

Volume II: Conception des systèmes de tuyauteries d'égout

Collection de manuels
techniques municipaux



QUATRIÈME ÉDITION

Tuyaux et raccords d'égout Ring-Tite^{MD} et Écolotube^{MD}

Tuyau et raccords d'égout Ultra-Rib^{MD} à paroi profilée

Regards et chambres d'accès en PVC

Système Vortex Flow^{MC} pour la lutte contre la corrosion et les odeurs

Régulateurs de débit

Anneaux et cadres de réglage pour regards et puisards Lifesaver^{MC}

Nous fabriquons des produits résistants pour des environnements difficiles^{MD}



IPEX

Systemes de tuyauteries d'égout IPEX

Série de manuels techniques municipaux

Volume 11, 4^e édition

© 2014 par IPEX. Tous droits réservés. Ce manuel ne peut être reproduit, en tout ou partie, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation écrite préalable. Pour information, contacter : IPEX Gestion Inc., Marketing, 2441 Royal Windsor Drive, Mississauga, Ontario, Canada, L5J 4C7.

Les renseignements ici indiqués sont basés sur les données connues et la conception des produits au moment de la publication; ils peuvent être modifiés sans préavis. IPEX ne donne aucune garantie sur leur exactitude et leur adéquation à un usage particulier, ni sur les résultats obtenus suite à leur utilisation.



À PROPOS D'IPEX

Chez IPEX, nous fabriquons des tuyaux et raccords non métalliques depuis 1951. Nous formulons nous-mêmes nos composés et nous appliquons des normes de contrôle de qualité rigoureuses durant la fabrication. Nos produits sont ensuite mis à la disposition des clients dans toute l'Amérique du Nord par l'intermédiaire d'un réseau d'entrepôts régionaux. Nous offrons un large éventail de systèmes, comprenant des gammes complètes de tuyaux, raccords et robinets, ainsi que de produits fabriqués sur mesure.

Plus important encore : nous nous engageons à satisfaire entièrement les besoins de notre clientèle. En tant que leader de l'industrie des tuyauteries en matière plastique, IPEX ne cesse de développer de nouveaux produits, de moderniser ses installations de fabrication et d'acquiescer des technologies de procédés innovatrices. En outre, notre personnel est fier du travail qu'il accomplit en mettant à la disposition de notre clientèle ses connaissances étendues des matériaux thermoplastiques, ainsi que son expérience sur le terrain. Le personnel d'IPEX s'est engagé à améliorer la sécurité, la fiabilité et les performances des matériaux thermoplastiques. Nous sommes actifs au sein de plusieurs comités de normalisation et nous sommes membres des organisations indiquées sur cette page et/ou satisfaisons à leurs exigences.

Pour plus de détails sur un produit IPEX particulier, contactez notre service à la clientèle (les renseignements à cet effet sont indiqués au dos de la couverture).

ASTM
MEMBER



TABLE DES MATIÈRES

Manuel de conception des systèmes de tuyauteries d'égout À propos de IPEX Vue d'ensemble

Section Un:	Renseignements sur les produits	
	Introduction	.7
	Conception d'un réseau d'égout avec les systèmes IPEX	.7
	Systèmes de tuyauteries à paroi lisse	.8
	Tuyaux et raccords d'égout en PVC Ring-Tite^{MD} et Écolotube^{MD}	.8
	Applications	.8
	Normes	.9
	Étanchéité des joints de raccordement	.9
	Cahier des charges abrégé	.9
	Dimensions	.10
	Tuyaux et raccords d'égout en PVC Ultra-Rib à paroi profilée	.11
	Applications	.11
	Normes	.12
	Rigidité des tuyaux	.12
	Étanchéité des joints de raccordement	.12
	Cahier des charges abrégé	.12
	Dimensions	.13
	Regards et chambres d'accès	.14
	Applications	.14
	Regards et chambres d'accès	.15
	Installation d'un regard en PVC	.15
	Bases de regards offertes	.16
	Détails d'un regard	.17
	Système Vortex Flow^{MC} pour la lutte contre la corrosion et les odeurs	.20
	Applications	.20
	Odeurs et corrosion dans les réseaux collecteurs d'eaux usées	.21
	Conception	.21
	Résultats en situation réelle	.22
	Installation	.23
	Comment spécifier un système Vortex Flow	.23
	Spécifications	.23
	Dimensions	.23
	Régulateurs de débit pour les systèmes d'eaux pluviales	.24
	Applications	.24
	Spécifications	.25
	Dimensions	.25

	Anneaux et cadres de réglage pour regards et puisards Lifesaver^{MC}	26
	Applications	26
	Pourquoi utiliser des produits Lifesaver?	27
	Normes	27
	Dimensions	27
Section Deux:	Informations de conception	
	Généralités	29
	Conception structurale	29
	Capacité élevée d'absorption des charges, même sans matériau d'assise de bonne qualité	29
	La déflexion n'est pas une mauvaise chose	29
	Le module de réaction du sol, E'	31
	Estimation de la déflexion à long terme	32
	Longévité et durabilité d'un système de tuyauterie en PVC	33
	Résistance aux produits chimiques et à l'abrasion	34
	Attaque chimique	34
	Abrasion	34
	Infiltration et exfiltration	34
	Pénétration des racines	35
	Systèmes à écoulement par gravité : l'équation de Manning	35
	Installation des réseaux d'égout en PVC	36
	Zones d'une tranchée	36
	Matériaux de remblayage	36
	Choix des matériaux de remblayage	37
	Préparation du fond de tranchée	37
	Conduites d'égout cintrées	37
	Embranchements d'égout	38
	Les problèmes de colonnes montantes exigent une attention particulière	38
	Épreuve des conduites d'égout	39
	Essais de fléchissement	40
	Vidéos	41
Section Trois :	Annexes	
	Annexe A: Références	43
	Annexe B: Résultats de calculs	44
	Annexe C: Tableaux de référence et de conversion	46
	Annexe D: Formules utiles	51
	Annexe E: Abréviations	54

VUE D'ENSEMBLE

IPEX Inc. est l'un des plus grands fabricants de systèmes de tuyauteries en matière plastique d'Amérique du Nord. IPEX fabrique des systèmes de tuyauteries destinés à de nombreuses applications, comprenant notamment les réseaux d'égout et de distribution d'eau, les installations électriques et de télécommunications, ainsi que les systèmes de plomberie, industriels et de chauffage par rayonnement.

Ce manuel de conception traite des aspects techniques de l'étude des systèmes de tuyauteries d'égout sanitaire et d'égout pluvial et autres systèmes à écoulement par gravité construits avec des tuyaux et raccords en PVC. En outre, ce document contient des renseignements sur les regards, les structures verticales permettant d'éliminer les odeurs, ainsi que les régulateurs de débit anticorrosion en PVC destinés aux systèmes d'égout pluvial.

La structure du manuel comprend deux sections :

La **section 1** concerne les produits en particulier et donne des renseignements détaillés sur les applications, les dimensions et les normes pertinentes pour chaque système.

La **section 2** présente les aspects généraux de la conception des conduits flexibles et des systèmes souterrains en PVC, touchant aux calculs de charges et de déflexion, à l'hydraulique, à la résistance chimique et autres éléments essentiels intéressant le concepteur. Les dernières recherches se rapportant à chacun des sujets sont mentionnées et indiquées en référence pour étude plus approfondie.

Ce manuel a été rédigé à l'intention des ingénieurs, technologues et autres professionnels oeuvrant dans le domaine des infrastructures municipales et qui ont besoin de connaître plus à fond les systèmes de tuyauteries municipaux, abordés de manière beaucoup moins approfondie dans la documentation générale offerte par IPEX.





SECTION UN : RENSEIGNEMENTS SUR LES PRODUITS

INTRODUCTION

Cette section contient des renseignements détaillés sur les produits suivants :

Tuyaux et raccords d'égout en PVC à paroi lisse **Ring-Tite^{MD}** et **Écolotube^{MD}**

Tuyau et raccords d'égout à paroi profilée en PVC **Ultra-Rib^{MD}**

Regards et chambres d'accès anticorrosion

Systèmes **Vortex Flow^{MC}** pour la lutte contre la corrosion et les odeurs

Régulateurs de débit pour la gestion des eaux pluviales

Anneaux et cadres de réglage pour regards et puisards **Lifesaver^{MC}**

CONCEPTION D'UN RÉSEAU D'ÉGOUT AVEC LES SYSTÈMES IPEX

Il est aujourd'hui possible de fabriquer pratiquement n'importe quelle partie d'un système d'égout à partir de tuyaux, raccords et accessoires robustes en PVC anticorrosion. On utilise les tuyaux et raccords en PVC dans les applications à usage municipal depuis plus de soixante-dix ans (1) et la technologie a évolué à un point tel qu'elle a permis de développer un tuyau en PVC recyclé dont les propriétés (matériau) et la qualité sont identiques à celles d'un produit vierge. Il existe maintenant des regards et chambres d'accès en PVC conçus pour éliminer l'infiltration et la corrosion dans les endroits les plus importants du système. Des structures verticales à vortex permettent de lutter contre les odeurs et la corrosion tout en améliorant effectivement la qualité de l'eau. Dans les installations d'évacuation des eaux pluviales, des régulateurs de débit conçus sur mesure permettent une accumulation temporaire des eaux de ruissellement en surface, maintenant ainsi la capacité du système. Grâce aux thermoplastiques, on peut même allonger la durée de vie des voies de circulation et des regards et puisards en béton - les anneaux et cadres de réglage pour regards et puisards Lifesaver^{MC} amortissent les chocs dus aux roues des véhicules, tout en éliminant l'infiltration et l'affouillement de la plate-forme des voies de circulation.

Les tuyaux en PVC étant aujourd'hui offerts jusqu'à un diamètre de 1 200 mm (48 po), même les collecteurs principaux peuvent être construits en PVC anticorrosion. Les systèmes d'égout corrodés et qui fuient peuvent maintenant devenir choses du passé - Il suffit de spécifier du PVC pour les systèmes d'égout jusqu'à un diamètre de 1 200 mm (48 po).

¹ Hulsman, Nowack; : «70 Years of Experience with PVC Pipe», Conference Paper (document de conférence), Plastic Pipe XII (tuyaux en matière plastique XII)

SYSTÈMES DE TUYAUTERIE À PAROI LISSE

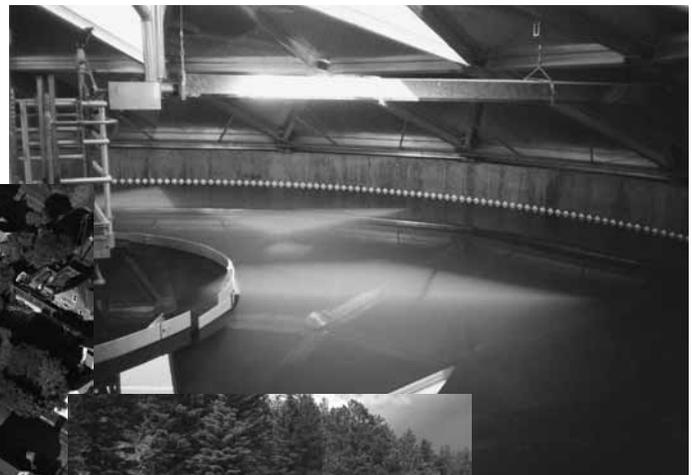
Tuyaux et raccords d'égout en PVC Ring-Tite^{MD} et Écolotube^{MD}

Les produits Ring-Tite et Écolotube sont des tuyaux d'égout DR35 et DR28 (DR = rapport de dimension standard) fabriqués selon les exigences rigoureuses des normes BNQ, ASTM et CSA. Les deux produits sont identiques, à ceci près que le contenu du Écolotube en matériau recyclé est de 50%. Les deux produits se caractérisent par des joints étanches dépassant largement les exigences des normes BNQ, ASTM et CSA.



Applications :

Égouts sanitaires, pluviaux, embranchements latéraux d'égout, conduites d'effluents industriels à écoulement par gravité.



Normes :

Normes Ring-Tite :

Certification CSA B182.2

Certification NQ 3624-130/135

Produit conforme à ASTM D3034 et ASTM F679



Normes Écolotube :

Certification CSA B182.7

Certification NQ 3624-130/135

Produit conforme à ASTM F1760



Étanchéité des joints de raccordement

Les joints de raccordement des tuyaux Ring-Tite et Écolotube ont été soumis par une tierce partie à une pression d'épreuve hydraulique de 345 kPa (50 psi). Des raccords moulés par injection ont également été soumis en laboratoire à des essais sous une pression de 345 kPa (50 psi), sur un assemblage aligné sans déflexion au joint. Cela ne signifie pas pour autant qu'une installation doit être soumise à un essai à une telle pression sur le site, car les regards, embranchements latéraux et autres accessoires pourraient être endommagés : ces derniers ne sont en effet pas soumis aux mêmes normes d'essais que les tuyaux et raccords. Nous recommandons d'utiliser les méthodes d'essais prescrites dans notre Guide d'installation, que l'on peut obtenir sur demande ou télécharger à partir du site www.ipex.com.



Cahier des charges abrégé

Généralités

Les collecteurs d'égout principaux devront être en PVC DR35 et conformes aux normes ASTM D3040 ou ASTM F1760; ils devront être certifiés par tierce partie selon les normes NQ 3624-130 ou NQ 3624-135, CSA B182.2 ou CSA B182.7. Les embranchements devront être des tuyaux d'égout en PVC DR28 et certifiés par tierce partie selon NQ et CSA (voir ci-dessus).

Joints d'étanchéité

Les joints d'étanchéité doivent satisfaire aux exigences des normes ASTM D3034 ou ASTM F1760, NQ 3624-130 ou NQ 3624-135, CSA B182.2 ou CSA B182.7. En outre, les joints d'étanchéité des tuyaux doivent pouvoir résister à une pression d'épreuve hydraulique minimale de 345 kPa (50 psi) sans fuites.

Rigidité des tuyaux

La rigidité annulaire minimale devra être de 320 kPa (46 psi) pour un tuyau DR35 et de 625 kPa (90 psi) pour un tuyau DR28. Cette rigidité devra être établie selon les méthodes d'essai prescrites par les normes ASTM D3034 et ASTM F1760.

Raccords

Les raccords avec joints d'étanchéité, en PVC, moulés par injection, devront satisfaire aux exigences des normes NQ 3624-130 et NQ 3624-135, ASTM D3034 et ASTM F1336 et devront être certifiés selon les normes CSA B182.1 ou CSA B182.2. Les raccords préfabriqués doivent être conformes aux normes NQ 3624-130 et NQ 3624-135, ASTM F1336 et CSA B182.2.

Dimensions:

Gamme de diamètres

Ring-Tite (DR35) 100mm – 1050mm (4po - 42po)

Écolotube (DR35) 100mm – 375mm (4po - 15po)

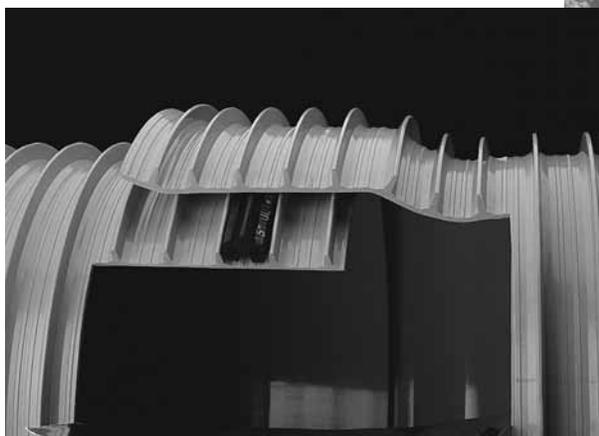
Ring-Tite		DR35						DR28					
Diamètre		D _{int} moyen		Épaisseur minimale de paroi		D _{ext} moyen		D _{int} moyen		Épaisseur minimale de paroi		D _{ext} moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
4	100	3,97	100,94	0,12	3,06	4,21	107,06	3,91	99,42	0,15	3,82	4,21	107,06
5	135	5,32	135,08	0,16	4,09	5,64	143,26	5,24	133,02	0,20	5,12	5,64	143,26
6	150	5,92	150,29	0,18	4,55	6,28	159,39	5,83	148,01	0,22	5,69	6,28	159,39
8	200	7,92	201,16	0,24	6,10	8,40	213,36						
10	250	9,90	251,46	0,30	7,62	10,50	266,70						
12	300	11,79	299,36	0,36	9,07	12,50	317,50						
15	375	14,43	366,42	0,44	11,10	15,30	388,62						
18	450	17,63	447,87	0,53	13,57	18,70	475,01						
21	525	20,79	527,99	0,63	16,00	22,05	559,99						
24	600	23,39	594,00	0,71	18,00	24,80	630,00						
27	675	26,36	669,42	0,80	20,29	27,95	710,00						
30	750	30,17	766,36	0,91	23,22	32,00	812,80						
36	900	36,11	917,22	1,09	27,79	38,30	972,80						
42	1050	41,95	1065,72	1,27	32,29	44,50	1130,30						

La plupart des types de raccords Ring-Tite sont moulés par injection jusqu'au diamètre nominal de 375 mm (15 po). Des diamètres supérieurs sont fabriqués à partir de sections de tuyaux.

Écolotube		DR35						DR28						Schedule 40					
Diamètre		D _{int} moyen		Épaisseur minimale de paroi		D _{ext} moyen		D _{int} moyen		Épaisseur minimale de paroi		D _{ext} moyen		D _{int} moyen		Épaisseur minimale de paroi		D _{ext} moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
4	100	3,97	100,94	0,121	3,06	4,215	107,06	3,91	99,42	0,150	3,82	4,215	107,06	3,99	101,34	0,237	6,02	4,500	114,30
5	135	-	-	-	-	-	-	5,21	133,02	0,201	5,12	5,640	143,26	-	-	-	-	-	-
6	150	5,89	150,29	0,179	4,55	6,275	159,39	5,80	148,01	0,224	5,69	6,277	159,39	-	-	-	-	-	-
8	200	7,89	201,16	0,240	6,10	8,400	213,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	250	9,86	251,46	0,300	7,62	10,500	266,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	300	11,74	299,36	0,357	9,07	12,500	317,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	375	14,37	366,42	0,437	11,10	15,300	388,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TUYAU ET RACCORDS D'ÉGOUT EN PVC ULTRA-RIB^{MD} À PAROI PROFILÉE

Les tuyaux à paroi profilée sont de conception plus récente que les tuyaux standards à paroi lisse. La paroi extérieure des tuyaux a été dotée de nervures concentriques qui augmentent la rigidité de la section transversale de l'anneau. Les tuyaux et raccords Ultra-Rib ont une paroi à profil ouvert. Cela signifie que les tuyaux sont extrudés comme des tuyaux à paroi lisse et des moules spéciaux forment ensuite des nervures concentriques sur leur paroi extérieure.



Applications:

Égouts sanitaires et pluviaux, conduites industrielles.



Normes :

Tuyaux et raccords IPEX à paroi profilée

Certification CSA B182.4

Certification NQ 3624-135

Produit conforme à ASTM F794

Produit conforme à AASHTO M304



ASTM
MEMBER

Rigidité des tuyaux

Les tuyaux Ultra-Rib de IPEX sont fabriqués avec une rigidité annulaire minimale de 320 kPa (46 psi) pour satisfaire aux exigences des normes NQ, ASTM et CSA.

Étanchéité des joints de raccordement

Les joints des tuyaux à paroi profilée de IPEX résistent facilement à une pression d'épreuve hydraulique de 50 psi. Ce point est important car la plupart des organismes réglementaires exigent que toute tuyauterie d'égout installée très près (c'est-à-dire à moins de 2,5 mètres ou 8 pieds) d'une tuyauterie d'eau possède des joints résistant à un minimum de 50 psi.

Cahier des charges abrégé**Généralités**

Les tuyaux en PVC Ultra-Rib de IPEX sont offerts dans les diamètres de 200 mm, 250 mm, 300 mm, 375 mm, 450 mm, 525 mm et 600 mm (8 po - 24 po)

Produit

Les tuyaux devront être extrudés avec une paroi intérieure lisse et munis de nervures massives de renforcement à l'extérieur, ces nervures étant perpendiculaires à l'axe des tuyaux. L'espace compris entre deux nervures devra servir de logement de joint, pour une étanchéité parfaite.

Les tuyaux en PVC Ultra-Rib devront être certifiés selon la norme NQ 3624-135 et selon la norme CSA intitulée «Profiled (Ribbed) PVC Sewer Pipe and Fittings» et satisfaire aux exigences de la norme ASTM F794 intitulée «Standard Specification for Poly (Vinyl chloride) (PVC) Ribbed Gravity Sanitary Pipe and Fittings Based on Controlled Inside Diameter». Les raccords en PVC Ultra-Rib devront satisfaire aux exigences des normes mentionnées précédemment.

Matériau

Les tuyaux en PVC Ultra-Rib devront être fabriqués en un composé de PVC avec classification sous le numéro 12454B, selon la définition de la norme ASTM D1784.

Rigidité des tuyaux

La rigidité des tuyaux doit être de 320 kPa (46 lb/pouce de longueur d'échantillon/pouce de déflexion) à 5% de déflexion verticale lors d'un essai conforme à la norme ASTM D2412.

Raccords moulés

Les raccords avec joints d'étanchéité, en PVC, moulés par injection, munis de nervures de renforcement, devront satisfaire aux exigences de la norme NQ 3624-135 et être certifiés selon les normes CSA B182.1 ou CSA B182.2 et se raccorder directement aux tuyaux Ultra-Rib dans les diamètres offerts.

Raccords préfabriqués

Les raccords préfabriqués utilisés avec les tuyaux Ultra-Rib devront satisfaire aux exigences de la norme NQ 3624-135 et être certifiés selon la norme CSA B182.4 ou la norme ASTM F794; ils pourront comprendre des tronçons de tuyaux en PVC conformes aux normes NQ 3624-130, NQ 3624-135, CSA B182.1, B182.2 ou ASTM D3034 ou F679.

Joints d'étanchéité

Les joints d'étanchéité utilisés sur les tuyaux Ultra-Rib sont fabriqués en EPDM et spécialement conçus pour ces tuyaux. Ces joints uniques en leur genre sont aussi offerts en nitrile.

Les joints d'étanchéité devront satisfaire aux exigences des normes CSA B182.4 et ASTM F477; les joints de raccordement devront en outre résister à une pression d'épreuve hydraulique de 345 kPa (50 psi).

Un joint devra rester étanche à une pression de 74 kPa (10,8 psi), correspondant à une hauteur de charge de 7,5 m (25 pi), avec un vide de -74,2 kPa (22 po) de Hg, le bout uni étant soumis à une déflexion annulaire de 5% et la déflexion axiale du joint étant maximale.

Lubrifiant

L'assemblage des tuyaux et raccords Ultra-Rib devra être réalisé selon les directives du fabricant et en utilisant uniquement le lubrifiant pour PVC IPEX. Aucun autre lubrifiant ne devra être utilisé. Le lubrifiant IPEX devra être appliqué sur l'intérieur de l'emboîture à assembler, en couche d'épaisseur uniforme, sur une distance du bord externe de l'emboîture équivalente à trois nervures.

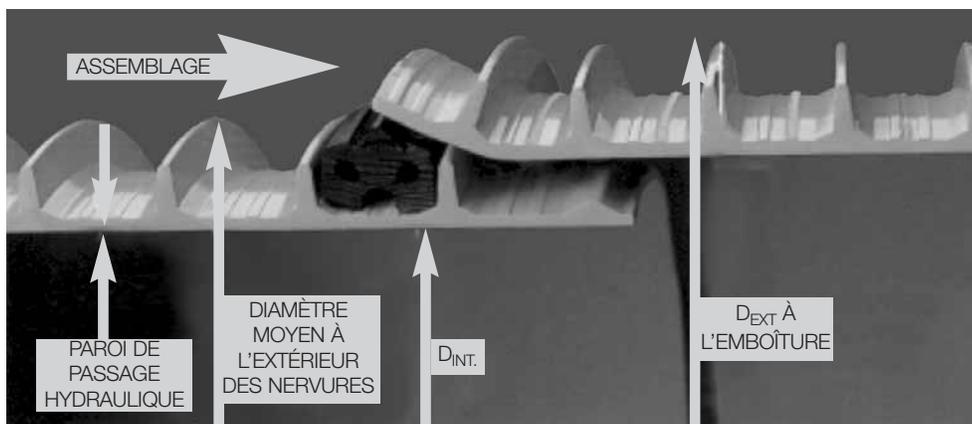
Code couleur

Les tuyaux devront avoir un code couleur vert.

Dimensions:

Gamme de diamètres de 200 mm - 600 mm (8 po - 24 po)

Diamètre		D _{int} moyen		Diamètre moyen à l'extérieur des nervures		D _{ext} à l'emboîture		Paroi de passage hydraulique	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
8	200	7,89	200	8,80	224	9,78	248	0,087	2,20
10	250	9,86	251	11,00	280	12,22	311	0,091	2,30
12	300	11,74	298	13,10	333	14,59	371	0,102	2,60
15	375	14,37	365	16,04	408	17,82	453	0,110	2,80
18	450	17,65	448	19,57	497	21,77	553	0,130	3,30
21	525	20,75	527	22,80	579	25,14	638	0,160	4,06
24	600	23,50	597	25,61	650	28,24	717	0,180	4,58



REGARDS ET CHAMBRES D'ACCÈS EN PVC

Les regards et chambres d'accès de IPEX, anticorrosion et sans infiltration, ont été conçus pour maximiser l'accès au système tout en minimisant les travaux d'entretien. La base d'appui, fabriquée en usine, est constituée d'un matériau résistant à base de fibre de verre, tandis que le fût et la cheminée sont réalisés à partir de tuyaux IPEX Centurion^{MC}. Les regards de 1 050 mm et 1 200 mm (42 po et 48 po) peuvent être munis de marches spéciales en acier inoxydable, tandis que la chambre d'accès de 600 mm (24 po) est conçue pour pouvoir faire entrer facilement le matériel d'inspection ou de rinçage dans le réseau d'égout. Dans tous les cas, la base en béton manufacturé sert d'ancrage stabilisant la structure et l'empêchant de flotter. Du fait de l'absence de contact entre le béton et l'effluent ou l'atmosphère du réseau d'égout, il n'y a pas de corrosion.



Applications:

Réseaux d'égout industriels, zones dans lesquelles la nappe phréatique est élevée, effluents agressifs, réseaux d'égout sous vide.



Regards et chambres d'accès

Les questions de santé et de sécurité au travail ayant de nos jours beaucoup d'importance, la plupart des municipalités s'efforcent de réduire le plus possible les emplacements trop exigus pour travailler dans leurs installations souterraines. C'est là que les chambres d'accès entrent en jeu.

Une chambre d'accès diffère d'un regard en ce sens qu'elle est trop petite pour permettre à une personne d'entrer dans un collecteur d'égout. Son diamètre varie habituellement de 450 mm (18 po) à 600 mm (24 po); elle est suffisamment grande pour introduire une caméra ou du matériel de rinçage dans le système. Une telle chambre présente le grand avantage d'améliorer l'accès au système tout en minimisant

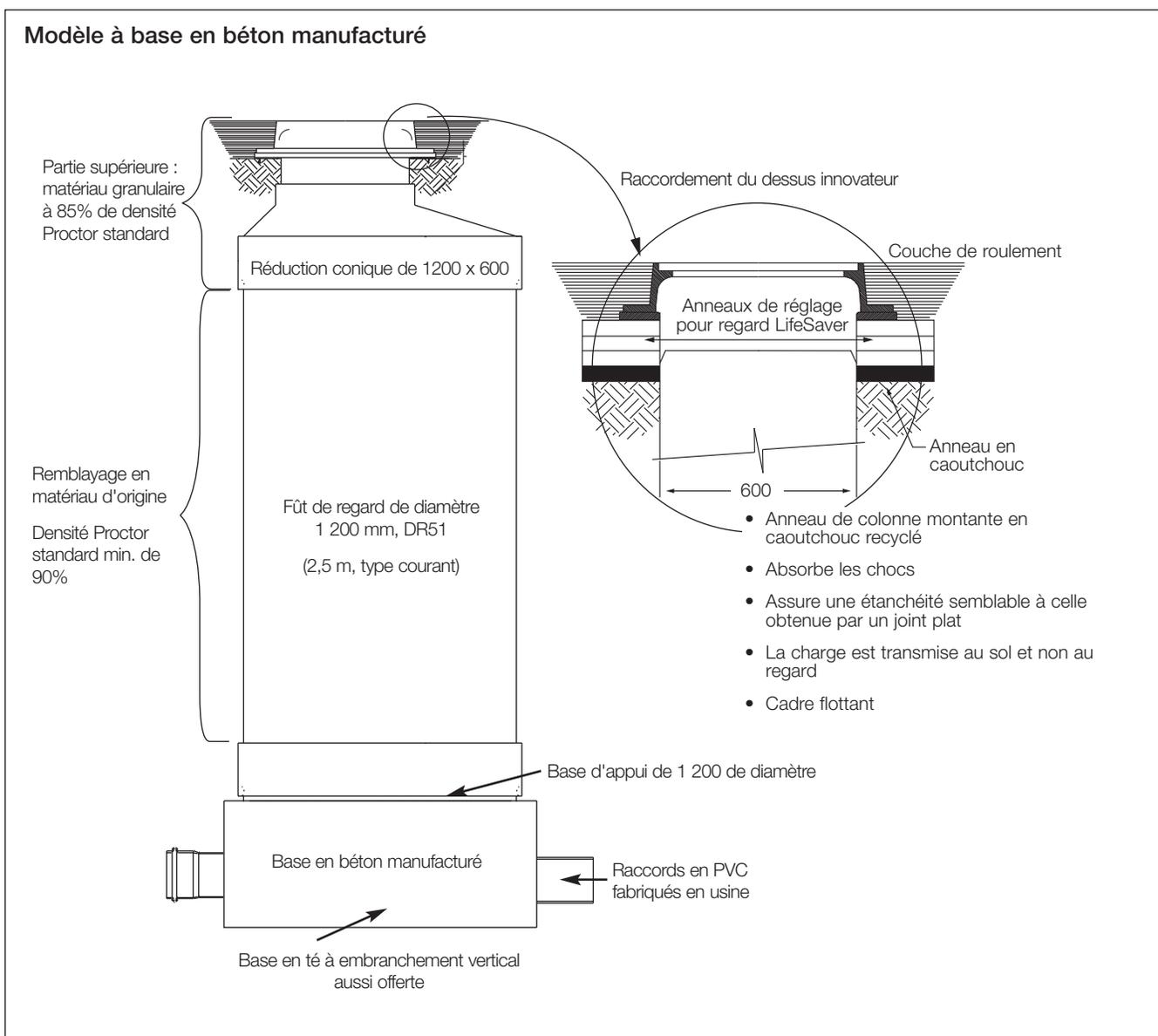
les problèmes d'entretien associés à un regard en béton. De plus, l'installation d'une chambre d'accès n'est pas coûteuse.

Pour un système donné, le meilleur choix dépend d'un certain nombre de facteurs; citons entre autres :

- Degré d'importance de l'accès par des personnes
- Diamètre du système de tuyauterie
- Nombre de changements de direction

En fin de compte, on peut combiner les regards et les chambres d'accès dans un système, ces dernières servant aux raccords en ligne droite et les regards étant installés aux changements de direction.

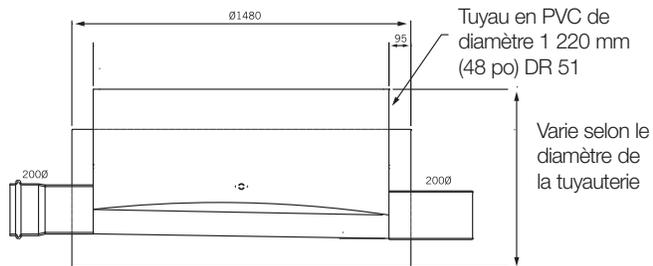
Installation d'un regard en PVC



Bases de regards ouvertes (2 modèles)

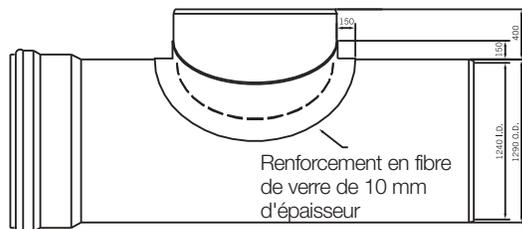
Adaptateur de base en béton manufacturé

- Offert avec base revêtue de fibre de verre

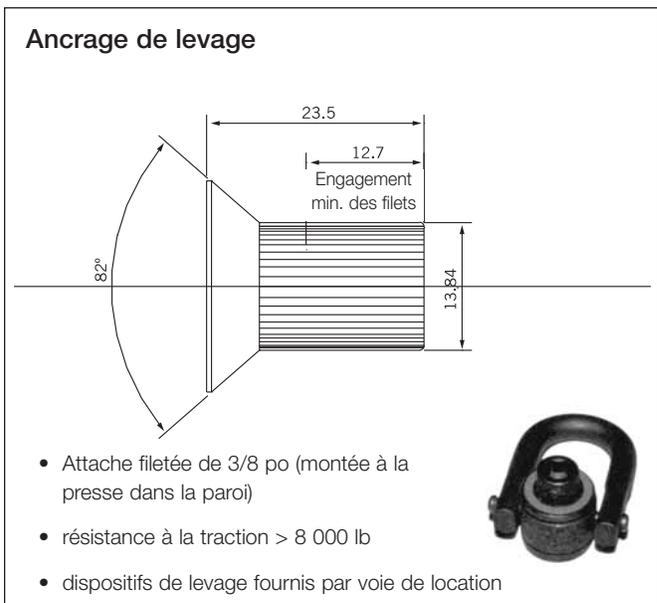
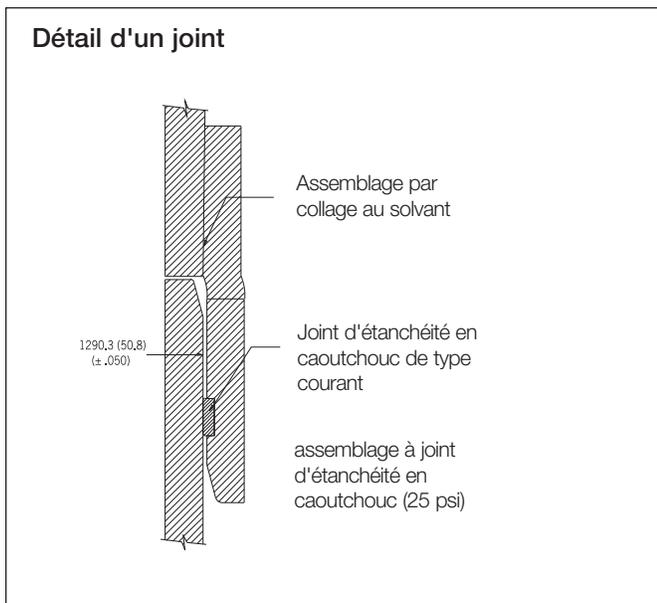
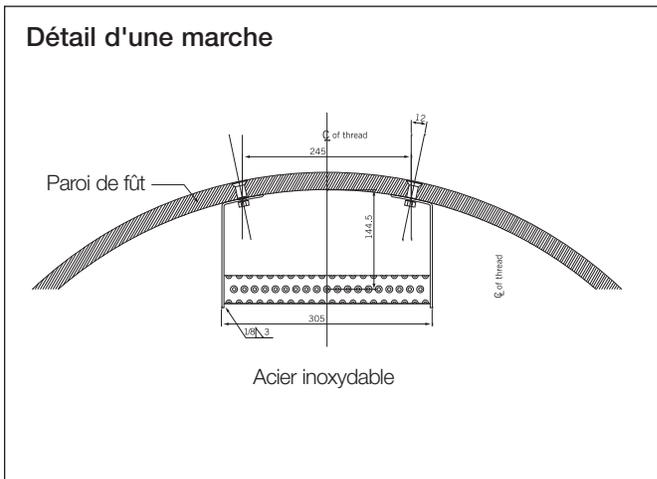
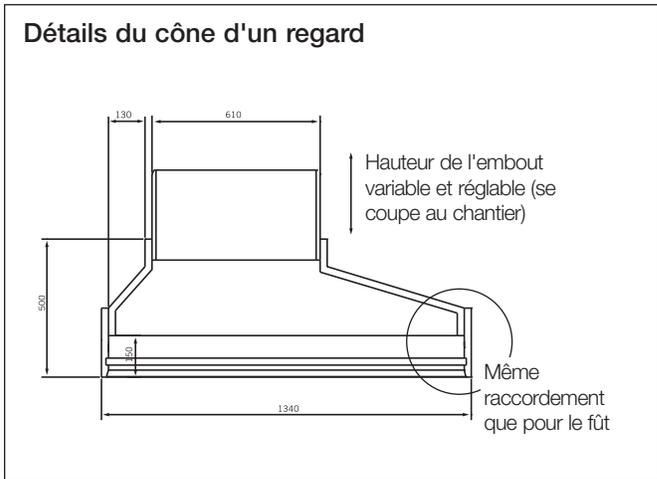
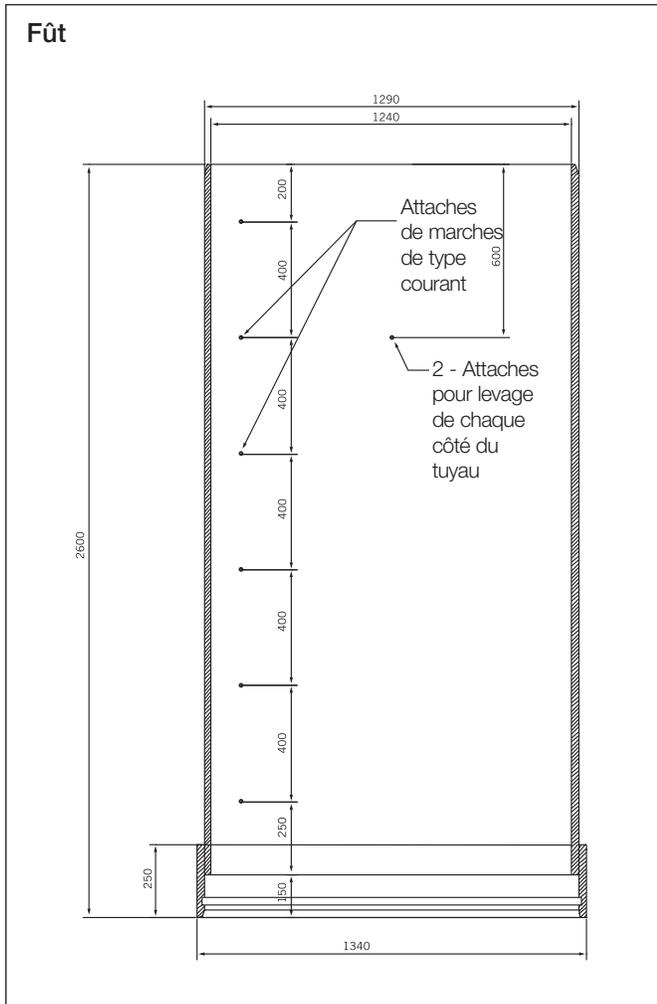


Té à embranchement vertical en PVC

- Pour conduites principales de diamètre supérieur ou égal à 600 mm
- Raccord préfabriqué en PVC
- Emboîture x bout uni



Détails d'un regard



Réception et déchargement

Bien que le client ait la responsabilité du déchargement des regards en PVC sur le chantier et qu'il lui incombe de décider de la méthode à utiliser, nous fournissons toutefois les recommandations ci-après :

1. N'utilisez que des dispositifs de levage approuvés IPEX lors du déchargement. Ces dispositifs sont offerts moyennant un dépôt nominal. Ne retirez pas ou ne coupez pas les sangles de fixation des marchandises livrées avant déchargement sur une surface plate et stable.

Installation d'une base en béton standard (conduite principale de moins de 600 mm de diamètre)

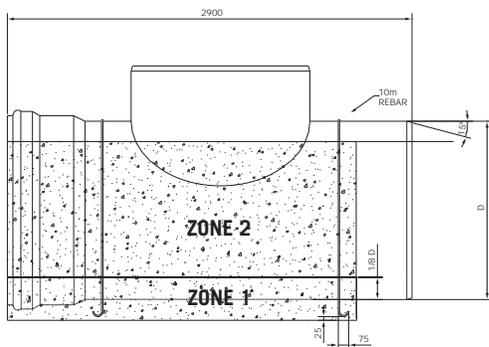
1. Excaver le fond de la tranchée de 100 mm de plus (surexcavation).
2. Mettre en place une couche de 100 mm de matériau granulaire et compacter à une densité Proctor standard de 95%.
3. Installer la base, en vérifiant que la surface du matériau granulaire est bien de niveau.
4. Lorsque le sol est instable, consulter un ingénieur compétent spécialisé en géotechnique.
5. Mettre en place et compacter le matériau granulaire jusqu'au dessus de la tuyauterie.

Installation d'un té à embranchement vertical (conduite

principale de diamètre supérieur ou égal à 600 mm)

Pour une bonne installation, le té à embranchement vertical doit être supporté par un lit de pose en béton. Pour une installation réussie, IPEX donne brièvement les quelques recommandations ci-après.

1. Excaver le fond de la tranchée de 100 mm de plus, supporter le té à embranchement vertical par des blocs et prévoir l'espace nécessaire à la coulée ultérieure du béton.
2. Raccorder l'extrémité à emboîture du té à la tuyauterie d'égout en PVC déjà installée. Utiliser les méthodes préconisées par IPEX dans ses guides d'installation de tuyauteries d'égout ou sous pression.
3. Afin d'assurer la bonne mise en place du lit de pose en béton, construire un coffrage en bois ou en métal. La forme du coffrage doit être telle que le bout uni du tuyau horizontal soit en dehors du lit de pose en béton; autrement, le béton va empêcher l'assemblage ultérieur de la tuyauterie.
4. Vérifier de nouveau que le té à embranchement vertical est supporté uniformément par les blocs.
5. Installer des barres d'armature 10M selon les indications du dessin.
6. Réaliser la première coulée de béton à 20 MPa (zone 1).
7. S'assurer que les contreventements en bois, prévus à l'intérieur du té à embranchement vertical pour résister aux pressions externes latérales engendrées par la deuxième coulée de béton, sont bien en place.
8. Laisser durcir le béton installé à l'étape 6. Couler ensuite du béton à 20 MPa dans la zone 2 comme le montre le dessin.



Installation du fût

1. Fixer les dispositifs de levage approuvés IPEX dans les attaches de levage installées en usine à l'extérieur du fût (serrer ces dispositifs à la main seulement).
2. Lubrifier le bout uni de l'embranchement vertical du té avec du lubrifiant pour tuyaux en PVC de IPEX.
3. Mettre en place l'extrémité à emboîture du fût sur le bout uni vertical et assembler en exerçant une pression sur le dessus de la section du fût.
4. En cas d'utilisation d'un équipement mécanique, exercer la force en douceur et protéger le fût en PVC par un madrier.
5. Mettre en place et compacter le matériau de remblayage selon les prescriptions des plans; s'assurer qu'il n'y ait pas de contact direct entre le matériel de compactage et le fût.

Installation du dessus conique

1. Fixer les dispositifs de levage approuvés IPEX dans les attaches de levage (serrer ces dispositifs à la main seulement).
2. Mettre en place l'extrémité à emboîture de la section conique sur le bout uni du fût vertical, puis assembler de la même manière que ci-dessus.
3. S'assurer que le matériel de compactage ne s'approche pas à moins de 150 mm de la surface de la section conique en PVC.

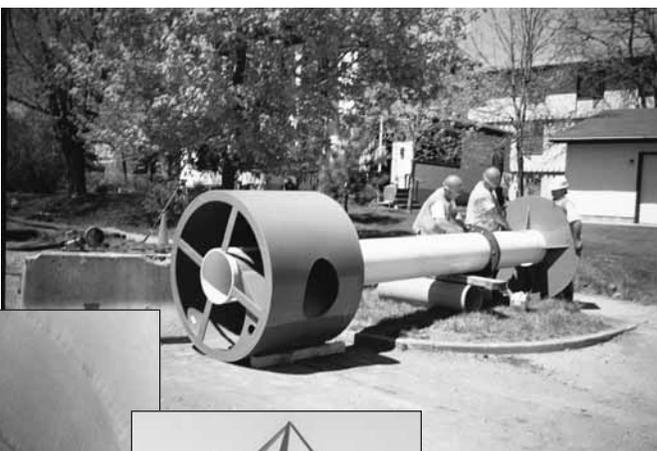
Installation du cadre et du couvercle

1. Mesurer la distance nécessaire pour obtenir le dégagement défini sur les dessins et marquer l'embout du dessus conique pour indiquer le niveau fini.
2. Compacter le matériau granulaire et en aplanir la surface jusqu'à ce niveau.
3. Mettre en place l'anneau en caoutchouc IPEX sur l'embout exposé de la section conique.
4. Installer le cadre et le couvercle (approuvés IPEX) sur l'embout au-dessus de l'anneau en caoutchouc, comme le montre le dessin 5.
5. À l'intérieur du cadre, s'assurer qu'il y a un dégagement vertical d'au moins 50 mm entre le couvercle et le dessus de l'embout du regard en PVC.



SYSTÈME VORTEX FLOW^{MC} POUR L'ÉLIMINATION DES ODEURS ET DE LA CORROSION

Le système Vortex Flow est une structure verticale dissipatrice d'énergie spécialement conçu pour éliminer pratiquement toute émission de sulfure d'hydrogène, ainsi que les odeurs et la corrosion qui y sont associées. À cet effet, on tire parti de l'énergie de l'écoulement des eaux usées pour les aérer et supprimer la turbulence. Cette méthode innovatrice de lutte contre les odeurs d'égout et la corrosion a été consacrée par un prix d'innovation technique décerné en 1999 par l' American Public Works Association.

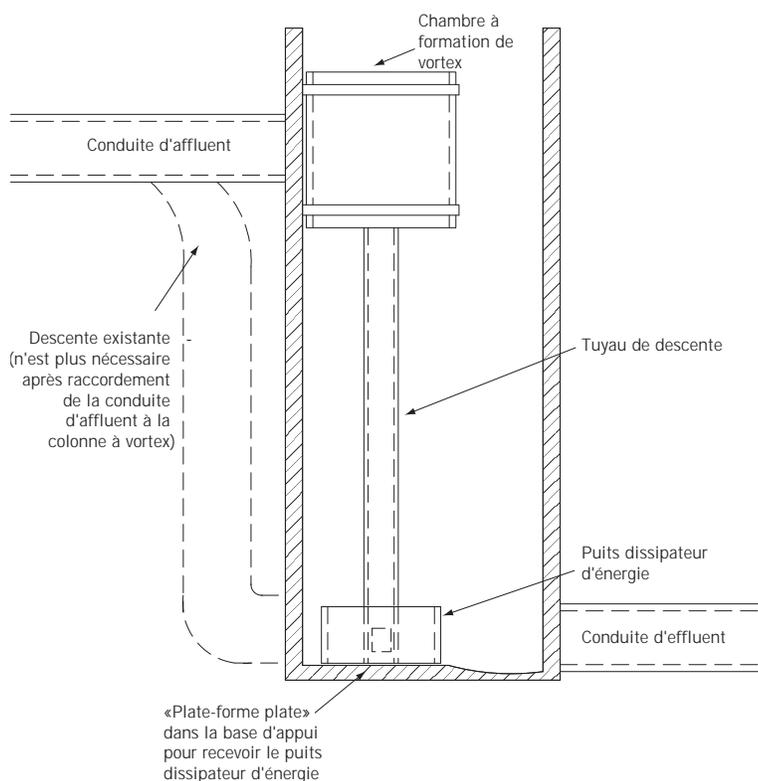


Gagnant du prix de l'innovation technique décerné en 1999 par l'American Public Works Association

Applications:

Structures verticales dans les regards d'égout sanitaire, stations de pompage, dissipation d'énergie des écoulements à haute vitesse dans les réseaux d'égout et points de déversement de barrages.





Odeurs et corrosion dans les réseaux collecteurs d'eaux usées

On trouve l'ion sulfate (SO_4) en quantités variables dans l'eau et les eaux usées. Les bactéries anaérobiques présentes dans les eaux usées métabolisent l'ion SO_4 , en consommant l'oxygène pour respirer et en rejetant du sulfure d'hydrogène (H_2S). Le sulfure d'hydrogène n'est pas particulièrement soluble dans l'eau et il ne reste que très peu de temps en solution lorsque l'écoulement est turbulent ou lorsque l'air s'échappe des eaux usées sanitaires en écoulement.

Les refoulements de conduites sous pression sont reconnus comme étant propices aux émissions de H_2S car les eaux usées, provenant d'un environnement anaérobique (les conduites coulent pleines), tombent dans un collecteur à écoulement par gravité. L'écoulement étant habituellement très turbulent, il y a aussi expulsion d'air. Il s'ensuit que de grandes quantités de H_2S gazeux sortent des eaux usées en écoulement.

Dès que le gaz n'est plus en solution, il s'échappe dans l'atmosphère d'un regard ou d'une tuyauterie et peut corroder directement les composants métalliques. Le gaz est aussi métabolisé par les bactéries vivant sur les surfaces intérieures des regards et des tuyauteries. Les bactéries sécrètent du H_2SO_4 , couramment appelé acide sulfurique. Cet acide attaque et détériore rapidement la matrice de ciment Portland du béton.

Dans le passé, la solution la plus courante à ce problème consistait à injecter divers produits chimiques dans les eaux usées sanitaires afin d'oxyder le H_2S en solution. Pour extraire le H_2S présent dans l'air, on utilise couramment les biofiltres. Cette

solution présente un certain nombre d'inconvénients, en ce sens que les produits chimiques utilisés sont souvent onéreux, dangereux ou les deux à la fois. Les biofiltres sont tout à fait efficaces, mais leur bon fonctionnement nécessite un entretien périodique.

La structure verticale du système Vortex Flow permet d'éliminer la plupart du temps l'injection de produits chimiques et les biofiltres; de plus, elle n'exige pratiquement aucun entretien.

Conception

Le système Vortex Flow a été inventé par le Dr Eugene Natarius, un expert notoire en mécanique des fluides; il mit au point le système Vortex Flow pour résoudre un problème d'odeur compliqué dans un regard de descente à Minneapolis. Même si l'injection de produits chimiques s'est révélée efficace pour atténuer le problème, le coût mensuel de ces produits s'est élevé à 5 500,00 \$. Le système Vortex Flow a permis de résoudre les problèmes d'odeur et a dépassé les performances du système d'injection chimique pour ce qui est de la réduction du H_2S en solution. Par la suite, le Dr Natarius a fait breveter son invention et IPEX détient une licence internationale pour la commercialisation du système Vortex Flow.

Le système Vortex Flow supprime la turbulence, dissipant efficacement l'énergie du fluide en écoulement et aérant ce fluide.

Les eaux usées sont dirigées dans la chambre supérieure, munie d'un fond en pente conçu pour augmenter la vitesse d'écoulement à une valeur supercritique (nombre de Froude supérieur à 1). La chambre, en forme d'hélice dont le rayon diminue, dirige l'écoulement dans le tuyau de descente de plus petit diamètre. La vitesse et la force centrifuge générées dans la chambre supérieure assurent la formation d'un vortex stable dans le tuyau de descente, ainsi que d'un «noyau d'air central» qui s'étend jusqu'au fond du puits dissipateur d'énergie.

Par suite de l'écoulement du fluide, la pression dans le noyau d'air central (formé dans le tuyau de descente) est légèrement négative; par conséquent, ce noyau aspire le gaz H_2S contenu dans l'air jusqu'au fond de la structure. En même temps, les forces de frottement qui s'exercent dans l'écoulement «serrant» la paroi intérieure du tuyau dissipent l'énergie du fluide tout en minimisant la turbulence.

L'air entraîné vers le bas par le noyau central se mélange à l'effluent dans le puits dissipateur d'énergie au fond de la structure. Du fait que la sortie du fluide est immergée, il est tout simplement impossible à l'air de s'échapper par le fond de la structure - il est obligé de passer dans l'effluent. Il s'ensuit une aération très efficace, réduisant substantiellement la teneur en oxygène dissous de l'effluent sortant de la structure. L'oxygène dissous oxyde le H_2S dissous, en générant des ions H^+ et SO_4 séparés, beaucoup plus stables une fois dissous dans l'eau.

Résultats en situation réelle

Le système Vortex Flow n'est pas simplement un concept théorique - c'est un moyen de lutte contre les odeurs et la corrosion déjà éprouvé dans le monde entier. Voici quelques-unes des installations dans lesquelles on l'utilise avec succès :

Minneapolis, Minnesota

Le refoulement d'une conduite sous pression installée dans une zone résidentielle constituait un problème depuis plusieurs années, suscitant des plaintes de la part des habitants résidant à proximité et endommageant la tuyauterie adjacente d'égout sanitaire à écoulement par gravité, sous l'effet du sulfure d'hydrogène. On réussit à résoudre le problème en installant un système d'injection de produits chimiques comprenant un réservoir de stockage souterrain de 5 000 gallons. Malheureusement, même si on avait réussi à régler le problème de sulfure d'hydrogène, le coût mensuel moyen des produits chimiques injectés atteignait 5 500 \$. On installa un système Vortex Flow pour réduire la consommation de produits chimiques; on remarqua toutefois que ce système permettait de se passer d'un système d'injection et que, dans plusieurs cas, il était plus efficace que les produits chimiques en matière de réduction de sulfure et d'oxygénation. Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet furent présentés au salon WEFTEC 2000 et on peut se procurer le papier correspondant auprès de son représentant IPEX.

Sarnia, Ontario, Canada

Un regard de grandes dimensions, comprenant un refoulement de conduite sous pression de 20 po avait été gravement détérioré par le sulfure d'hydrogène. On remplaça le regard et on équipa le refoulement de la conduite d'un système Vortex Flow. Les résultats furent immédiats, l'odeur familière «d'œuf pourri» ayant disparu avec l'installation du système Vortex Flow. De plus, les bienfaits de l'oxygénation par le système se firent sentir immédiatement dans une station de pompage située en aval, le problème de H₂S dû auparavant au refoulement de la conduite ayant disparu.



Hunter Water Corporation, Australie



La photographie montre un système Vortex Flow installé dans une boucle barométrique, servant essentiellement à faire sortir du sol une conduite sous pression et à la remonter afin d'augmenter le gradient hydraulique du système.

Hunter Water Corporation (HWC) effectua un suivi de la concentration de sulfure d'hydrogène gazeux au-dessus de deux systèmes Vortex Flow en service et préleva des échantillons de liquide dans les puits humides de la station de pompage immédiatement en aval de ces systèmes.

Selon les données obtenues par HWC, la concentration moyenne de sulfure d'hydrogène gazeux mesurée en continu pendant une semaine fut de 1,20 ppm au refoulement du système de pompage 1 et de 2,27 ppm au refoulement du système 2. Pour un refoulement de conduite sous pression de grande longueur comprenant une descente, on relève habituellement une concentration moyenne de sulfure d'hydrogène gazeux au moins dix fois plus grande. Les concentrations de sulfure d'hydrogène dissous, mesurées à partir des échantillons, furent de 0,34 - 0,70 mg/L et de 4,2 - 4,5 mg/L en aval du refoulement des systèmes 1 et 2 respectivement. La compagnie HWC compara les niveaux de H₂S dissous et constata qu'ils étaient largement inférieurs à ceux enregistrés pour des boucles barométriques non équipées de colonnes à vortex.



Par rapport à des systèmes HWC similaires comprenant des conduites sous pression munies de boucles barométriques, l'émission de gaz odorants était nettement inférieure dans les installations comportant des systèmes Vortex Flow. HWC arriva à

la conclusion qu'un système Vortex Flow permettait de réduire efficacement l'émission de H₂S gazeux. La mise en place de systèmes Vortex Flow permet de réduire les débits d'injection de produits chimiques.

Le système Vortex Flow permet de réduire les coûts d'excavation

Dans un réseau d'égout, un regard vertical conventionnel peut s'accompagner de problèmes d'entretien, dégager des odeurs et provoquer la corrosion du système. C'est ainsi que certaines municipalités ont interdit l'usage de regards verticaux pour le raccordement de collecteurs d'égout à différentes élévations. Cela s'est traduit par l'installation de collecteurs d'égout de petit diamètre à une très grande profondeur, de manière à pouvoir les raccorder à un collecteur d'égout principal sans avoir à utiliser de descente. Ce genre d'installation à grande profondeur coûte aux promoteurs (et par la suite aux propriétaires de maisons) des millions de dollars en travaux d'excavation supplémentaires.

Le système Vortex Flow améliore en fait la qualité des eaux usées en augmentant la quantité d'oxygène dissous et en oxydant le sulfure d'hydrogène. En installant le système Vortex Flow sur les descentes de collecteurs d'égout, ainsi que sur les collecteurs d'égout principaux, il est possible de minimiser l'excavation et de réduire ou éliminer les odeurs et la corrosion.

Le système Vortex Flow pour les stations de pompage

Les puits humides d'une station de pompage étant le siège d'une turbulence excessive, ce sont des endroits où les émissions de H₂S peuvent augmenter considérablement, entraînant des problèmes d'odeur et de corrosion. Le système Vortex Flow a été utilisé avec succès dans les stations de pompage pour réduire les odeurs et aérer les eaux usées en écoulement.

Même si la hauteur de chute dans un puits humide est habituellement moindre que dans une structure verticale de regard, le système Vortex Flow se montre très efficace pour supprimer la turbulence et oxygéner les eaux usées, éliminant du même coup odeurs et corrosion.



Installation

Le système Vortex Flow s'installe pratiquement dans n'importe quelle chambre de descente. Si les conditions peuvent différer d'une installation à l'autre, le système est généralement mis en place par levage à l'aide d'une pelle rétrocaveuse, puis fixé à la structure du regard au moyen de sangles en acier inoxydable. Dans certains cas, l'installation peut s'effectuer sans interrompre ni contourner l'écoulement dans le collecteur d'égout.

Comment spécifier un système Vortex Flow

Pour réaliser la conception préliminaire et estimer le prix d'un système Vortex Flow, les éléments suivants sont nécessaires :

- Le débit minimal et le débit de pointe, sans oublier une augmentation future possible, dans la conduite considérée.
- La différence d'élévation entre la conduite d'arrivée et la sortie.
- Les dimensions et la configuration des conduites d'égout, ainsi que du regard, dans le cas où la structure doit être installée dans un regard existant. Ces informations permettent de préparer une estimation préliminaire.

À ce stade, il n'est pas utile de connaître les débits et l'implantation du système avec exactitude, il suffit de connaître l'installation dans ses grandes lignes.

Spécifications

Dans les regards ou les stations de pompage, les descentes de collecteurs d'égout sanitaire supérieures ou égales à trois pieds devront être équipées de structures verticales Vortex Flow identiques à celles fabriquées par IPEX Inc.

Les colonnes à vortex doivent être fabriquées à partir de tuyaux conformes aux normes AWWA C900 ou AWWA C905 et de feuilles de PVC conforme à ASTM D1248.

Les structures verticales à vortex doivent être fournies accompagnées de dessins d'atelier approuvés par l'ingénieur de projet, ainsi que de directives d'installation. La capacité hydraulique de la colonne (débits minimum et maximum) doit être clairement indiquée dans la soumission.

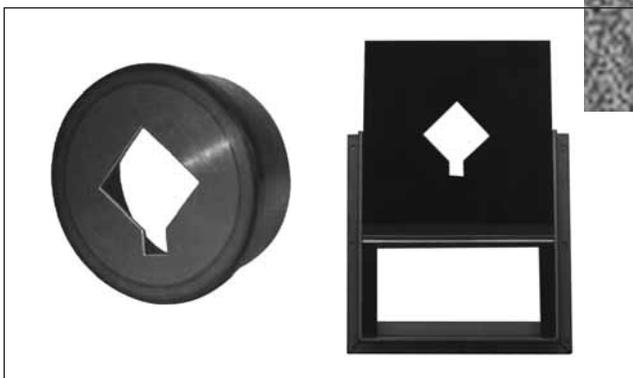
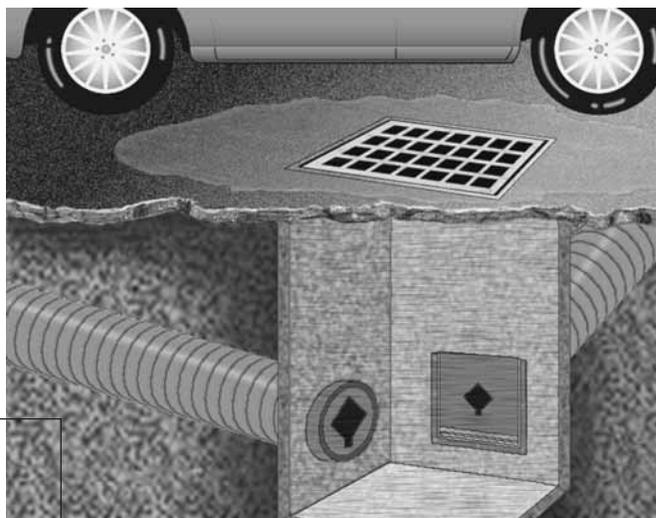
Dimensions

Les dimensions de la colonne Vortex Flow dépendent du débit de conception requis. Les petites colonnes peuvent être conçues pour des collecteurs d'égout et le diamètre de leur section supérieure peut descendre à 14 ou 16 pouces. Les plus grandes colonnes, dont la capacité peut atteindre 100 mégagallons par jour, peuvent avoir jusqu'à dix pieds de diamètre. Chaque colonne est conçue et fabriquée sur mesure en fonction de l'application considérée.

RÉGULATEURS DE DÉBIT POUR LES SYSTÈMES D'EAUX PLUVIALES

Le régulateur de débit (ICD) de IPEX sert à contrôler l'écoulement vers les collecteurs d'égout pluvial lors d'une pointe de débit. Il est conçu pour laisser sortir d'un puisard un débit déterminé sous une hauteur de charge spécifiée. Les eaux pluviales en excédent sont ainsi stockées temporairement au-dessus du sol. Cette méthode permet de ne pas dépasser la capacité de la tuyauterie, de sorte que la surcharge des puisards en amont n'augmente pas au point de ne plus être maîtrisable, ce qui pourrait conduire à une inondation.

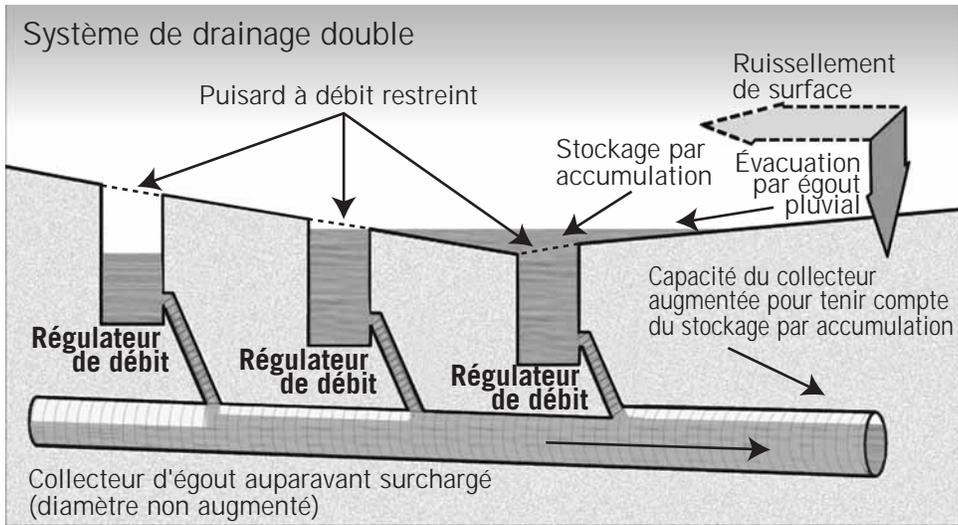
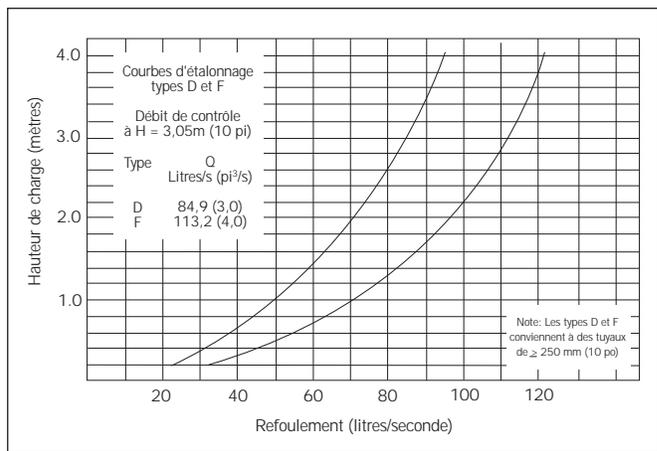
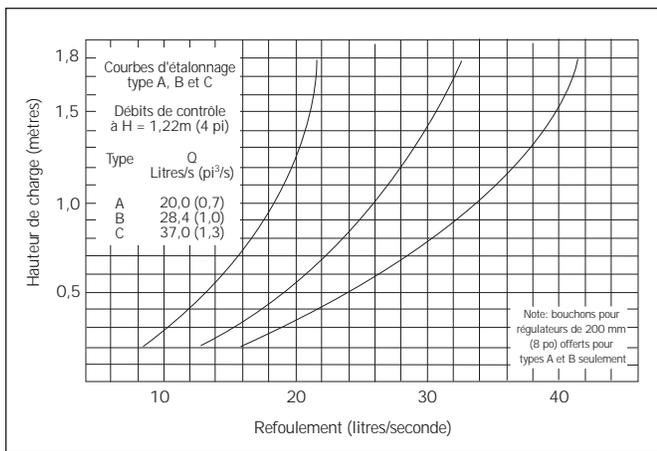
Les régulateurs de débit de IPEX sont spécialement conçus pour ne pas se boucher, ce qui peut être un problème dans le cas d'un diaphragme, surtout à faible débit.



Applications:

Contrôle du débit des eaux pluviales dans un parc de stationnement, sur une route ou dans tout autre endroit dans lequel la capacité de la conduite d'égout pluvial doit être maîtrisée.





Spécifications

Les régulateurs de débit de IPEX sont fabriqués en polychlorure de vinyle (PVC) et doivent être fournis selon le type (A, B, C, D ou F) comme l'illustrent les graphes ci-dessus.

Les régulateurs de débit à bouchon de IPEX doivent être usinés pour un ajustement serré dans la tuyauterie de sortie.

Les régulateurs en version cadre sont conçus pour se boulonner en place sur la tuyauterie de sortie du puisard/du regard.

Dimensions

Les régulateurs de débit sont offerts dans des modèles standards (types, A, B, C, D et F) et des modèles conçus sur mesure. En outre, il existe des modèles spéciaux pour différents types de tuyauteries, incluant notamment celles à paroi lisse en PVC, à paroi profilée et en béton.

Le principal intérêt de spécifier un régulateur standard réside dans le fait qu'il est en stock et peut être livré immédiatement. Cependant, il est certainement avantageux de spécifier des régulateurs sur mesure, car ils offrent une remarquable souplesse de conception, du fait que le débit admissible peut être adapté directement à la topographie de la surface de la chaussée.

ANNEAUX ET CADRES DE RÉGLAGE POUR REGARDS ET PUISARDS LIFESAVER^{MC}

Les produits Lifesaver sont des composants de réglage en PEHD à haute résistance aux chocs, conçus pour amener les pièces moulées des regards et puisards exactement à la hauteur de la surface d'une voie de circulation en asphalte ou en béton. Ces composants amortissent les charges dynamiques entre la pièce en fonte moulée et le regard ou la structure de puisard en béton, tout en éliminant l'infiltration et l'affouillement. Cela permet d'allonger la durée de vie utile de la voie de circulation adjacente.



Applications:

Réglage de niveau pour les regards, les puisards, ainsi que les voûtes recevant des câbles électriques, téléphoniques ou autres installations de services publics. Recommandés pour les zones de circulation intense.





Pourquoi utiliser des produits Lifesaver ?

Les composants de réglage en béton sont difficiles à installer, impossibles à rendre étanches et sont relativement fragiles. En général, ils ne résistent pas aux charges dynamiques répétées et ont tendance à se fissurer, laissant l'eau et les particules fines s'infiltrer, d'où un affouillement de la structure de la chaussée environnante. De plus, ils permettent difficilement de régler une pente avec précision car cette opération oblige à glisser des cales sous les anneaux, puis à attendre que le mortier durcisse.



Les produits Lifesaver éliminent ces problèmes pour les raisons suivantes :

- Étant fabriqués en PEHD léger à haute résistance aux chocs, ils se manipulent plus facilement. Alors que le poids d'un composant en béton peut atteindre ou même dépasser 100 lb, un anneau de Lifesaver pèse moins de 5 lb.

- Les composants pour regards sont rendus étanches à l'aide d'un produit d'étanchéité pour joints et non d'un mortier préparé sur place (et souvent de mauvaise qualité). Cela empêche à la fois l'eau et les particules fines de s'infiltrer. De plus, on peut compacter immédiatement le matériau d'assise autour des composants de réglage, tandis qu'avec des composants en béton il faut commencer par attendre que le mortier sèche.
- Les cadres pour puisard, une fois bien enveloppés dans un tissu filtrant, permettent une infiltration dans le puisard, mais retiennent les particules fines.
- Les produits Lifesaver sont totalement insensibles aux chlorures provenant du sel de déglacage et au sulfure d'hydrogène provenant des collecteurs d'égout sanitaire. Par contre, ces deux substances attaquent les composants en béton.

Enfin, les produits Lifesaver s'utilisent depuis de nombreuses années dans des applications parmi les plus exigeantes en Amérique du Nord et il est prouvé qu'ils ont permis de prolonger substantiellement la durée de vie utile de la structure des voies de circulation avoisinantes.

Normes

Les produits Lifesaver sont moulés dans du polyéthylène haute densité conforme à la norme ASTM D1248.

Dimensions

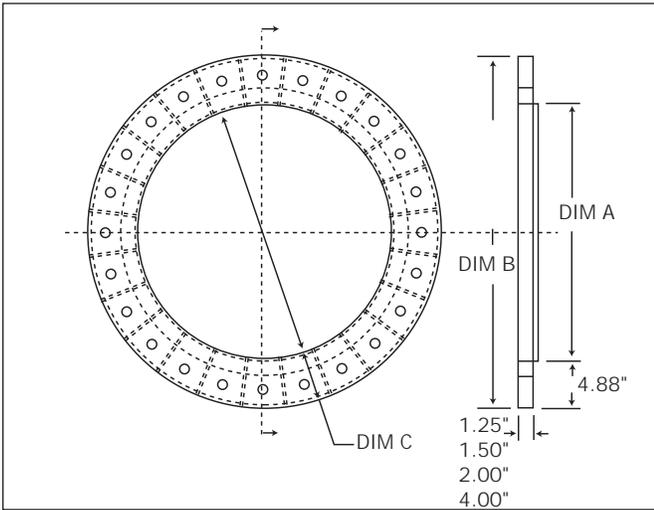
Anneau de réglage pour regard plat

Anneau de réglage pour regard avec pente

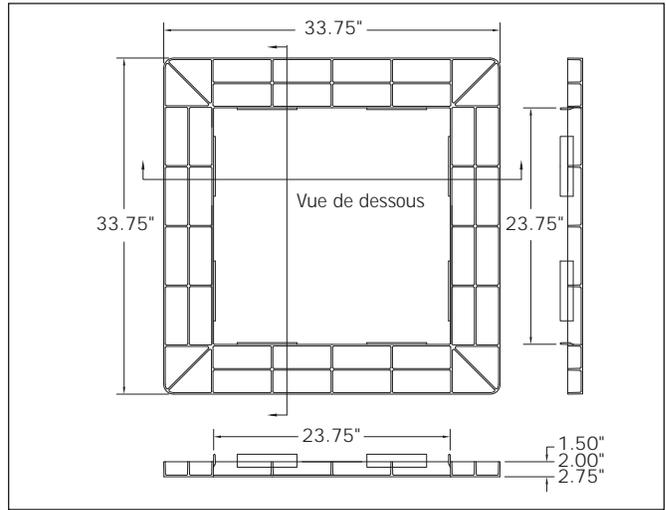
Ouverture de regard		DIM A		DIM B		DIM C	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
24	610	23,75	603,3	33,50	850,9	5,00	127
27	686	26,75	679,5	36,50	927,1	5,00	127
30	762	29,75	755,7	39,50	1003,3	5,00	127
32	813	31,75	806,5	41,50	1054,1	5,00	127
34	864	33,75	857,3	41,50	1054,1	5,00	127

Ouverture de regard		DIM D		DIM E	
po	mm	po	mm	po	mm
24	610	1,5	38	0,75	19
27	686	1,5	38	0,75	19
30	762	2,25	57	1,5	38
32	813	2,25	57	1,25	32
34	864	2,25	57	1,25	32

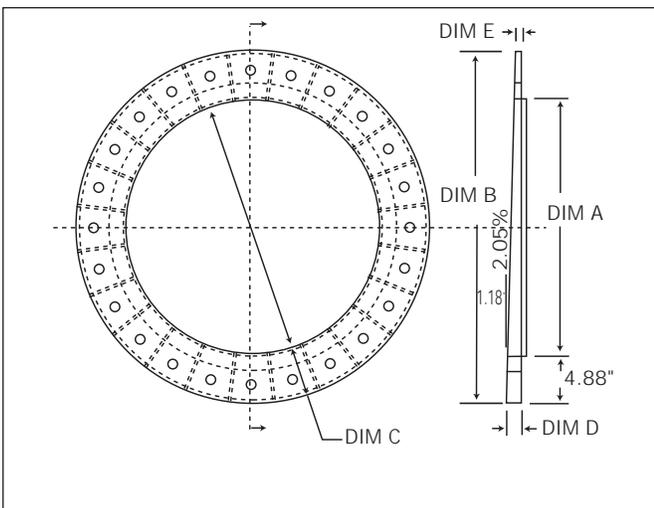
ANNEAUX DE RÉGLAGE POUR REGARD LIFESAVERCADRES DE RÉGLAGE POUR PUISARD LIFESAVER



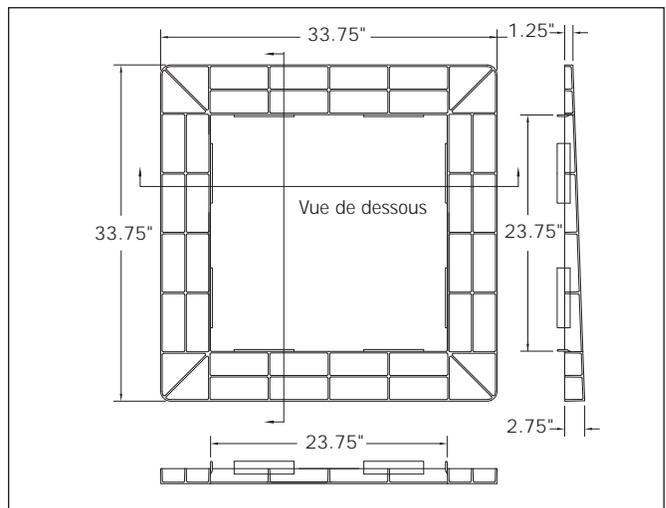
Anneau de réglage pour regard plat



Cadre de réglage pour puisard rectangulaire plat



Anneau de réglage pour regard avec pente



Cadre de réglage pour puisard rectangulaire avec pente

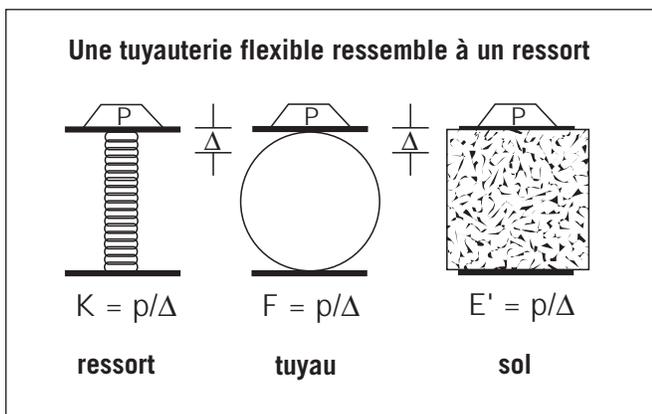
SECTION 2 – INFORMATIONS DE CONCEPTION

GÉNÉRALITÉS

Conception structurale

Les tuyaux en PVC, classés dans la catégorie des conduits flexibles, sont conçus pour transférer les charges, par déflexion, au matériau d'assise qui les entoure. Un conduit se définit généralement comme étant flexible lorsqu'il peut fléchir sans dommages de plus de 2% de son diamètre.

La façon la plus simple de visualiser l'interaction tuyauterie-sol est probablement l'analogie avec un ressort utilisée par le Dr A. Moser dans son manuel faisant autorité intitulé «Buried Pipe Design».²



C'est son aptitude à fléchir sous une charge verticale qui confère à une tuyauterie en PVC sa capacité d'absorption des charges. L'effet de cintrage du sol sur la tuyauterie tend à réduire la charge appliquée sur le conduit, cette charge étant transférée au matériau d'assise avoisinant.

Capacité élevée d'absorption des charges, même sans matériau d'assise de bonne qualité

Dans le cas d'une tuyauterie en PVC, l'ensemble tuyauterie-sol a une résistance étonnante. Alors que l'on installe couramment des tuyauteries en PVC à une profondeur dépassant 50 pieds (surtout dans les sites d'enfouissement), des études expérimentales ont montré qu'une tuyauterie Ultra-Rib pouvait facilement résister aux charges lors d'un enfouissement à des profondeurs atteignant 100 pieds. Une tuyauterie en béton installée dans les mêmes conditions a implosé (s'est écrasée sur elle-même). Pour obtenir un rapport détaillé sur ces travaux de recherche réalisés à l'Université de l'Utah (Utah State University), contacter votre représentant IPEX.

La déflexion n'est pas une mauvaise chose

Le mode de rupture d'une tuyauterie flexible diffère de celui d'une tuyauterie rigide. Une tuyauterie rigide se fissure puis finit par imploser sous une charge excessive, tandis qu'une tuyauterie flexible continue tout simplement à fléchir. La déflexion d'une tuyauterie d'égout en PVC atteint généralement 30% de son diamètre avant que des fuites apparaissent aux joints ou que la tuyauterie subisse des dommages. La limite de déflexion pour une tuyauterie en PVC est habituellement fixée entre 5% et 7,5%, ce qui signifie que la marge de sécurité en déflexion varie de 4 à 6.

Les fabricants de tuyaux rigides considèrent souvent la déflexion d'un tuyau en PVC comme un point faible; cela montre toutefois de leur part un manque de compréhension du mécanisme de l'interaction tuyauterie-sol. Pour supporter une charge, une tuyauterie rigide doit aussi fléchir légèrement, mais cette faible déflexion se traduit par une fissuration de la tuyauterie. Par conséquent, alors que pour une tuyauterie flexible la limite en service correspond à une déflexion admissible, cette limite correspond à une largeur de fissure admissible dans le cas d'une tuyauterie en béton. Bien que les fabricants de tuyaux en béton prétendent que les petites fissures dans leurs produits peuvent «se réparer automatiquement», il est conseillé de vérifier les installations réalisées avec ces tuyaux au moyen d'un essai à l'air à basse pression pour s'assurer qu'une tuyauterie fissurée ne fuit pas.

² Moser, A.P., «Buried Pipe Design», 2e édition, pp.22

Calcul des charges sur une conduite d'égout en PVC

Une structure souterraine est soumise aux charges permanentes provenant du sol situé au-dessus (et parfois d'autres structures ou bâtiments) de la tuyauterie et des surcharges imposées par les véhicules ou autres corps situés temporairement au-dessus.

La charge de sol maximale possible sur une tuyauterie en PVC est connue sous le nom de charge due au prisme, correspondant à la pression exercée par le « bloc » entier de sol situé au-dessus de la tuyauterie. La charge réelle est en fait un peu inférieure à cette valeur; cependant, en considérant une charge due au prisme on obtient une certaine marge de sécurité (cas défavorable).

Exemple :

La charge due au prisme se calcule aisément à partir de la masse volumique du sol. Soit par exemple un sol de masse volumique 120 lb/pi³ et une profondeur d'enfouissement de 10 pieds.

P = charge de sol, (lb/pi²)

w = masse volumique du sol, (lb/pi³)

H = profondeur d'enfouissement (pi)

P = **wH** = (120 lb/pi³)(10 pi) = 1200 lb/pi² = 8,3 lb/po²

Le calcul des surcharges, plus compliqué, fait appel à la méthode Boussinesq permettant de calculer les contraintes, engendrées dans un milieu élastique semi-infini par une charge ponctuelle appliquée à la surface^(3,4). Bien que la méthode soit relativement simple, la plupart des concepteurs utilisent plutôt des charges standards définies au cours des années.

On additionne tout simplement la charge permanente et la surcharge pour obtenir la charge totale sur la tuyauterie, ensuite utilisée pour estimer la déflexion à long terme dans la tuyauterie installée.

Le module de réaction du sol, E'

Surcharge transférée à la tuyauterie enterrée							
Prof. d'enfouissement (pi)	Surcharge transférée à la tuyauterie (lb/po ²)			Prof. d'enfouissement (pi)	Surcharge transférée à la tuyauterie (lb/po ²)		
	Autoroute - H20	Voie ferrée E80	Aéroport		Autoroute - H20	Voie ferrée E80	Aéroport
1	12,5	non rec.	non rec.	14	*	4,17	3,06
2	5,56	26,39	13,14	16	*	3,47	2,29
3	4,17	23,61	12,28	18	*	2,78	1,91
4	2,78	18,4	11,27	20	*	2,08	1,53
5	1,74	16,67	10,09	22	*	1,91	1,14
6	1,39	15,63	8,79	24	*	1,74	1,05
7	1,22	12,15	7,85	26	*	1,39	*
8	0,69	11,11	6,93	28	*	1,04	*
10	*	7,64	6,09	30	*	0,69	*
12	*	5,56	4,76	35	*	*	*

Notes:

1. Tableau tiré du manuel intitulé «Uni-Bell Handbook of PVC Pipe» - 4e édition, page 210
2. Une charge H20 correspond au passage d'un camion de 20 tonnes avec choc (source ASTM A796)
3. Une charge E80 correspond à une charge de 80 000 lb/pi avec choc sur une voie ferrée (source ASTM A796)
4. Une charge d'aéronef correspond à une force de 180 000 lb engendrée par un train d'atterrissage double, la distance entre les pneus étant de 26 pouces et l'entraxe entre les pneus avant et arrière étant de 66 pouces, sous un revêtement rigide de 12 po d'épaisseur + un choc

Le module de réaction du sol est essentiellement une mesure de la rigidité du sol, dans la partie entourant la tuyauterie. Du fait qu'une tuyauterie flexible transfère les charges au matériau d'assise environnant, la valeur de E' (prononcer E prime) utilisée dans les calculs influe énormément sur la déflexion estimée. Avec les années, plusieurs études, menées aussi bien en laboratoire que sur le terrain, ont permis d'établir des valeurs de conception raisonnables pour E' . Les travaux les plus complets ont probablement été réalisés par Amster Howard du Bureau of Reclamation américain :

Estimation de la déflexion à long terme à l'aide de la formule de Iowa modifiée

TABLEAU 7.3				
VALEURS MOYENNES DU MODULE DE RÉACTION DU SOL, E'				
(pour déflexion initiale de tuyauterie flexible)				
Type de sol - Matériau d'assise de tuyauterie (Classification U.S.C.S.) (1)	E' pour degré de compactage du matériau d'assise en livres par pouce carré			
	En vrac (2)	Léger, <85 % de densité Proctor, <40 % de densité relative (3)	Modéré, 85% - 90% de densité Proctor, 40% - 70% de densité relative (4)	Élevé, >95% de densité Proctor, >70% de densité relative (5)
Sols à grains fins (LL > 50) ^b Sols de plasticité moyenne à élevée, groupes CH, MH, CH-MH	Aucune donnée disponible; consulter un ingénieur en mécanique des sols compétent; autrement, choisir $E' = 0$			
Sols à grains fins (LL < 50) Sols de plasticité moyenne à nulle, groupes CL, ML, ML- CL, avec moins de 25% de particules grossières	50	200	400	1,000
Sols à grains fins (LL < 50) Sols de plasticité moyenne à nulle, groupes CL, ML, ML- CL, avec plus de 25% de particules grossières Sols à gros grains avec particules fines groupes GM, GC, SM, SC ^c contenant plus de 12% de particules fines	100	400	1,000	2,000
Sols à gros grains avec peu ou pas de particules fines groupes GW, GP, SW, SP ^c contenant moins de 12% de particules fines	200	1,000	2,000	3,000
Gravillon	1,000	3,000	3,000	3,000
Précision sur le pourcentage de déflexion ^d	±2	±2	±1	±0.5
^a Désignation ASTM D 2487, désignation USBR E-3. ^b LL = Limite de liquidité. ^c Ou un sol à la limite dans un groupe débutant par ces symboles (ex. : GM-GC, GC-SC). ^d Pour une précision de ±1% et une déflexion prévue de 3%, la déflexion réelle se situe entre 2% et 4%.				
Note : Valeurs applicables uniquement pour un remplissage sur moins de 50 pi (15 m). Le tableau ne comprend aucune marge de sécurité. Sert uniquement à prévoir une déflexion initiale; pour une déflexion à long terme, les coefficients de déflexion appropriés doivent être utilisés. Lorsque le matériau d'assise tombe sur la limite entre deux catégories de compactage, choisir la valeur de E' la plus faible ou faire la moyenne des deux valeurs. Le pourcentage de densité Proctor est basé sur la masse volumique maximale à sec obtenue en laboratoire selon les normes d'essais et en utilisant une valeur d'environ 12 500 pi • lb/pi ³ (598 000 J/m ³) (ASTM D 698, AASHTO T-99, désignation USBR E-11). 1 psi = 6,9 kPa.				
SOURCE : « Soil Reaction for Buried Flexible Pipe » par Amster K. Howard, du Bureau of Reclamation américain, à Denver, au Colorado. Réimprimé avec l'autorisation de l' American Society of Civil Engineers.				

La formule de Iowa modifiée est une équation empirique développée à partir de travaux réalisés à l'origine au début des années 1900; c'est la plus couramment utilisée pour le calcul de la déflexion dans un conduit flexible.

$$\% \Delta Y = \frac{(D_L K P + K W') (100)}{D \left((0,149 \frac{F}{\Delta Y} + 0,061 E') \right)}$$

Où:

ΔL = coefficient de déflexion (1,0 dans le cas d'une charge due au prisme)

K = constante de remblayage (0,1)

W' = surcharge, en lb/po²

$F/\Delta Y$ = rigidité de la tuyauterie, en lb/po²

E' = module de réaction du sol, en lb/po²

Exemple: une conduite Ultra-Rib de 24 po doit être installée à 35 pieds en dessous d'une voie ferrée et remblayée à l'aide d'un matériau granulaire, bien granulométré, fortement compacté (densité Proctor > 90%). La masse volumique du sol est de 120 lb/pi³.

Calculer la déflexion prévisible

1 Calculer la charge permanente :

$$\text{Charge due au prisme} = wH = (35\text{pi})(120\text{lb}/\text{pi}^3) = 4200\text{lb}/\text{pi}^2 = 29\text{ lb}/\text{po}^2$$

2 Calculer la surcharge :

Le tableau des surcharges montre qu'à 35 pieds les effets d'une charge de voie ferrée E80 sont négligeables.

3 Choisir la valeur de E' appropriée

Selon les résultats obtenus par Amster Howard, indiqués dans le tableau précédent pour du gravillon, la valeur de E' est de 3 000 lb/po²

4 Calculer la déflexion à l'aide de la formule de Iowa modifiée

$$\% \Delta Y = \frac{(D_L K P + K W') (100)}{D \left((0,149 \frac{F}{\Delta Y} + 0,061 E') \right)} = \frac{(1)(0,1)(29) + (0,1)(0)}{(0,149)(46) + 0,061(3000)} \times 100 = 1,5\%$$

Tableau 1 - Déflexion en % pour des tuyauteries Ultra-Rib et DR35

CLASSIFICATION ASTM DES MATÉRIAUX DE REMBLAYAGE		DENSITÉ (PROCTOR) AASHO T-99	E' psi (kPa)	HAUTEUR DE COUVERTURE													
				pi m	1 0,3	2 0,6	3 1	7 2	10 3	13 4	16 5	20 6	23 7	26 8	30 9	33 10	50 15
Gravier concassé	CLASSE I	90%	3 000 (20 700)	0,7	0,5	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	2,2	
Sable et gravier propres	CLASSE II	90%	2 000 (13 800)	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	3,2	
		80%	1 000 (7 000)	2,0	1,4	1,0	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	6,0	
Sable et gravier avec particules fines	CLASSE III	85%	500 (3 500)	n/r	2,5	1,7	1,8	2,2	2,9	3,7	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3	11,0	
Limon et argile	CLASSE IV	85%	400 (2 760)	n/r	3,0	2,1	2,2	2,6	3,5	4,4	5,3	6,1	7,0	7,9	8,8	13,1	

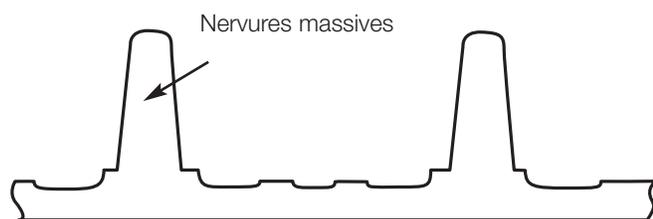
1. Les valeurs de déflexion indiquées comprennent une charge permanente et une surcharge routière H20.
2. La charge extérieure est basée sur la charge due à un prisme de sol d'une masse volumique de 1 900 kg/m³ (120 lb par pi³).
3. La classification des matériaux de remblayage correspond à ASTM D2321.
4. Le coefficient de déflexion est de 1,0 dans le cas d'une charge due à un prisme.
5. La déflexion recommandée de 7,5% procure un coefficient de sécurité élevé : 4/1.
6. n/r = Non recommandé.

Tuyauterie à paroi profilée et tuyauterie à paroi lisse

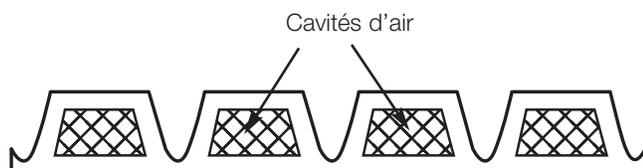
Les performances d'une tuyauterie DR35 sont identiques à celles d'une tuyauterie Ultra-Rib. Elles ont des diamètres intérieurs similaires, une rigidité annulaire identique de 320 kPa (46 psi) et des joints dont l'étanchéité est la même (50 psi). Par conséquent, quand doit-on spécifier Ultra-Rib et quand doit-on spécifier DR35?

Le secret d'une bonne spécification consiste à prescrire un maximum de produits satisfaisant aux exigences d'une norme de performance. Comme les produits DR35 et Ultra-Rib sont identiques du point de vue des performances, on peut les spécifier tous les deux pour les installations d'égout sanitaire et d'égout pluvial.

Lorsqu'on spécifie une tuyauterie à paroi profilée, il est recommandé de choisir un profil ouvert, plus durable qu'un profil fermé. La différence entre les deux sortes de tuyauteries porte sur le mode de fabrication des tuyaux. Un tuyau à profil ouvert est d'abord extrudé à la manière d'un tuyau à paroi lisse; ensuite, alors qu'il est encore chaud, des blocs de moulage modifient la paroi extérieure en formant des nervures concentriques. On obtient ainsi un tuyau monolithique dont la paroi ne contient aucun vide. Un tuyau à profil fermé comprend une paroi intérieure mince et une seconde paroi en PVC, avec ondulations, collée sur la surface extérieure. Des cavités d'air se forment ainsi durant la fabrication (d'où l'expression «profil fermé»).



Ultra-Rib à profil ouvert



Profil fermé à double paroi ondulée

Longévité et durabilité d'un système de tuyauterie en PVC

Des études menées en Europe et en Amérique du Nord confirment que le PVC est l'un des matériaux de tuyauteries d'égout ayant le plus long cycle de vie. Ces études comprennent :

Uni-Bell PVC Pipe Association - Examen d'une tuyauterie d'égout vieille de 15 ans

Cette étude consistait à excaver et à soumettre à des essais selon les normes ASTM une conduite d'égout en service depuis 15 ans, à Dallas, au Texas. La conduite satisfaisait aux exigences des normes en vigueur, à l'exception du diamètre extérieur, qui dépassait la tolérance admissible de 0,002 pouce.

Wavin International - Résultats de 30 années de recherches sur la durée de vie des systèmes de tuyauteries

Cette étude consistait à examiner plus de 26 000 mètres de conduites d'égout installées dans des conditions parmi les plus difficiles que l'on ait pu rencontrer en Europe au cours des 30 dernières années. Voici quelques-unes des conclusions de cette étude :

- On peut estimer que la durée de vie d'un système de tuyauterie en PVC est de plusieurs centaines d'années
- On obtient de bons résultats même lorsque les tuyauteries ont été installées dans des conditions extrêmement difficiles, par exemple, dans de l'argile cohésive ou de la tourbe.
- Même au bout de 30 années de service, il n'y avait aucune différence d'épaisseur entre la partie «lavée» des tuyauteries, dans laquelle circulaient les eaux usées, et la partie «non lavée», à proximité de la couronne des tuyaux. Cela signifie que ces tuyauteries n'ont tout simplement subi aucune usure par abrasion.

Reinhard Nowack, Thomas Hulsman - 70 ans d'expérience dans le domaine des tuyauteries en PVC

Les premiers tuyaux à usage commercial ont été fabriqués en Allemagne au milieu des années 1930. Au cours de cette étude, un certain nombre de ces tuyaux furent excavés et soumis à des essais. Bien que ces tuyauteries étaient des tuyauteries sous pression, plusieurs d'entre elles, pourtant utilisées dans des installations de transfert de produits chimiques, avaient conservé leurs propriétés utiles, sans aucune diminution. Voici quelques-unes des conclusions de cette étude :

- Même les tout premiers tuyaux produits commercialement, dont la durée de vie nominale n'était que de 50 ans, se comportaient toujours bien 70 ans plus tard.
- Grâce à une amélioration des machines et à la formulation de composés évolués, les tuyaux produits aujourd'hui auront une durée de vie plus longue que celle des tuyaux ayant fait l'objet de cette étude.

Le fait que le PVC ne soit pas sensible aux produits chimiques agressifs que l'on trouve couramment dans les eaux usées

(sulfures, chlorures) signifie que sa durée de vie est pratiquement illimitée pour ces applications. Pour un calcul de coût du cycle de vie on peut adopter 100 ans au minimum comme valeur défavorable (procurant une marge de sécurité) de la durée de vie.

Résistance aux produits chimiques et à l'abrasion

Les collecteurs d'égout, spécialement dans les zones industrielles, peuvent constituer un environnement extrêmement agressif pour les matériaux de tuyauteries. Le sulfure d'hydrogène, les chlorures provenant du sel de déglacage, ainsi que diverses substances présentes dans les eaux usées peuvent attaquer les composants en béton et métalliques des systèmes d'égout. En outre, les grains abrasifs présents dans les eaux usées peuvent accélérer le processus de détérioration par abrasion et usure. Heureusement, le PVC et autres matériaux thermoplastiques sont pratiquement insensibles à l'attaque par ces produits chimiques tout en étant hautement résistants à l'abrasion.

Attaque chimique

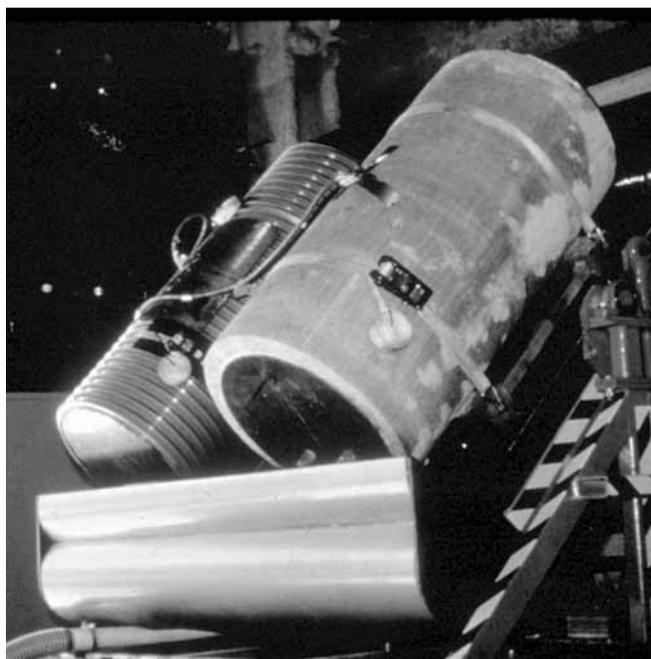
Différentes études ont été entreprises sur la résistance chimique des systèmes de tuyauteries en PVC. La plupart de ces études ont porté sur la question de la perméation par des produits chimiques organiques; la conclusion la plus courante est que le PVC constitue une barrière efficace contre la contamination par des substances organiques, la durée de perméation effective étant de l'ordre de plusieurs siècles, même à un niveau élevé de contamination organique.

Pour une tuyauterie d'égout à écoulement par gravité, la question que l'on se pose habituellement est de savoir si, en cas de déversement d'essence, d'huile ou d'autres produits chimiques, il pourrait y avoir atteinte à l'intégrité structurale d'un ponceau ou d'un collecteur en PVC. Des essais effectués avec diverses substances ont montré hors de tout doute qu'il était pratiquement impossible qu'un tuyau en PVC soit attaqué en cas de déversement. Par exemple, des tuyaux en PVC ont été en contact avec de l'essence pure durant des années sans aucun effet⁽⁵⁾. Bien que des produits chimiques comme l'acétone puissent finir par endommager les tuyaux en PVC, il faudrait que l'effluent circulant dedans soit de l'acétone pratiquement pur et qu'il y reste pendant des heures avant l'apparition de dommages.

Abrasion

Les collecteurs d'égout pluvial et les collecteurs d'égout sanitaire à haute vitesse peuvent transporter une quantité importante de grains abrasifs, susceptibles d'user par abrasion les conduites d'égout en béton. Des essais menés à l'Université de l'état de Californie (California State University) confirment que, en présence d'abrasion, les tuyaux en PVC ont une durabilité largement supérieure à celle des tuyaux en béton.

Les résultats obtenus dans cette Université de Californie montrent clairement que l'abrasion doit être prise en compte lors de la conception d'un système d'égout sanitaire ou pluvial. Bien qu'il soit vrai que très peu de collecteurs d'égout



en béton se soient détériorés sous le seul effet de l'abrasion, ce phénomène tend à accélérer la corrosion aussi bien du béton que de l'acier d'armature.

Lorsqu'on envisage d'utiliser des tuyaux en PVC Ultra-Rib et DR35, la question de l'abrasion ne se pose pratiquement plus. Le problème de l'abrasion ne se pose que pour les tuyaux à paroi profilée avec profil fermé et paroi de passage hydraulique mince; en effet, même en présence d'un peu d'abrasion, il pourrait y avoir perforation de cette paroi mince. Dans le cas des tuyaux de construction monolithique Ultra-Rib et DR35, il n'y a aucun risque de perforation par abrasion.

Infiltration et exfiltration

Grâce aux tolérances serrées des produits Ring-Tite, Écolotube et Ultra-Rib, les assemblages à joints d'étanchéité sont extrêmement étanches. Cela se traduit par des joints de tuyauteries par lesquels l'infiltration et l'exfiltration sont nulles. Afin de satisfaire aux exigences des normes NQ, ASTM et CSA, les joints doivent résister à une pression d'épreuve hydraulique de 100 kPa (15 psi), ainsi qu'à un vide de -75 kPa (-11 psi).

En fait, les joints des tuyauteries Ring-Tite, Écolotube et Ultra-Rib peuvent résister à une pression supérieure à 345 kPa (50 psi). Plusieurs organismes réglementaires exigent que les joints des tuyauteries d'égout, installées à moins de huit pieds d'une conduite d'eau, résistent à une pression de 50 psi.

Une tuyauterie d'égout IPEX bien installée se caractérise par une infiltration nulle; or, la norme ASTM autorise en fait un maximum de 2,3 litres par mm de diamètre par kilomètre et par jour (25 gallons US/po de diamètre/mille/jour). Cette tolérance tient compte du fait qu'un système d'égout en PVC est souvent construit avec des regards en béton dans lesquels il y a une certaine infiltration.

Pénétration des racines

Les collecteurs d'égout en terre cuite et en béton bouchés par des racines causent annuellement des millions de dollars de dommages par suite des refoulements d'égout. Les joints des tuyauteries d'égout IPEX sont entièrement protégés contre la pénétration des racines pour deux raisons :

- Ils sont suffisamment étanches pour empêcher même la plus petite racine de pénétrer
- Comme ils ne constituent pas une source d'eau, ils ne favorisent pas la croissance des racines.

Chacun de ces points a été démontré par des essais aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire.

Systèmes à écoulement par gravité : l'équation de Manning

La formule la plus largement utilisée pour le calcul des pertes de charge dans un canal à surface libre ou une tuyauterie partiellement pleine est la formule de Manning ci-après :

$$V = \left(\frac{1.49}{n} \right) r^{2/3} s^{1/2}$$

Où: V = vitesse moyenne d'écoulement dans une section droite (pi/s)

r = rayon hydraulique (pi)

s = pente (pi/pi)

n = coefficient de rugosité

Le coefficient «n» dépend du degré de rugosité de l'intérieur de la tuyauterie et de la vitesse d'écoulement. Lorsque la vitesse d'écoulement augmente, le coefficient «n» a tendance à diminuer, car il y a moins de dépôts de solides au fond de la tuyauterie et le film biologique y est réduit.

Pour la conception d'une conduite d'égout en PVC, on recommande un coefficient «n» de 0,009⁶. Un grand nombre d'études scientifiques confirment cette valeur; plusieurs d'entre elles ont été faites sur des tuyauteries «en service» utilisées depuis plusieurs années. Ces études ont montré que les valeurs de «n» variaient de 0,007 à 0,011. Aucune des études publiées n'a jamais permis d'obtenir une valeur de «n» de 0,013 pour un système en PVC dans un quelconque réseau d'égout, même à une vitesse minimale de 2 pi/s (0,6 m/s). Prière de nous contacter pour prendre connaissance des résultats de ces études.

Valeurs moyennes du coefficient de rugosité de Manning	
Matériau	Manning n
PVC	0,009
Béton	0,013
Fonte	0,015

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer les valeurs de «n» relativement faibles pour une tuyauterie en PVC :

- Surface intérieure lisse et non poreuse
- Plus grandes longueurs de pose (moins de joints de raccordement)
- Jeu plus faible et profil surbaissé aux joints
- Résistance du matériau aux produits chimiques et à l'abrasion

En utilisant une valeur de 0,009 (établie scientifiquement) pour le coefficient «n» de Manning, lors de la conception d'un système d'égout en PVC, on peut réduire la pente des tuyauteries, ce qui permet de diminuer les coûts d'excavation et les inconvénients qui en découlent. Dans certains cas, on peut même réduire le diamètre de la tuyauterie à la valeur inférieure, tout en conservant le débit voulu.

⁶ Uni-Bell PVC Pipe Association; «Handbook of PVC Pipe» 4e édition, août 2001, pp.359

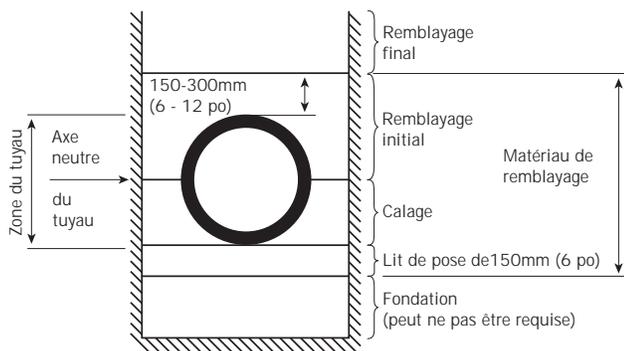
Installation des réseaux d'égout en PVC

Il est essentiel pour l'installateur de connaître la terminologie des conduits flexibles. La réussite de l'installation d'une tuyauterie en PVC dépend des paramètres importants que sont la classe et la masse volumique du matériau, obtenues dans les zones de lit de pose, de remblayage latéral et de remblayage initial.

L'essentiel des renseignements sur l'installation se trouve dans la norme de l'Association canadienne de normalisation (CSA) B182.11, intitulée «Recommended Practice for the Installation of Thermoplastic Drain, Storm and Sewer Pipe and Fittings» ou la norme ASTM D2321, intitulée «Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity Flow Applications».

Zones d'une tranchée

La figure suivante illustre les différentes zones utilisées en terminologie des tuyauteries flexibles.



Fondation - Une fondation est nécessaire lorsque le fond de tranchée est instable. Toute fondation pouvant supporter une canalisation rigide sans affecter la pente, ni provoquer de rupture, est plus que suffisante pour les canalisations en PVC.

Lit de pose - Le lit de pose situé directement sous la canalisation ne sert qu'à donner la bonne pente au fond de la tranchée. Ce lit ne doit pas être épais ou mou à un point tel que les tuyaux s'affaissent et que la pente soit diminuée. La seule raison d'être du lit de pose est de procurer à la canalisation un support ferme, stable et uniforme. Dans la plupart des cas, une épaisseur de lit de pose de 100 mm (4 po) suffit. Ce lit de pose peut être augmenté à 150 mm (6 po) par l'ingénieur, lorsque le fond de la tranchée se trouve sur du roc.

Calage - Cette zone joue le rôle le plus important dans la limitation du fléchissement vertical d'une canalisation flexible. Dans cette zone, le support de la canalisation s'obtient par compactage du sol de part et d'autre de celle-ci, jusqu'aux flancs de tranchée en sol naturel.

Remblayage initial - Cette zone débute au-dessus de l'axe neutre et se termine à une distance de 150 mm (6 po) à 300 mm (12 po) au-dessus de la génératrice supérieure de la canalisation. Le compactage de cette zone ne renforce que très peu le support latéral de la canalisation en PVC, mais peut servir à stabiliser les surfaces de circulation (comme, par exemple, les trottoirs et les routes).

Note: le diamètre des particules constituant les matériaux des trois zones décrites ci-dessus ne doit pas en principe dépasser 38 mm (1,5 po.), aussi bien pour les tuyaux DR35 que Ultra-Rib.

Remblayage final - Le matériau de remblayage au-dessus du remblai initial ne procure aucun support à une canalisation en PVC et ne doit pas contenir de pierres de taille supérieure ou égale à 150 mm (6 po). Le compactage peut être exigé pour d'autres raisons que le support des canalisations en PVC, car cette zone revêt une grande importance pour le soutien de la surface du sol.

Matériaux de remblayage

Les sols utilisés dans le remblayage d'une tranchée pour canalisation enterrée doivent obéir à quelques règles générales : ils ne doivent pas contenir d'objets coupants, de bâtons, de gros blocs de terre, de terre gelée, de matériaux organiques et de rochers.

La plupart des sols courants peuvent être classés dans l'une des catégories suivantes, extraites de la norme ASTM D2487.

Classe 1

Pierre graduée à arêtes vives, de 6 mm à 38 mm (¼ - 1½ po), contenant une certaine quantité de matériaux de remplissage, comme le corail, les scories, le mâchefer, de la pierre concassée ou des débris coquilliers.

Classe 2

Graviers et sables grossiers contenant des éléments d'un diamètre maximal de 38 mm (1½ po), ainsi que divers graviers et sables gradués renfermant un faible pourcentage de particules fines, généralement granulaires et sans cohésion.

Classe 3

Sable fin et graviers argileux, contenant des sables fins, des mélanges sable-argile et gravier-argile.

Classe 4

Limon, argiles limoneuses et argiles contenant des argiles et limons inorganiques de plasticité moyenne à forte, et atteignant même la limite supérieure de plasticité.

Classe 5

Contient des sols organiques comme de la terre gelée, des débris et autres corps étrangers. Il n'est pas recommandé d'utiliser ces matériaux dans les zones du lit de pose, de calage ou de remblayage initial.

Note: les performances d'une canalisation flexible ne dépendent pas uniquement de la classe des matériaux utilisés pour le remblayage, mais surtout de la densité obtenue par compactage du matériau de calage.

Choix des matériaux de remblayage

La densité du sol utilisé dans la zone correspondant à la canalisation doit conserver la valeur spécifiée. Par exemple, si on utilise un matériau grossier de classe 1 pour le lit de pose, il faut également l'utiliser dans la zone de calage, jusqu'à l'axe neutre de la canalisation. Sinon, le support latéral peut être affecté par la migration des matériaux de classes 2, 3 ou 4 dans le lit de pose.

En sélectionnant les matériaux de remblayage, s'assurer qu'il ne peut pas y avoir migration du sol naturel à partir des flancs de tranchée. En choisissant un matériau granulaire bien gradué et compacté, on évite ce phénomène. Dans les tranchées susceptibles d'être inondées, ce matériau granulaire doit être compacté à un minimum de 85% du Proctor normal.

Préparation du fond de tranchée

La préparation du fond des tranchées représente le point de départ d'une installation de canalisation d'égout satisfaisante et sûre. Le fond de tranchée doit être lisse et exempt de grosses pierres, de mottes de terre sales et de tout matériau gelé, conformément à l'approbation de l'ingénieur. Pour la plupart des installations de réseaux d'égout, la solution économique consiste à creuser le fond de tranchée à la machine, puis à lui donner la pente désirée par apport de matériau granulaire.

Si le matériau de remblayage sélectionné est un matériau à grains séparés, comme le sable, on peut poser la canalisation directement dessus. Si, au contraire, ce matériau est dur et compacté, il faut prévoir l'excavation de trous pour recevoir les emboîtements, de manière à ce que chaque tuyau repose uniformément sur toute sa longueur.

Le plus souvent, les matériaux granulaires les plus économiques sont le sable grossier, la pierre concassée et les débris coquilliers, car ils se compactent facilement. Quel que soit le type de sol, on doit éliminer les vides sous la moitié inférieure de la canalisation et autour de celle-ci, en poussant les matériaux granulaires à la pelle.

On peut utiliser du sol naturel au fond des tranchées, pourvu qu'il soit débarrassé des grosses pierres, des mottes dures et des débris, et qu'il se compacte correctement par damage. S'assurer que le matériau de remblayage ne correspond pas à la classe 5.

Dans les tranchées rocheuses, prévoir une couche minimale de 100 mm (4 po) de matériau de remblayage sélectionné pour servir d'assise à la canalisation. Commencer par excaver la fondation rocheuse à 100 mm (4 po) au moins sous le niveau final de la génératrice inférieure de la canalisation. Tout tuyau enterré, quel qu'en soit le matériau, qui repose à même le roc peut finir par se casser sous le poids du sol et/ou l'effet des surcharges.

Lorsqu'un fond de tranchée est instable et semble ne pas pouvoir supporter la canalisation de façon adéquate, l'ingénieur peut exiger que ce fond soit excavé et remblayé jusqu'au niveau de la canalisation avec un matériau de fondation et d'assise approuvé. Cette couche de matériau doit être compactée à un minimum de 85% du Proctor normal.

Conduites d'égout cintrées

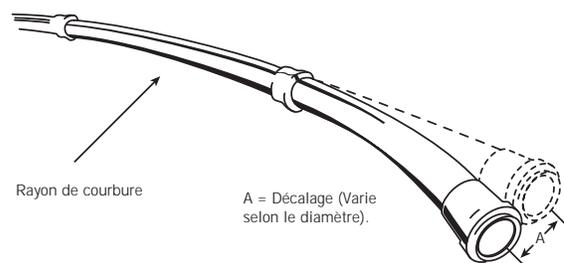
Pour réaliser des changements de direction progressifs dans une conduite d'égout en PVC de IPEX, on peut utiliser l'une des méthodes suivantes :

- cintrage de la conduite (uniquement Ring-Tite et Écolotube de IPEX)
- déviations aux assemblages à joints d'étanchéité
- utilisation de raccords en PVC de IPEX

A. Cintrage du fût des tuyaux

Les tuyaux en PVC Ring-Tite et Écolotube de IPEX de petit diamètre, jusqu'à 300 mm (12 po), peuvent être posés dans des tranchées courbes après cintrage limité des fûts. Ne pas utiliser cette méthode avec les tuyaux Ultra-Rib. La procédure recommandée est la suivante :

- Réaliser un assemblage concentrique par la méthode habituelle. Maintenir l'alignement entre le bout uni et l'emboîture.
- Enrober le joint assemblé de matériau de remblayage compacté, afin de le bloquer lors du cintrage.
- Placer du matériau de remblayage compacté du côté intérieur de la courbe à réaliser, au milieu de la longueur de tuyau, pour créer un point d'appui.
- En exerçant un effort uniquement manuel, déplacer l'emboîture du tuyau à cintrer d'une valeur maximale égale au décalage indiqué dans le tableau ci-après.



Le tableau ci-dessous indique le rayon de courbure minimal obtenu par cintrage des tuyaux Ring-Tite et Écolotube de IPEX, ainsi que le décalage maximal correspondant pour des longueurs standards de 4 m (13 pi).

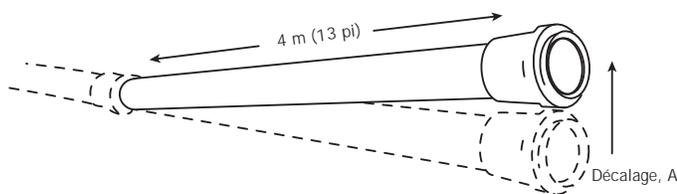
Diamètre du tuyau		Rayon de courbure min.		Décalage max., A	
mm	po	m	pi	mm	po
100	4	14	46	570	22
125	5	18	59	450	18
150	6	20	66	400	16
200	8	27	89	300	12
250	10	34	112	235	9
300	12	40	132	200	8

Note: Le cintrage n'est pas recommandé pour les tuyaux Ring-Tite et Écolotube d'un diamètre supérieur à 300 mm (12 po) ou pour tout diamètre de tuyau Ultra-Rib.

B. Déviation aux assemblages à joints d'étanchéité

Les assemblages à joints d'étanchéité des tuyaux en PVC de IPEX pour canalisations d'égout sont suffisamment flexibles pour procurer une déviation, une fois assemblés, en vue des changements de direction. Voici la procédure recommandée pour obtenir une courbure dans une canalisation par déviation aux joints :

1. Réaliser un assemblage concentrique mais limiter l'engagement du bout uni en s'arrêtant à 13 mm (½ pouce) du repère d'assemblage. Cet engagement incomplet permet d'augmenter le déplacement de l'extrémité du tuyau dans l'emboîtement.
2. Déplacer l'emboîtement libre de la longueur assemblée de la valeur maximale recommandée dans le tableau ci-dessous.
3. Ne pas utiliser cette procédure en combinaison avec la méthode A (cintrage du fût des tuyaux).



Le tableau ci-dessous indique la déviation angulaire maximale admissible à l'emboîtement des tuyaux en PVC de IPEX pour canalisations d'égout, ainsi que le décalage maximal correspondant pour des longueurs standards de 4 m (13 pi).

Diamètre du tuyau		Déviation angulaire à un emboîtement degrés (°)	Décalage max., A		Rayon de courbure	
mm	po		mm	po	m	pi
Ring-Tite et Écolotube						
100 - 300	4 - 12	5	350	14	46	151
375 - 600	15 - 24	3	210	8	76	249
675 - 1050	27 - 42	1,5	105	4	153	502
Ultra-Rib						
200 - 600	8 - 24	5	350	14	46	151
IPEX Centurion (longueurs de 20 pi)						
600 - 1200	24 - 48	1,5	160	6,25	233	764

Note: si on utilise des demi-longueurs de tuyaux (2 mètres), il faut diviser les valeurs ci-dessus par 2.

C. Utilisation de raccords en PVC

IPEX offre des coudes à court ou long rayon, à 11 ¼, 22 ½, 45 et 90 degrés. Les coudes en PVC peuvent aussi être fabriqués à n'importe quel angle, autre que ceux indiqués ci-dessus, pour tout diamètre de tuyau Ring-Tite, Écolotube ou Ultra-Rib. Ces raccords s'assemblent comme les tuyaux.

Embranchements d'égout

En général, les embranchements ne doivent pas être orientés à plus de 45 degrés par rapport à l'horizontale. On diminue ainsi les effets du frottement latéral du sol, qui engendre des efforts énormes, dirigés vers le bas, sur les branchements.

Lorsque c'est possible, lors du raccordement d'un embranchement, effectuer le changement de pente de façon plus progressive au moyen d'un coude en PVC à très long rayon. Il est impératif d'avoir un bon compactage en dessous d'un coude à très long rayon et en dessous du branchement, afin d'avoir un bon support par le sol. Les coudes en PVC à très long rayon de IPEX sont fabriqués avec une courbure de six (6) fois leur diamètre nominal.

Les problèmes de colonnes montantes exigent une attention particulière

Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter les colonnes montantes, consulter un ingénieur concepteur, des précautions spéciales pouvant être nécessaires.

Les branchements entre une propriété et le collecteur d'égout de la rue exigent une conception spéciale, lorsque le collecteur se trouve à plus de 4 m (13 pi) de profondeur, indépendamment du matériau de tuyauterie utilisé. Le départ des embranchements de colonnes montantes sur des collecteurs d'égout, enterrés à plus de 4 m (13 pi) de profondeur, ne doit pas se faire à un angle de moins de 45° de la verticale. Le branchement doit ensuite être amené en position verticale au moyen de coudes appropriés et d'une section de tuyauterie verticale. Dans les systèmes d'égout sanitaire, les branchements latéraux descendants et les regards avec descentes sont les exemples les plus courants d'installations exigeant des précautions particulières.

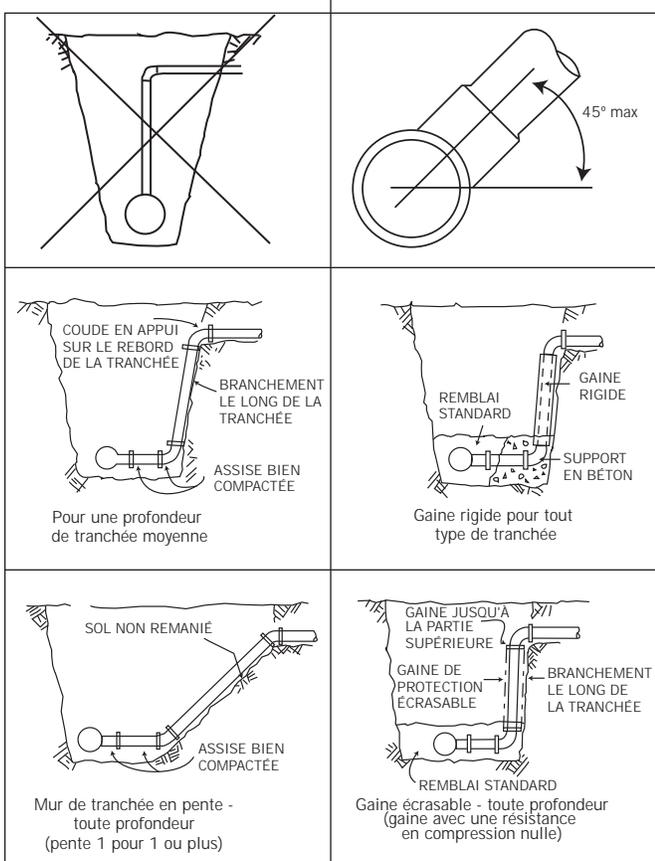
Les branchements latéraux descendants peuvent engendrer des contraintes excessives sur la tuyauterie et les raccords souterrains. La partie horizontale d'un branchement latéral, posée sur des matériaux remués et non compactés, peut ne plus être supportée par en dessous si la fondation se tasse. Cela peut conduire à une perte de pente et même à une cassure de la tuyauterie ou des raccords par flexion ou cisaillement. Au fur et à mesure que le sol adjacent à la tuyauterie se tasse avec la fondation, il a tendance à tirer sur la tuyauterie, ce qui augmente les charges sur les raccords.

Il est donc essentiel de prévoir un bon support sous le collecteur principal, le raccord d'embranchement, le branchement latéral, les raccords situés sur la verticale et le matériau de remplissage adjacent. Comme c'est habituellement difficile d'y arriver, la meilleure solution consiste à orienter immédiatement le branchement vers le bas et à l'appuyer contre la paroi de la tranchée, aucune partie n'étant alors sans support.

En installant la partie descendante (et le coude supérieur) tout contre la paroi de la tranchée, on peut réduire l'effet de traction vers le bas et empêcher la flexion durant le remblayage. Même en prenant ces dispositions, le coude du bas doit être à la fois assez résistant et calé sur une bonne fondation, pour pouvoir supporter les charges. Au fur et à mesure que la profondeur augmente, les charges de tassement peuvent finir par provoquer la rupture du système ou le flambement de la colonne montante.

La solution qui consiste à loger la partie descendante d'un branchement dans une chemise ou un puits en béton n'est efficace que si le concepteur a prévu un moyen de supporter les charges à la partie inférieure.

On peut aussi résoudre le problème en enfermant le branchement dans une chemise susceptible de s'écraser un peu, comme celle constituée par exemple par un tuyau de drainage ondulé en polyéthylène. Au fur et à mesure que le matériau de remplissage adjacent au branchement se tasse, la chemise se plie et suit le mouvement vers le bas. Cet effet «d'accordéon» enlève la charge appliquée auparavant sur le branchement. Il faut bien noter qu'avec cette solution l'espace annulaire entre la chemise et la tuyauterie de branchement ne doit pas être rempli de matériau de remblayage.



Essais de performances des installations d'égout

Lorsqu'on spécifie des essais de performances pour une canalisation d'égout installée, il est important de s'assurer que ces essais s'appliquent à tout le système. Bien qu'une inspection vidéo 30 jours après installation suffise à détecter

les défauts éventuels dans le système, on dispose d'un certain nombre d'autres essais de performances.

L'un des essais les plus utiles est l'essai à l'air à basse pression, dont on se sert pour vérifier l'intégrité des joints installés, à la fois pour des tuyauteries rigides comme celles en béton armé et pour des systèmes en PVC. IPEX recommande un essai à l'air pour toute conduite d'égout installée, indépendamment du matériau, spécialement dans un endroit où la nappe phréatique est élevée.

Une mesure précise de la déformation est habituellement exigée lorsque l'inspection vidéo a révélé de graves défauts dans l'installation et que le fléchissement de la conduite est très important (plus de 7,5%).

Épreuve des conduites d'égout

Essais d'étanchéité aux joints

Pour vérifier l'intégrité et l'étanchéité des joints de raccordement d'une conduite d'égout, après assemblage, le concepteur exige souvent des essais à la fin de l'installation. Ces essais, fréquemment exigés pour les conduites d'égout sanitaire, sont également de plus en plus courants pour les systèmes d'égout pluvial.

Le concepteur peut spécifier deux variantes pour tester l'étanchéité des joints - l'essai à l'air ou l'épreuve hydraulique. L'essai à l'air est préférable, lorsque c'est possible, à cause de sa précision, de sa simplicité et de sa rapidité. L'épreuve hydraulique a tendance à coûter plus cher que l'essai à l'air mais elle présente des avantages dans certains cas.

1. Essai à l'air

Pour cet essai, l'installateur doit obturer les deux extrémités de la section de conduite d'égout à tester, avant de la mettre sous une basse pression d'air. Cet air doit être maintenu à une pression minimale de 24,0 kPa (3,5 psi) pendant la durée indiquée pour chaque diamètre du tableau ci-après. Cette durée varie en fonction du diamètre et de la longueur des sections mises à l'épreuve. Une chute de pression maximale de 3,5 kPa (0,5 psi) est admise sur toute la durée spécifiée. Si une chute de pression de 7 kPa (1 psi) a été prescrite, doubler les durées indiquées dans le tableau.

Si la chute de pression est supérieure à 3,5 kPa (0,5 psi) pendant la durée spécifiée, l'installateur doit repérer et réparer tout défaut à ses frais. L'essai est alors repris jusqu'à ce que le résultat soit concluant. Les fuites peuvent être dues à la présence de saleté dans un joint de raccordement assemblé avec joint d'étanchéité, une selle de branchement mal serrée ou encore un embranchement d'égout mal obturé ou bouché. Si aucune fuite (chute de pression nulle) n'a été détectée au bout d'une heure d'essai, la section doit être acceptée et jugée exempte de défauts.

S'il y a présence d'eau souterraine à un niveau supérieur au radier de la conduite, durant l'essai à l'air, augmenter la pression d'essai à 24 kPa (3,5 psi) au-dessus de la hauteur de colonne d'eau au bas de la conduite [avec un maximum de pression d'air de 34,0 kPa (5,0 psi)].

Diamètre de tuyau		Durée minimale	Longueur pour durée minimale		Durée pour long. sup. en m	Durée pour long. sup. en pi
mm	po	min:sec	m	pi	sec	sec
100	4	1:53	182,0	600	0,623 L	0,190 F
150	6	2:50	121,3	400	1,401 L	0,427 F
200	8	3:47	90,8	300	2,493 L	0,760 F
250	10	4:43	72,8	240	3,894 L	1,187 F
300	12	5:40	60,7	200	5,606 L	1,709 F
375	15	7:05	48,5	160	8,761 L	2,671 F
450	18	8:30	40,5	133	12,615 L	3,846 F
525	21	9:55	34,7	114	17,171 L	5,235 F
600	24	11:20	30,2	100	22,425 L	6,837 F
675	27	12:45	26,8	88	28,382 L	8,653 F
750	30	14:10	24,4	80	35,040 L	10,683 F
900	36	17:00	20,1	66	50,472 L	15,384 F
1050	42	19:54	17,4	57	68,707 L	20,942 F
1200	48	22:47	15,2	50	89,736 L	27,352 F

où : L = longueur de section sous essai en mètres
F = longueur de section sous essai en pieds

Exemple : soit une hauteur d'eau de 0,5 mètre (1,65 pi) au-dessus du radier d'une conduite d'égout enterrée en PVC; quelle doit être la pression d'essai à l'air?

Solution : la hauteur statique de l'eau souterraine au radier de la conduite est de :

$$0,5 \text{ m} \times (9,73 \text{ kPa/m}) = 4,87 \text{ kPa}$$

ainsi, la pression totale d'essai à l'air doit être de : 4,87 kPa + 24,0 kPa = 28,87 kPa

ou

$$1,64 \text{ pi} \times (0,43 \text{ psi/pi}) = 0,71 \text{ psi}$$

ainsi, la pression totale d'essai à l'air doit être de :

$$0,71 \text{ psi} + 3,5 \text{ psi} = 4,21 \text{ psi}$$

Comme cette valeur est inférieure à 34,0 kPa (5,0 psi), l'installateur peut effectuer l'essai à l'air à cette pression.

Sachant que la masse volumique de l'eau est de 1 000 kg/m³ (62,4 lb/pi³), la hauteur maximale d'eau souterraine admissible au-dessus du radier d'une conduite d'égout en PVC, pendant un essai à l'air, est de 1 mètre (3,3 pi)

2. Épreuve hydraulique

Infiltration - L'infiltration admissible dans une section de conduite doit être mesurée à l'aide d'un déversoir ou d'un moulinet hydrométrique installé dans un regard approprié. C'est une méthode acceptable pour vérifier l'étanchéité uniquement dans les cas où le niveau de l'eau souterraine se trouve au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite sur toute la longueur de la section sous épreuve. Cette méthode est particulièrement utile lorsque la nappe phréatique se situe nettement au-dessus de la génératrice supérieure. Le concepteur donne en général des directives détaillées pour la réalisation de l'épreuve.

Exfiltration - ce type d'épreuve convient dans les endroits très secs ou lorsque la nappe phréatique est à un niveau suffisamment bas pour que les pressions d'épreuve dépassent facilement la hauteur statique correspondante. La pression d'épreuve doit être au minimum de 5,9 kPa (0,9 psi) supérieure à la hauteur de charge de la nappe phréatique. Remplir d'eau la section de conduite sous essai et mesurer le taux de fuite.

Dans les diamètres de 100 mm à 375 mm (4 po à 15 po), le taux de fuite maximal admissible devra être de 4,63 L/mm/km/24 h (50 gallons US/pouce/mille/jour). Dans les diamètres supérieurs ou égaux à 450 mm (18 po), le taux de fuite maximal admissible devra être de 0,93 L/mm/km/jour (10 gallons US/pouce/mille/jour). Si le taux de fuite mesuré au cours d'une épreuve d'infiltration ou d'exfiltration dépasse le taux admissible, l'installateur doit repérer et réparer tout défaut à ses frais, jusqu'à obtention d'un résultat concluant. Les épreuves s'effectuent en principe entre les regards.

Essais de fléchissement

Le fléchissement c'est la façon dont une conduite flexible enterrée dans une tranchée réagit aux charges de sol verticales. Elle constitue une indication du comportement combiné de la conduite et du sol pour résister aux charges de sol courantes et même extrêmes.

Le concepteur peut prévoir facilement, et avec précision, le fléchissement à partir des valeurs de rigidité des tuyaux, du sol et de la hauteur de couverture. Pour la plupart des conduites d'égout en PVC enterrées avec un bon compactage, le fléchissement est nettement en dessous du maximum recommandé de 7,5%. Toutefois, si le concepteur a des raisons de penser que le fléchissement peut être trop important, il/elle peut demander un essai.

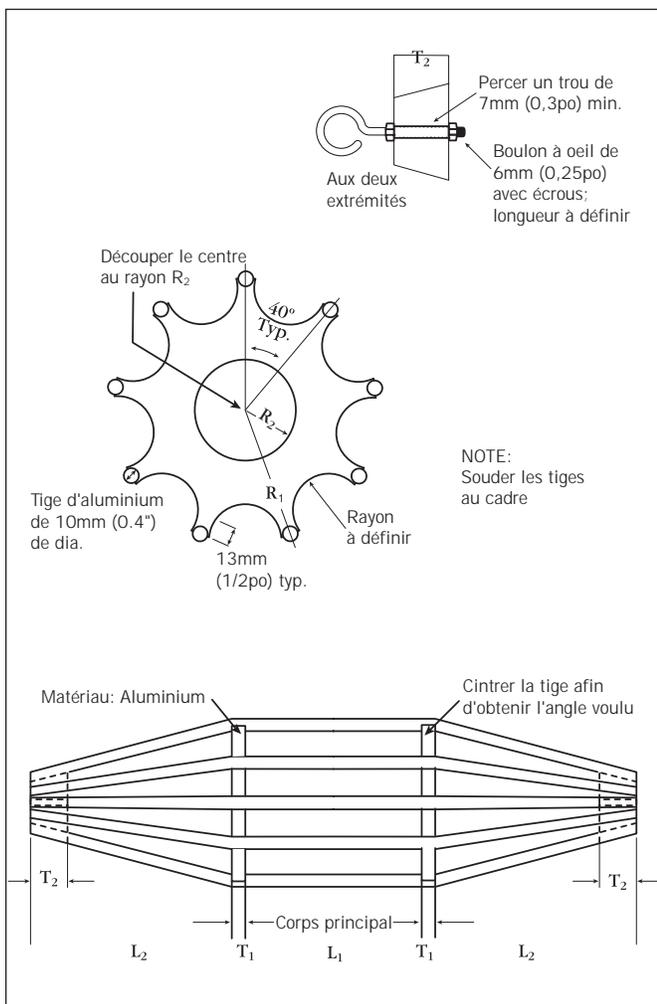
Deux méthodes sont couramment utilisées pour effectuer des essais de fléchissement sur des tuyaux en PVC pour conduites d'égout :

1. Calibre à limites («mini» - «maxi»)
2. Mesurage physique

1. Calibre à limites («mini» - «maxi»)

La méthode la plus courante des deux est celle du calibre à limites, constitué par un mandrin. Ce calibre permet de définir avec précision si le fléchissement se trouve ou non dans certaines limites spécifiées. Le principe de la méthode consiste à tirer un mandrin dans une conduite d'égout installée. Ce mandrin reste coincé si le fléchissement dépasse la limite spécifiée (habituellement de 7,5%). Les dimensions du mandrin doivent correspondre exactement au jeu dans la conduite, à la limite de fléchissement.

On trouvera ci-dessous un dessin donnant les détails d'un mandrin suggéré pour une fléchissement de 7,5%, ainsi que des tableaux indiquant les dimensions de mandrin pour des tuyaux Ring-Tite, Écolotube et Ultra-Rib.



Ring-Tite et Écolotube - Dimensions des mandrins									
Dia. tuyau		D _{int} de base		L1, L2		R2		R1	
mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po
200	8	194,7	7,67	150	6	35	1,4	90,0	3,54
250	10	242,9	9,56	200	8	40	1,6	112,3	4,42
300	12	288,6	11,36	200	8	45	1,8	133,5	5,26
375	15	353,0	13,90	230	10	50	2,0	163,3	6,43
450	18	431,2	16,98	300	12	55	2,2	199,4	7,85
525	21	508,1	20,00	300	12	60	2,4	235,0	9,25
600	24	571,0	22,48	350	14	65	2,6	264,1	10,40
675	27	643,3	25,33	350	14	70	2,8	297,5	11,71

Ultra-Rib - Dimensions des mandrins									
mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po
200	8	196,1	7,7	150	6	35	1,4	91,2	3,6
250	10	245,2	9,7	200	8	40	1,6	114,0	4,5
300	12	291,8	11,5	200	8	45	1,8	135,7	5,3
375	15	357,3	14,1	230	10	50	2,0	166,1	6,5
450	18	438,7	17,3	300	12	55	2,2	204,0	8,0
525	21	515,8	20,3	300	12	60	2,4	239,8	9,4
600	24	584,2	23,0	350	14	65	2,6	271,7	10,7

Notes:

- T1 = 10mm (0,4po) et T2 = 25mm (1po) pour tous les diamètres de mandrins
- Pour le tuyaux de diamètre supérieur à 675mm (27po), on recommande un mesurage physique.
- La dimension critique d'acceptation correspond à deux fois R1 pour les mandrins de vérification du fléchissement.

2. Mesurage physique

Commencer par mesurer le diamètre intérieur vertical en un point donné de la conduite d'égout en PVC, avant installation (D1). Mesurer ensuite le diamètre intérieur au même point une fois la conduite installée et entièrement remblayée (D2). On peut alors calculer le fléchissement en ce point de la façon suivante :

$$\text{Fléchissement} = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100\%$$

Se servir d'un micromètre pour un maximum de précision.

Vidéos

Aujourd'hui, il est devenu très courant d'inspecter l'intérieur des conduites d'égout neuves par caméras vidéos. L'idée de l'enregistrement vidéo sur bande magnétique de l'aspect de l'intérieur des conduites d'égout est née de la nécessité d'évaluer le degré de détérioration des réseaux d'égout en matériaux traditionnels comme l'argile, la brique et le béton. Dans le cas des conduites d'égout en PVC neuves, le seul avantage pratique des enregistrements vidéos est de pouvoir détecter les défauts les plus évidents, comme les fuites aux joints et les points de fléchissement excessif. Bien qu'une caméra vidéo puisse repérer l'emplacement d'un défaut, elle ne donne pas la possibilité de quantifier l'amplitude du problème ou si le défaut est dans les limites acceptables.

SECTION TROIS : ANNEXES

ANNEXES A: RÉFÉRENCES

1. Hulsman, Nowack; «70 Years of Experience with PVC Pipe», Conference Paper (document de conférence), Plastic Pipe XII (tuyaux en matière plastique XII), 2004
2. Moser, A.P., «Buried Pipe Design», 2e édition, 2001, pp.22
3. Spangler Handy, «Soil Engineering», 4e édition, mai 1982, pp.352
4. Uni-Bell PVC Pipe Association; «Handbook of PVC Pipe» 4e édition, août 2001, pp.207
5. Hoogensen Metallurgical Engineering Ltd., «Examination of Submitted PVC Pipe Section», rapport à IPEX, décembre 1998
6. Uni-Bell PVC Pipe Association; «Handbook of PVC Pipe» 4e édition, août 2001, pp.359

ANNEXE B: RÉSULTATS DE CALCUL

Débits dans une tuyauterie d'égout - Unités impériales

Pente (pi/pi)	Ring-Tite et Écolotube de 4 po		Ring-Tite et Écolotube de 6 po		Ultra-Rib/Ring-Tite/ Écolotube de 8 po		Ultra-Rib/Ring-Tite/ Écolotube de 10 po		Ultra-Rib/Ring-Tite/ Écolotube de 12 po		Ultra-Rib/Ring-Tite/ Écolotube de 15 po	
	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)
0,001	1,0	0,1	1,3	0,2	1,6	0,5	1,8	1,0	2,1	1,6	2,3	2,7
0,002	1,4	0,1	1,8	0,4	2,2	0,8	2,6	1,4	2,9	2,2	3,3	3,7
0,003	1,7	0,1	2,2	0,4	2,7	0,9	3,2	1,7	3,5	2,7	4,1	4,6
0,004	2,0	0,2	2,6	0,5	3,1	1,1	3,6	1,9	4,1	3,1	4,7	5,3
0,005	2,2	0,2	2,9	0,6	3,5	1,2	4,1	2,2	4,6	3,4	5,2	5,9
0,006	2,4	0,2	3,2	0,6	3,8	1,3	4,5	2,4	5,0	3,8	5,7	6,5
0,007	2,6	0,2	3,4	0,7	4,2	1,4	4,8	2,6	5,4	4,1	6,2	7,0
0,008	2,8	0,2	3,7	0,7	4,4	1,5	5,2	2,7	5,8	4,4	6,6	7,5
0,009	3,0	0,3	3,9	0,7	4,7	1,6	5,5	2,9	6,1	4,6	7,0	7,9
0,010	3,1	0,3	4,1	0,8	5,0	1,7	5,8	3,1	6,5	4,9	7,4	8,3
0,020	4,4	0,4	5,8	1,1	7,0	2,4	8,2	4,3	9,2	6,9	10,5	11,8
0,030	5,4	0,5	7,1	1,4	8,6	2,9	10,0	5,3	11,2	8,4	12,8	14,5
0,040	6,3	0,5	8,2	1,6	9,9	3,4	11,5	6,1	12,9	9,7	14,8	16,7
0,050	7,0	0,6	9,2	1,8	11,1	3,8	12,9	6,8	14,5	10,9	16,6	18,7
0,060	7,7	0,7	10,0	1,9	12,2	4,1	14,1	7,5	15,9	11,9	18,1	20,4
0,070	8,3	0,7	10,9	2,1	13,1	4,5	15,2	8,1	17,1	12,9	19,6	22,1
0,080	8,9	0,8	11,6	2,2	14,1	4,8	16,3	8,6	18,3	13,8	21,0	23,6
0,090	9,4	0,8	12,3	2,4	14,9	5,1	17,3	9,2	19,4	14,6	22,2	25,0
0,100	9,9	0,9	13,0	2,5	15,7	5,3	18,2	9,7	20,5	15,4	23,4	26,4

Pente (pi/pi)	Ultra-Rib et Ring-Tite de 18 po		Ultra-Rib et Ring-Tite de 21 po		Ultra-Rib et Ring-Tite de 24 po		Ring-Tite de 27 po		Ring-Tite de 30 po		Ring-Tite de 36 po		Ring-Tite de 42 po	
	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)	Vitesse maximale, pi/s	Débit maximal, (pi ³ /s)
0,001	2,7	4,6	3,0	7,0	3,3	9,8	3,5	13,3	3,8	19,1	4,3	30,8	4,8	45,9
0,002	3,8	6,5	4,2	9,9	4,6	13,9	5,0	18,8	5,4	27,0	6,1	43,6	6,8	65,0
0,003	4,7	7,9	5,2	12,2	5,6	17,0	6,1	23,0	6,7	33,0	7,5	53,3	8,3	79,6
0,004	5,4	9,1	6,0	14,1	6,5	19,6	7,0	26,6	7,7	38,1	8,7	61,6	9,6	91,9
0,005	6,0	10,2	6,7	15,7	7,3	21,9	7,9	29,8	8,6	42,6	9,7	68,9	10,7	102,7
0,006	6,6	11,2	7,3	17,2	8,0	24,0	8,6	32,6	9,4	46,7	10,6	75,4	11,7	112,5
0,007	7,1	12,1	7,9	18,6	8,6	25,9	9,3	35,2	10,2	50,5	11,5	81,5	12,7	121,5
0,008	7,6	12,9	8,5	19,9	9,2	27,7	9,9	37,6	10,9	53,9	12,2	87,1	13,5	129,9
0,009	8,1	13,7	9,0	21,1	9,8	29,4	10,5	39,9	11,5	57,2	13,0	92,4	14,4	137,8
0,010	8,5	14,4	9,5	22,2	10,3	31,0	11,1	42,1	12,1	60,3	13,7	97,4	15,1	145,3
0,020	12,0	20,4	13,4	31,4	14,5	43,8	15,7	59,5	17,2	85,3	19,4	137,7	21,4	205,4
0,030	14,7	25,0	16,4	38,5	17,8	53,7	19,2	72,9	21,0	104,5	23,7	168,7	26,2	251,6
0,040	17,0	28,9	18,9	44,5	20,6	62,0	22,2	84,2	24,3	120,6	27,4	194,8	30,3	290,5
0,050	19,0	32,3	21,2	49,7	23,0	69,3	24,8	94,1	27,2	134,9	30,6	217,8	33,8	324,8
0,060	20,8	35,4	23,2	54,4	25,2	75,9	27,2	103,1	29,8	147,7	33,5	238,6	37,1	355,8
0,070	22,5	38,2	25,0	58,8	27,2	82,0	29,4	111,3	32,1	159,6	36,2	257,7	40,0	384,3
0,080	24,0	40,8	26,8	62,9	29,1	87,6	31,4	119,0	34,4	170,6	38,7	275,5	42,8	410,8
0,090	25,5	43,3	28,4	66,7	30,9	92,9	33,3	126,2	36,4	180,9	41,1	292,2	45,4	435,8
0,100	26,9	45,7	29,9	70,3	32,5	98,0	35,1	133,1	38,4	190,7	43,3	308,0	47,9	459,3

Débits dans une tuyauterie d'égout - Unités métriques

Pente (m/m)	Ring-Tite et Écolotube de 100 mm		Ring-Tite et Écolotube de 150 mm		Ultra-Rib/ Ring-Tite/ Écolotube de 200 mm		Ultra-Rib/ Ring-Tite/ Écolotube de 250 mm		Ultra-Rib/ Ring-Tite/ Écolotube de 300 mm		Ultra-Rib/ Ring-Tite/ Écolotube de 375 mm	
	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)
0,001	0,3	2	0,4	7	0,5	15	0,6	27	0,6	44	0,7	75
0,002	0,4	3	0,6	10	0,7	21	0,8	39	0,9	62	1,0	106
0,003	0,5	4	0,7	12	0,8	26	1,0	48	1,1	76	1,2	130
0,004	0,6	5	0,8	14	1,0	30	1,1	55	1,2	88	1,4	150
0,005	0,7	5	0,9	16	1,1	33	1,2	61	1,4	98	1,6	168
0,006	0,7	6	1,0	17	1,2	37	1,4	67	1,5	107	1,7	184
0,007	0,8	6	1,0	18	1,3	40	1,5	73	1,6	116	1,9	199
0,008	0,8	7	1,1	20	1,3	42	1,6	78	1,8	124	2,0	212
0,009	0,9	7	1,2	21	1,4	45	1,7	82	1,9	131	2,1	225
0,010	0,9	7	1,2	22	1,5	47	1,8	87	2,0	138	2,3	237
0,020	1,3	11	1,8	31	2,1	67	2,5	123	2,8	196	3,2	336
0,030	1,6	13	2,2	38	2,6	82	3,0	150	3,4	240	3,9	411
0,040	1,9	15	2,5	44	3,0	95	3,5	174	3,9	277	4,5	475
0,050	2,1	17	2,8	49	3,4	106	3,9	194	4,4	310	5,0	531
0,060	2,3	18	3,0	54	3,7	116	4,3	213	4,8	339	5,5	581
0,070	2,5	20	3,3	58	4,0	125	4,6	230	5,2	366	6,0	628
0,080	2,7	21	3,5	62	4,3	134	5,0	246	5,6	392	6,4	671
0,090	2,8	22	3,7	66	4,5	142	5,3	260	5,9	415	6,8	712
0,100	3,0	24	3,9	70	4,8	150	5,5	275	6,2	438	7,1	751

Pente (m/m)	Ultra-Rib et Ring-Tite de 450 mm		Ultra-Rib et Ring-Tite de 525 mm		Ultra-Rib et Ring-Tite de 600 mm		Ring-Tite de 675 mm		Ring-Tite de 750 mm		Ring-Tite de 900 mm		Ring-Tite de 1050 mm	
	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)	Vitesse maximale, m/s	Débit maximal, (L/s)
0,001	0,8	129	0,9	199	1,0	273	1,1	375	1,2	538	1,3	869	1,5	1299
0,002	1,2	182	1,3	282	1,4	386	1,5	530	1,7	761	1,9	1229	2,1	1837
0,003	1,4	23	1,6	345	1,7	473	1,8	649	2,0	932	2,3	1506	2,5	2249
0,004	1,6	257	1,8	399	2,0	546	2,1	750	2,3	1076	2,6	1738	2,9	2597
0,005	1,8	288	2,0	446	2,2	611	2,4	838	2,6	1203	2,9	1944	3,3	2904
0,006	2,0	315	2,2	489	2,4	669	2,6	918	2,9	1318	3,2	2129	3,6	3181
0,007	2,2	340	2,4	528	2,6	722	2,8	992	3,1	1423	3,5	2300	3,8	3436
0,008	2,3	364	2,6	564	2,8	772	3,0	1060	3,3	1522	3,7	2459	4,1	3673
0,009	2,4	386	2,7	598	3,0	819	3,2	1125	3,5	1614	3,9	2608	4,4	3896
0,010	2,6	407	2,9	631	3,1	863	3,4	1186	3,7	1701	4,2	2749	4,6	4107
0,020	3,7	576	4,1	892	4,4	1221	4,8	1677	5,2	2406	5,9	3887	6,5	5808
0,030	4,5	705	5,0	1092	5,4	1496	5,8	2054	6,4	2947	7,2	4761	8,0	7113
0,040	5,2	814	5,8	1261	6,2	1727	6,7	2371	7,4	3402	8,3	5497	9,2	8213
0,050	5,8	910	6,4	1410	7,0	1931	7,5	2651	8,3	3804	9,3	6146	10,3	9183
0,060	6,3	997	7,1	1545	7,6	2115	8,3	2904	9,0	4167	10,2	6733	11,3	10059
0,070	6,8	1077	7,6	1669	8,2	2284	8,9	3137	9,8	4501	11,0	7272	12,2	10865
0,080	7,3	1151	8,1	1784	8,8	2442	9,5	3353	10,4	4812	11,8	7774	13,0	11616
0,090	7,7	1221	8,6	1892	9,3	2590	10,1	3557	11,1	5104	12,5	8246	13,8	12320
0,100	8,2	1287	9,1	1994	9,9	2730	10,7	3749	11,7	5380	13,2	8692	14,6	12987

ANNEXE C: TABLEAUX DE RÉFÉRENCE ET DE CONVERSION

Tableau C-1	Poids d'eau
Tableau C-2	Fractions de pouces - Équivalents décimaux et en millimètres
Tableau C-3	Conversion des volumes
Tableau C-4	Conversion des pressions

Tableau C-5 Conversion des débits

Tableau C-6 Conversion des températures

Tableau C-7 Conversion des longueurs

TABLEAU C-1 POIDS D'EAU

Unités de volume	Poids	
	livres	kilogrammes
1 gallon US	8,35	3,79
1 gallon impérial	10,02	4,55
1 litre	2,21	1,00
1 verge cube	1 685,610	765,267
1 pied cube	62,430	28,343
1 pouce cube	0,036	0,016
1 cm cube	0,002	0,001
1 mètre cube	2 210,000	1 000,000

TABLEAU C-2 FRACTIONS DE POUCES - ÉQUIVALENTS DÉCIMAUX ET EN MILLIMÈTRE

Fractions de pouce	Décimales	Millimètres	Fractions de pouce	Décimales	Millimètres
1/64	0,015625	0,397	33/64	0,515625	13,097
1/32	0,03125	0,794	17/32	0,53125	13,494
3/64	0,046875	1,191	35/64	0,546875	13,891
1/16	0,0625	1,588	9/16	0,5625	14,288
5/64	0,078125	1,984	37/64	0,578125	14,684
3/32	0,09375	2,381	19/32	0,59375	15,081
7/64	0,109375	2,778	39/64	0,609375	15,478
1/8	0,125	3,175	5/8	0,625	15,875
9/64	0,140625	3,572	41/64	0,640625	16,272
5/32	0,15625	3,969	21/32	0,65625	16,669
11/64	0,171875	4,366	43/64	0,671875	17,066
3/16	0,1875	4,763	11/16	0,6875	17,463
13/64	0,203125	5,159	45/64	0,703125	17,859
7/32	0,21875	5,556	23/32	0,71875	18,256
15/64	0,234375	5,953	47/64	0,734375	18,653
1/4	0,250	6,350	3/4	0,750	19,050
17/64	0,265625	6,747	49/64	0,765625	19,447
9/32	0,28125	7,144	25/32	0,78125	19,844
19/64	0,296875	7,541	51/64	0,796875	20,241
5/16	0,3125	7,938	13/16	0,8125	20,638
21/64	0,328125	8,334	53/64	0,828125	21,034
11/32	0,34375	8,731	27/32	0,83475	21,431
23/64	0,359375	9,128	55/64	0,859375	21,828
3/8	0,375	9,525	7/8	0,875	22,225
25/64	0,390625	9,922	57/64	0,890625	22,622
13/32	0,40625	10,319	29/32	0,90625	23,019
27/64	0,421875	10,716	59/64	0,921875	23,416
7/16	0,4375	11,113	15/16	0,9375	23,813
29/64	0,453125	11,509	61/64	0,953125	24,209
15/32	0,46875	11,906	31/32	0,96875	24,606
31/64	0,484375	12,303	63/64	0,984375	25,003
1/2	0,500	12,700	1	1,000	25,400

TABLEAU C-3 CONVERSION DES VOLUMES

Unités de volume	po ³	pi ³	vg ³	cm ³	m ³	litre	Gallon US	Gallon impérial
pouce cube	1	0,00058	-	16,387	-	0,0164	0,0043	0,0036
pied cube	1728	1	0,0370	28 317,8	0,0283	28,32	7,481	6,229
verge cube	46 656	27	1	-	0,7646	764,55	201,97	168,8
centimètre cube	0,0610	-	-	1	-	0,001	0,0003	0,0002
mètre cube	61 023,7	35,31	1,308	-	1	1000	264,17	220,0
litre	61,02	0,0353	0,0013	1000	0,001	1	0,2642	0,22
gallon US	231	0,1337	0,0050	3785,4	0,0038	3,785	1	0,8327
Gallon impérial	277,42	0,1605	0,0059	4546,1	0,0045	4,546	1,201	1

TABLEAU C-4 CONVERSION DES PRESSIONS

Unités de pression	atm	bar	lb/po ²	lb/pi ²	kg/cm ²	kg/m ²	pouce H ₂ O
atmosphère (atm.)	1	0,987	0,068	-	0,968	-	0,002
bar	1,013	1	0,069	-	0,981	-	0,002
livre par pouce carré (psi)	14,7	14,5	1	0,007	14,22	0,001	0,036
livre par pied carré (lb/pi ²)	2 116	2 089	144	1	2 048	0,205	5,2
kilogramme par centimètre carré	1,033	1,02	0,07	-	1	0,0001	0,003
kilogramme par mètre carré	10 332	10 197	703	4,88	10 000	1	25,4
pouce d'eau (H ₂ O) (4 °C)	406,78	401,46	27,68	0,192	393,7	0,039	1
pouce de mercure (Hg) (0 °C)	29,921	29,53	2,036	0,014	28,96	0,003	0,074
pouce d'air (15 °C)	332 005	327 664	22 592	148,7	321 328	32,13	816,2
pied d'eau (4 °C)	33,9	33,46	2,307	0,016	32,81	0,003	0,083
pied d'air (15 °C)	27 677	27 305	1 883	13,07	26 777	2,678	0,006
millimètre de mercure (0 °C)	760	750	51,71	0,36	735,6	0,074	1,868
millimètre de mercure (4 °C)	10 332	10 197	703	4,88	10 000	1	25,4
kilopascal (kPa)	101,3	100	6,89	0,048	98,07	0,01	0,249
Newton par mètre carré	-	-	-	0,021	-	0,102	0,004

Unités de pression	pouce Hg	pouce d'air	pi H ₂ O	pi d'air	mm Hg	mm H ₂ O	kilopascal	N/m ²
atmosphère (atm.)	0,033	-	0,029	-	0,001	-	0,01	-
bar	0,034	-	0,03	-	0,001	-	0,01	-
livre par pouce carré (psi)	0,491	-	0,434	0,001	0,019	0,001	0,145	-
livre par pied carré (lb/pi ²)	70,73	0,006	62,43	0,076	2,784	0,205	20,89	0,021
kilogramme par centimètre carré	0,035	-	0,03	-	0,001	-	0,01	-
kilogramme par mètre carré	345,3	0,031	304,8	0,373	13,6	1	101,97	0,102
pouce d'eau (H ₂ O) (4 °C)	13,6	0,001	12	0,015	0,535	0,039	4,015	0,004
pouce de mercure (Hg) (0 °C)	1	-	0,883	0,001	0,039	0,003	0,295	-
pouce d'air (15 °C)	11 096	1	9 794	12	436,8	32,13	3 277	3,106
pied d'eau (4 °C)	1,133	-	1	-	0,045	0,003	0,335	-
pied d'eau (15 °C)	924,7	0,083	816,2	1	36,4	2,678	273,1	0,273
millimètre de mercure (0 °C)	25,4	0,002	22,42	0,027	1	0,074	7,5	0,008
millimètre de mercure (4 °C)	345,3	0,031	304,8	0,373	13,6	1	101,97	0,102
kilopascal (kPa)	3,386	-	2,99	0,004	0,133	0,01	1	0,001
Newton par mètre carré	-	3,277	-	0,273	0,008	0,102	0,001	1

TABLEAU C-5 CONVERSION DES DÉBITS

Unités de débit	gps US	gpm US	gph US	gpj US	gps impérial	gpm impérial	gph impérial	gpj impérial	Litres/s	Litres/min	Litres/h	Litres/jour
Gallons US/s (gps)	1	0,017	-	-	1,2	0,02	-	-	0,264	0,004	-	-
Gallons US/min (gpm)	60	1	0,017	0,001	72,06	1,2	0,02	0,001	15,85	0,264	0,004	-
Gallons US/h (gph)	3 600	60	1	0,042	4 323	72,06	1,2	0,05	951,02	15,85	0,264	0,011
Gallons US/jour (gpj)	86 400	1 440	24	1	103 762	1 729,40	28,82	1,2	22 824	380,41	6,34	0,264
Gallon impérial/s	0,833	0,014	-	-	1	0,017	-	-	0,22	0,004	-	-
Gallon impérial/min	49,96	0,833	0,014	0,001	60	1	0,017	0,001	13,2	0,22	0,004	-
Gallon impérial/h	2 997,60	49,96	0,833	0,035	3 600	60	1	0,042	791,89	13,2	0,22	0,009
Gallon impérial/jour	71 943	1 199	19,98	0,833	86 400	1 440	24	1	19 005	316,76	5,279	0,22
Litres/s	3,79	0,063	0,002	-	4,55	0,076	0,001	-	1	0,017	-	-
Litres/min	227,12	3,785	0,063	0,003	272,77	4,55	0,076	0,003	60	1	0,017	0,001
Litres/h	13 627	227,12	3,785	0,158	16 366	272,77	4,55	0,189	3 600	60	1	0,042
Litres/jour	327 060	5 451	90,85	3,785	392 782	6 546	109,11	4,55	86 400	1 440	24	1
Pied cube/s (pcs)	0,134	0,002	-	-	0,161	0,003	-	-	0,035	0,001	-	-
Pied cube/min (pcm)	8,02	0,134	0,002	-	9,633	0,161	0,003	-	2,119	0,035	0,001	-
Pied cube/h (pch)	481,25	8,02	0,134	0,006	577,96	9,63	0,161	0,007	127,13	2,119	0,035	0,001
Pied cube/jour (pcj)	11 550	192,5	3,21	0,134	13 871	231,18	3,853	0,161	3 051,20	50,85	0,848	0,001
Acre-pouce/min	0,002	-	-	-	0,003	-	-	-	0,001	-	-	-
Acre-pouce/h	0,133	0,002	-	-	0,159	0,003	-	-	0,035	-	-	-
Acre-pouce/jour	3,182	0,053	0,001	-	3,821	0,064	0,001	-	0,841	0,001	-	-
Mètre cube/s	0,004	-	-	-	0,005	-	-	-	0,001	-	-	-
Mètre cube/min	0,227	0,004	-	-	0,273	0,005	-	-	0,06	0,001	-	-
Mètre cube/h	13,628	0,227	0,004	-	16,366	0,273	0,005	-	3,6	0,06	0,001	-
Mètre cube/jour	327,06	5,451	0,091	0,004	392,78	6,546	0,109	0,005	86,4	1,44	0,024	0,001

Unités de débit	pi³/s	pi³/min	pi³/h	pi³/jour	acre po/min	acre po/h	acre po/jour	m³/s	m³/min	m³/h	m³/jour
Gallons US/s (gps)	7,48	0,125	0,002	-	452,6	7,54	0,31	264,2	4,4	0,073	0,003
Gallons US/min (gpm)	448,8	7,48	0,125	0,005	27 154	452,6	18,86	15 850	264,2	4,403	0,183
Gallons US/h (gph)	26 930	448,83	7,481	0,312	1,629E+06	27 154	1 131	951 019	15 850	264,17	11,007
Gallons US/jour (gpj)	646 317	10 772	179,53	7,481	3,910E+07	651 703	27 154	2,282E+07	380 408	6 340	264,17
Gallon impérial/s	6,229	0,104	0,002	-	376,8	6,28	0,26	220	3,67	0,061	0,003
Gallon impérial/min	373,73	6,229	0,104	0,004	22 611	376,8	15,7	13 198	220	3,666	0,153
Gallon impérial/h	22 424	373,73	6,229	0,259	1,357E+06	22 611	942,1	791 889	13 198	220	9,165
Gallon impérial/jour	538 171	8 970	149,49	6,229	3,256E+07	542 656	22 611	1,901E+07	316 756	5 279	220
Litres/s	28,32	0,472	0,008	-	1 713	28,6	1,19	1 000	16,67	0,278	0,012
Litres/min	1 699	28,32	0,472	0,2	102 790	1 713	71,38	60 000	1 000	16,67	0,694
Litres/h	101 941	1 699	28,32	1,18	6,167E+06	102 790	4 283	3,600E+06	60 000	1 000	42,67
Litres/jour	2 446 575	40 776	679,6	28,32	1,480E+08	2,467E+06	102 790	8,640E+07	1,440E+06	24 000	1 000
Pied cube/s (pcs)	1	0,017	-	-	60,5	1,008	0,042	35,31	0,589	0,01	-
Pied cube/min (pcm)	60	1	0,017	-	3 630	60,5	2,52	2 119	35,31	0,59	0,025
Pied cube/h (pch)	3 600	60	1	0,042	217 800	3 630	151,25	127 133	2 119	35,31	1,471
Pied cube/jour (pcj)	86 400	1 440	24	1	5,227E+06	87 120	3 630	3 051 187	50 853	847,55	35,31
Acre-pouce/min	0,017	-	-	-	1	0,017	0,001	0,584	0,01	-	-
Acre-pouce/h	0,992	0,001	-	-	60	1	0,042	35,02	0,584	0,01	-
Acre-pouce/jour	23,8	0,033	0,006	-	1 440	24	1	840,55	14,001	0,233	0,001
Mètre cube/s	0,028	-	-	-	1,71	0,029	0,001	1	0,017	-	-
Mètre cube/min	1,7	0,028	-	-	102,8	1,71	0,071	60	1	0,017	0,001
Mètre cube/h	101,94	1,7	0,028	0,001	6 167	102,8	4,283	3 600	60	1	0,042
Mètre cube/jour	2446,6	40,78	0,68	0,028	148 018	2 467	102,79	86 400	1 400	24	1

TABLEAU C-6 CONVERSION DES TEMPÉRATURES

°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
-60	-51	22	-5,6	50	10,0	78	25,6	160	71
-50	-46	23	-5,0	51	10,6	79	26,1	170	77
-40	-40	24	-4,4	52	11,1	80	26,7	180	82
-30	-34	25	-3,9	53	11,7	81	27,2	190	88
-20	-29	26	-3,3	54	12,2	82	27,8	200	92
-10	-23,0	27	-2,8	55	12,8	83	28,3	210	99
0	-17,8	28	-2,2	56	13,3	84	28,9	212	100
1	-17,2	29	-1,7	57	13,9	85	29,4	220	104
2	-16,7	30	-1,1	58	14,4	86	30,0	230	110
3	-16,1	31	-0,6	59	15,0	87	30,6	240	116
4	-15,6	32	0,0	60	15,6	88	31,1	250	121
5	-15,0	33	0,6	61	16,1	89	31,7	260	127
6	-14,4	34	1,1	62	16,7	90	32,2	270	132
7	-13,9	35	1,7	63	17,2	91	32,8	280	138
8	-13,3	36	2,2	64	17,8	92	33,3	290	143
9	-12,8	37	2,8	65	18,3	93	33,9	300	149
10	-12,2	38	3,3	66	18,9	94	34,4	310	154
11	-11,7	39	3,9	67	19,4	95	35,0	320	160
12	-11,1	40	4,4	68	20,0	96	35,6	330	166
13	-10,6	41	5,0	69	20,6	97	36,1	340	171
14	-10,0	42	5,6	70	21,1	98	36,7	350	177
15	-9,4	43	6,1	71	21,7	99	37,2	360	182
16	-8,9	44	6,7	72	22,2	100	37,8	370	188
17	-8,3	45	7,2	73	22,8	110	43	380	193
18	-7,8	46	7,8	74	23,3	120	49	390	199
19	-7,2	47	8,3	75	23,9	130	54	400	204
20	-6,7	48	8,9	76	24,4	140	60		
21	-6,1	49	9,4	77	25,0	150	66		

$$\text{Degrés Celsius } ^\circ\text{C} = \frac{5}{9} (^\circ\text{F} - 32)$$

$$\text{Degrés Fahrenheit } ^\circ\text{F} = \frac{9}{5} ^\circ\text{C} + 32$$

$$\text{Degrés Kelvin } ^\circ\text{T} = ^\circ\text{C} + 273,2$$

$$\text{Degrés Rankine } ^\circ\text{R} = ^\circ\text{F} + 459,7$$

TABLEAU C-7 CONVERSION DES LONGUEURS

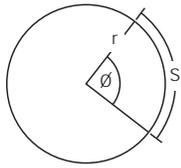
Unités de longueur	po	pi	vg	mille	mm	cm	m	km
pouce	1	0,0833	0,0278	-	25,4	2,54	0,0254	-
pi	12	1	0,3333	-	304,8	30,48	0,3048	-
verge	36	3	1	-	914,4	91,44	0,9144	-
mille	-	5 280	1 760	1	-	-	1 609,3	1,609
millimètre	0,0394	0,0033	-	-	1	0,100	0,001	-
centimètre	0,3937	0,0328	0,0109	-	10	1	0,01	-
mètre	39,37	3,281	1,094	-	1 000	100	1	0,001
kilomètre	-	3 281	1 094	0,6214	-	-	1 000	1

(1 micron = 0,001 millimètre)

ANNEXES: FORMULES UTILES

- Aire d'un cercle
- Circonférence d'un cercle
- Longueur d'un arc de cercle
- Aire d'un secteur de cercle
- Équation d'un cercle (coordonnées cartésiennes)
- Équation d'une droite (formule quadratique)
- Fonctions trigonométriques de base
- Aire d'une ellipse
- Circonférence d'une ellipse
- Aire d'un triangle
- Aire d'un trapézoïde
- Aire d'un parallélogramme
- Aire d'une sphère
- Volume d'une sphère
- Aire d'un cylindre
- Volume d'un cylindre
- Aire d'un réservoir elliptique
- Volume d'un réservoir elliptique
- Aire d'un cône
- Volume d'un cône
- Aire d'un solide rectangulaire
- Volume d'un solide rectangulaire

ANNEXES D: FORMULES UTILES



Cercle

$$\text{Diamètre} = \frac{D}{2}$$

$$\text{Circonférence} = \pi D = 2\pi R$$

$$\text{Aire} = \pi R^2$$

Longueur d'un arc de cercle

$$S = \theta \times \left(\frac{\pi}{180} \right) \times r \quad \theta \text{ en degrés}$$

$$S = \theta \times r \quad \theta \text{ en radians}$$

Aire d'un secteur de cercle

$$A = x \left(\frac{\theta}{360} \right) \times \pi \times r^2 \quad \theta \text{ en degrés}$$

$$A = x \left(\frac{\theta}{2} \right) \times r^2 \quad \theta \text{ en radians}$$

Équation d'un cercle (coordonnées cartésiennes)
- pour un cercle de centre (j, k) et radius (r)

$$(x - j)^2 + (y - k)^2 = r^2$$

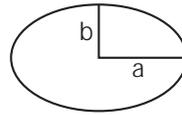
Équation d'une droite (formule quadratique)

$$ax + by + c = 0$$

ou

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

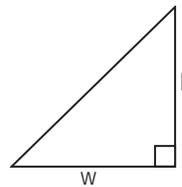


Ellipse

$$\text{Aire} = \pi \times a \times b$$

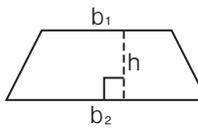
Circonférence

$$= \pi (3(a + b) - \sqrt{(3a + b)(a + 3b)})$$



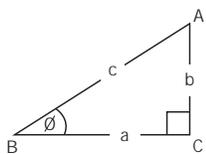
Triangle

$$\text{Aire} = \frac{w \times h}{2}$$



Trapézoïde

$$\text{Aire} = \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h$$



Trigonométrie

$$\sin \theta = \frac{b}{c}$$

$$\cos \theta = \frac{a}{c}$$

$$\tan \theta = \frac{b}{a}$$

Loi des sinus

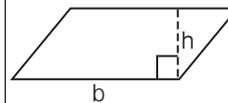
$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

Loi des cosinus

$$C^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$

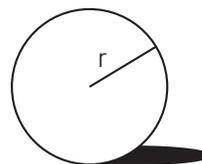
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$



Parallélogramme

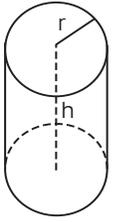
$$\text{Aire} = b \times h$$



Sphère

$$\text{Aire de la surface} = 4 \pi r^2$$

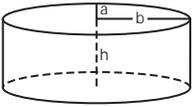
$$\text{Volume} = \frac{4}{3} \pi r^3$$



Cylindre

$$\text{Aire de la surface} = (2 \pi r^2) + (2 \pi r h)$$

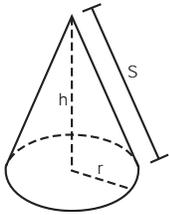
$$\text{Volume} = \pi r^2 h$$



Réservoir elliptique

$$\begin{aligned} \text{Aire de la surface} \\ = 2 \pi \left(\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2} \right) h + (2\pi ab) \end{aligned}$$

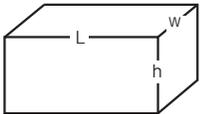
$$\text{Volume} = \pi abh$$



Cône

$$\text{Aire de la surface} = \pi r S$$

$$\text{Volume} = \pi r^2 \times \frac{h}{3}$$



Solide rectangulaire

$$\text{Aire de la surface} = 2 (Lw + Lh + wh)$$

$$\text{Volume} = L \times w \times h$$

ANNEXE E: ABRÉVIATIONS

AGA	- American Gas Association
ANSI	- American National Standards Institute
API	- American Petroleum Institute
ASME	- American Society of Mechanical Engineers
ASTM	- American Society for Testing and Materials
AWWA	- American Water Works Association
BNQ	- Bureau de normalisation du Québec
BOCA	- Building Officials and Code Administrators
BS	- British Standards Institution
PVCC	- Matière plastique ou résine en polychlorure de vinyle surchloré
CS	- Commercial Standard, see Product Standard
CSA	- Canadian Standards Association
DR	- Rapport de dimension
DIN	- German Industrial Norms
FHA	- Federal Housing Administration or Farmers Home Administration
HDB	- Contrainte hydrostatique de référence
HDS	- Contrainte hydrostatique de calcul
IAPD	- International Association of Plastics Distributors
IAPMO	- International Association of Plumbing and Mechanical Officials
IPC	- International Plumbing Code
ISO	- Organisation internationale de normalisation
JIS	- Japanese Industrial Standards
NSF	- National Sanitation Foundation International
PPI	- Plastics Pipe Institute
PS	- Norme de produit, lorsqu'on se réfère à une spécification de tube ou de raccord en matière plastique. Ces normes sont homologuées par le Département du commerce des États-Unis et s'appelaient autrefois Normes commerciales.
PSI	- Livres par pouce carré
PSIG	- Pression manométrique en livres par pouce carré
PVC	- Matière plastique ou résine en polychlorure de vinyle
RVCM	- Monomère de chlorure de vinyle résiduel
SCS	- Soil Conservation Service
SDR	- Standard Dimension Ratio
SI	- International System of Units
SPI	- Rapport de dimension standard
UPC	- Système international d'unités
USASI	- Standards Institute des États-Unis (autrefois l'American Standards Association)
WOG	- Eau, huile, gaz

VENTES ET SERVICES À LA CLIENTÈLE

Montréal

6665, chemin Saint-François
Saint-Laurent, Québec H4S 1B6

Sans frais : (866) 473-9462

www.ipexinc.com

Le groupe IPEX de compagnies

À l'avant-garde des fournisseurs de systèmes de tuyauteries thermoplastiques, le groupe IPEX de compagnies offre à ses clients des gammes de produits parmi les plus vastes et les plus complètes au monde. La qualité des produits IPEX repose sur une expérience de plus de 50 ans. Grâce à des usines de fabrication et à des centres de distribution à la fine pointe de la technologie dans toute l'Amérique du Nord, nous avons acquis une réputation en matière d'innovation, de qualité, d'attention portée à l'utilisateur et de performance.

Les marchés desservis par le groupe IPEX sont les suivants :

- Systèmes électriques
- Télécommunications et systèmes de tuyauteries pour services publics
- Tuyaux et raccords en PVC, PVCC, PVCO, PP, ABS, PVDF ignifuge, PEX et PE (¼ po à 48 po)
- Systèmes de tuyauteries de procédés industriels
- Systèmes de tuyauteries pour installations municipales sous pression et à écoulement par gravité
- Systèmes de tuyauteries mécaniques et pour installations de plomberie
- Systèmes en PE assemblés par électrofusion pour le gaz et l'eau
- Colles pour installations industrielles, de plomberie et électriques
- Systèmes d'irrigation

Produits fabriqués par IPEX Inc.

Ring-Tite^{MD}, Écolotube^{MD}, Ultra-Rib^{MD}, Vortex Flow^{MC} et LifeSaver^{MD} sont des marques de commerce d'IPEX Branding Inc.

Cette documentation est publiée de bonne foi et elle est censée être fiable. Cependant, les renseignements et les suggestions contenus dedans ne sont ni représentés ni garantis d'aucune manière. Les données présentées résultent d'essais en laboratoire et de l'expérience sur le terrain.

Une politique d'amélioration continue des produits est mise en œuvre. En conséquence, les caractéristiques et/ou les spécifications des produits peuvent être modifiées sans préavis.



IPEX

MNMNNAIP140104 © 2014 IPEX IND0034Q