



Systemes de canalisation FLOWTITE

Caractéristiques techniques



AMIANTIT TRADING

01	1 Processus de production	3
02	2 Structure du tuyau	4
03	3 Avantages du produit	4
	Caractéristiques et avantages	4
04	4 Applications	5
05	5 Normes de performance	6
	5.1 ASTM	6
	5.2 AWWA	6
	5.3 Normes ISO et EN	6
	5.4 Epreuve de normalisation des matières premières	6
	5.5 Tuyaux et tubes finis	7
	5.6 Essai de certification	7
06	6 Conception de systèmes de canalisations souterraines	10
	6.1 Résumé	10
	6.2 Flottabilité	12
	6.3 Essais hydrauliques	12
	6.4 Surpression et coup de bélier	12
	6.5 Valeurs de capacité de charge	13
	6.6 Vitesse d'écoulement	13
	6.7 Résistance aux UV	13
	6.8 Coefficient de Poisson	13
	6.9 Température	13
	6.10 Coefficient de dilatation thermique	13
	6.11 Coefficient hydraulique	14
	6.12 Résistance à l'abrasion	14
	6.13 Pression de rupture externe	14
	6.14 Hydraulique	14
	6.15 Débit des liquides	14
07	7 Gamme de produits	16
	7.1 Classes de rigidité	16
	7.2 Pression	17
	7.3 Longueurs	17
08	8 Mode de raccordement des canalisations	17
	Autres systèmes de raccordement	18
09	9 Sélection de classification des canalisations	20
10	10 Installation générale	22
11	11 Annexe A / Directives environnementales en matière de canalisations	30

1 Processus de production

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

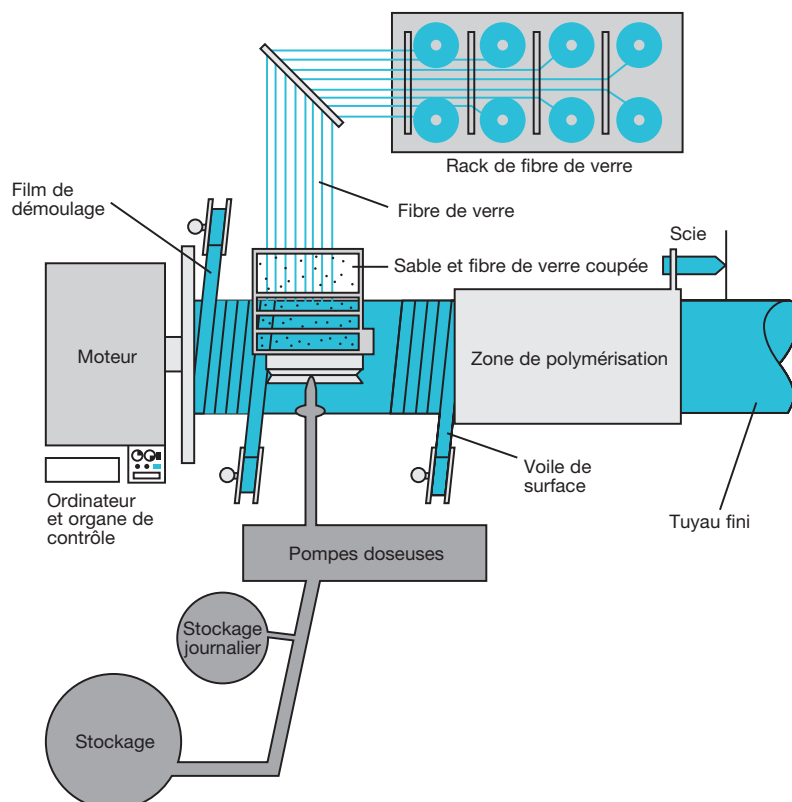
Les canalisations FLOWTITE sont fabriquées sur la base de l'utilisation de procédé de mandrin à avancement continu qui représente la pointe de la production de canalisations PRV. Ce procédé permet d'utiliser des renforts de fibre de verre à enroulement filamentaire circonférentiel continu. Pour une canalisation sous pression ou une conduite enterrée, la contrainte principale se situe dans le sens circonférentiel. Aussi l'incorporation de renforts en continu dans ce sens permet d'obtenir un produit de plus grand rendement à moindre coût. L'utilisation de technologies développées par des spécialistes en matériaux, un laminé très comprimé est ainsi créé qui maximise la contribution à partir de trois matières premières de base. Aussi bien les stratifiés de fibre de verre en continu et coupés sont incorporés pour une grande force radiale et renforcement axial. Un renfort de sable est utilisé pour procurer une plus grande rigidité en ajoutant plus d'épaisseur, placée près de l'axe neutre au niveau du noyau. Grâce au système FLOWTITE d'alimentation double en résine, l'équipement a la capacité d'appliquer un revêtement intérieur en résine pour les applications hautement corrosives tout en utilisant une résine de type classique pour la structure et l'extérieur du stratifié.

En bénéficiant du processus d'enroulement, d'autres matières tel le verre ou le polyester peuvent être utilisés pour améliorer l'abrasion, la résistance chimique et la finition de la canalisation. Pour assurer le même niveau de qualité élevé du produit, il est essentiel que le mode de fabrication soit correctement contrôlé.

Le machine FLOWTITE d'enroulement continu représente la technologie la plus avancée disponible aujourd'hui, et constitue le mode de fabrication de pointe de canalisation en fibre de verre. En termes plus simples, cette machine de fabrication consiste en un feuillard métallique enroulé sur un mandrin constitué de supports qui donnent la forme cylindrique.

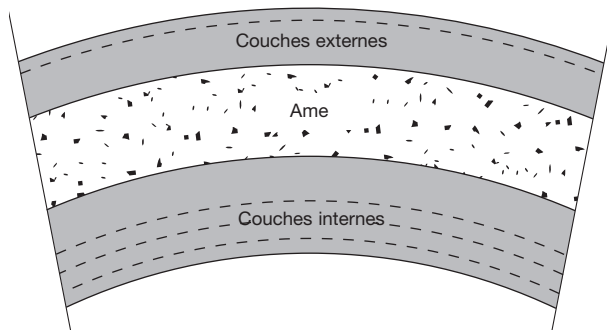
A mesure que le mandrin tourne, la friction fait tourner la bande d'acier et des roulements à bille permettent à la bande de se déplacer longitudinalement de sorte que l'ensemble du mandrin se déplace de manière continue dans un trajet hélicoïdal vers l'assemblage de sortie. A mesure que le mandrin tourne, toutes les matières premières sont introduites et la quantité est contrôlée avec précision. Des capteurs électroniques créent un feedback du paramètre de production continu de sorte que les divers systèmes d'alimentation appliquent la quantité adéquate de matériau. Ceci permet de s'assurer que la quantité de matériaux nécessaire pour créer les différentes couches est appliquée sur toute la durée de l'étape de fabrication. Premièrement, l'agent de démoulage, suivi des diverses formes et modèles de fibres de verre, noyés dans une matrice de résine de polyester. Les couches structurales sont composées de fibre de verre et de résine seulement, alors que la couche noyau comprend de la silice pure. C'est l'application continue de ces matériaux sur le mandrin qui forme la canalisation.

Comme la canalisation a été formée sur le mandrin, elle est durcie et ultérieurement coupée à la longueur requise. Les extrémités de la section de la canalisation sont calibrées pour convenir au raccord.



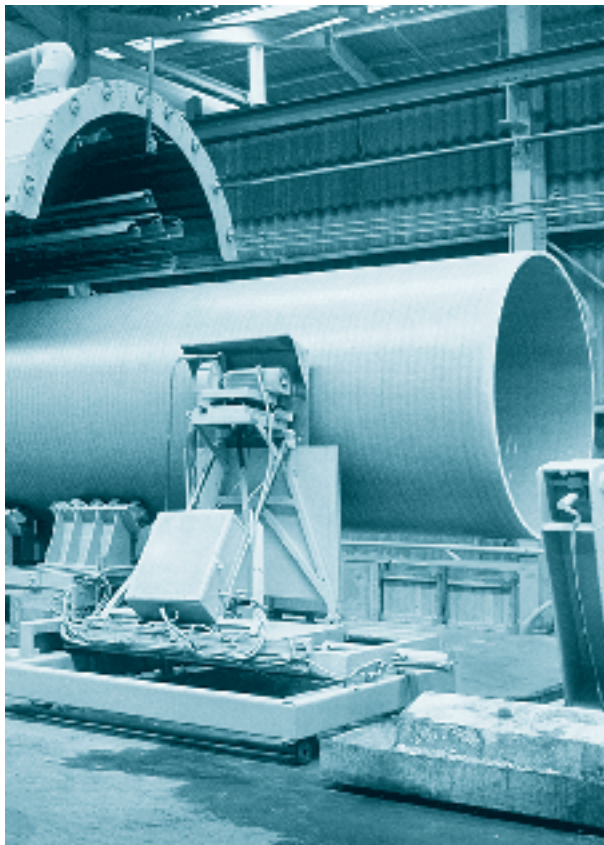
2 Structure du tuyau

Les principales matières premières utilisées pour la fabrication des canalisations sont la résine, la fibre de verre et le sable siliceux. Dans des conditions normales, des résines orthophthaliques de polyester sont utilisées au vu de leur bonne performance dans la majorité de leurs applications. Seules les matières premières approuvées FLOWTITE peuvent être utilisées pour la production des canalisations FLOWTITE.



Le schéma ci-dessus montre une coupe longitudinale typique d'une canalisation stratifiée. Cette coupe, ainsi que la manière d'appliquer et de placer les différentes matières premières, diffèrent en fonction de l'application de la canalisation.

Le principe de production en continue permet la fabrication de canalisations dans des diamètres allant de DN 300 à DN 4000. Les diamètres DN 100 - DN 250 sont disponibles en longueur de 6m.



3 Avantages du produit

La technologie FLOWTITE a permis de mettre un produit sur le marché à même d'offrir des solutions à bas prix et à long terme à une clientèle internationale. La longue liste de caractéristiques et de bénéfices offre un système optimal d'installation et de coût du cycle de vie.

Caractéristiques et avantages

Résistant à la corrosion

- Durée de vie plus longue et efficace
- Pas besoin de revêtement, d'enduit, de protection cathodique, d'enveloppe ou d'autres formes supplémentaires de protection contre la corrosion
- Coûts d'entretien bas
- Caractéristiques hydrauliques essentiellement constantes sur la durée

Poids léger

(1/4 du poids de la fonte, 1/10 du poids du béton)

- Faibles coûts de transport (emboîtement)
- Élimine la nécessité d'utiliser un équipement de manutention de canalisations coûteux

Grandes longueurs normalisées

(6, 12 et 18 mètres)

- Moins de joints ce qui réduit le temps d'installation
- Plus de canalisations par camion complet ce qui signifie des coûts de livraison plus bas

Caractéristiques hydrauliques supérieures

- Intérieur extrêmement lisse
- Un coefficient de débit Hazen-Williams d'environ $C = 150$
- Une plus faible friction signifie moins d'énergie de pompage nécessaire et des coûts d'exploitation moindres
- Coefficient de débit de Manning $n=0,009$
- Une moindre accumulation de boues fines signifie des coûts plus faibles de nettoyage
- Excellente résistance à l'abrasion

Raccordement FLOWTITE avec le système de joints élastomère REKA

- Des joints étanches efficaces conçus pour éliminer l'infiltration et l'exfiltration
- Facilité de raccordement, ce qui se traduit par un délai d'installation plus court
- Permet de légers changements en direction de ligne et en tassement différentiel sans raccords de tuyauterie supplémentaires

Processus de fabrication flexible

- Des diamètres sur mesure peuvent être fabriqués pour permettre des débits-volumes maximum, avec une facilité d'installation pour les projets de réhabilitation par tubage
- Des longueurs sur mesure peuvent être fabriquées pour permettre une flexibilité maximale pour une grande facilité de l'enfouissement direct ou de l'installation de tubage

4 Applications

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

Conception de canalisations selon une technologie de pointe

- Des catégories de pression et de rigidité multiples pour satisfaire les critères de conception de l'étude
- Une moindre vitesse de la célérité de l'onde que d'autres matériaux de canalisation peut signifier un moindre coût lors du dimensionnement des pressions de crête et du coup de bélier
- Qualité élevée et constante du produit de par le monde, conforme aux normes les plus strictes en matière de rendement (ASTM, AWWA, DIN-EN...)

Les canalisations en Polyester Renforcé de fibre de Verre (PRV) de FLOWTITE peuvent être utilisées dans plusieurs applications, dont:

- Transmission et distribution de l'eau (eau potable et eau brute)
- Systèmes d'assainissement ou d'émissaires d'évacuation
- Assainissement pluvial
- Lignes de conduites forcées souterraines hydroélectriques
- Ouvrages de prise et d'évacuation d'eau de mer
- Eaux de refroidissement, conduite de réalimentation et de vidange pour les centrales électriques
- Applications industrielles
- Réhabilitation



5 Normes de performance

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

Les systèmes de canalisation renforcée en fibre de verre de FLOWTITE sont certifiés par plusieurs normes nationales et internationales. Les normes développées par l'ASTM, l'AWWA et les dernières normes ISO et EN s'appliquent à une large gamme d'applications des canalisations en fibre de verre, y compris l'adduction d'eaux usées d'origine domestique, des eaux et des déchets industriels. Un dénominateur commun à l'ensemble des normes des produits est que tous ces derniers sont des documents basés sur la performance. Ceci signifie que le rendement requis et le test de la canalisation est spécifié.

L'inspection et le test réalisés sur un échantillon prélevé sur une conduite d'assainissement après une durée d'exploitation de 25 ans se sont avérés être parfaite. Ceci, ainsi que l'analyse des informations du temps de défaillance oscillant de quelques heures jusqu'à 28 ans et leur liaison par rapport à la méthode normalisée et à l'analyse de régression font état de marges de sécurité plus élevées que prévu et ainsi des extrapolations peuvent être faites même pour une durée de vie de 150 ans.

5.1 ASTM

Il existe actuellement plusieurs normes de produits ASTM en application, portant sur un large éventail d'applications de canalisations en fibre de verre. Toutes les normes de produit s'appliquent à des canalisations ayant des diamètres oscillant entre 200 mm et 3 600 mm et qui exigent des joints flexibles qui résistent aux tests hydrostatiques dans des configurations (selon D4161 de l'ASTM) qui stimulent des conditions d'utilisation exagérées. Ces normes comprennent plusieurs tests de contrôle de qualification et de qualité très rigoureux:

- Systèmes d'évacuation gravitaire des eaux usées ASTM D3262
- Conduites sous pression ASTM D3517
- Assainissement sous pression ASTM D3754

5.2 AWWA

La norme AWWA C950 constitue l'une des normes de produit la plus globale pour les canalisations en fibre de verre. Cette norme relative aux applications de l'eau sous pression a des exigences très importantes en termes de canalisations et de joints, centrées sur le contrôle qualité et sur les tests de qualification de prototypes. A l'instar des normes ASTM, cette norme concerne la performance du produit. AWWA a publié le manuel M-45, qui comprend plusieurs chapitres sur la fabrication de canalisations en PRV pour des installations enterrées et en aérien. Les documents élaborés par AWWA sont comme suit:

- Canalisation sous pression en fibre de verre – AWWA C950
- Manuel de conception de canalisations sous pression en fibre de verre AWWA M-45

5.3 Les normes ISO et EN

Il existe actuellement certaines normes en usage dans les pays de l'UE, telles que celles élaborées par le BSI (BS 5480), DIN (DIN 16868) et AENOR (UE 533-23-EX). Toutes ces normes seront remplacées par les travaux effectués dans le cadre de l'organisation européenne. Les documents EN 1796 et EN 14632 concernent les applications eau et assainissement, qui sont censées remplacer les normes en vigueur en Europe dans un avenir proche.

L'Organisation Internationale de Normalisation –ISO- a émis deux normes: ISO 10467 pour l'évacuation et l'assainissement et ISO 10639 pour l'eau.

Amiantit participe à l'élaboration de toutes ces normes à travers des représentants au niveau de l'organisation mondiale, assurant ainsi des exigences en matière de performance qui débouchent sur des produits fiables.

5.4 Contrôle qualité des matières premières

Les matières premières sont fournies accompagnées de l'attestation d'agrément du fournisseur prouvant la conformité de ces dernières avec les exigences de qualité FLOWTITE. En outre, toutes les matières premières sont agréées et testées avant utilisation. De telles épreuves permettent de s'assurer que les matériaux utilisés pour les canalisations sont conformes aux exigences applicables. Les matières premières doivent, selon les exigences de qualité de FLOWTITE, être pré-agréées de sorte que leur adéquation au processus et au produit fini soit démontrée par sa performance sur le long terme.

Les matières premières utilisées dans la production de canalisations sont:

- La fibre de verre
- La résine
- Les catalyseurs
- Le sable
- L'accélérateur

Seuls les matières premières approuvées FLOWTITE peuvent être utilisées dans la production des canalisations FLOWTITE.

Fibre de verre

La fibre de verre est spécifiée par tex, qui est = poids en grammes/1 000 m de longueur
Fibre de verre circonférentielle
Fibre de verres continus utilisés dans différents TEX pour la production de la canalisation FLOWTITE
Fibre de verres coupés directement sur la machine pour donner de la force dans les différentes directions.

Résine

Seules les résines agréées sont utilisées pour les procédés d'enroulement. Celles-ci sont généralement

livrées dans des tambours ou en vrac. La résine est préparée dans des citernes pour la consommation quotidienne. La température normale d'application est 25°C.

La résine est livrée par le producteur et peut être diluée avant d'être utilisée dans la machine avec du styrène pour atteindre le niveau de viscosité requis et acceptable défini par la "Technologie FLOWTITE".

Catalyseur

La quantité appropriée de catalyseur est mélangée à la résine juste avant son application sur le mandrin. Seuls les catalyseurs agréés sont utilisés dans le procédé de fabrication des canalisations "FLOWTITE".

Sable

Le sable est incorporé au noyau de la canalisation et à la couche intérieure des raccords.

Le sable à forte teneur en silice doit faire partie des spécifications FLOWTITE comme étant une matière première approuvée.

Accélérateur

Un accélérateur est mélangé à la résine entreposée dans les stocks journaliers. Il peut être livré par les producteurs en des concentrations différentes et peut être dilué avec du styrène pour atteindre la concentration requise pour la production des canalisations "FLOWTITE".

Propriétés physiques

Les capacités de charges axiales et circonférentielles des canalisations fabriquées sont vérifiées par des tests. Des épreuves de rigidité et de déflexion sont également effectuées. Ces épreuves sont toutes faites de façon systématique conformément au manuel de qualité de FLOWTITE. En outre, la construction et la composition des canalisations sont confirmées.

5.5 Contrôle qualité produit fini

Toutes les canalisations sont soumises aux tests de contrôle suivants:

- Inspection visuelle
- Dureté Barcol
- Epaisseur de la paroi
- Longueur de section
- Diamètre
- Test hydrostatique à double pression de service (seul PN6 et plus élevée)

! **Note:** Les pressions et les diamètres peuvent être limités par les capacités des essais hydrostatiques.

Les essais de contrôle suivants sont effectués sur une base aléatoire:

- La rigidité de la canalisation
- L'ovalisation sans dégâts ou défaillance de structure
- Essai de la tension axiale et circonférentielle
- L.O.I.

5.6 Essai de certification

Le facteur commun à toutes les normes est celui de l'obligation faite au fabricant de canalisations de se conformer aux exigences de performance minima des normes. Dans le cas des canalisations PRV, ces exigences minima de performance relèvent à la fois des exigences à court terme et à long terme.

Les normes les plus importantes, et celles généralement spécifiées au même niveau de performance dans l'ensemble des normes définies précédemment, sont la qualification des joints, la déformation initiale de l'anneau, la flexion de l'anneau sur le long terme, la pression à long terme et la capacité de résistance à la corrosion. Les systèmes de canalisations et de raccords de FLOWTITE ont fait l'objet de tests stricts pour la vérification de la performance de ces normes.

Tests sur le long terme

Les normes pour les canalisations en fibre de verre sont définies selon l'hypothèse que lorsque les matériaux sont soumis une contrainte, celles-ci seront sujettes à des changements au niveau de leurs propriétés mécaniques. La conception du produit est généralement basée sur les valeurs projetées de la force des matériaux sur une durée de 50 ans. Pour déterminer les propriétés à long terme des canalisations, au minimum 18 échantillons sont préparés et assujettis aux tests. Une défaillance au delà de 10 000 heures de fonctionnement avec une répartition acceptable sur différentes durées temporelles sont nécessaires pour procéder à l'évaluation. Les résultats ainsi obtenus sont évalués sur la base de l'utilisation d'un graphique logarithmique projeté dans le temps pour obtenir la valeur sur à 50 ans. Au fil des ans, un nombre remarquable de résultats de tests sur la base de la méthode de test ASTM a pu être recueilli. Plus de 600 points de données sont en cours d'analyse, avec des intervalles entre défaillances oscillant entre quelques heures et 28 années. L'analyse des données a pu démontrer un comportement bilinéaire intéressant, plutôt que la régression linéaire prévue par les bases de données plus courtes et plus petites. Les résultats suggèrent que la méthode normalisée est certes assez conservatrice et qu'avec ces informations supplémentaires, les marges de sécurité sont avérées être plus grandes que prévu et que partant une extrapolation jusqu'à 150 ans pouvait être faite. Les canalisations en PRV de FLOWTITE répondent donc aux exigences de certaines institutions demandant un cycle de vie de la canalisation dépassant la durée de 100 ans.

Test de résistance à la corrosion

Une performance unique et importante des canalisations gravitaires en PRV utilisées dans les applications de conduites est le test chimique de la canalisation se trouvant dans un état de déformation ou de contrainte. Ce test de résistance à la corrosion exige au minimum de faire déformer 18 échantillons d'anneaux de la canalisation à différents niveaux et maintenus constantes. Ces anneaux contraints sont par la suite exposés au niveau de leur surface intérieure à 1,0 N (5% par poids) d'acide sulfurique. Ceci est fait dans le but de simuler un état de fosse septique enterrée. Ceci

s'est avéré être représentatif des pires états des conduites, y compris celles rencontrées au Moyen-Orient, là où plusieurs canalisations FLOWTITE ont été installées avec de bons résultats.

La durée de fonctionnement avant défaillance (fuites) pour chaque échantillon de test est ainsi mesurée. Le taux de défaillance par contrainte extrapolé minimum à 50 ans, utilisant une analyse par la méthode de régression des moindres carrés des données des défaillances, doit être égal aux valeurs indiquées pour chaque catégorie de rigidité conformément à la norme. La valeur ainsi réalisée est ensuite reliée à la conception de la conduite pour permettre la prédiction de restrictions d'installation sécuritaire pour les conduites en PRV utilisées pour ce type de fonctionnement. En général, elle donne lieu à une déformation souterraine de long terme de 5%.

Pa exemple, selon les normes ASTM, la valeur de corrosion par contrainte minimale doit être:

Classe de Rigidité	S _{CV} Contrainte, %
SN 2500	,49 (t/d)
SN 5000	,41 (t/d)
SN 10000	,34 (t/d)

Tableau 5-1 Valeur de corrosion par contrainte minimale

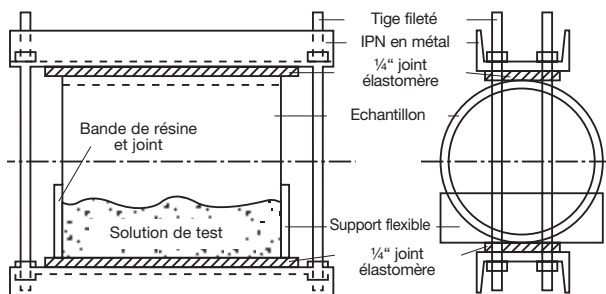


Figure 5-1 Appareil d'essai de corrosion par contrainte

La valeur de corrosion par contrainte prédite sur 50 ans, telle que publiée par FLOWTITE est de 0,67%.

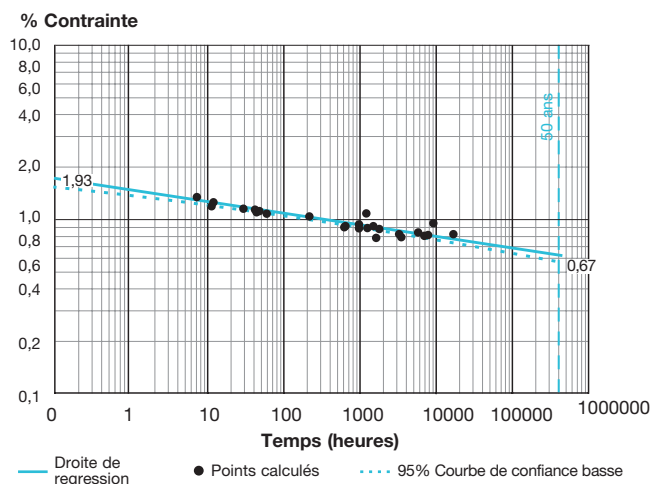


Figure 5-2 Courbe FLOWTITE de la corrosion par contrainte

Base de calcul hydrostatique – HDB

Un autre essai de qualification importante est la détermination de la base de calcul hydrostatique –HDB. Cette épreuve consiste en un essai par pression hydrostatique jusqu'à défaillance (fuites) de plusieurs échantillons de conduites selon une variété de niveaux de pression constante très élevés. A l'instar du test de l'essai de corrosion par contrainte précédent, les données obtenues sont évaluées sur une base log-log pour la pression (ou pour la charge de rupture circouférentielle) par rapport à l'intervalle entre les défaillances, extrapolées ultérieurement sur une durée de 50 ans. La pression de défaillance (contrainte) extrapolée sur 50 ans, à laquelle il est fait référence comme la base de calcul hydrostatique (contrainte) ou HDB, doit être supérieure à la classe de pression selon le coefficient de sécurité (voir figure 2). En raison de considérations de charge combinée, à savoir l'interaction de pression interne et des contraintes extérieures imposée au sol, le coefficient de sécurité à long terme réel par rapport aux défaillances de pression seule est supérieur que ce coefficient de sécurité. Cet essai de qualification contribue à assurer la performance à long terme de la conduite sous pression.

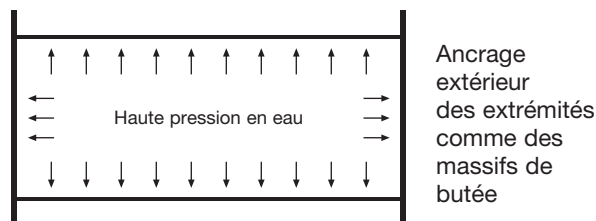


Figure 5-3 Effet de la pression à long terme sur la durée de vie de la conduite

La valeur de contrainte HDB prédite sur 50 ans, telle que publiée par FLOWTITE, est de 0,65%.

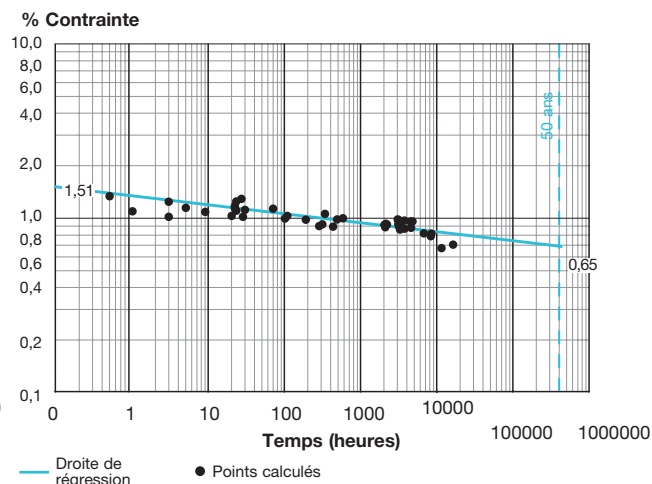


Figure 5-4 Courbe FLOWTITE pour les pressions par contrainte à long terme.

Flexion des anneaux sur le long terme

La capacité d'une conduite en PRV à résister aux déformations ou à la flexion (contrainte) des anneaux sur le long terme (50 ans), lorsqu'elle est exposée à un environnement aqueux et sous charge constante doit satisfaire le niveau de déformation a spécifié dans le test de déformation de l'anneau initial. Cette exigence est définie dans les normes ISO et EN. La norme AWWA C950 exige que le test soit réalisé avec l'utilisation de la valeur prédite de 50 ans obtenue utilisée dans la conception de la conduite. La conduite FLOWTITE est testée sur la base de l'utilisation des directives de l'ASTM D5365 "Contrainte de Flexion de l'Anneau à Long Terme de la Canalisation en Fibre de Verre" et répond à l'ensemble des exigences.

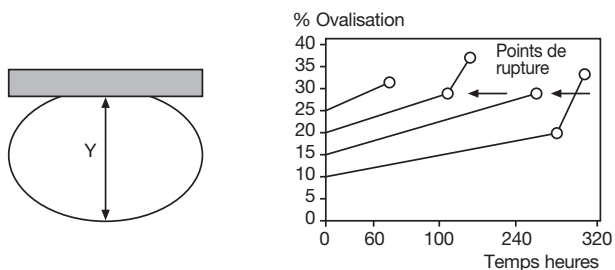


Figure 5-5 Effet de la flexion à long terme dans l'eau sur le cycle de vie de la canalisation

La flexion prédite à long terme sur 50 ans telles que publiée par FLOWTITE est de 1,3%.

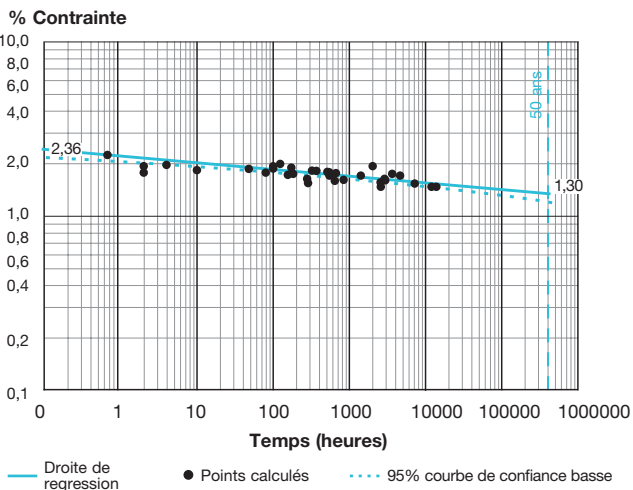


Figure 5-6 Courbe FLOWTITE de la flexion à long terme

Déformation initiale de l'anneau

Toutes les canalisations doivent satisfaire les niveaux de déformation initiale sans preuve visuelle de fissuration (niveau A) et sans dommages portés à la structure de la paroi de la canalisation (niveau B) lorsque se produit une déformation verticale entre deux plaques ou tiges horizontales parallèles.

Catégorie de rigidité de déformation

Niveau	SN		
	2500	5000	10000
A	15%	12%	9%
B	25%	20%	15%

Tests joints

Cet essai en vue de l'homologation est effectué sur des prototypes de joints de raccords à joints étanches élastomériques. Ce test est fait conformément aux normes ASTM D4161, EN 1119 et ISO 8639.

Il comporte quelques unes des plus strictes exigences en matière de performance de l'industrie de fabrication des joints pour tous les matériaux appartenant aux gammes de pression et de dimensions des conduits de FLOWTITE. Ces normes exigent des raccords flexibles de pouvoir résister aux essais sous pression hydraulique dans des configurations stimulant les conditions de n utilisations. Les tests sont effectués à des pressions deux fois plus élevées que la pression nominale, et 1 bar est utilisé pour les canalisations à écoulement gravitaire. Les configurations des raccords portent entre autres sur l'alignement droit, la déviation angulaire maximale et l'effort de cisaillement différentiel. Un essai sous vide partiel et des essais de pression cycliques sont également inclus.

6 Conception des systèmes de canalisations souterraines

La norme ANSI/AWWA C950-95 et le Manuel M45 constituent les références de base de la procédure de conception des canalisations enterrées FLOWTITE. Les tuyaux en fibre de verre sont flexibles et peuvent résister à d'importantes déformations. Des charges verticales (du sol, du trafic et de la nappe phréatique) donnent lieu à une flexion tributaire du niveau de compactage du sol autour de la canalisation et du niveau de rigidité à la direction transversale de l'anneau. Les conduites FLOWTITE sont souples dans la majorité des sols. Une attention particulière est nécessaire lors du creusement, le remblai latéral et du remblayage des tranchées. Ceci crée le support nécessaire à la canalisation. Ceci empêche également la torsion et d'éventuels dégâts causés par le sol et/ou le trafic. La résistance au mouvement horizontal de la canalisation dépend du type de sol, sa densité et sa teneur en eau. Plus grande est la résistance du sol, moins la canalisation sera sujette à la déformation ou au déplacement. La figure ci-dessous montre la répartition de la charge et la mobilisation de la réaction du sol, induite par la compression du sol en interaction avec la flexibilité et la déformation de la canalisation.

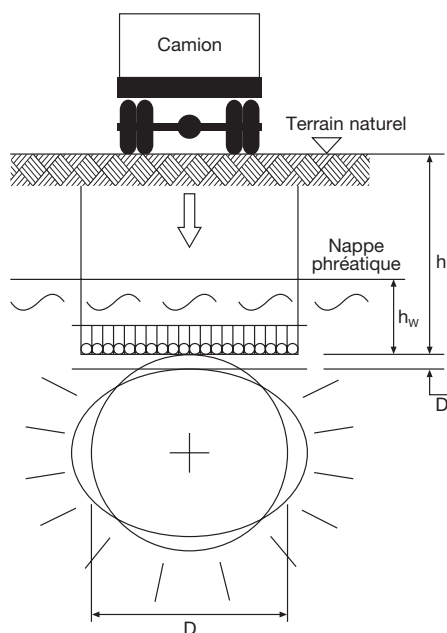


Figure 6-1 Comportement de la canalisation sous l'effet de l'intensité du trafic

Etant donné que la conception est faite sur la base de la norme AWWA M-45, nous avons joint au présent document un résumé du chapitre 5 de ladite norme. Les canalisations en PRV, au vu de leur nature flexible, fléchiront et de ce fait répartiront la charge sur le sol vers les matériaux de remblai plus robustes. Les conséquences de ceci sont comme suit:

- Le matériau de remblai latéral devra porter la charge du remblai, du trafic, etc.
- La canalisation a une moindre charge
- La canalisation pourra se concentrer sur la raison pour laquelle elle a été créée, à savoir le transport des fluides à l'épreuve des fuites.

Les canalisations rigides sont toujours plus fortes et plus raides que le sol, ce qui fait que la charge est centrée sur la canalisation. La canalisation devra transporter cette charge même sur de longues périodes de temps. Aussi, avec les mouvements de sol ultérieurs, cette charge peut augmenter davantage. Les conduites flexibles réagiront de manière dynamique, fléchiront et ainsi pourront transférer les charges vers le remblai latéral. Le sol se tassera et ainsi il pourra encaisser les charges. Les études sur les conduites d'assainissement et de refoulement indiquent que le taux de défaillance des conduites rigides est plus élevé que celui des conduites flexibles.

6.1 Résumé de la conception AWWA – Chapitre AWWA M-45

La norme AWWA C-950-86 a fait l'objet d'une révision et d'une division en deux parties, comme suit:

- C-950, devenue une norme de performance, comme ASTM,
- AWWA M-45, devenu un manuel de conception. Le chapitre 5 donne la méthode de dimensionnement pour les conduites souterraines en fibre de verre.

Calculs afférents à la conception

- Calculer la classe de pression :

$$P_c \leq \frac{HDB \cdot 2 \cdot t \cdot E_h}{FS \cdot D}$$

E_h = le module d'élasticité en traction de la couche structurale

t = l'épaisseur de renforcement de la conduite
La pression du projet devra être moins que P_c ;

$P_w \leq P_c$

P_w = pression de service ou pression nominale

- La pression de crête:

La pression de crête est 40 % de P_w so

$$P_c \geq \frac{P_w + P_s}{1,4}$$

- Flexion de l'anneau:

$$\varepsilon_b = D_f (D_y/D) \cdot (t/D) \leq (S_b/FS)$$

D_f est le coefficient de déviation

D_y/D est la flexion à long terme admissible

S_b est la contrainte de flexion à long terme de la conduite

FS = est le coefficient de sécurité = 1,5

ε_b = la déformation par contrainte maximale de l'anneau induite par la flexion

- L'ovalisation est calculée come suit:

$$Dy/D = \frac{(D_L * W_C + W_L) * K_X}{(149 * PS + 6100 * M_S)}$$

W_C : charge verticale sur le sol $N/m^2 = \gamma_S * H$; Où γ_S est l'unité de mesure de poids et H est la profondeur d'enfouissement

W_L : surcharge imposée à la conduite

M_S = Module de consolidation des sols

PS = Rigidité de la conduite et non STIS

D_L = Facteur de déflexion, généralement pris à 1,5

K_X = Coefficient d'assise, généralement pris à 0,1

Pour déterminer la valeur de M_S , des valeurs séparées de M_{sn} pour le sol indigène et M_{sb} pour le remblai doit être déterminé et puis associé.

$M_S = S_c * M_{sb}$

S_c = Soutien du sol

M_{sb} = Module de contrainte de l'enrobage de la zone de la conduite

M_{sn} = Module de contrainte du sol naturel

- Charge combinée

La charge combinée se produit lorsque sont combinées la flexion et la tension. La flexion provient de la déflexion et la tension de la pression.

$$\epsilon_{pr} / HDB \leq \{1 - (\epsilon_b * r_c / S_b)\} / FS_{pr}$$

Et

$$\epsilon_b * r_c / (S_b) \leq \{1 - (\epsilon_{pr} / HDB)\} / FS_b$$

Avec $FS_{pr} = 1,8$ et $FS_b = 1,5$

$\epsilon_{pr} = P_w * D / (2 * t * E_r)$ et $\epsilon_b = D_i (\delta d / D) / (t_i / D)$

Avec $r_c = 1 - P_w / 3000$ où $P_w \leq 3000$ kPa

$\delta d / D$ = déflexion maximale admissible et non celle calculée.

- Flambement

La pression de flambement admissible q_a est déterminée par l'équation suivante :

$$q_a = \frac{(1,2 * C_n)(E)^{0,33} (\varphi_s * 10^6 * M_s * k_\eta)^{0,667} * R_h}{(FS)r}$$

Où

q_a = La pression de flambement admissible est kPa
 FS = Coefficient de sécurité = 2,5

C_n = Facteur de calibrage scalaire pour prendre en compte certains effets non linéaires = 0,55

φ_s = Facteur de prise en compte de la variabilité de rigidité du sol compacté, suggéré de 0,9

k_η = Facteur de correction du module pour le coefficient Poisson,

η du sol = $(1 + \eta)(1 - 2\eta) / (1 - \eta)$

En absence d'informations spécifiques, il est courant de supposer $\eta = 0,3$ puis $k_\eta = 0,74$

R_h = Facteur de correction de la profondeur de remblai = $11,4 / (11 + D / 1000 * h)$

Avec h = hauteur de la surface du sol par-dessus la canalisation

Une solution de rechange pour l'équation ci-dessus:

$$q_a = \left(\frac{1}{FS}\right) [1,2 C_n (0,149 PS)^{0,33}] (\varphi_s 10^6 M_s k_\eta)^{0,67}$$

La satisfaction de l'exigence de flambement est supposée pour les installations de canalisations typiques en utilisant l'équation suivante:

$$[\gamma_w h_w + R_w (W_C)] * 10^{-3} + P_v \leq q_a$$

Où:

γ_w = poids spécifique de l'eau = 9800 N/m³

P_v = Pression à vide interne (c-à-d) la pression atmosphérique moins la pression absolue à l'intérieur de la conduite) en kPa

R_w = facteur de flottabilité de l'eau = $1 - 0,33(h_w/h)$ ($0 \leq h_w \leq h$)

h_w = Hauteur de la surface de l'eau au-dessus de la conduite, m si des sur charges sont prises en considération, la satisfaction de l'exigence en matière de flambement est assurée par:

$$[\gamma_w h_w + R_w (W_C) + W_L] * 10^{-3} \leq q_a$$

Généralement, les surcharges et la pression interne ne sont pas prises en compte de manière simultanée.

Le document contient différentes conceptions de conduites. Aussi, il est conseillé que les exemples soient faits manuellement de sorte que la personne formée puisse mieux apprécier cette norme.

6.2 Flottabilité

Si la surface de la nappe (ou le niveau d'eau) est au niveau du sol, un test de contrôle des effets de flottabilité est nécessaire. La charge combinée, F_{down} , (N/m) induite par la somme des charges, le poids du sol, W_s , (N/m) plus le poids de la conduite, W_p , (N/m) et son contenu, W_l , (N/m) doit être supérieur à la force de flottabilité verticale, F_{UP} , à savoir:

$$W_s + W_p + W_l = F_{down}$$

Où

$$W_s = OD * \gamma_s * (1 - \frac{h_w}{3h})$$

$$\text{et } F_{down} \geq F_{UP}$$

Où

$$F_{UP} = \frac{\pi}{4} * OD^2 * \gamma_w$$

Dans laquelle :

h_w = hauteur de l'eau au-dessus de la partie supérieure de la conduite (m)

h = hauteur de l'eau au-dessus de la partie supérieure de la conduite (m)

γ_w = Densité spécifique de l'eau (kg/m³)

6.3 Essai hydrostatique

Pression d'essai en usine maximale 2.0 x PN (Pression nominale)

Pression d'essai in-situ maximale 1.5 x PN (Pression nominale)

La pression et la limite maximale du diamètre sont fonctions de la capacité de procéder à un test hydrostatique au niveau de l'usine.

6.4 Surpression et coup de bélier

Le coup de bélier ou la variation de pression est une augmentation ou la diminution soudaine de la pression causée par un changement inopiné au niveau de la vitesse du fluide à l'intérieur des circuits de la canalisation. La cause habituelle de ces changements au niveau de l'écoulement est l'ouverture ou la fermeture rapide des vannes ou la mise en marche ou arrêt soudain de pompes, de la même manière que pour une panne de courant. Les principaux facteurs qui influencent la pression du coup de bélier dans une conduite sont le changement dans la vitesse du liquide, le taux de changement de la vitesse (temps de fermeture de la vanne), la compressibilité du fluide, la rigidité de la conduite dans le sens circonférentiel et l'agencement physique du système de la canalisation.

La pression du coup de bélier prévue pour les conduites FLOWTITE est d'environ 50% que celle des conduites en acier et en fonte ductile soumises aux mêmes conditions. La conduite FLOWTITE a une tolérance de surpression de 40% de celle de la pression nominale. Une relation approximative pour la variation de pression maximale à un point donné dans un tuyau droit avec une perte de friction négligeable peut être calculée sur la base de la formule:

$$\Delta H = (w\Delta v)/g$$

Où:

ΔH = Changement au niveau de la pression (mètres)

w = Vitesse de la vague lors de la hausse de pression (mètres par seconde)

Δv = Changement au niveau de la vitesse du liquide (mètres par seconde)

g = accélération en raison de la gravité (mètres/sec²)

DN	300-400	450-800	900-2500	2800-3000
SN 2500				
PN 6	365	350	340	330
PN 10	435	420	405	390
PN 16	500	490	480	470
SN 5000				
PN 6	405	380	370	360
PN 10	435	420	410	
PN 16	505	495	480	
PN 25	575	570	560	
SN 10000				
PN 6	420	415	410	400
PN 10	435	425	415	
PN 16	500	495	485	
PN 25	580	570	560	
PN 32	620	615	615	

Tableau 6-1 Célérité de l'onde lors d'une surpression dans des conduites FLOWTITE (mètres/sec.)

DN	100	125	150	200	250
SN 10000					
PN 6	580	560	540	520	500
PN 10	590	570	560	540	520
PN 16	640	620	610	600	590

Tableau 6-2 Célérité de l'onde lors d'une surpression dans des tuyaux de petit diamètre

! Note: Certaines des valeurs ci-dessus ont été arrondies, dans la limite de 2%. Veuillez contacter votre fournisseur FLOWTITE si vous avez besoin de plus de valeurs pour une analyse transitoire.

6.5 Tableau des valeurs de charge

A des fins de conception, les valeurs suivantes peuvent être utilisées pour les efforts de traction circonférentielle et axiale.

DN	PN1	PN6	PN10	PN16	PN20	PN25	PN32
300	60	360	600	960	1200	1500	1920
350	70	420	700	1120	1400	1750	2240
400	80	480	800	1280	1600	2000	2560
450	90	540	900	1440	1800	2250	2880
500	100	600	1000	1600	2000	2500	3200
600	120	720	1200	1920	2400	3000	3840
700	140	840	1400	2240	2800	3500	4480
800	160	960	1600	2560	3200	4000	5120
900	180	1080	1800	2880	3600	4500	5760
1000	200	1200	2000	3200	4000	5000	6400
1100	220	1320	2200	3520	4400	5500	7040
1200	240	1440	2400	3840	4800	6000	7680
1400	280	1680	2800	4480	5600	7000	8960
1600	320	1920	3200	5120	N.A.	N.A.	N.A.
1800	360	2160	3600	5760	N.A.	N.A.	N.A.
2000	400	2400	4000	6400	N.A.	N.A.	N.A.
2200	440	2640	4400	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2400	480	2880	4800	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2600	520	3120	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2800	560	3360	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
3000	600	3600	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Tableau 6-3 Effort de traction circonférentielle
Charge circonférentielle initiale minimale. N par mm de longueur.

DN	PN1	PN6	PN10	PN16	PN20	PN25	PN32
300	95	115	140	150	170	190	220
350	100	125	150	165	190	215	255
400	105	130	160	185	210	240	285
450	110	140	175	205	235	265	315
500	115	150	190	220	250	290	345
600	125	165	220	255	295	345	415
700	135	180	250	290	340	395	475
800	150	200	280	325	380	450	545
900	165	215	310	355	420	505	620
1000	185	230	340	390	465	560	685
1100	195	245	360	420	505	600	715
1200	205	260	380	460	560	660	785
1400	225	290	420	530	630	760	1015
1600	250	320	460	600	N.A.	N.A.	N.A.
1800	275	350	500	670	N.A.	N.A.	N.A.
2000	300	380	540	740	N.A.	N.A.	N.A.
2200	325	410	595	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2400	350	440	620	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2600	375	470	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2800	410	510	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
3000	455	545	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Tableau 6-4 Capacité de tension axiale
Charge axiale (longitudinale) initiale minimale. N par mm de circonférence.

6.6 Vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement maximale recommandée est 3,0 m/sec. Les vitesses atteignant 4,0 m/sec peuvent être utilisées si l'eau est propre et ne contient pas d'agent abrasif. Une liste de référence des projets avec une vitesse supérieure à 4 m/s ont été consignées est disponible.

6.7 Résistance aux ultraviolets

Il n'existe pas de preuves confirmant que la dégradation actinique (ou photochimique) est un facteur qui affecte le cycle de service à long terme des canalisations FLOWTITE. La surface la plus à l'extérieur sera affectée et une décoloration de cette dernière pourra être observée. Si ceci est souhaité, l'entrepreneur responsable de l'installation peut peindre la surface extérieure de la conduite FLOWTITE. Toutefois, ceci exigera un entretien ultérieur. Grâce à sa longue expérience de plus de trente ans au Moyen-Orient dans des conditions d'utilisation dans un environnement humide et désertique, ainsi que dans les pays scandinaves avec alternance d'hivers obscurs et froids et d'utilisation de conduites aériennes, FLOWTITE n'a pas rencontré de cas prouvant un effet structurel de radiation des conduites.

6.8 Coefficient de Poisson

Le coefficient de Poisson est influencé par la construction de la conduite. Pour la conduite FLOWTITE, le coefficient pour les charges circonférentielles et la réponse axiale oscille entre 0,22 et 0,29. Pour la charge axiale et la réponse circonférentielle, le coefficient de Poisson sera légèrement plus bas.

6.9 Température

En fonction de la température de fonctionnement et du type de résine utilisé pour la production de la conduite et des raccords, la catégorie de pression peut être affectée à température élevée. Veuillez contacter votre fabricant local pour plus de détails. Des solutions sur mesure pour application dans des températures élevées sont disponibles sur demande.

6.10 Coefficient thermique

Le coefficient thermique de l'expansion et de la contraction axiale des conduites FLOWTITE est de 24×10^{-6} cm/cm/°C.

6.11 Coefficients hydrauliques

La base des tests effectués au niveau des installations existantes des conduites FLOWTITE, le coefficient Colebrook-White peut être pris comme étant 0,029 mm. Ceci correspond au coefficient Hazen-Williams d'environ $C=150$. Le coefficient de Manning est $n=0,009$.

Pour aider le concepteur à estimer la perte de charge associée à l'utilisation de la conduite FLOWTITE, les chiffres ci-dessous ont été fournis:

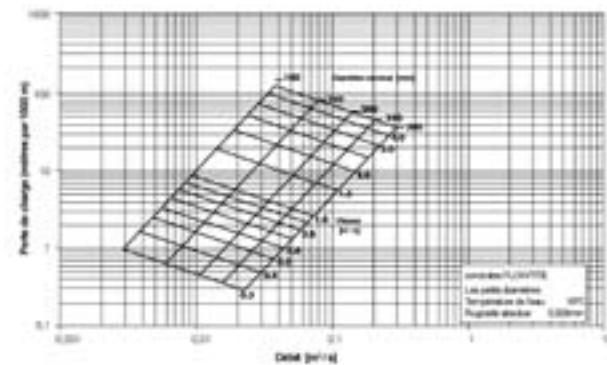


Figure 6-2 Perte de charge – Petits diamètres

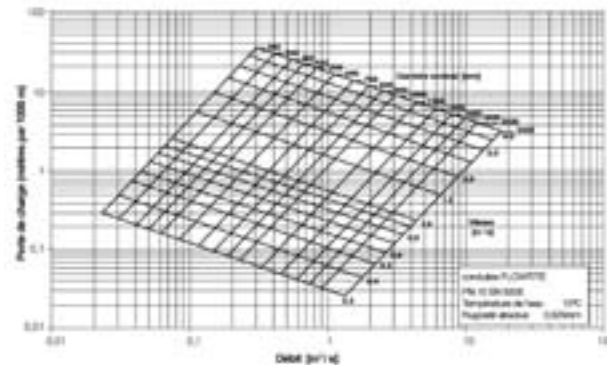


Figure 6-3 Perte de charge – Grands diamètres

6.12 Résistance à l'abrasion

La résistance à l'abrasion peut être liée aux effets que le sable ou autres matériaux similaires peuvent avoir sur la surface intérieure de la conduite. Alors qu'il n'existe pas de procédure de test normalisée ou de méthode de classement généralement reconnue; la conduite FLOWTITE a été évaluée à travers l'utilisation de la méthode Darmstadt Rocker. Les résultats sont dans une grande mesure influencés par le type d'agent abrasif utilisé dans le test. L'utilisation de gravier obtenu de la même source que celui utilisé à l'Université de Darmstadt a révélé une perte moyenne due à l'abrasion de la conduite FLOWTITE de 0,34 mm à 100 000 cycles.

6.13 Pression de rupture externe

Lorsque les conduites sont exposées à une pression externe, telle que celle des réservoirs, systèmes flottants, milieu immergé, etc. la résistance à la rupture peut devenir importante.

La pression critique de rupture minimale en bars est:

$$P_B = 2,5 \cdot \frac{E_B}{1 - \mu_{xy} \mu_{yx}} \cdot \left(\frac{T_E}{r_m} \right)^3$$

La contrainte de flambement utilise la formule pour les conduites à paroi fine ($r/t > 10$). Celle-ci dépend également du diamètre/de l'espacement du ratio des renforts.

! Note: L'utilisation de 75% de la pression critique de rupture en tant que capacité de pression externe est généralement bien acceptée pour des utilisations industrielles.

Pour les conduites utilisées dans des environnements marins, tels que ceux utilisées dans les fonds de navires long courrier, la pression critique de rupture est de 30%.

6.14 Caractéristiques hydrauliques

Les conduites FLOWTITE possèdent plusieurs caractéristiques hydrauliques qui procurent des avantages liés à la réduction des coûts de pompage à la réduction des pertes de charges et à l'amélioration de la dynamique des fluides dans les tuyaux. Le régime d'écoulement des conduites FLOWTITE peut être comparé à celui de l'acier à plusieurs égards.

6.15 Débit

Les conduites FLOWTITE présentent plusieurs avantages par rapport aux canalisations métalliques/non métalliques. Ces avantages sont comme suit:

- La paroi intérieure lisse donne lieu à une baisse de pression moins élevée ou une moindre pression de pompage. Ceci entraîne à son tour des réductions considérables des coûts.
- La paroi intérieure reste lisse durant toute la durée de vie de la conduite, et ainsi entraîne une baisse de pression constante.
- Le diamètre intérieur des canalisations FLOWTITE est plus grand que celui des conduites d'acier ou thermoplastiques, entraînant ainsi une plus grande capacité de débit, des vitesses d'écoulement plus faible et une plus faible baisse de pression.

6.15.1 Réduction de pression

L'intérieur lisse des canalisations FLOWTITE par rapport à celui des conduites en acier constitue un grand avantage pour la réduction des pertes de charge. Pendant plusieurs années, les ingénieurs hydrauliciens ont utilisé le facteur Hazen-Williams en tant qu'indicateur de la rugosité et de la bonne performance des conduites. Le facteur de Hazen-Williams de FLOWTITE est = 150. Les conduites FLOWTITE offrent un autre avantage, à savoir que la rugosité de la surface intérieure ne change pas avec le temps. La rugosité de la surface intérieure des conduites en acier ou en fonte ductile augmente avec le temps en raison de la corrosion intérieure et aux attaques chimiques, ce qui n'est pas le cas avec les conduites FLOWTITE.

6.15.2 Calculs de la baisse/perte de pression

Toutes les méthodes et formules utilisées pour les conduites métalliques peuvent également être utilisées pour les conduites FLOWTITE, en prenant en compte les caractéristiques comme la surface intérieure lisse, les dimensions et les propriétés des matériaux. L'équation Hazen-Williams est applicable aux conduites d'eau utilisées dans des conditions de pleine turbulence.

$$h_f = 240 \cdot 10^6 (100/C)^{1,85} (Q^{1,85}/d^{4,87})$$

- Où h_f = coefficient de frottement m d'eau/100 m
 Q = Débit en l/sec.
 ID = Diamètre intérieur de la conduite, en mètres
 C = Facteur de rugosité Hazen-Williams = 150 (valeur caractéristique pour les conduites en fibre de verre)
 L = Longueur de la conduite, en mètres

La perte de charge pour tout liquide

$$P = (h_f)(SG)/0,102$$

- Où P = Perte de pression, kPa
 SG = Densité relative du liquide

6.15.3 La formule de Manning

La formule de Manning est utilisée pour les conduites d'eau en débit partiel. Ceci est généralement le cas pour les systèmes d'écoulement gravitaire, les canalisations d'évacuation et les applications des eaux usées, dans lesquelles les canalisations sont utilisées sous l'influence de charge d'eau d'élévation seulement.

$$Q_m = (1000/n) (S)^{0,5} (A) R^{0,667}$$

- Où Q_m = Débit en l/sec
 S = Gradient hydraulique de la pente = $(H_1 - H_2)/L$
 H_1 = Altitude amont, m
 H_2 = Altitude aval, m
 L = Longueur de la conduite, m
 A = Section droite des conduites, m²
 R = Rayon hydraulique, m = A/W_p
 W_p = Périmètre mouillé, m
 n = le coefficient de rugosité de Manning = 0,009 pour la conduite en fibre de verre typique.

6.15.4 Equations des conduites d'eau

L'équation générale Darcy-Weisbach
 L'équation Darcy-Weisbach s'applique à tous les liquides dans les conduites à débit intégral.

$$H_f = fL (v^2)/2(ID) g$$

- Où H_f = Baisse de pression, Pa (N/m²)
 g = Accélération de l'apesanteur = 9,81m/s²
 f = Coefficient de frottement
 L = Longueur de la conduite, m
 v = Vitesse du fluide, m/s
 ID = Diamètre intérieur de la conduite, m

6.15.5 Formule du coefficient de frottement

Le coefficient de friction est fonction de ce qui suit:
 La densité du liquide
 Le diamètre intérieur de la conduite
 La vitesse du fluide
 La viscosité dynamique du liquide

La somme de ces quatre caractéristiques est ce qui s'appelle R_e (le nombre de Reynolds)

$$R_e = \frac{vID}{\mu}$$

- Où v = la vitesse du fluide, m/s
 ID = Le diamètre intérieur de la conduite, m
 μ = La viscosité dynamique du liquide, Ns/m² (Pa s)

If $R_e < 2000$ le flux est laminaire, ainsi

$$f = \frac{64}{R_e}$$

$R_e > 4000$ le flux est turbulent, ainsi

$$1/f_t^{0,5} = -2 \log((e/ID)/3,7) + 2,51/(R_e)(f_t^{0,5})$$

Où f = le coefficient de friction
 K = la rugosité absolue de la surface intérieure, m
 ID = le diamètre intérieur de la conduite, m
 R_e = le nombre de Reynolds

Cette équation exige une solution. Une simplification de cette formule avec un taux d'exactitude de 1%:

$$f_t = (1,8 \log(R_e/7))^{-2}$$

6.15.6 Baisse de pression au niveau des raccords

La perte de charge totale dans les raccords peut être calculée en utilisant l'équation suivante:

$$= \text{Sum } K \cdot (v^2/2g)$$

Où k = le coefficient de résistance pour chaque type et configuration de raccord
 V = Vitesse d'écoulement dans la conduite, m/s

6.15.7 L'équation Darcy pour les "pertes mineures"

Pour calculer les pertes dans les systèmes de canalisations avec à la fois la friction des conduites et des pertes mineures, il faut utiliser:

$$(\text{Sum } K + f_t (L/ID))(v^2/2g)$$

Où $\Sigma(k)$ = la somme des facteurs de friction "k" pour les raccords des canalisations
 V = Vitesse d'écoulement du flux
 g = Constante de gravité

Description	Facteurs k
90 degrés, coude normal	0,400
0-30 degrés, onglet unique	0,150
45-60 degrés, onglet double	0,240
Raccord en T, à écoulement direct	0,400
Raccord en T, écoulement vers l'embranchement	1,400
Raccord en T, écoulement à partir du bras	1,700
Raccord réducteur ; réduction élémentaire	0,075
Raccord réducteur, réduction à double volume	0,075

Tableau 6-5 Coefficient de friction pour les pièces spéciales

7 Gamme de produits

Les systèmes de canalisation FLOWTITE sont fournis en diamètres nominaux allant de DN 300 jusqu'à DN 3000 mm. Des diamètres de taille plus grande et intermédiaire sont aussi disponibles sur demande.

La gamme de diamètres généraux en mm est définie comme suit:

100 · 150 · 200 · 250 · 300 · 350 · 400 · 450 · 500 · 600 · 700 · 800 · 900 · 1000
 1100 · 1200 · 1400 · 1600 · 1800 · 2000 · 2200 · 2400 · 2600 · 2800 · 3000

La gamme de conduites à diamètre standard fabriquées localement varie en fonction des unités de production. Pour plus d'informations, veuillez contacter une personne sur place. Des diamètres supérieurs à DN 3000 jusqu'à 4000 et autres diamètres sont également disponibles sur commande.

7.1 Classes de rigidité

La rigidité d'une conduite indique l'aptitude de la conduite à résister aux charges externes et aux pressions négatives. Ceci est une indication de la rigidité de la conduite.

C'est la mesure de la résistance d'une déformation d'un anneau type en procédant à un test effectué selon les normes internationales. C'est la valeur obtenue en divisant la force nécessaire pour déformer l'échantillon de 3% (norme ISO) par longueur unitaire du spécimen. Les normes CEN et ISO définissent la rigidité en utilisant la formule suivante:

$$S = \frac{EI}{d_m^3}$$

Où S = la rigidité de la conduite telle que déterminée par le test

E = Le module d'élasticité apparent

I = le second moment d'inertie. C'est le moment quadratique par longueur unitaire de la coupe transversale de la conduite en m^4 par m.

$$I = \frac{t^3}{12}$$

Où t = l'épaisseur de la canalisation.

Selon les normes ASTM américaines, la rigidité est mesurée à 5% et est exprimée comme $\frac{F}{\Delta_y}$. C'est la rigidité de la conduite et non la rigidité initiale tangentielle spécifique "S" susmentionné où F = charge par longueur unitaire en livres par pouce Δ_y est la déformation verticale en pouces. Les systèmes de canalisations FLOWTITE montrent la rigidité initiale spécifique (EI/D^3) exprimée en N/m^2 .

8 Raccordement des conduites

Classe de rigidité SN	Rigidité (N/m ²)	Rigidité (ASTM) (lb/po ²)
2500	2500	18
5000	5000	36
10000	10000	72

Tableau 7-1 Classes de rigidité standard

D'autres classes de rigidité sont disponibles sur demande. Nous fournissons également des systèmes de canalisations sur demande avec un taux de rigidité selon les besoins du projet.

7.2 Pression

Nos canalisations FLOWTITE peuvent être fournies dans les classes de pression mentionnées ci-après:

Classe de pression PN	Tenue en pression (bar)	Diamètre limite supérieur
1 (gravité)	1	3000
6	6	3000
10	10	2400
16	16	2000
20	20	1400
25	25	1400
32	32	1400

Tableau 7-2 Classes de pression standard

Ce ne sont pas toutes les classes de pression qui sont disponibles dans tous les diamètres et les rigidités. Pour plus d'informations détaillées, n'hésitez pas à contacter votre fabricant de conduites local et/ou le groupe Amiantit. Des conduites conçues sur commande et selon les besoins du projet sont également disponibles.

Les tenues en pression des conduites ont été établies conformément à l'approche conceptuelle décrite dans les normes internationales. La pression des canalisations est mesurée à pleine pression de régime, même lorsque enfouie à la profondeur maximale recommandée et en prenant en considération les approches de charge combinée indiquées dans les normes en question.

7.3 Longueurs

La longueur normalisée de la conduite FLOWTITE est de 6 à 12 m. Des longueurs conçues sur mesure atteignant jusqu'à 24 mètres sont également disponibles sur demande. Les diamètres inférieurs à 300 mm sont seulement disponibles en des longueurs normalisées de 6 mètres. Les conduites FLOWTITE peuvent également être fournies dans d'autres longueurs dans le cadre de commandes spéciales.

Les coupes transversales des conduites FLOWTITE sont généralement raccordées en utilisant des raccords FLOWTITE en PRV. Toutes les solutions de conduites FLOWTITE en PRV ont un système de raccordement éprouvé qui permet aux conduites d'avoir un bon fonctionnement sur l'ensemble de sa durée probable d'utilisation. Le système offre également des solutions pour une transition vers d'autres matériaux tels que la connexion aux vannes ou autres accessoires. Les conduites sont généralement raccordées en utilisant les raccords FLOWTITE PRV sur la base du système REKA. Les conduites et les raccords peuvent à titre subsidiaire être fournis séparément ou pré-assemblés à l'une des extrémités femelles de la conduite. Les raccords ont un joint d'étanchéité élastomérique (système REKA) sur la base d'une rainure usinée avec précision. Ils comprennent également un obturateur au milieu du raccord. Le système de garniture REKA a été éprouvé dans le cadre de son utilisation longue de plus de 75 ans.

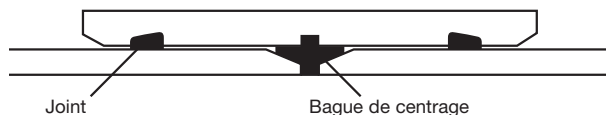


Figure 8-1 Raccord PRV verrouillé

Les systèmes de conduites avec des forces axiales et non équilibrées ont besoin d'un soutien par butée ou à travers l'utilisation de systèmes de joints verrouillés. Pour les systèmes de conduites standard, les butées sont utilisées pour transférer les forces vers le sol. Une autre méthode implique l'utilisation de conduites bi-axiales et/ou joints à emboîtement qui absorbent de manière fiable les forces axiales. Ceci remplace et annule généralement l'installation de massifs de butée en béton, rendant l'investissement encore plus efficace en termes de temps et de coûts.

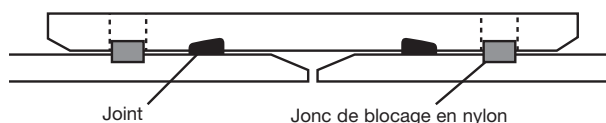


Figure 8-2 Manchon verrouillé

Déviations angulaires des joints

Le joint est testé de manière extensive et qualifié conformément aux normes ASTM D4161, ISO DIS8639 et EN 1119. La déviation angulaire maximale à chaque joint de raccord, mesuré en tant que changement des lignes médianes adjacentes de la conduite, ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous:

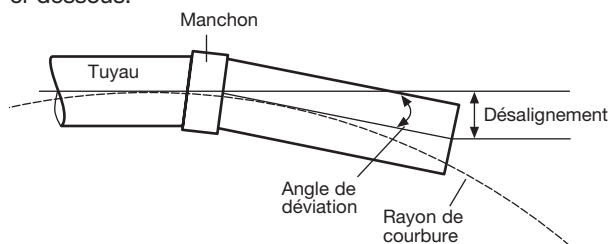


Figure 8-3 Désalignement et rayon de courbure

Diamètre nominal de la conduite (mm)	Pression (PN) en bars			
	Jusqu'à 16	20	25	32
		Angle maximal de déflexion (deg)		
DN ≤ 500	3,0	2,5	2,0	1,5
500 < DN ≤ 800	2,0	1,5	1,3	1,0
800 < DN ≤ 1800	1,0	0,8	0,5	0,5
DN > 1800	0,5	NA	NA	NA

Tableau 8-1 Déviation angulaire des manchons double emboîtements

Angle de déflexion (deg)	Dévoiement maximal (mm)			Rayon de courbure (m)		
	Longueur de la conduite			Longueur de la conduite		
	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m
3,0	157	314	628	57	115	229
2,5	136	261	523	69	137	275
2,0	105	209	419	86	172	344
1,5	78	157	313	114	228	456
1,3	65	120	240	132	265	529
1,0	52	105	209	172	344	688
0,8	39	78	156	215	430	860
0,5	26	52	104	344	688	1376

Tableau 8-2 Désalignement et rayon de courbure



8.1 Autres systèmes de raccordement de conduites

Brides en PRV

Le gabarit de perçage de nos brides est conforme à la norme ISO2084. D'autres gabarits de perçage tels que AWWA, ANSI, DIN et JIS peuvent également être fournis. Des brides mobiles et incorporées sont également disponibles pour toutes les classes de pression.

Raccords à brides moulées au contact

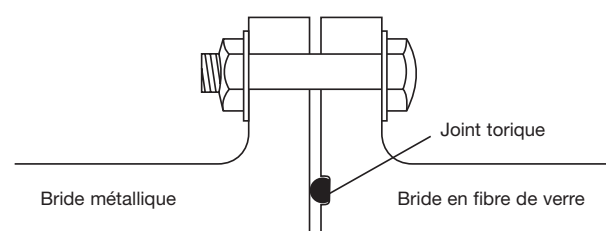


Figure 8-4 Raccord à bride

Joints pour brides incorporées

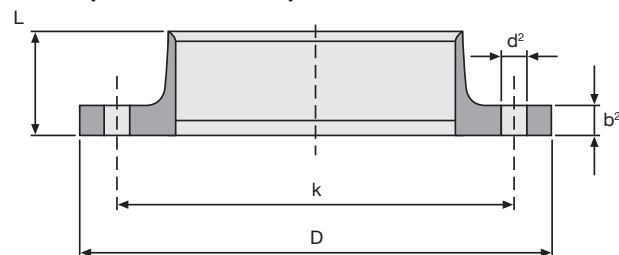


Figure 8-5 Joint à bride incorporé

Collet et bride tournante

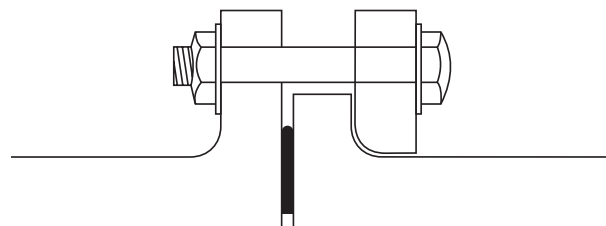


Figure 8-6 Collet et bride tournante avec joint EPDM incluant une auge en acier

Raccords mécaniques en acier

Lors de la connexion de la conduite FLOWTITE à d'autres matériaux ayant des diamètres extérieurs différents, les raccords flexibles à armature métallique constituent l'une des méthodes de raccordement préférées. Ces accouplements se composent d'un corps métallique muni d'une garniture d'étanchéité en caoutchouc en paroi intérieure. Ces accouplements peuvent aussi être utilisés pour raccorder les sections des conduites FLOWTITE entre elles, tel que dans des cas de réparation ou de fermeture. Trois qualités sont généralement disponibles:

- Manteau en acier protégé
- Manteau en acier inoxydable
- Manteau en acier galvanisé à chaud

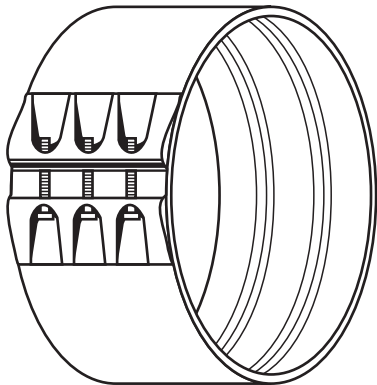


Figure 8-7 Assemblage mécanique flexible

Les raccords mécaniques ont été utilisés pour joindre les conduites de matériaux et de diamètres différents, ainsi que les faire adapter aux sorties de brides. La technologie FLOWTITE a trouvé un écart de fabrication au niveau de ces raccords, dont la taille du boulon, le nombre de boulons et la conception des garnitures de joints, ce qui rend impossible d'émettre des recommandations standardisées. Si un raccord mécanique est utilisé pour raccorder FLOWTITE à une autre conduite, dans ce cas un système de boulonnage double indépendant est nécessaire pour permettre le serrage indépendant de la face FLOWTITE, ce qui exige généralement un moindre couple que celui recommandé par le fabricant de raccords.

Si l'installateur a l'intention d'utiliser une conception (marque et modèle) ou un raccord mécanique spécifique, il est recommandé de consulter le fournisseur de conduites FLOWTITE local avant son achat. Le fournisseur de conduites peut dans ce cas indiquer les conditions spécifiques dans lesquelles, le cas échéant, cette conception pourrait convenir à une utilisation avec les conduites FLOWTITE.

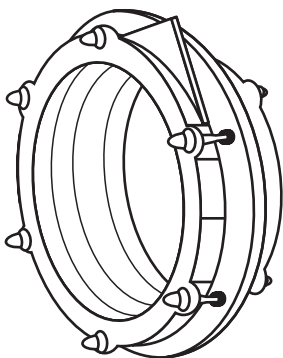


Figure 8-8 Raccord mécanique à double boulonnage

Jointes laminés (couvre-joint)

Les jointes laminés sont généralement utilisés lorsqu'une transmission de forces axiales à partir de la pression interne est requise, ou comme méthode de réparation. La longueur et l'épaisseur du moulage est fonction du diamètre et de la pression.

Des informations détaillées sur la disponibilité locale des jointes et des systèmes de raccordement peuvent être obtenues auprès de votre fournisseur local.

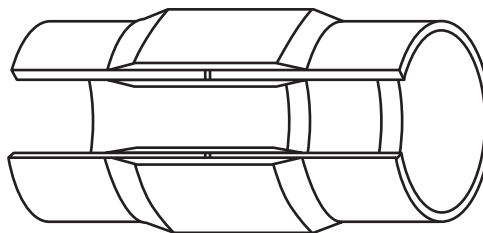


Figure 8-9 Joint laminé

9 Sélection de classification des canalisations

La sélection des conduites FLOWTITE est basée sur les exigences des classes de rigidité et de pression. Le PRV est un matériau flexible. La conception est basée sur une interaction de la conduite et du support sol. Contrairement au béton et aux autres matériaux rigides, la conception de la conduite prend en considération le sol natif et le remblai. La flexibilité de la conduite, associée au comportement structurel naturel du sol, crée la combinaison idéale pour le transfert de la charge verticale. Contrairement aux conduites rigides, qui sont susceptibles de se casser sous l'effet d'une surcharge verticale, la flexibilité de la conduite, associée à sa grande force, permet à la conduite de fléchir et partant de redistribuer la charge vers le sol avoisinant.

Canalisations rigides par rapport aux canalisations flexibles

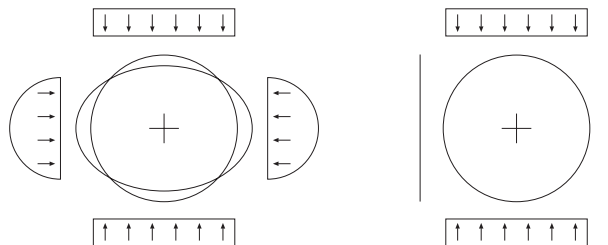


Figure 9-1 Canalisation flexible Canalisation rigide

Rigidité

La rigidité des canalisations FLOWTITE est sélectionnée à partir de l'une des trois classes de rigidité indiquée ci-dessous. La catégorie de rigidité représente la rigidité spécifique initiale minimale (EI/D^3) en N/m^2 .

SN	N/mm^2
2500	2500
5000	5000
10000	10000

Tableau 9-1 Classe de rigidité

La rigidité est choisie en fonction de deux paramètres comme suit: (1) les conditions d'enfouissement, comprenant le sol natif, le type de remblai et la profondeur du couvert et (2) la pression négative, le cas échéant.

Les caractéristiques du sol natif sont calculées selon l'Essai de Pénétration Normalisé ASTM D1586. Certaines valeurs d'éclatement du sol typiques par rapport au type et à la densité du sol sont reproduites dans le **tableau 9-2**.

Une large gamme de types de matériaux de remblai est fournie au **tableau 9-3** pour permettre à chaque installation d'être personnalisée, créant ainsi l'installation la plus économique. Dans plusieurs cas, les déblais peuvent être utilisés comme matériau de remblai de la zone de la conduite.

En supposant une construction en tranchée standard, et une flèche admissible à long terme de 5% pour des diamètres de conduite allant de 300 mm et plus, et de 4% pour des diamètres plus petits, les profondeurs de couverture maximales permises, en prenant en considération les charges dues à la circulation, pour les trois différentes classes de rigidité dans les six groupes de sol natif sont fournies dans les "Instructions FLOWTITE pour les conduites enterrées".

La corrélation entre la classification du sol de remblai, les groupes de sols natifs, la rigidité des conduites et la profondeur d'enfouissement est donnée dans "le Guide FLOWTITE Pour les Conduites Enterrées". Le deuxième paramètre pour la sélection de la classe de rigidité des conduites est la pression négative, si elle existe.

Le **tableau 9-4** montre quelle rigidité doit être choisie pour les différentes valeurs de pression négative et pour l'enfouissement.

Les informations suivantes donnent un examen partiel des procédures d'installation. Celles-ci ne prétendent pas remplacer les instructions d'installation qui doivent être respectées pour tous les projets.

Groupe de sol	Non cohésif		Cohésif		Module
	Numération d'éclatement ¹	Description	q_u kPa	Description	M_{sn}
1	> 15	Compact	> 200	Très dur	34,50
2	8 - 15	Légèrement compact	100 - 200	Dur	20,70
3	4 - 8	Souple	50 - 100	Moyen	10,30
4	2 - 4		25 - 50	Mou	4,80
5	1 - 2	Très souple	13 - 25	Très mou	1,40
6	0 - 1	Très, Très Souple	0 - 13	Très, Très mou	0,34

¹ Essai de pénétration normalisé selon ASTM D1686

Tableau 9-2 Groupes de rigidité de sol natif. Valeurs des modules contraints, M_{sn}

Catégorie de rigidité Du sol de remblai	Description des sols de remblai
SC1	Pierres concassées avec < 15% de sable, un maximum de 25% passant à travers le tamis de 9,5 mm et un maximum de 5% de fractions fines ² .
SC2	Sols propres et à gros grains: SW, SP1, GW, GP ou tout sol commençant par L'un de ces symboles avec des fines de 12% ou moins ² .
SC3	Sols propres, à gros grains avec fines: SW, SP1, GW, GP ou tout sol commençant Par l'un de ces symboles avec des fines de 12% ou moins ² . Sols aréneux et cohérents: CL, ML, (ou CL-ML, CL/ML, ML/CL) avec 30% ou plus retenu par un tamis n° 200.
SC4	Sols à éléments fins: CL, ML (ou CL-ML, CL§ML, ML/CL) avec 30% ou plus retenu par un tamis n° 200.

Note: Les symboles mentionnés dans le tableau sont conformes au Système Unifié des Classifications du Sol, ASTM D2487.
¹ Le sable fin uniforme, SP, avec plus de 50% de passage par le tamis n°100 (0,15 mm) est très sensible à l'humidité et n'est pas recommandé comme matériau de remblai.
² Le % de fines et le pourcentage de poids des particules de sol passant par le tamis n° 200 avec une orifice de 0,076 mm.

Tableau 9-3 Classification de type de sols de remblai

DN mm	SN 2500			SN 5000			SN 10000		
	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m
100	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
150	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
200	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
250	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
300	0,28	0,25	0,25	0,53	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
350	0,30	0,25	0,25	0,55	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
400	0,32	0,25	0,25	0,58	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
450	0,32	0,26	0,25	0,61	0,51	0,50	1,00	1,00	1,00
500	0,39	0,26	0,25	0,66	0,51	0,50	1,00	1,00	1,00
600	0,48	0,27	0,25	0,78	0,52	0,50	1,00	1,00	1,00
700	0,66	0,28	0,25	1,00	0,54	0,50	1,00	1,00	1,00
800	0,74	0,30	0,25	1,00	0,56	0,50	1,00	1,00	1,00
900	0,77	0,32	0,25	1,00	0,59	0,50	1,00	1,00	1,00
1000	0,82	0,36	0,26	1,00	0,64	0,51	1,00	1,00	1,00
1100	0,88	0,39	0,26	1,00	0,66	0,51	1,00	1,00	1,00
1200	0,95	0,46	0,26	1,00	0,77	0,52	1,00	1,00	1,00
1300	0,97	0,53	0,27	1,00	0,85	0,52	1,00	1,00	1,00
1400	1,00	0,62	0,28	1,00	0,98	0,53	1,00	1,00	1,00
1600	1,00	0,73	0,29	1,00	1,00	0,56	1,00	1,00	1,00
1800	1,00	0,77	0,32	1,00	1,00	0,59	1,00	1,00	1,00
2000	1,00	0,81	0,35	1,00	1,00	0,63	1,00	1,00	1,00
2200	1,00	0,87	0,40	1,00	1,00	0,69	1,00	1,00	1,00
2400	1,00	0,94	0,45	1,00	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00
2600	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00
2800	1,00	1,00	0,55	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00
3000	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tableau 9-4 Pression négative maximale admissible (en bars) pour les sections non enfouies - Longueur de la conduite entre sollicitations longitudinales 3 m / 6 m / 12 m

10 Installation générale

Les caractéristiques de longue durée de vie utile et de bon rendement des canalisations FLOWTITE ne peuvent être réalisées qu'à travers le maniement et l'installation adéquats de la canalisation. Il est important pour le propriétaire, l'ingénieur et l'entrepreneur de comprendre que la canalisation en polyester renforcé de fibre de verre est conçue pour utiliser l'assise support du remblai de la zone résultant des procédures d'installation recommandées. Les ingénieurs ont découvert sur la base de leur grande expérience que les matériaux granulaires convenablement compactés constituent une solution idéale pour le remblayage des canalisations en PRV. La conduite et le matériau à enfouir forment un système conduite-sol à rendement élevé. Pour des instructions d'installation complètes, veuillez consulter le document FLOWTITE Instructions pour les Conduites Enterrées.

Les informations ci-dessous constituent une partie des procédures d'installation. Elles ne prétendent pas remplacer les instructions d'installation qui devront être respectées pour chaque projet spécifique.

Paramètres d'exploitation de l'installation

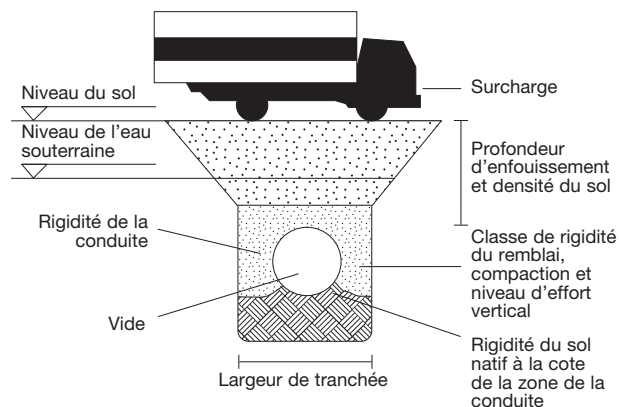


Figure 10-1 Paramètres d'exploitation de l'installation

Lit de pose

Le fond de la tranchée, contenant des matériaux convenables, doit constituer un support uniforme et continu pour la conduite.

Contrôle des conduites installées

Après installation de chaque conduite, la déformation verticale diamétrale maximale doit être contrôlée. Avec la conduite FLOWTITE, cette procédure est simple et rapide.

Flexion diamétrale installée

L'ovalisation (typiquement verticale) initiale maximale admissible doit être comme suit:
Flexion initiale maximale

> DN 300	≤ DN 250
3 %	2,5 %

Table 10-1 Classe de Rigidité

L'ovalisation diamétrale maximale à long terme autorisable est de 5% pour des diamètres de 300 mm et plus, et de 4% pour des diamètres plus petits. Ces Valeurs s'appliquent à toutes les classes de rigidité.

Les renflements, les terres plates et autres variations brusques de la courbure de la paroi de la conduite ne sont pas autorisés. Toutes les surcharges concentrées doivent être évitées. Les conduites installées à l'extérieur de ces limites peuvent ne pas produire le rendement escompté.

Veuillez vous référer au guide d'installation des conduites enfouies de FLOWTITE et au manuel d'installation des conduites FLOWTITE pour plus de détails.

Regards de visite / chambre des vannes

Les regards de visite et les chambres de vannes standards de FLOWTITE sont de préférence utilisés pour la pose des conduites d'assainissement et de systèmes de conduite à pression fermée, ainsi que pour l'installation de pièces de raccord et d'armature. Amiantit propose des regards de visite standard ainsi que tangentiels. Les regards standards ont un puits d'accès en fibre de verre relié au fond du regard et sont fabriqués conformément aux règlements locaux. Notre gamme de regards est réputée pour sa légèreté et sa sécurité élevée vis à vis de la flottabilité.

La configuration, emplacement et dimensions des tuyaux d'entrée et de sortie ainsi que la cunette interne peuvent être adaptés aux conditions du site. Les raccords de tuyauterie sont à l'épreuve des fuites et peuvent être adaptés à tout type de tuyau d'assainissement utilisé. Aussi bien les inclinaisons et les angles des drains que les lieux d'entrée peuvent être installés de sorte à satisfaire les caractéristiques du projet.

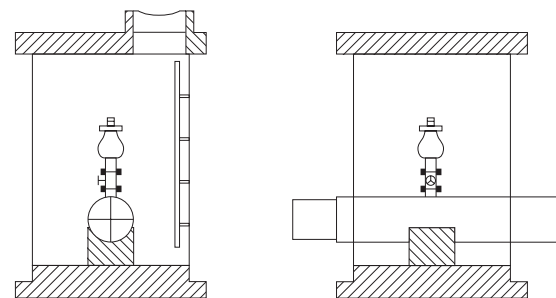


Figure 10-2 Chambres des vannes

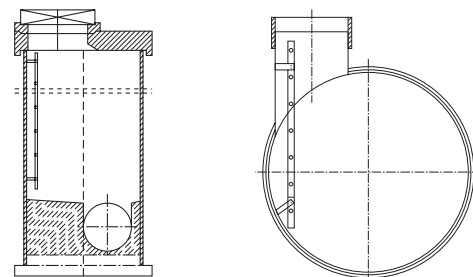


Figure 10-3 Regards standards et tangentiels

Raccords

La Technologie FLOWTITE a créé une gamme normalisée de raccords en PRV qui sont moulés ou fabriquées en utilisant les mêmes matériaux qui sont utilisés pour produire les conduites FLOWTITE. L'un des avantages des conduites FLOWTITE est la capacité de fabriquer une large gamme de raccords, aussi bien standard que non.

Nos raccords FLOWTITE peuvent être fournis dans les classes de pression indiquées ci-dessous:

Classe de pression PN	Tenue en pression (bar)	Limite maximale du diamètre
1 (gravitaire)	1	3000
6	6	3000
10	10	2400
16	16	2000
20	20	1400
25	25	1400
32	32	1400

Tableau 10-2 Gamme de produits

Préconisations pour les massifs de butée

Les informations sur les raccords contenues dans ce manuel portent sur les conduites standard enterrées de FLOWTITE. Les constructions des raccords sont basées sur les raccords installés selon les instructions pour le Maniement et l'installation des Conduites Enterrées FLOWTITE. Ces instructions sont fondées sur la mise en place de massifs de butée pour contrecarrer les forces axiales. Ci-dessous un résumé des directives. Pour plus de détails, veuillez consulter les instructions pour l'installation des conduites FLOWTITE.

Massifs de butée

Lorsque la conduite est sous pression, des forces de poussées déséquilibrées se produisent au niveau des tubulures, des réducteurs, des raccords en T, des raccords en Y, des plaques pleines et autres changements de direction. Ces forces doivent être retenues d'une manière ou d'une autre pour empêcher le déboitement des joints. Lorsque le sol avoisinant ne peut pas fournir cette rétention, les butées ou les massifs d'ancrage doivent être utilisés.

La détermination des besoins et de la conception de ces butées est la responsabilité de l'ingénieur travaillant pour le compte du propriétaire, sous réserve des limitations ci-dessous.

Butées

Les butées doivent limiter le déplacement du raccord par rapport à la conduite adjacente pour préserver l'étanchéité du joint d'accouplement de la conduite FLOWTITE. La déviation angulaire qui en résulte sera inférieure aux valeurs indiquées. Le bloc doit entourer

entièrement le raccord sur toute sa longueur et sa circonférence, et devra être placé soit sur de la terre non remuée ou remblayée avec des matériaux de la zone de la conduite, suivant le cas pour les caractéristiques du sol natif.

Ces blocs s'appliquent à:

- 1 Toutes les tubulures, les réducteurs, les coudes et les plaques pleines.
 - 2 Les raccords en T, lorsque la tubulure d'embranchement est concentrique par rapport à l'axe médian du collecteur de la conduite.
- Note***: Il n'est pas nécessaire de couler les piquages dans le béton.

Les piquages sont des embranchements en forme de T, satisfaisant l'ensemble des critères ci-dessous:

- 1 Diamètre de la buse < 300 mm.
- 2 Diamètre du collecteur 3 fois le diamètre du piquage.
- 3 Si le piquage n'est pas concentrique et/ou n'est pas perpendiculaire à l'axe du collecteur, le diamètre du piquage est considéré être la distance de corde la plus longue entre la paroi du collecteur et l'intersection buse/conduite.

Le bloc doit entourer entièrement le raccord sur toute sa longueur et sa circonférence, et devra être placé soit sur de la terre non remuée ou remblayée avec des matériaux de la zone de la conduite, suivant le cas en fonction des caractéristiques du sol natif. Ces blocs sont nécessaires pour les raccords suivants lorsque la pression de canalisation dépasse 100 kPa (1 bar):

- 1 Bifurcations.
- 2 Les Raccords faits sur mesure tel que noté par les instructions spéciales.

Instructions générales

Les conduites et les raccords FLOWTITE standards sont reliés au moyen de manchon à double emboîtement qui ne peuvent résister qu'à une poussée axiale limitée:

L'une des méthodes les plus courantes pour conférer de la résistance aux forces de poussée est l'utilisation de butées. La résistance est conférée par le transfert vers le sol de la force de poussée à travers la surface portante la plus grande du bloc, de sorte que la pression résultante contre le sol ne dépasse pas la force portante horizontale du sol. La conception des butées consiste à déterminer la surface d'appui appropriée du bloc pour un ensemble spécifique de conditions. Les paramètres pris en compte dans la conception englobent le diamètre de la conduite, la pression nominale, l'angle du coude (ou la configuration du raccord utilisé) et la force portante horizontale du sol. Ci-dessous les critères généraux pour la conception des blocs d'appui.

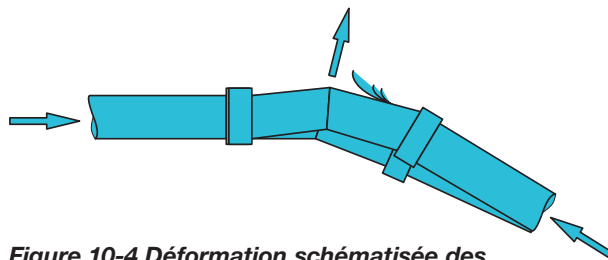


Figure 10-4 Déformation schématisée des raccords induite aux forces de poussée

Afin d'éviter la séparation des joints ou les fuites, les forces de poussée font généralement l'objet d'une résistance par des blocs en béton qui transfèrent la charge vers le sol avoisinant:

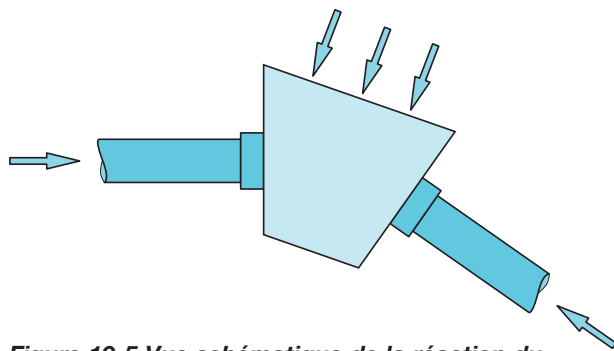


Figure 10-5 Vue schématique de la réaction du béton

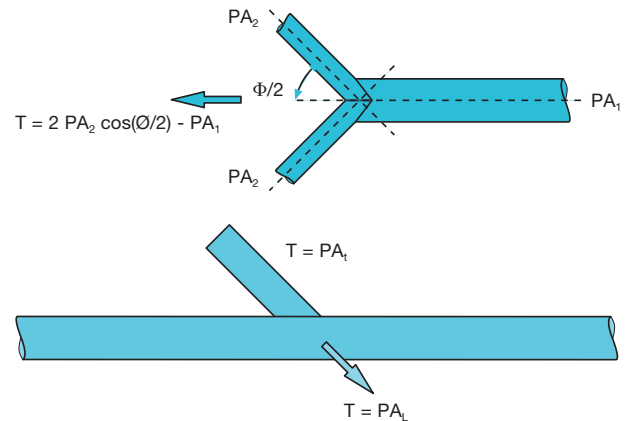
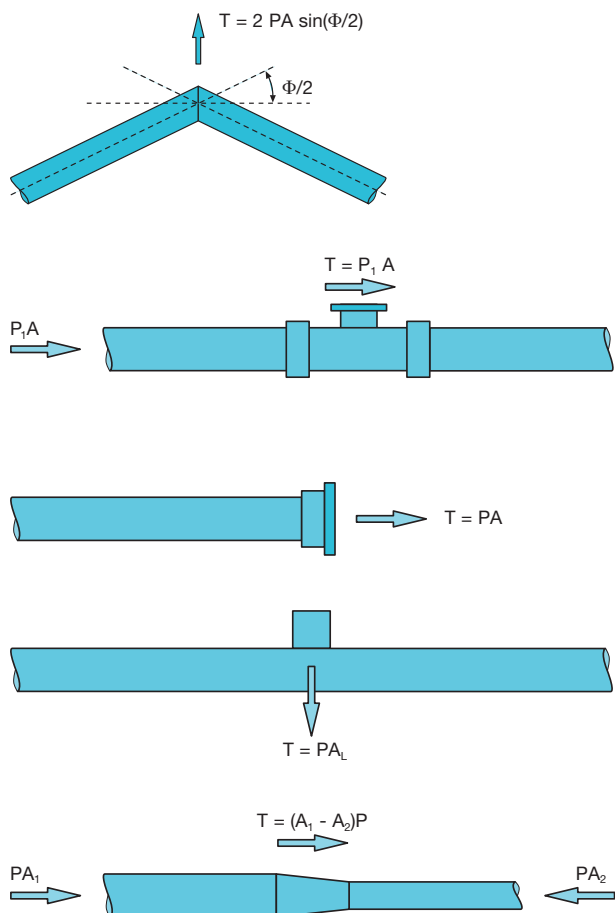


Figure 10-6 Forces de poussée

La conception des raccords produits par FLOWTITE est basée sur les éléments suivants:

- Le raccord sera intégralement noyé dans le béton sur toute sa longueur et circonférence. Nos raccords ne sont pas conçus pour un noyage partiel.
- Le mouvement de la butée doit être limité à la déformation maximale que les joints adjacents peuvent reprendre.
- Les butées enfouies transmettent la poussée au sol par contact direct.
- Une résistance partielle est également fournie par la friction du sol.
- La surface portante devrait, chaque fois que ceci est possible, être placée contre la terre non remuée. Lorsque ceci n'est pas possible, le remblayage entre la surface portante et la terre non remuée doit être compactée à une densité Proctor standard d'au moins 90%.
- La force portante de la butée dépend de la force de poussée et de la résistance du sol:
 - $A_T = h \times b = T \times SF/\sigma$
 - Où h est la hauteur du bloc, b est la largeur du bloc, T est la force de la poussée, SF est le facteur de sécurité (= 1,5) et σ est la force de portance du sol.
- La force de poussée devrait être basée sur l'essai de pression de la conduite, qui est généralement de $1,5 \times PN$.

La surface portante devrait être placée contre la terre non remuée perpendiculaire à et axée sur la direction de la ligne d'action de la poussée.

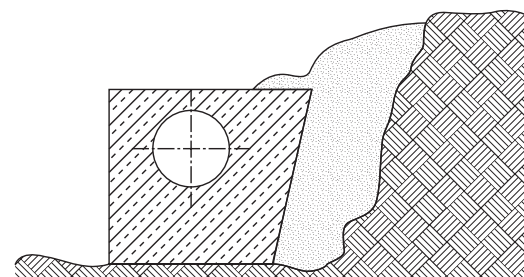


Figure 10-7 Points d'interférence entre la butée et la terre non remuée

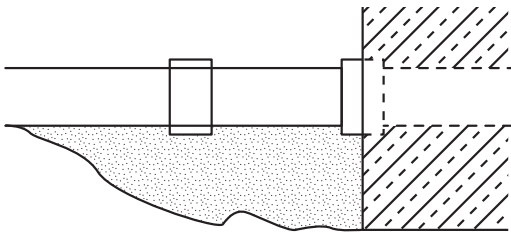


Figure 10-8 Position des joints au niveau des butées

La profondeur d'enfouissement de la butée doit être égale au moins à sa hauteur pour éviter la rupture en cisaillement du sol. La largeur de la butée doit être une à deux fois celle de la hauteur, pour assurer une distribution égale de la charge. Lorsque ce ci est possible, le joint de raccordement sera coulé dans le béton au niveau de l'interface.

Si ceci n'est pas possible, des tampons de caoutchouc doivent être placés autour de la conduite au niveau de l'entrée noyée dans le béton. Il est aussi nécessaire de procéder à un bon compactage sous la conduite pour éviter le tassement différentiel et à un renforcement au moyen d'un acier résistant aux fissures. La conduite ne doit pas faire l'objet d'un test de pression jusqu'à ce que le béton ait pu durcir pendant au moins 7 jours.

Le tableau ci-dessous relate la poussée calculée à 1 bar et testé à une pression de 1.5.

DN mm	Poussée à 1 bar seulement (les calculs sont fait sur la base d'une pression d'essai de 1,5* PN)						Té avec branche = DN
	90	60	45	30	22,5	15	
100	1,67	1,18	0,90	0,61	0,46	0,31	1,18
150	3,75	2,65	2,03	1,37	1,03	0,69	2,65
200	6,66	4,71	3,61	2,44	1,84	1,23	4,71
300	14,99	10,60	8,12	5,49	4,14	2,77	10,60
350	20,41	14,43	11,05	7,47	5,63	3,77	14,43
400	26,66	18,85	14,43	9,76	7,35	4,92	18,85
450	33,74	23,86	18,26	12,35	9,31	6,23	23,86
500	41,65	29,45	22,54	15,24	11,49	7,69	29,45
600	59,98	42,41	32,46	21,95	16,55	11,07	42,41
700	81,64	57,73	44,18	29,88	22,52	15,07	57,73
800	106,63	75,40	57,71	39,03	29,42	19,68	75,40
900	134,95	95,43	73,04	49,40	37,23	24,91	95,43
1000	166,61	117,81	90,17	60,98	45,97	30,75	117,81
1200	239,92	169,65	129,84	87,82	66,19	44,29	169,65
1400	326,55	230,91	176,73	119,53	90,10	60,28	230,91
1600	426,52	301,59	230,83	156,12	117,68	78,73	301,59
1800	539,81	381,70	292,14	197,58	148,93	99,64	381,70
2000	666,43	471,24	360,67	243,93	183,87	123,02	471,24
2200	806,38	570,20	436,41	295,16	222,48	148,85	570,20
2400	959,66	678,58	519,37	351,26	264,77	177,15	678,58
2600	1126,27	796,39	609,53	412,24	310,74	207,90	796,39
2800	1306,21	923,63	706,91	478,11	360,38	241,12	923,63
3000	1499,47	1060,29	811,51	548,85	413,70	276,79	1060,29

Tableau 10-3 La poussée à une pression de 1 bar

Résistance du sol

La force portante horizontale du sol est très variable et dépend de la cohésion et de l'angle de friction du sol. Ceci peut être déterminé par la pratique de la mécanique des sols.

Le tableau ci-dessous est une estimation de la force portante de plusieurs sols. L'ingénieur du bureau d'études doit sélectionner la force portante adéquate pour un sol donné.

Sol	Force portante du sol σ kN/m ²
Déblais	0
Argile molle	50
Limon	75
Limon sableux	150
Sable	200
Argile sableuse	300
Argile dure	450

Tableau 10-4 Valeurs de la force portante

Exemple de conception:

DN 600 PN 10 et un coude à 30° dans de l'argile sableuse. La force de la poussée est:
 $T = 2 * 1,5 * 1 * 280000 \sin(30/2) = 217 \text{ kN}$

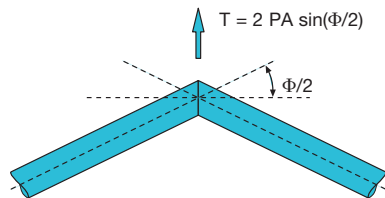


Figure 10-9 Force de la poussée

La force portante est $\sigma = 300 \text{ kN/m}^2$.

$A_T = hxb = T FS/\sigma = 217 * 1,5 / 300 = 1,1 \text{ m}^2$.

Le coefficient de la réaction de terrain de fondation pour l'argile sableuse peut être supposé de 70 kN/m^2 . Le mouvement peut ainsi être calculé comme suit:

$D = 217 / (1,1 * 70) = 3 \text{ mm}$

Installations et systèmes spéciaux

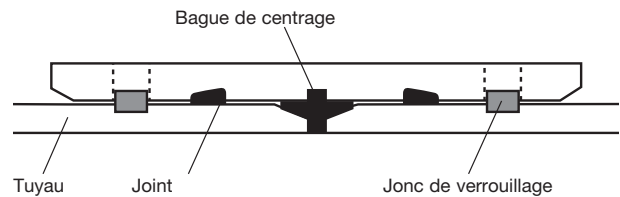
Système de canalisation bi-axial

Systèmes bi-axiaux de raccordement

L'utilisation de systèmes bi-axiaux avec joints verrouillés fait qu'il n'est plus nécessaire de recourir à des butées. Ceci offre une solution plus rentable et plus efficace, du point de vue installation. Le système concilie la bonne performance en étanchéité du joint et un système de verrouillage mécanique pour transférer la poussée axiale vers les conduites adjacentes.

Les conduites en fibre de verre fabriquées conformément au manuel "Fabrication selon la Technologie FLOWTITE et Spécifications d'exécution" sont des canalisations flexibles réalisées à partir de fibre de verre, de sable sélectionné, de résine de polyester thermodurcissable à l'épreuve des produits chimiques.

La canalisation bi-axiale FLOWTITE est conçue pour résister aux pleines poussées axiales outre la charge circonférentielle. La force axiale requise est obtenue à travers la résistance de la fibre de verre coupée. La charge axiale est transférée d'une section de la canalisation à une autre au moyen de joints verrouillés (bi-axiaux) – système mécanique ou stratification chimique. Pour le joint à emboîtement, une épaisseur supplémentaire est ajoutée au bout mâle de la canalisation pour recevoir la gorge de verrouillage. A l'extérieur de la zone de l'embout mâle, et pour les joints, la canalisation a un diamètre extérieur standard (convenable aux raccords normalisés). L'épaisseur supplémentaire est créée soit par un stratifié ajouté manuellement soit directement sur la machine FLOWTITE.



Les canalisations sont produites en utilisant l'équipement CW3000 de fabrication par enroulement filamentaire continu de technologie FLOWTITE avec un comptage contrôlé des matériaux pour s'assurer que la canalisation ait les mêmes propriétés d'une section à l'autre.

Application

Les canalisations sont conçues pour le transport de l'eau sous pression ou écoulement gravitaire dans des applications enterrées.

Exemples:

- Eaux pluviales
- Eau potable
- Eau brute
- Irrigation
- Transfer d'eau de mer
- Protection contre l'incendie
- Eau de refroidissement
- Conduites forcées souterraines, etc.

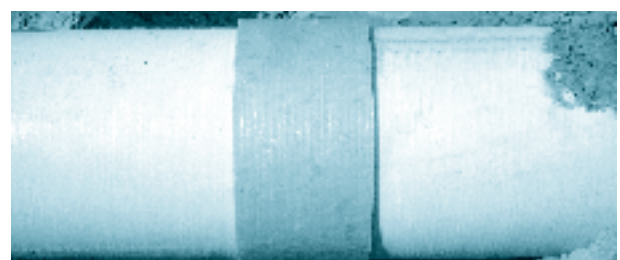
Systèmes combinés

Il est possible de résister aux forces de poussées non balancées au niveau des raccords et des changements direction en utilisant les joints de verrouillage mentionnés plus haut. Les conduites sont reliées les unes aux autres pour augmenter la résistance de frottement des conduites reliées et de résister à la poussée du raccord. Cette poussée diminuera graduellement jusqu'à atteindre une valeur zéro à une distance L, appelée la longueur verrouillée. Au-delà de cette longueur L, la conduite ne fera l'objet d'aucune poussée, et ainsi un joint standard peut être utilisé.

Le chapitre 7 de la norme M-45 de AWWA fournit les équations calculer la longueur restreinte.

Pour un coude horizontal

$$L_{\text{coude}} = \frac{PA \sin(\Delta/2)}{\bar{f}(2W_g + W_p + W_w)}$$



Où: f = Résistance de frottement N/m
 W_e = Poids ou couverture de terre N/m
 W_p = Poids de la conduite N/m
 W_w = Poids du liquide dans la conduite N/m

Pour un branchement ou un raccord en T comme suit

$$L_{\text{branch}} = \frac{PA}{f(2W_e + W_p + W_w)}$$

L est la longueur de verrouillage de chaque côté des raccords.

Installation sans tranchée

De nos jours, l'urbanisation grandissante pourrait rendre les fouilles en tranchée de drainage impraticables en plus de perturber les conditions de surface afin d'installer, remplacer ou rénover les systèmes de canalisations souterraines. L'utilisation de la technologie sans tranchée comporte le revêtement intérieur de conduites existantes, appelé "tubage", dans laquelle une nouvelle conduite est installée à l'intérieur de la canalisation détériorée. Ceci peut également comporter le processus de microtunnelier pour forer et de pousser ou de foncer horizontalement la nouvelle conduite dans l'excavation ainsi créée. La technologie FLOWTITE dispose de produits/de technologie pour répondre à ces nouveaux besoins d'application.

Capacité de tubage

Le processus de fabrication FLOWTITE est unique dans la mesure où il permet de concevoir un produit sur mesure pour satisfaire aux exigences spécifiques du projet. Grâce à la possibilité de produire des diamètres sur mesure, FLOWTITE peut ainsi créer la taille de canalisation optimale pour s'adapter au diamètre interne de la conduite. Ceci permet d'obtenir des capacités d'écoulement maximales tout en permettant une facilité d'installation. La conduite FLOWTITE standard peut être montée à l'extérieur de la conduite détériorée et puis poussée vers son logement. Ceci peut être fait même dans le cas de situations de faible écoulement (remplissage à moins du tiers). Pour l'introduction sur de longues distances, des bagues de butée peuvent être installées sur les embouts mâles de la conduite, permettant le transfert jusqu'à 40 tonnes par mètre de circonférence à travers le joint sans diminuer de la capacité d'étanchéité. Ceci est particulièrement important pour la rénovation des canalisations de refoulement. Pour les très grands diamètres (plus de 1 600 mm), la canalisation peut facilement être transportée par un chariot de poids léger et monté en position finale. Par ailleurs, la capacité de fabriquer des conduites de différentes longueurs (longueur standard 6, 12 ou 18 mètres) peut contribuer à réduire le temps d'installation. Cette durée d'installation plus courte se traduit par de moindres coûts d'installation et par un temps plus faible d'immobilisation de la conduite ainsi réhabilitée.

Caractéristiques et avantages

Diamètre sur mesure

- Minimise la perte de la dimension intérieure de la conduite actuelle et maximise les capacités d'écoulement.

Longueur sur mesure

- Une installation plus facile, plus rapide et un moindre temps d'indisponibilité pour l'entretien des conduites.

Le tubage à joints lisses, qui permet une correspondance parfaite du diamètre interne de la conduite actuelle et du diamètre de l'embout mâle extérieur du tubage, est également disponible. Le tubage à joints lisses est disponible en SN 5 000 et SN 10 000 pour des diamètres allant de 600 à 1 900 mm.

Micro tunnelier et fonçage

La conduite FLOWTITE conçue pour microtunnelage et fonçage est un PRV et un béton composite qui bénéficie des attributs des deux matériaux. La partie PRV de la conduite confère une résistance à la corrosion à la conduite qui a une capacité nominale lors de l'utilisation de la couche extérieure en béton du matériau composite pour résister aux forces très élevées nécessaires pour foncer la conduite. Etant donné que les conduites FLOWTITE sont à pression nominale, il est désormais possible d'installer des systèmes d'eau sous pression et des réseaux d'égout en utilisant la technologie sans tranchée.

Caractéristique et bénéfices

A l'épreuve de la corrosion

- Tous les avantages des matériaux de la conduite FLOWTITE standard

Raccordement FLOWTITE

- La tenue en pression des conduites est la même que celle utilisée par la technologie FLOWTITE standard

Couche extérieure en béton

- Permet aux conduites d'être fonçées de la même manière que les conduites non PRV

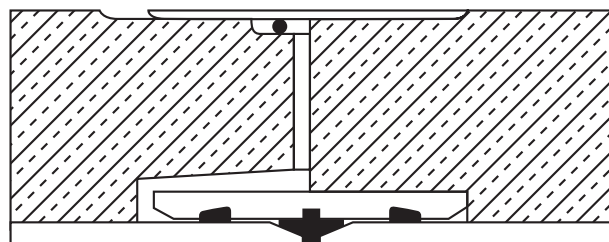


Figure 10-10 Système de fonçage FLOWTITE

Branchement sur réseaux principaux

Le piquage est le processus selon lequel un embranchement est relié à une conduite existante. L'on devra donc veiller à réaliser une bonne étanchéité de la conduite et à éviter d'endommager la conduite ou le manchon de piquage. Les manchons de piquage en acier inoxydable flexible sont avérés être les plus adaptés pour les conduites PRV FLOWTITE. L'assemblage ainsi taraudé doit être en mesure de résister une pression de $2 \times PN$ sans fuites ni dommage causé à la conduite. Il est essentiel que le couple de serrage soit assez élevé pour assurer l'étanchéité, mais pas trop élevé non plus pour ne pas endommager la conduite. Il est à noter que les valeurs de couple recommandées par le fabricant du raccord de piquage pourraient être trop élevées pour les conduites en PRV. Les raccords de piquage de rigidité élevée en fonte se sont avérés causer des stress trop élevés dans les conduites PRV, et ainsi leur utilisation est à éviter. Les machines de perçement peuvent être soit manuelles ou motorisées et doivent être en mesure de résister la pression interne de la conduite, dans le cas de la réalisation d'un piquage sur conduite en charge. La pénétration de l'outil ne doit pas dépasser 0,5 mm par tour pour éviter d'endommager la conduite. La lame doit être en acier et diamantée et munie de petites dentures à faible espacement. Veuillez consulter le fournisseur de conduites FLOWTITE pour de plus amples instructions et pour les marques de raccords de piquage recommandés.



Figure 10-11 Raccords de piquage recommandés pour les conduites PRV



Figure 10-12 Epreuve sous pression et ensemble de vannes

Installation de canalisations immergées

Les conduites PRV sont souvent installées sous l'eau, particulièrement pour les prises et les rejets d'eau. Il est souvent opportun que les conduites soient raccordées et transportées par remorque jusqu'au lieu de l'installation. La procédure d'installation peut varier. FLOWTITE fournira des instructions spécifiques pour l'installation dans le cadre de projets particuliers.

Les photographies ci-dessous montrent certaines des installations actuelles des conduites.



Installation à ciel ouvert

Les conduites FLOWTITE standard peuvent être installées en surface. Les conduites peuvent être soit suspendues ou déposées sur des supports. Un manuel d'installation complet est fourni par FLOWTITE pour l'installation appropriée de systèmes de canalisations en surface. Pour les conduites utilisées dans cette application, l'on devrait permettre la prise en charge des forces non balancées au niveau des raccords. En raison du faible coefficient de dilatation thermique linéaire, la différence de température, quoique beaucoup plus élevée que pour une conduite souterraine, ne pose pas réellement de problème. L'effet est pris en charge par le système de joint et par le type de support utilisé.

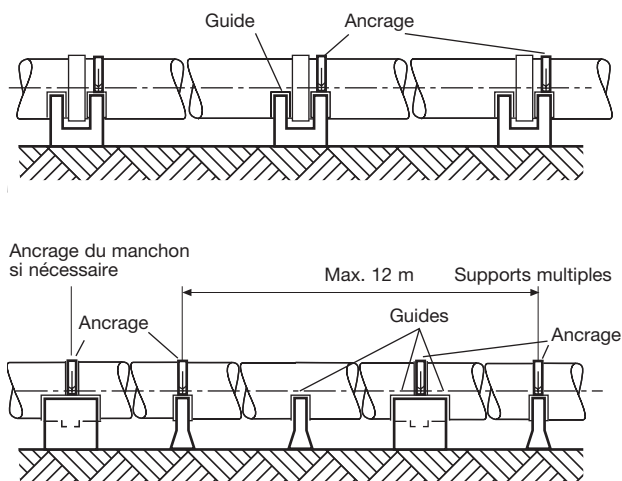


Figure 10-13 Disposition de support typique

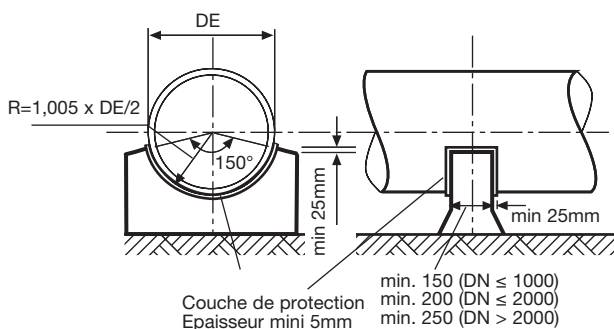


Figure 10-14 Conception de disposition en berceau

11 Annexe A – Guide environnemental pour les conduites

Le guide ci-dessous a été compilé sur la base des informations sur la résistance à la corrosion obtenues auprès des fabricants de résine. Les spécifications et les exigences de projets individuels devront être étudiées lors de la sélection du produit.

La température maximale est de 50° sauf directive contraire. Pour les produits chimiques non mentionnés, il est recommandé de consulter le représentant de FLOWTITE.

	Conduite standard en Résine polyester ou vinylester	Vinylester seulement	Non recommandé
Acide acétique < 20%		●	
Acide hexanedioïque		●	
Sulfate d'aluminium potassium	●		
Chlorure d'aluminium, aqueux	●		
Hydroxyde d'ammonium < 20%		●	
Chlorure d'Ammoniaque, Aqueux (40°C)	●		
Fluoride d'Ammoniaque			●
Nitrate d'Ammoniaque (40°C)	●		
Phosphate d'Ammoniaque-Monobase Aqueux	●		
Sulfate d'Ammonium, Aqueux	●		
Chlorure d'aniline		●	
Trichlorure d'antimoine			●
Carbonate de baryum		●	
Chlorure de baryum		●	
Sulfate de baryum		●	
Liqueur de sucre de betterave		●	
Acide benzène-sulfonique (10%)*		●	
Acide benzoïque*		●	
Liqueurs noires (de papier)		●	
Agent de blanchiment			●
Borax		●	
Acide borique		●	
Brome (aqueux) 5%*		●	
Acide butyrique < 25% (40°C)**		●	
Bisulfite de calcium**	●		
Carbonate de calcium	●		
Chlorate de calcium aqueux (40°C)	●		
Chlorure de calcium (saturé)	●		
Hydroxyde de calcium, 100%		●	
Hypochlorite de calcium*		●	
Nitrate de calcium (40°)	●		
Sulfate de calcium NL AOC	●		
Liqueurs de canne à sucre		●	
Dioxyde de carbone, aqueux	●		
Tétrachlorure de carbone			●
Caséine	●		
Hydroxyde de potassium (KOH)			●
Chlore, en phase gazeuse*		●	
Chlore, eau*		●	
Chlore, gaz humide**		●	
Acide chloroacétique			●

! Note: Ce Guide est destiné à servir de manuel de base lors de la sélection d'une conduite FLOWTITE. La décision finale concernant l'adaptation d'un système de résine spécifique pour un environnement donné est de la responsabilité du client. Cette liste est basée sur les informations fournies par les fabricants de résine qui approvisionnent les producteurs de conduites FLOWTITE avec leur matériel.

	Conduite standard en Résine polyester ou vinylester	Vinylester seulement	Non recommandé
Acide citrique, aqueux (40°C)			●
Acétate de cuivre, aqueux (40°)	●		
Chlorure de cuivre, aqueux	●		
Cyanure de cuivre (30°)	●		
Nitrate de cuivre, aqueux (40°C)	●		
Sulfate de cuivre, aqueux (40°)	●		
Brut sulfureux*		●	
Pétrole brut non corrosif*		●	
Pétrole brut, eau de mer (25°C)*		●	
Cyclohexane			●
Cyclohexanol			●
Sébacate de di-butyle**	●		
Phtalate de dibutyle**	●		
Carburant diesel*	●		
Phtalate de di(2-éthylhexyle)**	●		
Ethylène glycol	●		
Chlorure ferrique, aqueux	●		
Nitrate ferrique, aqueux	●		
Sulfate ferrique, aqueux	●		
Chlorure ferreux	●		
Nitrate ferreux, aqueux**	●		
Sulfate ferreux, aqueux	●		
Formaldéhyde			●
Mazout*	●		
Gaz, naturel, méthane			●
Essence au plomb*		●	
Glycérine		●	
Liqueur verte, papier			●
Hexane*		●	
Acide bromhydrique			●
Acide hydrochlorique, jusqu'à 15%	●		
Acide fluorhydrique			●
Hydrogène sulfuré, sec		●	
Kérosène*		●	
Acide lactique, 10%	●		
Acide lactique, 80% (25°)	●		
Acide laurique	●		
Chlorure de lauryle		●	
Lauryl Sulfate**	●		
Acétate de plomb, aqueux	●		
Nitrate De plomb, aqueux (30°C)	●		
Sulfate de plomb	●		

Ainsi, ce Guide ne donne que des informations générales et ne signifie aucunement l'approbation de quelque application que ce soit, dans la mesure où la technologie FLOWTITE n'exerce aucun contrôle sur les conditions d'utilisation ni de dispose de moyens d'identifier les environnements auxquels les conduites auraient pu être exposées de manière non intentionnelle.

	Conduite standard en Résine polyester ou vinylester	Vinylester seulement	Non recommandé
Huile de Lin*	●		
Bromure de Lithium, Aqueux (40°C)**	●		
Chlorure de Lithium, Aqueux (40°C)**	●		
Bicarbonate de Magnésium, Aqueux (40°C)**	●		
Carbonate de Magnésium (40°C)*	●		
Chlorure de Magnésium, Aqueux (25°C)	●		
Nitrate de Magnésium, Aqueux (40°C)	●		
Sulfate de Magnésium	●		
Chlorure de Manganèse, Aqueux (40°C)**	●		
Sulfate de Manganèse, Aqueux (40°C)**	●		
Chlorure de Mercure, Aqueux**	●		
Chlorure mercurieux, Aqueux	●		
Huile Minerale*	●		
n-Heptane*		●	
Naphthalene*		●	
Naptha*		●	
Chlorure de Nickel, Aqueux (25°C)	●		
Nitrate de Nickel, Aqueux (40°C)	●		
Sulfate de Nickel, Aqueux (40°C)	●		
Acide Nitrique			●
Acide Oléïqued	●		
Acide Oxalique, Aqueux	●		
Ozone, Gaz			●
Paraffine*	●		
Pentane			●
Acide Perchlorique		●	
Petrole Raffiné et brut*		●	
Acide Phosphorique		●	
Acide Phosphorique (40°C)	●		
Acide Phthalique (25°C)**		●	
Permanganate de Potassium, 25%		●	
Bicarbonate de Potassium**	●		
Bromure de Potassium, Aqueux (40°C)	●		
Chlorure de Potassium, Aqueux	●		
Dichromate de Potassium, Aqueux	●		
Ferrocyanide de potassium (30°C)**	●		
Ferrocyanide de Potassium, Aqueux (30°C)**	●		
Nitrate de Potassium, Aqueux	●		
Sulfate de Potassium (40°C)	●		

	Conduite standard en Résine polyester ou vinylester	Vinylester seulement	Non recommandé
Propylene Glycol (25°C)	●		
Eau de mer	●		
Eaux usées (50°C)	●		
Huile de silicone	●		
Nitrate d'argent, aqueux	●		
Bromure de sodium, aqueux	●		
Chlorure de sodium, aqueux	●		
Dichromate de sodium		●	
Phosphate monobasique de sodium**	●		
Ferrocyanure de sodium	●		
Hydroxyde de sodium, 10%		●	
Mono-phosphate de sodium**	●		
Nitrate de sodium, aqueux	●		
Nitrite de sodium, aqueux**	●		
Silicate de sodium		●	
Sulfate de sodium, aqueux	●		
Sulfure de sodium		●	
Tétra borate de sodium		●	
Chlorure stannique, aqueux*	●		
Chlorure stanneux, aqueux	●		
Acide stéarique*	●		
Soufre			●
Acide sulfurique, < 25% (40°C)*		●	
Acide tannique, aqueux	●		
Acide tartrique		●	
Acide toluène-sulfonique**		●	
Phosphate de tri butyle			●
Triéthanolamine			●
Triéthylamine			●
Térébenthine			●
Urée (aqueuse)**		●	
Vinaigre		●	
Eau distillée		●	
Eau de mer	●		
Eau du robinet	●		
Chlorure de zinc, aqueux	●		
Nitrate de zinc, aqueux**	●		
Sulfure de zinc, aqueux	●		
Sulfite de zinc, aqueux (40°C)**	●		

* Le type actuel de garniture en EPDM ne peut pas être utilisé. L'utilisation de garniture de type FPM est recommandé, autrement consultez votre fournisseur de garnitures local.
** Aucune recommandation FLOWTITE, consultez votre fournisseur local de garnitures pour la compatibilité.

