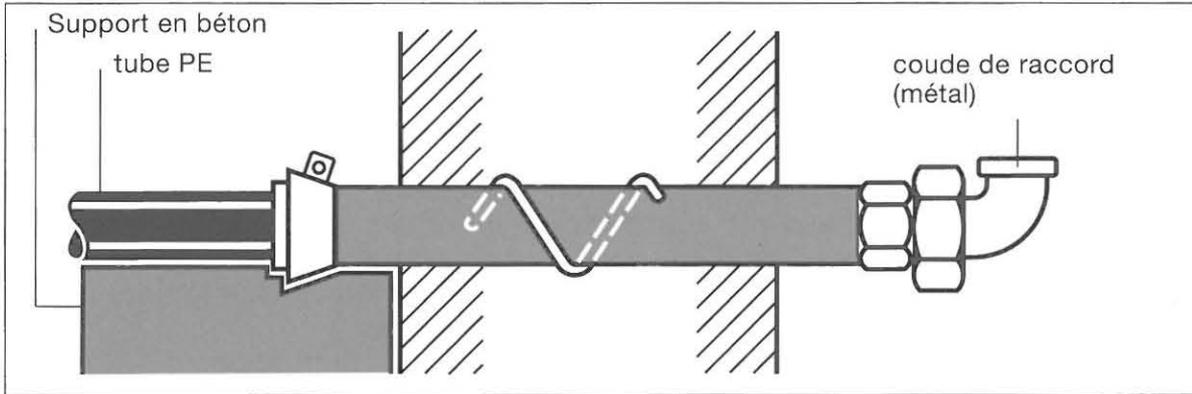


Fig. 6.18 Exemple d'un passage dans un mur avec raccord à un tube en métal

## 6.7 Fixation du tube et appuis

### 6.7.1 Lors de modifications de direction, de courbes et de dérivations

Lorsque le joint n'est pas résistant à la traction, il faut ancrer les coudes, les pièces en T, les réductions et les terminaisons, etc. en tenant compte des forces existantes.

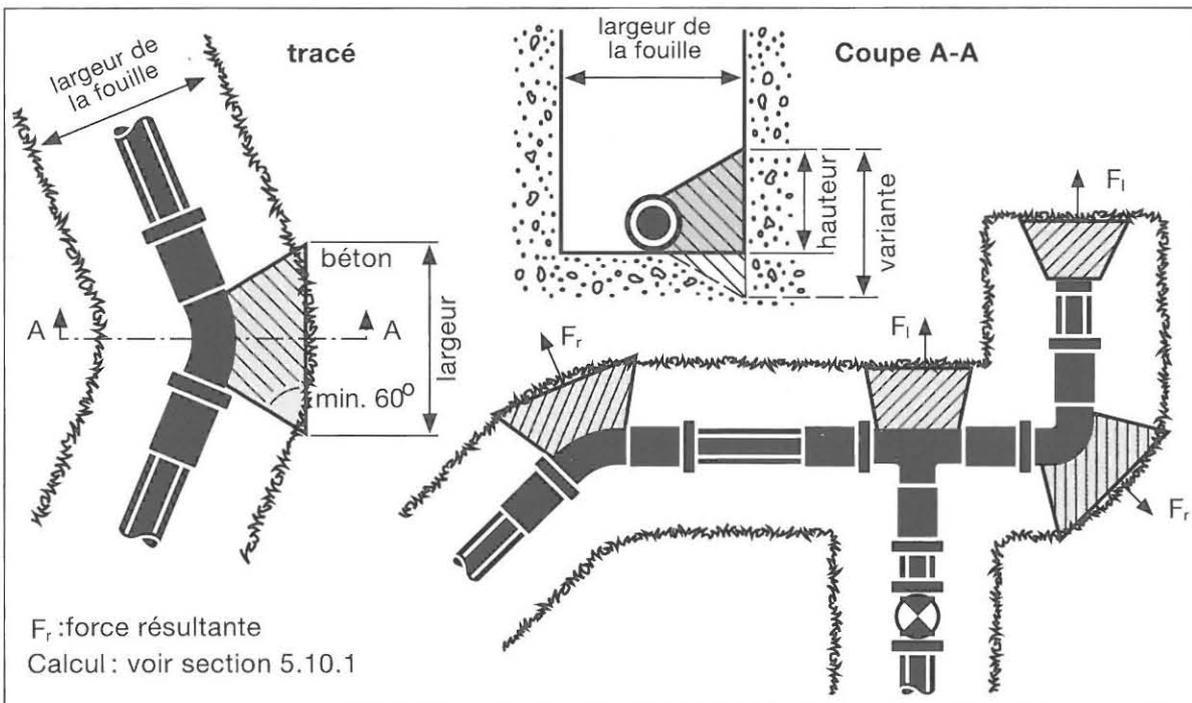


Fig. 6.19 Forces résultantes dans les raccords qui ne sont pas résistants à la traction

Les bases de calcul pour les contreforts en béton sont indiquées dans la directive SSIGE W4.

## 6.7.2 Avec des armatures

Lorsque des vannes, des bouches d'incendie, etc. sont installées sur une conduite en polyéthylène, il faut compenser le poids qu'elles engendrent et neutraliser les éventuelles forces extérieures actives en prenant les mesures de construction nécessaires.

## 6.7.3 En pente

Les conduites qui sont posées dans de fortes pentes doivent être fixées au sol au moyen de contreforts en béton placés à une distance appropriée les uns des autres dans du sol stable. Ces contreforts doivent guider l'écoulement de l'eau et prévenir par là une érosion sous la conduite.

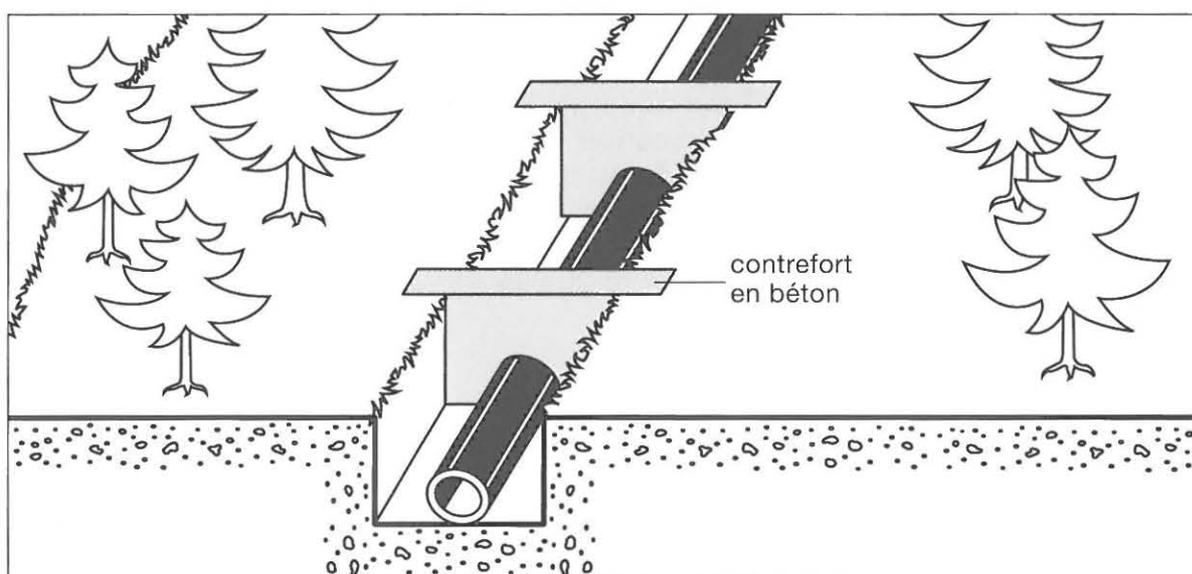


Fig. 6.20 Contreforts en béton lors de forte pente

## 6.8 Assurance de qualité et contrôle

### 6.8.1 Exigences à l'égard du personnel de pose

La pose de conduites en matières plastiques exige la même attention que celle de conduites en d'autres matières. Il faut tenir compte des propriétés de la matière ainsi que des caractéristiques de pose, conformément au chapitre 6 (à partir de la page 24). Les techniques de raccordement des tubes, en particulier le soudage de conduites en polyéthylène, exigent une formation particulière. Cette formation est donnée dans le cadre de la formation de technicien en matières plastiques (construction d'appareils en matières synthétiques) ainsi que dans les cours spéciaux de l'Association tubes et raccords en matières plastiques (VKR) à Aarau, et proposée par l'Association Suisse pour la Technique du Soudage (ASS) à Bâle.

La réussite à ce cours d'une semaine est confirmée par une attestation («pas-seport de soudage»).

Lors des travaux de pose de conduites d'eau et de gaz en matières plastiques, au moins une personne par groupe de montage devrait avoir reçu une formation adéquate.

### 6.8.2 Système de gestion de la qualité

Les producteurs de tubes et raccords en matières plastiques devraient justifier d'un système de gestion de la qualité d'après SN-EN-ISO 9001. La certification d'un système de gestion de la qualité assure que l'entreprise remplit les exigences organisationnelles nécessaires à une production de qualité conforme aux normes.

On exige aussi de plus en plus des entreprises de pose et des services d'approvisionnement qu'ils introduisent à leur tour un système de gestion de la qualité. C'est pourquoi, l'association Suissetec (issue de la fusion entre Clima Suisse et l'ASMFA) et la SSIGE par exemple encouragent leurs membres à organiser leurs entreprises en conséquence. Un tel système créerait une chaîne de qualité, depuis le producteur jusqu'au distributeur de gaz et d'eau, en passant par le transformateur. De plus amples informations sur ces systèmes de gestion de la qualité et leur certification peuvent être obtenues auprès de l'Association suisse pour la promotion de la qualité (SAQ) à Olten.

### 6.8.3 Test d'étanchéité (test sous pression)

Une fois les travaux de raccordement terminés, il faut faire un test d'étanchéité à diverses sections du tube. Les tubes doivent être stabilisés afin de ne pas se déplacer pendant le test et être protégés contre les rayonnements du soleil. La température des parois du tube ne doit pas excéder les 20° pendant toute la durée du test sous pression.

Pour les conduites d'eau en PE, il convient de suivre les directives données dans le complément à la directive W4f de la SSIGE (édition 2007). Pour les tubes d'un diamètre jusqu'à 400 mm et d'un volume de conduite d'au maximum 20 m<sup>3</sup>, le test se fait selon le procédé de contraction (procédé de perte de pression pour tubes viscoélastiques). Dans les autres cas, c'est la procédure normale qui est suivie.

Un résumé ainsi qu'un protocole de test sont disponibles dans l'annexe 3 de cette directive. Il est également possible de télécharger un protocole de test avec système intégré de calcul sur la page d'accueil du VKR, sous [www.vkr.ch](http://www.vkr.ch).

La réalisation du test d'étanchéité pour les conduites de gaz en PE est décrite de manière exhaustive dans la directive SSIGE G2. Trois procédures de test sont prévues, en fonction de la pression de service et du volume de la conduite :

- le contrôle visuel
- la mesure de pression
- la mesure de différence de pression

Suivant le procédé utilisé, on peut employer de l'air, de l'azote ou de l'eau (éventuellement du gaz naturel également) comme fluide de test. Un exemple de protocole de test d'étanchéité est disponible dans la directive SSIGE G2.

#### 6.8.4 Test des soudures

Le test des dispositifs de soudage et la surveillance du soudage quant à l'exécution conforme, l'observation de la propreté et la formation du personnel de montage offrent la meilleure garantie pour des soudures irréprochables.

On peut également contrôler les soudures visuellement sur d'éventuels défauts :

Les soudures bout-à-bout peuvent être jugées en observant la géométrie du bourrelet. Les déviations importantes de la forme idéale sont représentées et évaluées dans la directive DVS 2202, partie 1. Le bourrelet de tubes et raccords en polyéthylène PE100 peut s'éloigner de la forme idéale tout en répondant aux exigences de résistance.

L'examen visuel ne permet de découvrir que de grosses erreurs de transformation ou de soudage.

D'autres systèmes non destructifs tels que contrôle par ultrasons ou rayons X ne permettent de détecter que certains types de défauts.

Pour certaines conduites (p. ex. les conduites de gaz), le mandataire peut demander à ce qu'on réalise des tests de soudage avec évaluation de la qualité de soudage.

On utilise principalement, l'essai de traction, selon la directive DVS 2203, partie 2 avec détermination du facteur à court terme, de même que l'essai de flexion, selon la directive DVS 2203 partie 5.

Les joints avec manchons électriques sont contrôlés visuellement au moyen des indicateurs de soudage. Les indications du fabricant doivent alors être observées. Il faut de plus veiller à ce que l'axe des sections qui ont été jointes soit parallèle. D'autres aspects visuels sont décrits dans la directive DVS 2202, partie 1.

#### 6.8.5 Documentation

Conformément aux exigences des systèmes de qualité concernant la possibilité de reconstituer le processus («tracability»), il convient de mettre sous forme de protocole les informations sur la pose des tubes, les travaux de soudage et les tests d'étanchéité et de soudage.

Il faut veiller à ce que, dans les plans de situation, on ait clairement indiqué si le tube était en PE80 ou en PE100.

Les données de soudage doivent être documentées dans les protocoles de soudage. On peut trouver des exemples de ces protocoles dans la directive DVS 2207, partie 1.

Les machines et instruments modernes de soudage enregistrent les données de soudage et permettent de transmettre ces dernières.

Tous les contrôles exécutés doivent faire l'objet d'un protocole.

## 6.9 Entretien

### 6.9.1 Nettoyage

Le polyéthylène permet de fabriquer des tubes dont la surface est très peu adhésive en comparaison de celle d'autres matières. Les surfaces des tubes en polyéthylène, très lisses et non poreuses préviennent quasiment toute incrustation. Nettoyer par exemple une conduite d'eau dans laquelle se seraient formées des alluvions du fait du tracé ne pose aucun problème. Cependant, lorsqu'il s'agit de conduites d'eau dans lesquelles peuvent apparaître d'importants dépôts de matières solides, il est recommandé de prévoir l'installation de siphons de vidange, afin de permettre un nettoyage ciblé.

Pour les conduites de gaz à forte teneur de condensat, il convient de même de prévoir, à des fins de nettoyage, l'installation de séparateurs de condensats.

### 6.9.2 Réparations

Pour réparer rapidement les fuites sur les conduites endommagées, on peut utiliser des colliers de réparation soudables ainsi que des colliers avec des joints en élastomère, disponibles auprès de différents fabricants.

On obtient une réparation solide en soudant une nouvelle section de tube à l'endroit endommagé. Après avoir vidé la conduite et éliminé toute pression, on coupe la partie défectueuse du tube, on place un morceau de tube adapté muni de deux manchons électriques à l'emplacement de la réparation, et on le soude.

### 6.9.3 Interventions postérieures

Lorsque, pour une intervention, il n'est pas possible de mettre hors de fonction la section de tube concernée au moyen de dispositifs fixes, on peut installer un dispositif permettant d'écraser le tube et d'ainsi fermer provisoirement la conduite en polyéthylène. Au moyen de deux barres, actionnées mécaniquement ou hydrauliquement, on aplatit le tube jusqu'à ce que le flux soit interrompu. Il faut cependant veiller à ce que la paroi du tube ne soit pas trop serrée et de ce fait abîmée par une « surpression ». Lorsqu'on a retiré le dispositif et remis la pression, le tube redevient lentement rond. Un tube ne doit pas être comprimé deux fois au même endroit. Marquer l'endroit où on l'a écrasé !

Quand il s'agit de conduites de gaz, on rend les zones d'interventions étanches au moyen de ballons obturateurs qui sont installés avec des colliers de ballons obturateurs. Ces colliers permettent en outre d'adjoindre, durant l'intervention, une conduite de dérivation.

Lorsqu'on effectue des soudures électriques sur des conduites, en particulier sur des conduites d'eau déjà en service, il faut veiller à ce que les zones de soudage restent sèches. Dans certaines circonstances, il convient d'utiliser des douilles de soudage ou, lorsque cela est possible, des ampoules en caoutchouc.

## **6.10 Récupération**

La meilleure « récupération » est d'éviter les déchets. Une planification soigneuse sur le chantier ou lors de la phase de préfabrication permet de limiter à un minimum la quantité de sections de tubes ou de conduites ne pouvant pas être réutilisées. Les tubes et conduites en polyéthylène se prêtent idéalement au recyclage. Les sections de tube sont retraitées, de manière à pouvoir être utilisées sous d'autres formes (p. ex. comme tubes de protection de câbles). Les fabricants et les grossistes vous informeront sur les possibilités de recyclage.

Les déchets en PE peuvent par ailleurs sans problème être brûlés dans des usines d'incinération des déchets (UIOM), qui récupèrent la grande quantité d'énergie dégagée.

## **6.11 Sécurité**

### **6.11.1 Protection contre les décharges par des appareils électriques**

Les prescriptions et normes d'Electrosuisse et des fabricants responsables doivent être suivies.

L'état des câbles et des prises doit être contrôlé avant chaque utilisation. Les parties défectueuses doivent être immédiatement changées, ou réparées par du personnel spécialisé. Les appareils dont les composants électriques présentent des défauts ne doivent pas être utilisés. Si les dispositifs sont branchés sur le réseau, les appareils électriques ne peuvent être utilisés qu'avec un interrupteur de courant de défaut avec ampérage de déclenchement de 30 mA max.

Les travaux de fouilles et les travaux de pose doivent être interrompus dès l'apparition d'orages

### 6.11.2 Sécurité dans la fouille

Lorsque l'on entreprend des travaux de fouilles, il faut principalement suivre les prescriptions suivantes :

L'ordonnance sur les travaux de construction (OTConst, SR 832.311.141), les prescriptions de sécurité pertinentes de la SUVA (feuillet SUVA 44062.f) ainsi que la norme SN 640 535c de l'Union des professionnels suisses de la route. Les travaux effectués sur des conduites de gaz exigent une prudence particulière. Il convient de suivre les directives SSIGE G201 (prévention d'accidents dans l'industrie gazière) et SSIGE G2 (la construction, l'entretien et l'exploitation des conduites de gaz soumises à une pression de service jusqu'à 5 bar).

## Annexe 1 : Dimensions des tubes

Dimensions des tubes généralement employés en PE80 et PE100.  
D'autres dimensions peuvent être obtenues sur demande auprès des fabricants.

### A 1.1 Tubes en polyéthylène pour l'alimentation en eau noirs avec des rayures longitudinales bleues

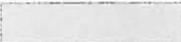
Diamètre extérieur moyen	épaisseur de paroi nominale (= épaisseur de paroi minimale)		
	Pression de service jusqu'à		
	10 bar	12,5 bar	16 bar
	PN 10	PN 12,5	PN 16
	<b>PE100</b>	<b>PE80</b>	<b>PE100</b>
	S8	S5	S5
	SDR17	SDR11	SDR11
$d_n$	$e_n$	$e_n$	$e_n$
mm	mm	mm	mm
20	2,9* R	2,9* R	2,9* R
25	2,9* R	2,9* R	2,9* R
32	2,9* R	2,9* R	2,9* R
40	2,9* R	3,7 R	3,7 R
50	3,0 R	4,6 R	4,6 R
63	3,8 R	5,8 R	5,8 R
75	4,5 R	6,8 R	6,8 R
90	5,4 R	8,2 R	8,2 R
110	6,6	10,0	10,0
125	7,4	11,4	11,4
140	8,3	12,7	12,7
160	9,5	14,6	14,6
180	10,7	16,4	16,4
200	11,9	18,2	18,2
225	13,4	20,5	20,5
250	14,8	22,7	22,7
280	16,6	25,4	25,4
315	18,7	28,6	28,6
355	21,1	32,2	32,2
400	23,7	36,3	36,3

\* Epaisseur nominale de paroi 2,9 mm pour l'utilisation de manchons  
et de raccords électrosoudables  
Diamètre minimal de jonction 40 mm pour les raccords aux bâtiments

R Tubes disponibles en rouleaux également  
(sur demande jusqu'à  $d_n = 200$  mm également)

**A 1.2 Tubes en polyéthylène pour l'approvisionnement en gaz**  
noirs avec des rayures longitudinales jaunes

Diamètre extérieur moyen	épaisseur de paroi nominale (= épaisseur de paroi minimale)			
	Pression de service jusqu'à 1 bar		Pression de service jusqu'à 5 bar	
	<i>PE80</i>	<i>PE80</i>	<i>PE80, PE100</i>	<i>PE100</i>
	S8	S5	S5	S8
	SDR17	SDR11	SDR11	SDR17
$d_n$	$e_n$	$e_n$	$e_n$	$e_n$
mm	mm	mm	mm	mm
20	-	2,9* R	2,9* R	-
25	-	2,9* R	2,9* R	-
32	-	2,9* R	2,9* R	-
40	-	3,7 R	3,7 R	-
50	-	4,6 R	4,6 R	-
63	-	5,8 R	5,8 R	-
75	4,5 R	6,8 R	6,8 R	4,5 R
90	5,4 R	8,2 R	8,2 R	5,4 R
110	6,6	10,0	10,0	6,6
125	7,4	11,4	11,4	7,4
140	8,3	12,7	12,7	8,3
160	9,5	14,6	14,6	9,5
180	10,7	16,4	16,4	10,7
200	11,9	18,2	18,2	11,9
225	13,4	20,5	20,5	13,4
250	14,8	22,7	22,7	14,8
280	16,6	25,4	25,4	16,6
315	18,7	28,6	28,6	18,7
355	21,1	32,2	32,2	21,1
400	23,7	36,3	36,3	23,7

 Cette série de tubes ne peut pas être utilisée.

\* Epaisseur nominale de paroi 2,9 mm pour l'utilisation de manchons et de raccords électrosoudables  
Diamètre minimal de jonction 32 mm pour les raccords aux bâtiments

R Tubes disponibles en rouleaux également  
(sur demande jusqu'à  $d_n = 200$  mm également)

## Annexe 2 : Liste des normes, directives et ordonnances

### A2.1 Directives et publications de la **SSIGE**

(peuvent être obtenues auprès de la Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux, Grütlistrasse 44, 8027 Zurich)

SSIGE-G2	Directives pour la construction, l'entretien et l'exploitation des conduites de gaz soumises à une pression de service jusqu'à 5 bar
SSIGE-G201	Directives pour la prévention des accidents dans l'industrie gazière
SSIGE GW TPG-TPW 1001	Règlement pour la certification SSIGE de tubes et de composants en plastique utilisés dans les domaines du gaz et de l'eau
SSIGE GW 1000	Recommandations pour les exigences et l'utilisation de matériau de remplacement du gravier dans la construction de conduites
SSIGE-W4	Directives pour l'étude, la construction, l'exploitation et l'entretien des réseaux d'eau potable à l'extérieur des bâtiments (SN EN 805 avec des compléments et exigences supplémentaires)

### A2.2 Normes et recommandations de la **SIA**

(peuvent être obtenues auprès de la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes, Selnaustrasse 16, 8039 Zurich)

SIA 190	Canalisations
SIA 205	Pose de conduites souterraines
SIA GEO 405	Modèles et échange des données des conduites souterraines

### A2.3 Normes de l'Union des Professionnels Suisses de la Route **VSS**

(Peuvent être obtenues auprès de l'Association Suisse de Normalisation, Brüglistrasse 54, 8400 Winterthur)

SN 640535c	Fouilles en tranchées, prescriptions d'exécution
------------	--

### A2.4 Publications du **VKR**

(peuvent être obtenues auprès de l'Association tubes et raccords en matières plastiques, Schachenallee, 5000 Aarau)

VKR-RL03	Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen: Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen aus Polyethylen (PE). Leitfaden und Verlegerichtlinien (en allemand uniquement)
----------	---

## A2.5 Directives du **DVS**

(disponibles en allemand auprès du Deutschen Verlag für Schweißtechnik, DVS-Verlag GmbH, Postfach 101965, D-40010 Düsseldorf) ; les directives traduites en français peuvent être obtenues aux Publications du Soudage et de ses Applications, 90 rue des Vanesses, F-93420 Villepinte)

DVS 2202 Partie 1	Défauts des assemblages soudés en matières thermoplastiques : caractéristiques, description, évaluation
DVS 2203 Partie 2	Essais d'assemblages soudés en matières thermoplastiques. Essai de traction
DVS 2203 Partie 5	Essais d'assemblages soudés en matières thermoplastiques. Essai de pliage
DVS 2207 Partie 1	Soudage des matières thermoplastiques. Soudage par élément chauffant de tubes, d'éléments de tuyauteries et plaques en PE-HD
DVS 2208 Partie 1	Machines et appareillages pour le soudage des matières thermoplastiques. Soudage par élément chauffant

## A2.6 Normes de la **SNV**

(peuvent être obtenues auprès de l'Association suisse de normalisation, Bürglistrasse 294, 8400 Winterthour)

SN EN ISO 9001	Systèmes qualité - Modèle pour l'assurance de la qualité en conception, développement, production, installation et prestations associées
SN EN 1555 Parties 1 à 7	Systèmes de canalisations en plastique pour la distribution de combustibles gazeux – Polyéthylène (PE)
SN EN 12201 Parties 1 à 7	Systèmes de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau – Polyéthylène (PE)
SN EN 13244 Parties 1 à 7	Systèmes de canalisations en plastique pour les applications générales de transport d'eau, de branchement et de collecteurs d'assainissement, enterrés sous pression – Polyéthylène (PE)

## A2.7 Normes Internationales, **ISO**

peuvent être obtenues auprès de l'Association Suisse de Normalisation, Bürglistrasse 54, 8400 Winterthour

ISO 4065	Tubes en thermoplastique - Tableau universel des épaisseurs de paroi
ISO TR 9080	Canalisations en plastique pour le transport des fluides - Méthode normalisée d'extrapolation
ISO TR 10358	Tubes et raccords en matières plastiques - Tableau de classification de la résistance chimique

ISO 12162                    Matières thermoplastiques pour tubes et raccords pour applications avec pression - Classification et désignation - Coefficient global de service (de calcul)

#### A2.8 Lois et ordonnances de la **Confédération Suisse**

(peuvent être obtenues auprès du service de diffusion des publications fédérales, anciennement Office Fédéral des Imprimés)

- Loi fédérale sur les installations de transport par conduites de combustibles ou carburants liquides ou gazeux
- Ordonnance sur les installations de transport par conduites (SR 746.11)
- Ordonnance concernant les prescriptions de sécurité pour les installations de transport par conduites (SR 746.2)
- Ordonnance sur la sécurité et la protection de la santé des travailleurs dans les travaux de construction (Ordonnance sur les travaux de construction, OTConst) (SR 832.311.141)

#### A2.9 Publications de la **SUVA**

(peuvent être obtenues auprès de la Caisse Nationale d'Assurance en Cas d'Accidents, 6002 Lucerne)

SUVA 44062.f                La sécurité lors de travaux dans des puits, des fosses ou des canalisations

SUVA 67148.f                Liste de contrôle: Fouilles et terrassements

SUVA 84007.f                Puits, fosses et canalisations. Règles à observer pour en ressortir sans dommage

### Annexe 3 : Test de la pression intérieure de conduites d'eau en PE80 et PE100

Le choix de la procédure de test dépend de différents facteurs. Les procédures de test de pression suivantes peuvent être réalisées :

- Procédure normale.
- Procédé de contraction (procédé de diminution de pression pour tubes viscoélastiques) pour tubes d'un diamètre jusqu'à 400 mm et un volume de conduite jusqu'à 20 m<sup>3</sup>.

Brève introduction à la procédure de contraction et protocole de test conformément au complément à la directive SSIGE W4 (édition 2007). Des informations détaillées sont disponibles dans ce document. Un protocole de test avec système intégré de calcul est par ailleurs disponible sur la page d'accueil du VKR, sous [www.vkr.ch](http://www.vkr.ch).

#### A 3.1 Préparation

Il faut en outre préparer les instruments et les installations suivants :

- Cylindre de mesure gradué  $\leq 5\%$  du volume maximal à mesurer.
- Instrument de mesure de la pression (manomètre, enregistreur à bande, enregistreur de pression) permettant la lecture avec une précision de 0,1 bar
- Appareillage permettant de remplir la conduite avec de l'eau. Lorsque le contenu de la conduite est supérieur à 0,1 m<sup>3</sup>, il est recommandé d'utiliser des pompes à moteur.
- Matériel de recouvrement tel que sable, bâche, etc.

Il faut en outre respecter les points suivants :

- Empêcher les déplacements des tubes (par exemple en mettant des matériaux de remplissage).
- Garder les points de raccord de la conduite à tester facilement accessibles.
- Protéger la conduite des rayons directs du soleil à l'aide d'une bâche ou de sable. La température du tube ne doit en aucun cas dépasser les 20° pendant toute la durée du test de pression !
- Nettoyer la conduite et la remplir entièrement, en évitant d'introduire de l'air. Même des quantités réduites d'air dans la conduite peuvent faire paraître étanche une conduite qui ne l'est pas. C'est pourquoi il est nécessaire de suffisamment purger le système.
- La laisser reposer au moins 1 heure, en laissant ouverts des points d'évacuation de l'air puis la fermer correctement.
- Les armatures de fermeture doivent être étanches et hermétiques !

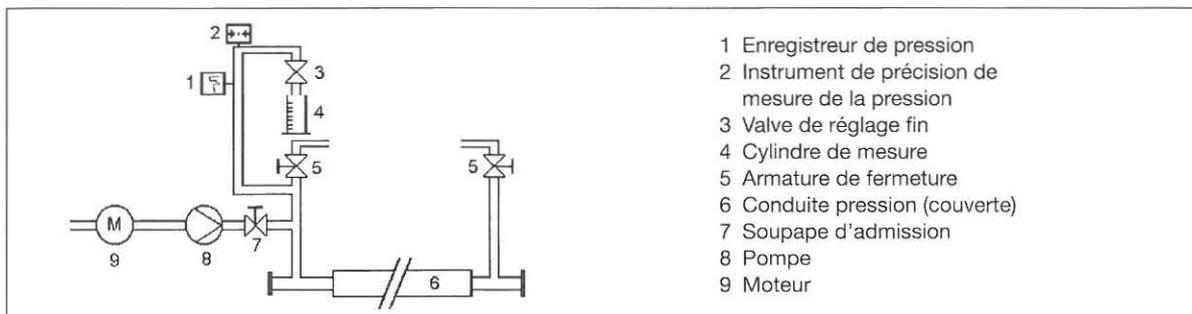


Fig. A 3.1 Dispositif de test

### A 3.2 Essai préliminaire

L'essai préliminaire a pour objectif de réduire les déformations viscoélastiques du tube pression.

– Monter la pression de test STP graduellement en l'espace de 10 minutes.

Pour des sections de tubes longues, utiliser une pompe à moteur.

La pression de test est calculée sur la base de la pression de test maximale, MDP. La pression de test maximale MDP est elle-même divisée en MDPa, qui comprend le coup de bélier supposé et estimé (sans calcul du choc de pression) et MDPc, qui inclut le coup de bélier calculé précisément :

– dans le cas où le coup de bélier est calculé :  $STP = MDPc + 1,0 \text{ bar}$

– et lorsqu'il ne l'est pas :

$STP = MDPa \times 1,5$  ou

$STP = MDPa + 5,0 \text{ bar}$

C'est toujours la valeur la plus basse qui s'applique, MDPa devant toutefois être supérieure ou égale à la pression de test (DP) + 2 bar.

Pour les tubes en PE100 des catégories S8, SDR 17, la pression de test ne doit dépasser les 12 bar, tandis que pour les tubes en PE100 des catégories S5, SDR11, elle ne doit pas être supérieure à 21 bar.

Des informations supplémentaires sur les conditions de calcul de la pression de test sont disponibles dans le complément à la directive SSIGE W4 (édition 2007).

– La pression de test du système doit être maintenue durant 30 minutes en compensant la perte de pression en continu

– Respecter une période de pause de 1 heure (la conduite a un comportement viscoélastique et se déforme).

– La baisse de pression maximale durant cette heure ne doit pas excéder 20% de la pression de test STP.

**Remarque : Une pression trop basse indique que le tube n'est pas étanche ou que sa température est inadéquate (p. ex. suite à une exposition au soleil). Dans ce cas, il faut répéter le test.**

### A 3.3 Test principal avec test intégré de baisse de la pression

Pour prévenir un allongement viscoélastique ultérieur de la conduite, on baisse la pression dans un espace de temps d'au maximum deux minutes et on mesure la quantité d'eau qu'on laisse s'écouler.

	PE80 S5, SDR 11	PE80 S3.2, SDR 7.4	PE100 S8, SDR 17	PE100 S5, SDR 11
Baisse de pression	2,2 bar	3,6 bar	2,0 bar	3,2 bar

Fig. A 3.2 Tableau des baisses de pression

La quantité d'eau qu'on laisse s'écouler doit être mesurée à l'aide d'un récipient de mesure !

Les conditions de test sont considérées comme remplies lorsque le volume d'eau écoulé est inférieur aux volumes d'eau maximaux autorisés (calculés sur la base des valeurs indiquées dans le tableau de la figure A 3.3, multipliées par la longueur de la conduite en mètres (résultat en millilitres).

	Volumes d'eau maximaux autorisés par mètre de conduite			
Diamètre extérieur nominal moyen	PE80 S5, SDR 11	PE80 S3.2, SDR 7.4	PE100 S8, SDR 17	PE100 S5, SDR 11
Baisse de pression dn mm	2,2 bar	3,6 bar	2,0 bar	3,2 bar
	ml/m	ml/m	ml/m	ml/m
32	1,29	0,98		1,28
40	1,96	1,54		1,95
50	3,12	2,41		3,10
63	4,98	3,94		4,95
75	7,28	5,53	8,30	7,22
90	10,43	8,07	12,01	10,35
110	15,70	11,98	18,02	15,57
125	20,20	15,61	23,76	20,04
140	25,60	19,50	29,81	25,39
160	33,17	25,61	38,93	32,90
180	42,13	32,55	49,26	41,79
200	52,17	40,01	60,81	51,74
225	65,96	50,77	76,96	65,41
250	81,95	62,80	95,90	81,27
280	103,04	78,85	120,17	102,17
315	130,31	99,79	151,94	129,22
355	165,88	127,21	192,81	164,48
400	210,54	161,25	246,02	208,76

Fig. A 3.3 Tableau des volumes d'eau maximaux autorisés

Une fois la baisse de pression effectuée, il faut respecter un temps de contraction d'une demi-heure, pendant lequel on observe l'évolution de la pression (enregistrer les données et établir un protocole).

### A 3.4 Résultat du test d'étanchéité

**La conduite est considérée comme étanche, lorsque la ligne de pression enregistrée lors du temps de contraction présente une tendance stable ou croissante (fig. A 3.4).**

En cas d'incertitude, il est possible de prolonger le temps de contraction (temps de test) à 1h30. La baisse de pression ne doit pas dépasser les 0,25 bar par rapport à la valeur la plus élevée durant la phase de contraction.

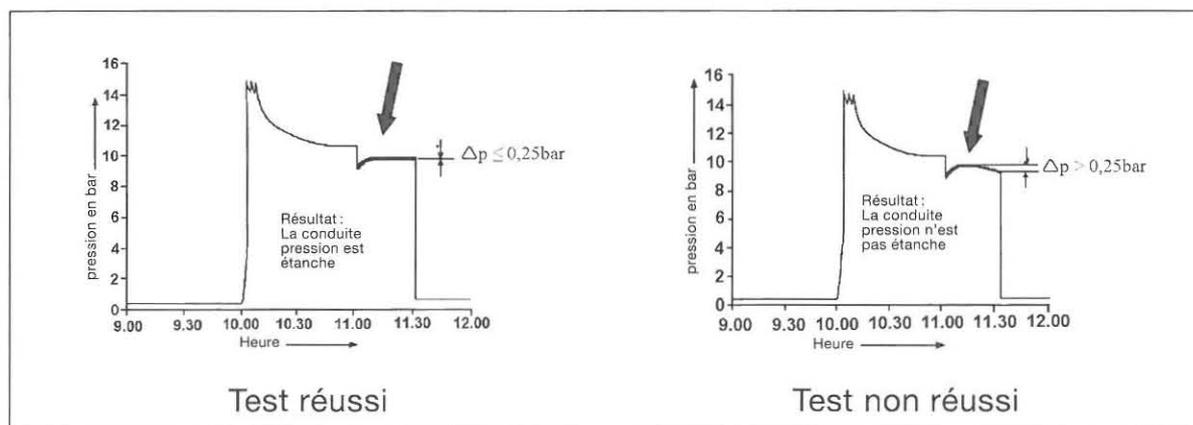
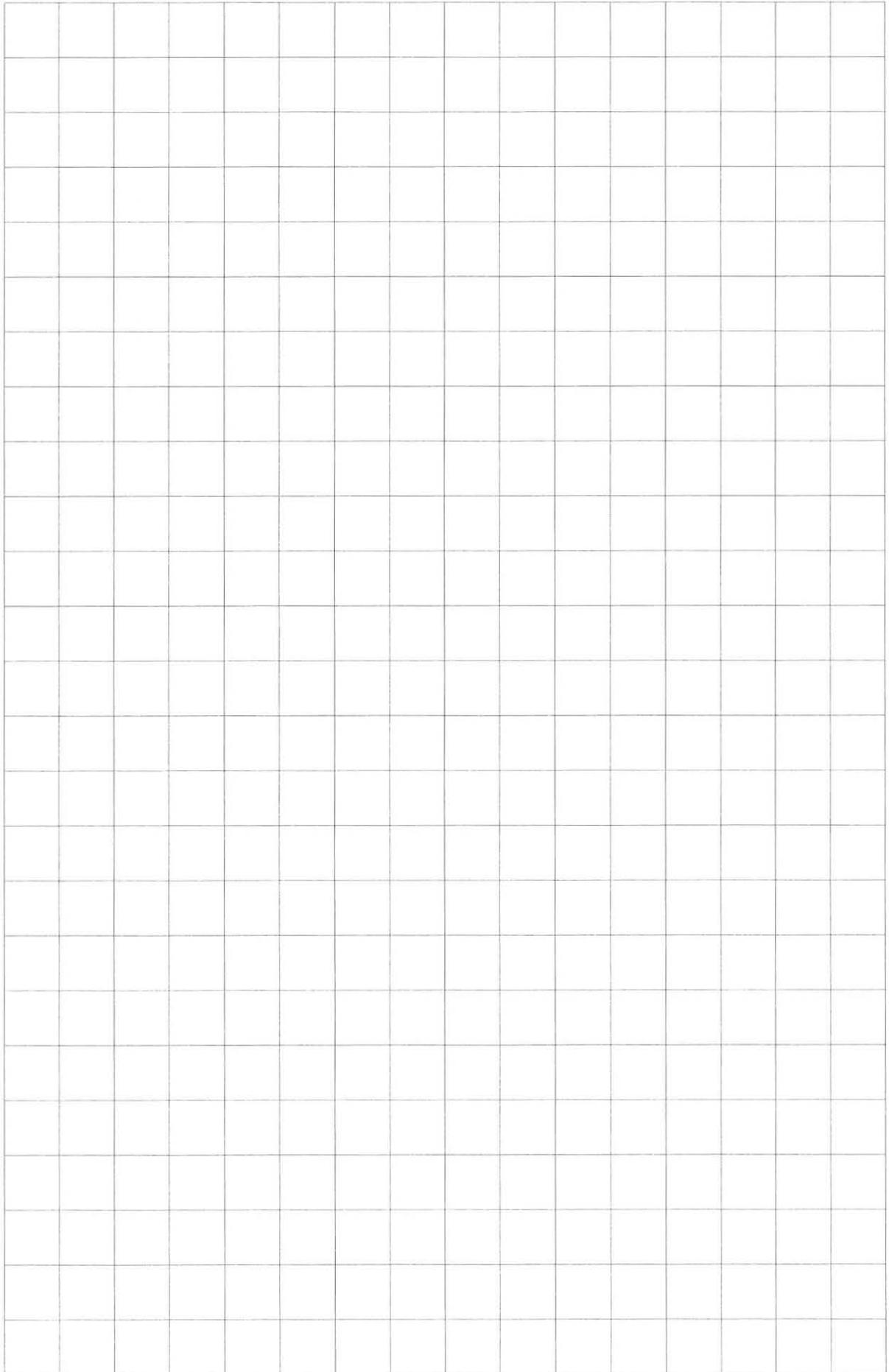


Fig. A 3.4 Courbe de pression d'une conduite étanche et d'une conduite non étanche

**Annexe 4: Forces de traction longitudinale admissible pour tubes en PE 80 et PE 100**

Diamètre extérieur $d_n$ mm	SDR 17 S 8 [KN]	SDR 11 S 5 [KN]	SDR 7,4 S 3,2 [KN]
32	1	2	3
40	2	3	5
50	3	5	7
63	6	8	12
75	8	12	17
90	11	17	24
110	17	25	36
125	22	32	46
140	27	41	58
160	36	53	75
180	45	67	95
200	56	83	117
225	70	105	149
250	87	130	184
280	109	163	230
315	138	206	291
355	175	262	370
400	223	332	470

Force de traction longitudinale admissible pour tubes en PEHD à 20°C  
 Base: Contrainte de traction 20 N/mm<sup>2</sup>, facteur de sécurité 2,5





**Protocole de test de pression pour les conduites d'alimentation en eau en PE d'un diamètre nominal jusqu'à 400 mm. Procédé de contraction** (détails disponibles dans le complément à la directive W4)

Objet: \_\_\_\_\_  
 Planificateur : \_\_\_\_\_  
 Poseur de tubes: \_\_\_\_\_  
 Section de test de à : \_\_\_\_\_

Sélection de la matière 1 - 4	<input type="text"/>	Sélection de la matière		Baisse de pression	<input type="text"/>	bar
<b>Section de conduite</b>	<b>dn</b>	<b>di</b>	<b>PN</b>	<b>Longueur</b>	<b>Volumes d'eau <math>\Delta V_{max}</math></b>	
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ litres
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ litres
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ litres
longueur totale de la section testée :					_____	_____ litres

**Indication de la pression d'exploitation du système déterminante MDP:**

Pression d'exploitation du système DP (sans choc de pression)  bar

Choc de pression calculé oui  non, estimé  Donner des indications sur le choc de pression!

Pression maximale d'exploitation du système MDP<sub>a ou c</sub> (choc de pression inclus)  bar

**Pour MDP, se baser sur un minimum de 10 bar!**

Pression déterminante d'exploitation du système MDP<sub>a ou c</sub> (choc de pression inclus) min. DP +2 bar  bar  
 (our déterminer la pression de test du système STP)

Pression théorique de test du système STP (MDP<sub>c</sub> + 1, ou MDP<sub>a</sub> + 5)  bar

Pression théorique de test du système STP (min. 1.1 x MDP déterminante)  bar

**Pression déterminante de test du système STP**  bar

**Prétest** Baisse de pression max.  $\Delta p = 0.2 * \text{pression de test STP} =$   -  bar

**Test principal avec contrôle de l'évacuation de l'air  $\Delta V_{ab} \leq \Delta V_{max}$**

Volume d'eau mesuré  $\Delta V_{ab} =$  \_\_\_\_\_ litres  $\Delta V_{max} =$   litres

Test de la baisse de pression (contrôle de l'évacuation de l'air)  $\Delta V_{ab} \leq \Delta V_{max}$   réussi  non réussi

début de test	_____ heure	_____ pression	_____ bar	après la baisse de pression	_____ heure	_____ pression	_____ bar
avant la hausse de pression	_____ heure	_____ pression	_____ bar	après 10 min.	_____ heure	_____ pression	_____ bar
après 30 min de maintien de la pression	_____ heure	_____ pression	_____ bar	après 20 min.	_____ heure	_____ pression	_____ bar
avant la baisse de pression	_____ heure	_____ pression	_____ bar	fin du test	_____ heure	_____ pression	_____ bar

**Test de pression**  réussi  non réussi

Personne présente/fonction

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Lieu : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_ Signature de l'examineur : \_\_\_\_\_



## Calcul des volumes d'eau maximaux autorisés $\Delta V_{max}$

$$\Delta V_{adm} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot L}{4} \cdot \Delta p_m \cdot \left( \frac{1}{K_w} + \frac{ID}{E_R \cdot e} \right)$$

- $\Delta V_{adm}$  volume d'eau maximal admissible en ml  
 $\Delta p_m$  chute de pression mesurée en bar  
 ID diamètre intérieur en mm (sans revêtement)  
 $K_w$  module de compression de l'eau 2027 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_R$  module d'élasticité du matériau de la conduite en N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>ST</sub> = 2,1.10<sup>5</sup> E<sub>GGG</sub> = 1,7.10<sup>5</sup> E<sub>PE80</sub> = 800  
 E<sub>PE100</sub> = 1200 E<sub>PVC</sub> = 3000  
 EGFK = selon données du fabricant  
 e épaisseur de paroi en mm  
 L longueur de la section d'épreuve, en m  
 f coefficient d'air résiduel  
 f = 1,5 pour les tuyaux métalliques  
 f = 1,05 pour les tuyaux en matière synthétique

### Volumes d'eau maximaux autorisés $\Delta V_{max}$ en ml par mètre de conduite

matière dn mm	1 PE80 S-5, SDR 11	2 PE80 S-3.2, SDR 7.4	3 PE100 S-8, SDR 17	4 PE100 S-5, SDR 11
32	1.29	0.98		1.28
40	1.96	1.54		1.95
50	3.12	2.41		3.1
63	4.98	3.94		4.95
75	7.28	5.53	8.3	7.22
90	10.43	8.07	12.01	10.35
110	15.7	11.98	18.02	15.57
125	20.2	15.61	23.76	20.04
140	25.6	19.5	29.81	25.39
160	33.17	25.61	38.93	32.9
180	42.13	32.55	49.26	41.79
200	52.17	40.01	60.81	51.74
225	65.96	50.77	76.96	65.41
250	81.95	62.8	95.9	81.27
280	103.04	78.85	120.17	102.17
315	130.31	99.79	151.94	129.22
355	165.88	127.21	192.81	164.48
400	210.54	161.25	246.02	208.76



**VKR**



Association tubes et rac-  
cords en matières plastiques

Utilisation de systèmes de tubes en matières plastiques  
**Conduites pression enterrées en polyéthylènes  
PE80 et PE100**

Guide et directives de pose

**VKR**  
**RL 02**  
08-f