

VOLUME I: CONCEPTION DES SYSTÈMES DE TUYAUTERIES SOUS PRESSION

Collection de
manuels techniques
municipaux



SYSTÈMES DE TUYAUTERIES SOUS PRESSION

Systèmes de tuyauteries Blue Brute^{MD}
Systèmes de tuyauteries Bionax^{MD}
Systèmes de tuyauteries d'égout sous pression
en Bionax^{MD} blanc
Systèmes de tuyauteries IPEX Centurion^{MD}
Tuyauterie en PVC fusionné^{MC} IPEX
Systèmes de tuyauteries TerraBrute^{MD} CR
Systèmes de Tuyauteries de Type Série^{MD}
Tuyaux pour branchements d'eau Blue904^{MD}
Tuyaux pour branchements d'eau OR901^{MC}
Tuyaux pour branchements d'eau Q-Line^{MD}



IPEX
par aliaxis

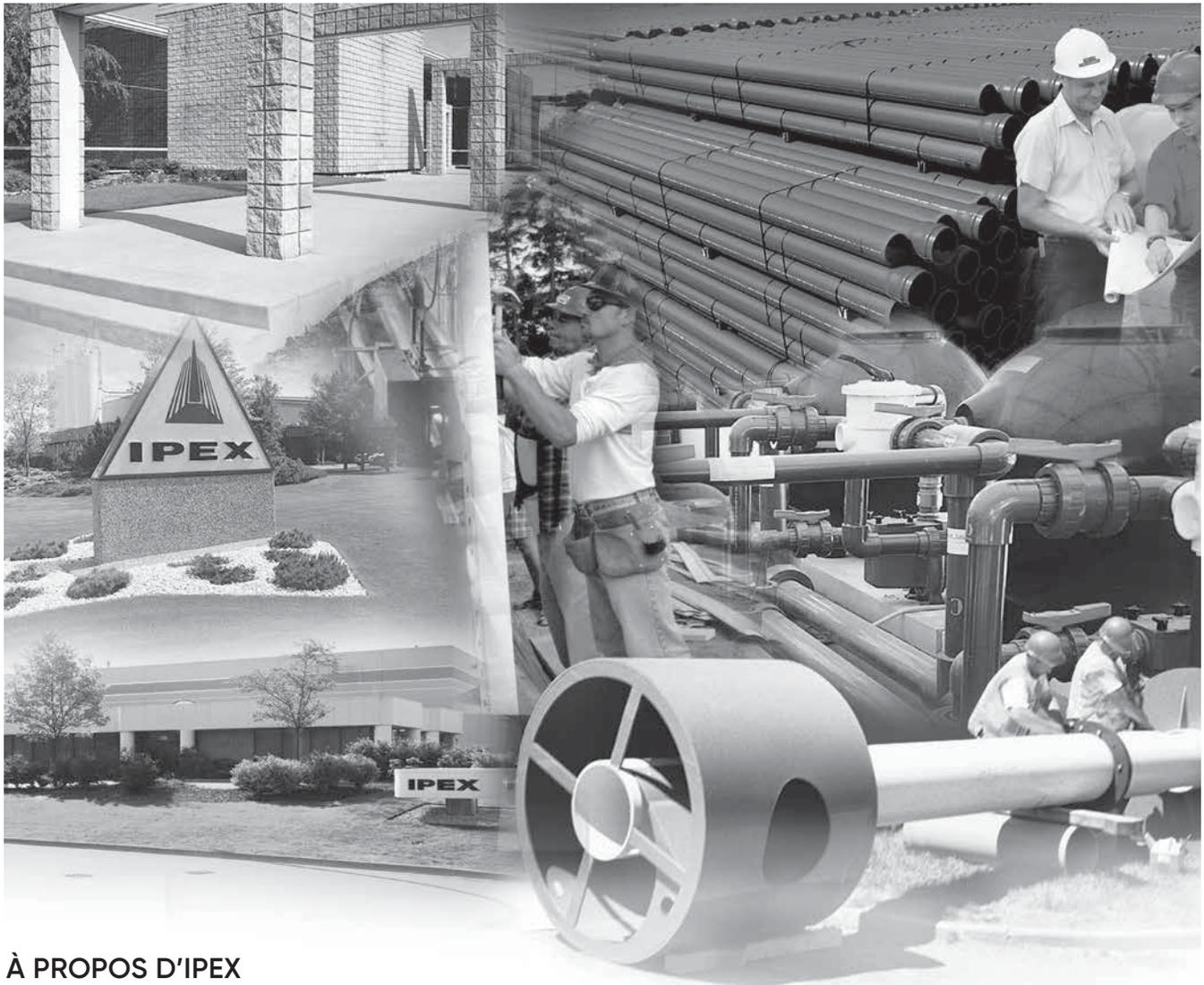
Nous fabriquons des produits résistants pour
des environnements difficiles^{MD}

Conception des systèmes de tuyauteries sous pression IPEX

Collection de manuels techniques municipaux Volume 1

© 2023 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'acquérir 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).



TABLE DES MATIÈRES

	Manuel de conception de systèmes de tuyauteries sous pression IPEX	
	Vue d'ensemble	1
Section un :	Données sur les produits	
	Introduction	3
	Résumé des essais sur les tuyaux et raccords à pression	4
	Systèmes de tuyauteries Brute Bleue ^{MD}	5
	Systèmes de tuyauteries Bionax ^{MD}	11
	Tuyau Bionax ^{MD} en PVCO blanc	13
	Systèmes de tuyauteries IPEX Centurion ^{MD}	14
	Tuyaux en PVC fusionné ^{MC} IPEX pour les installations sans tranchée	18
	Tuyaux TerraBrute ^{MD} CR à joint retenu	22
	Systèmes de Tuyauteries de Type Série ^{MD}	26
	Tuyaux pour branchements d'eau Blue904 ^{MD}	34
	Tuyaux pour branchements d'eau OR901 ^{MC}	34
	Tuyaux pour branchements d'eau Q-Line ^{MD}	38
	Normes relatives aux systèmes sous pression en PVC	41
Section deux :	propriétés des tuyaux sous pression en PVC et conception des systèmes sous	
	Introduction	43
	Propriétés du PVC	43
	Durée de vie calculée	43
	Résistance de calcul	44
	Perméation chimique et installation d'une tuyauterie de PVC dans un sol contaminé	44
	Effets thermiques et résistance aux rayons ultraviolets	45
	Dilatation et contraction	45
	Effets thermiques - Dilatation et contraction	45
	Calculs de conception	
	Calcul d'une classe de pression/pression nominale	46
	Calcul d'une perte de charge	46
	Calcul d'une surpressions	47
	Calcul d'une vitesse d'onde	48
	Emprisonnement d'air dans une conduite	48
	Fatigue cyclique dans les tuyauteries en PVC	50
	Absorption des forces de poussée dans les systèmes de tuyauteries à joints d'étanchéité	51
	Assemblage, installation et essai des systèmes de tuyauteries sous pression en PVC	53
Section trois :	Exemples de conception	
	N° 1 : Collecteur de refoulement d'égout – Tuyaux en PVC AWWA C900	55
	N° 2 : Collecteur de refoulement d'égout – Tuyaux Bionax en PVCO ASTM F1483.	59
	N° 3 : Conduite principale d'adduction d'eau	62
Section quatre :	Annexes	
	Annexe A : références	69
	Annexe B : tableaux de référence et de conversion	70
	Annexe C : formules utiles	75
	Annexe D : abréviations	78
	Annexe E : tableaux et figures	79

NOTES

VUE D'ENSEMBLE

IPEX 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
- L'alimentation en eau
- Les installations électriques et de communications
- Les systèmes de plomberie
- Les systèmes de tuyauteries industriels

Ce manuel de conception traite des aspects techniques de l'étude des systèmes de tuyauteries sous pression construits avec des tuyaux en PVC. On y présente plus particulièrement les systèmes de tuyauteries municipaux pour la distribution de l'eau potable, ainsi que les systèmes d'irrigation et de conduites d'égout sous pression.

La structure du manuel comprend trois 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 systèmes en PVC, touchant à l'hydraulique, aux conditions de service cycliques et autres éléments se rapportant aux produits décrits dans ce manuel.

La **section 3** contient des exemples de mise en application des concepts abordés dans les deux premières sections.

Ce manuel a été rédigé à l'intention des ingénieurs, technologues et autres professionnels œuvrant 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.



NOTES

SECTION UN : RENSEIGNEMENTS SUR LES PRODUITS

INTRODUCTION

IPEX offre un certain nombre de systèmes de tuyauteries utilisés dans diverses applications. Bien que tous ces systèmes soient en matière plastique, ils diffèrent par leur diamètre extérieur et leur pression nominale.

Les produits offerts sont les suivants :

Systèmes de tuyauteries Brute Bleue^{MD} et IPEX Centurion^{MD}	Tuyaux et raccords de même diamètre extérieur que les produits en fonte (CIOD)
Bionax Pipe^{MD}	Même diamètre extérieur que les produits en fonte (CIOD)
Tuyaux IPEX en PVC Fusionné^{MC}	Les tuyaux Brute Fusionnée ^{MC} (CIOD) sont disponibles dans des diamètres allant de 100 mm (4 pouces) à 750 mm (30 pouces) tandis que les tuyaux Série Fusionnée ^{MC} (IPS) sont disponibles dans des diamètres allant de 600 mm (24 pouces)
Tuyaux TerraBrute^{MD}CR	Tuyaux CIOD modifiés pour une utilisation avec les méthodes d'installation de tuyaux sans tranchée telles que le forage directionnel ou la technique d'éclatement ou une utilisation aérienne comme les traversées de ponts
Systèmes de Tuyauteries de Type Série^{MD}	Tuyaux et raccords de diamètre extérieur IPS (IPSOD)
Tuyaux pour branchements d'eau Blue904^{MD} PEX	Tuyaux PEX de 3/4 à 2 pouces conçus pour les raccordements d'eau souterraine réalisés avec un diamètre extérieur de tube en cuivre (CTS)
Tuyaux pour branchements d'eau OR901^{MC}	polyéthylène haute densité (PEHD) de 3/4 po - 2 po conçus pour brancher l'eau en raccordant les tuyauteries des maisons aux conduites principales
Tuyaux pour branchements d'eau Q-Line^{MD}	Tuyaux en matériau composite de 3/4 et 1 pouce conçus pour les raccordements d'eau souterraine réalisés avec un diamètre extérieur métrique

RÉSUMÉ DES ESSAIS SUR LES TUYAUX ET RACCORDS À PRESSION

Les tuyaux et raccords IPEX sont fabriqués selon des normes élaborées par différents organismes reconnus comme AWWA, CSA, ASTM et d'autres. Il s'en suit que les produits de tuyauteries sous pression sont soumis à plusieurs essais et fabriqués selon diverses procédures d'assurance de la qualité.

Tuyau CIOD (D.E. fonte) : systèmes de tuyauteries Brute Bleue, IPEX Centurion, Bionax, Brute Fusionnée et TerraBrute CR

Ces systèmes de tuyauteries sont fabriqués selon diverses normes AWWA, dont les normes AWWA C900 (Brute Bleue, IPEX Centurion et TerraBrute CR), et C909 (Bionax). Les raccords sont fabriqués en C907 (norme pour produits moulés) ou C900 (norme pour produits assemblés).

Chaque longueur de tuyau Brute Bleue, IPEX Centurion, Bionax et TerraBrute CR CIOD est soumise à une épreuve hydraulique afin d'en vérifier la tenue à la pression selon les exigences des normes AWWA C900 ou C909. En outre, des essais d'éclatement sont réalisés régulièrement afin de s'assurer de l'intégrité des tuyaux et des joints de raccordement. Ne pas oublier que l'épreuve hydraulique permet de vérifier à la fois l'assemblage et les tuyaux, car on utilise les propres joints d'étanchéité de ces tuyaux. Les normes AWWA et CSA exigent également un certain nombre d'autres essais de performance.

Les tuyaux TerraBrute CR ne sont pas rigoureusement conformes la norme AWWA C900 ou C909 à cause des modifications de dimensions imposées par le rainurage; ils sont toutefois soumis aux mêmes procédures d'essais que les produits Brute Bleue et IPEX Centurion. La pression et la durée de l'épreuve hydraulique à laquelle on soumet les tuyaux TerraBrute CR sont les mêmes que pour les produits Brute Bleue et IPEX Centurion.

En plus des exigences des normes, les certifications supposent la réalisation d'essais et l'application de procédures AQ/CQ très rigoureux. Par exemple, les assemblages sont régulièrement soumis à des essais sous vide complet.

Le programme de certification CSA exige également d'effectuer des essais de résistance aux chocs à 0 °C (32 °F) pour simuler des conditions de temps froid plus difficiles.

En plus des essais sous pression et de résistance aux chocs, le tuyau fini en PVC est soumis à des essais d'immersion dans l'acétone et de réversion par la chaleur. Ces deux essais servent à vérifier que le bon degré de fusion a été atteint lors du processus d'extrusion.

Au cours de l'extrusion et du moulage, les caractéristiques dimensionnelles de chaque tuyau et de chaque raccord sont vérifiées et des échantillons sont prélevés en vue d'une analyse dimensionnelle détaillée pour chaque lot de pièces extrudées ou moulées.

Tuyau IPSOD (D.E. IPS) : Systèmes de Tuyauteries de Type Série, Bionax et Série SDR en PVC fusionné

Les tuyaux Systèmes de Tuyauteries de Type Série sont soumis à des essais identiques à ceux prévus pour les tuyaux IPEX Brute Bleue et Centurion, à l'exception de l'épreuve hydraulique de chaque longueur. Cela ne signifie pas pour autant que la qualité de ces tuyaux soit inférieure à celle des produits Brute Bleue ou IPEX Centurion - Cela signifie seulement qu'ils sont fabriqués selon une norme différente (ASTM D2241) qui ne nécessite pas des épreuves hydrauliques pour chaque longueur de tuyaux.

La certification de la National Sanitation Foundation (NSF) exige que tous les produits soient minutieusement testés pour s'assurer qu'ils conviennent au transport de l'eau potable.

En résumé – la fabrication et la conception des tuyaux et raccords à pression IPEX sont régies par plusieurs normes. Par ailleurs, IPEX possède ses propres normes d'essais internes, dont les exigences sont souvent largement supérieures à celles des normes publiées, afin d'assurer des performances acceptables sur le site.

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BRUTE BLEUE^{MD}

Brute Bleue est l'un des noms les plus connus dans le domaine de la distribution d'eau municipale, car il désigne des produits qui ont acquis au cours des années une réputation enviable en matière de performance et de fiabilité. Les tuyaux et raccords Brute Bleue éliminent en effet tout risque de corrosion, tout en assurant une grande fiabilité en service à long terme. Bien que les produits Brute Bleue soient compatibles avec les raccords en fonte, IPEX recommande d'utiliser les raccords Brute Bleue, car ils sont fabriqués en fonction des tuyaux correspondants et éliminent le « tendon d'Achille » de plusieurs systèmes : les raccords en fonte, sensibles à la corrosion.

Il est conseillé de spécifier des tuyaux et raccords provenant du même fabricant, afin d'obtenir un système parfaitement homogène. C'est uniquement en spécifiant des raccords Brute Bleue que vous aurez l'assurance que ces derniers auront la même résistance à long terme que les tuyaux eux-mêmes.

Applications :

Systèmes de distribution d'eau et canalisations d'incendie municipaux.

Conduites d'irrigation, d'égout sous pression et industrielles.

Options de joints d'étanchéité pour sols contaminés

Les tuyaux et raccords Brute Bleue sont munis de joints d'étanchéité amovibles. Cela facilite l'utilisation de joints d'étanchéité résistant à l'huile (nitrile), en cas d'installation d'un système de tuyauterie dans un sol contaminé. Se reporter à la Section 2 – Perméation des produits chimiques et résistance chimique, pour de plus amples informations à ce sujet.

Normes :

Tuyaux Brute Bleue :

AWWA C900, certifiés selon CSA B137.3, approuvés FM 1612, enregistrés UL 1285, certifiés NSF-61, certifiés selon NQ 36240-250

Raccords Brute Bleue :



AWWA C907, certifiés selon CSA B137.2 (100 mm – 300 mm)
AWWA C900, certifiés selon CSA B137.3 (250 mm-300 mm)
Enregistrés FM 1612, enregistrés UL 1285



SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BRUTE BLEUE^{MD}

Cahier des charges abrégé

Généralités

Les tuyaux Brute Bleue doivent être certifiés selon la norme CSA B137.3, intitulée « Rigid Polyvinyl Chloride (PVC) Pipe for Pressure Applications » et conformes aux exigences de la norme AWWA C900, intitulée « Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe, 4" - 60" for Water Transmission and Distribution ». La classe de pression des tuyaux Brute Bleue DR25 doit être de 1 140 kPa (165 psi). Les tuyaux DR18 doivent avoir une classe de pression de 1 620 kPa (235 psi). Les tuyaux DR14 doivent avoir une classe de pression de 2 100 kPa (305 psi).

Matériau

Les tuyaux Brute Bleue doivent être fabriqués à partir d'un composé de PVC 12454, conforme à la norme de composé ASTM D1784.

Produit

Les tuyaux devront pouvoir être utilisés à une pression hydrostatique maximale de service égale à la désignation de la classe, à 73 °F (23 °C). Les longueurs de pose doivent être de 20 pieds (6,1 mètres). Les tuyaux doivent avoir un diamètre extérieur identique à celui des tuyaux en fonte. Chaque longueur doit être soumise à une épreuve hydraulique sous une pression de deux fois la classe de pression.

Assemblage

Le joint d'étanchéité doit être soigneusement mis en place dans la gorge de l'emboîture, lorsqu'il n'a pas déjà été installé en usine. L'emboîture et le bout uni doivent être propres et exempts de débris, avant de pouvoir appliquer un lubrifiant approuvé. Les tuyaux et/ou raccords doivent être assemblés par insertion des bouts unis dans les

emboîtements des emboîtures, jusqu'à la ligne (sur les bouts unis) indiquant la profondeur d'insertion. L'extrémité d'un tuyau coupé sur le chantier doit être d'équerre et chanfreinée à un angle de 15°. Dans ce cas, les lignes indiquant la profondeur d'insertion doivent être tracées de nouveau, selon les directives du Guide d'installation des tuyauteries sous pression d'IPEX.

Raccords moulés

Les raccords Brute Bleue doivent être conformes aux exigences de la norme AWWA C907, intitulée « Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Fittings for Water (4" through 12") » et certifiés selon la norme CSA B137.2, intitulée « PVC Injection Molded Gasketed Fittings for Pressure Applications ». Ils doivent également être enregistrés UL et approuvés FM.

Raccords préfabriqués

Les raccords préfabriqués doivent être constitués de sections de tuyaux en PVC AWWA C900 collées. Certains raccordements sont enveloppés de polyester armé de fibres de verre. La classe de pression doit correspondre à celle des tuyaux. Les raccords doivent satisfaire aux exigences de la norme CSA B137.3.

Lubrifiant

Les tuyaux doivent être assemblés en utilisant un lubrifiant IPEX non toxique, soluble dans l'eau, enregistré par la National Sanitation Foundation.

Code couleur :

Les tuyaux et raccords utilisés pour de l'eau doivent avoir un code couleur bleu.

Dimensions :

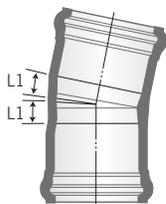
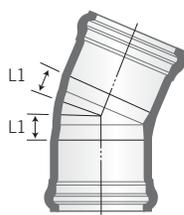
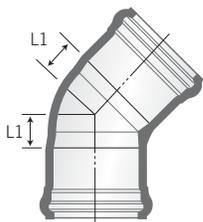
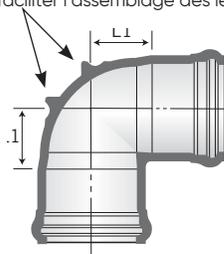
Les tuyaux et raccords Brute Bleue sont fabriqués selon des diamètres extérieurs correspondant à ceux des tuyaux en fonte (CIOD), ce qui signifie qu'ils sont compatibles avec la plupart des tuyauteries en fonte existantes. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser de raccords de transition spéciaux avec les tuyaux Brute Bleue.

Diamètre		DR 25 Classe 165						DR 18 Classe 235						DR 14 Classe 305					
		Classe de pression AWWA 165 psi		pression nominale CSA 1 130 kPa		Classe de pression AWWA 235		psi pression nominale CSA 1 620 kPa		Classe de pression AWWA 305 psi		pression nominale CSA 2 130 kPa							
		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
4	100	4,42	112	0,192	4,88	4,80	122	4,27	108	0,267	6,78	4,80	122	4,11	104	0,343	8,71	4,80	122
6	150	6,35	161	0,276	7,01	6,90	175	6,13	155	0,383	9,73	6,90	175	5,91	149	0,493	12,52	6,90	175
8	200	8,33	212	0,362	9,20	9,05	230	8,05	204	0,502	12,80	9,05	230	7,76	198	0,646	16,42	9,05	230
10	250	10,21	260	0,444	11,30	11,10	282	9,87	250	0,616	15,70	11,10	282	9,51	242	0,793	20,14	11,10	282
12	300	12,15	309	0,527	13,41	13,20	335	11,73	297	0,733	18,62	13,20	335	11,31	287	0,943	23,95	1320	335

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BRUTE BLEUE^{MD}



**Les diamètres de 10 et 12 pouces ont des ergots extérieurs pour faciliter l'assemblage des leviers.



DE emboîture pour sélection de dispositif de retenue de joint

DIAMÈTRE		Minimum		Maximum	
po	mm	po	mm	po	mm
4	100	5,44	138	5,61	142
6	150	7,84	199	8,03	204
8	200	10,29	261	10,55	268
10	250	12,63	322	12,96	329
12	300	15,07	383	15,46	393
14	350	17,28	439	17,73	450
16	400	19,64	448	20,17	512

Coude à 90 °

DIAMÈTRE		L1	
po	mm	po	mm
4	100	2,6	67
6	150	4,3	108
8	200	5,5	140
10*	250	6,7	171
12*	300	7,7	195

Coude à 45 °

DIAMÈTRE		L1	
po	mm	po	mm
4	100	1,3	33
6	150	1,8	46
8	200	2,2	56
10	250	2,7	70
12	300	3,2	82

Coude à 22 1/2°

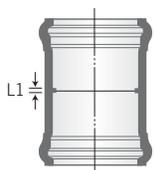
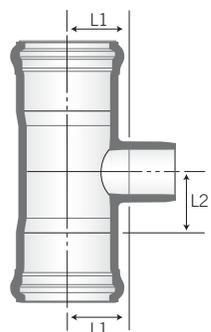
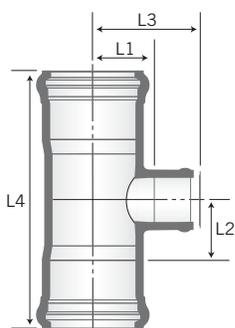
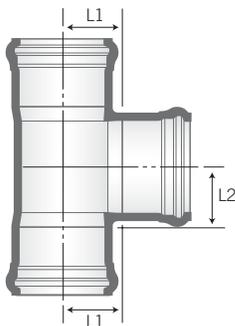
DIAMÈTRE		L1	
po	mm	po	mm
6	150	1,0	25
8	200	1,1	28
10	250	1,7	43
12	300	1,9	48

Coude à 11 1/4°

DIAMÈTRE		L1	
po	mm	po	mm
4	100	3,0	75
6	150	0,8	20
8	200	0,9	23

Note : d'autres DR et diamètres jusqu'à 60 po (1 500 mm) sont offerts sur demande.

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BRUTE BLEUE^{MD}



Té

DIAMÈTRE		L1		L2		L3		L4	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
4 x 4 x 4	100 x 100 x 100	2,6	67	2,6	67	-	-	-	-
6 x 6 x 4	150 x 150 x 100	4,0	102	3,3	87	-	-	-	-
6 x 6 x 6	150 x 150 x 150	4,3	108	4,3	108	-	-	-	-
8 x 8 x 4	200 x 200 x 100	5,1	130	3,6	91	-	-	-	-
8 x 8 x 6	200 x 200 x 150	5,3	136	4,7	120	-	-	-	-
8 x 8 x 8	200 x 200 x 200	5,6	143	5,8	148	-	-	-	-
10 x 10 x 4	250 x 250 x 100	6,7	171	6,7	171	11,2	284	27,3	693
10 x 10 x 6	250 x 250 x 150	6,7	171	6,7	171	12,0	305	27,3	693
10 x 10 x 8	250 x 250 x 200	6,7	171	6,7	171	12,8	325	27,3	693
10 x 10 x 10	250 x 250 x 250	6,7	171	6,7	171	13,7	348	27,3	693
12 x 12 x 4	300 x 300 x 100	7,7	195	7,7	195	12,1	307	30,5	775
12 x 12 x 6	300 x 300 x 150	7,7	195	7,7	195	12,9	328	30,5	775
12 x 12 x 8	300 x 300 x 200	7,7	195	7,7	195	13,7	348	30,5	775
12 x 12 x 10	300 x 300 x 250	7,7	195	7,7	195	14,6	371	30,5	775
12 x 12 x 12	300 x 300 x 300	7,7	195	7,7	195	15,3	389	30,5	775

Té anti-coups de bélier

Nominal Size		L1		L2		L3		L4	
in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
12 x 12 x 6	300 x 300 x 150	7,7	195	7,7	195	12,9	328	30,5	775

Té pour bouche d'incendie

DIAMÈTRE		L1		L2		L3		L4	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
6 x 6 x 6	150 x 150 x 150	4,5	114	3,8	96	11,5	292	17,0	457
8 x 8 x 6	200 x 200 x 150	5,8	148	5,2	132	12,8	312	22,4	569
10 x 10 x 6	250 x 250 x 150	7,0	178	6,7	171	14,0	356	27,3	693
12 x 12 x 6	300 x 300 x 150	8,1	206	7,7	195	15,1	384	30,5	775

Adaptateur réduit – Bout uni x emboîture

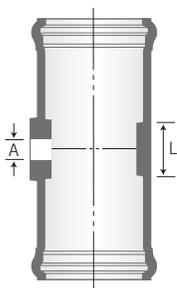
DIAMÈTRE		L1		L2	
po	mm	po	mm	po	mm
6 x 4	150 x 100	5,6	141	4,3	108
8 x 6	200 x 150	6,5	165	5,7	145
10 x 8	250 x 200	7,0	178	5,8	147
12 x 10	300 x 250	7,9	202	6,6	167

Manchon (offert sans butée centrale comme manchon de réparation)

DIAMÈTRE		L1	
po	mm	po	mm
4	100	0,2	5
6	150	0,3	8
8	200	0,3	7
10	250	0,5	13
12	300	0,5	13

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BRUTE BLEUE^{MD}

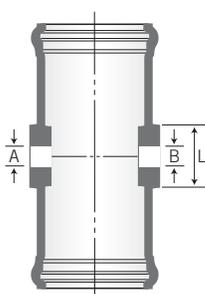
Manchon à une seule sortie taraudée pour piquage



DIAMÈTRE		A		L1	
po	mm	po	mm	po	mm
4 x 4 x 3/4	100 x 100 x 20	3/4	20	2	50
4 x 4 x 1	100 x 100 x 25	1	25	2	50
6 x 6 x 3/4	150 x 150 x 20	3/4	20	3	76
6 x 6 x 1	150 x 150 x 25	1	25	3	76
6 x 6 x 1 1/4	150 x 150 x 32	1 1/4	32	3	76
6 x 6 x 1 1/2	150 x 150 x 40	1 1/2	40	3	76
6 x 6 x 2	150 x 150 x 50	2	50	3	76
8 x 8 x 3/4	200 x 200 x 20	3/4	20	3	76
8 x 8 x 1	200 x 200 x 25	1	25	3	76
8 x 8 x 1 1/4	200 x 200 x 32	1 1/4	32	3	76
8 x 8 x 1 1/2	200 x 200 x 40	1 1/2	40	3	76
8 x 8 x 2	200 x 200 x 50	2	50	3	76
10 x 10 x 3/4	250 x 250 x 20	3/4	20	3	76
10 x 10 x 1	250 x 250 x 25	1	25	3	76
12 x 12 x 3/4	300 x 300 x 20	3/4	20	3	76
12 x 12 x 1	300 x 300 x 25	1	25	3	76

Note : sorties pour piquages de 3/4 po (20 mm) à 2 po (50 mm) Sorties taraudées : filets AWWA

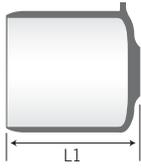
Manchon à deux sorties taraudées pour piquage



DIAMÈTRE		A		B		L	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
6 x 3/4 x 3/4	150 x 20 x 20	3/4	20	3/4	20	3	76
6 x 1 x 3/4	150 x 25 x 20	3/4	20	1	25	3	76
6 x 1 x 1	150 x 25 x 25	1	25	1	25	3	76
6 x 1 1/4 x 3/4	150 x 32 x 20	3/4	20	1 1/4	32	3	76
6 x 1 1/4 x 1	150 x 32 x 25	1	25	1 1/4	32	3	76
6 x 1 1/2 x 3/4	150 x 40 x 20	3/4	20	1 1/2	40	3	76
6 x 1 1/2 x 1	150 x 40 x 25	1	25	1 1/2	40	3	76
6 x 2 x 3/4	150 x 50 x 20	3/4	20	2	50	3	76
6 x 2 x 1	150 x 50 x 25	1	25	2	50	3	76
8 x 3/4 x 3/4	200 x 20 x 20	3/4	20	3/4	20	3	76
8 x 1 x 3/4	200 x 25 x 20	3/4	20	1	25	3	76
8 x 1 x 1	200 x 25 x 25	1	25	1	25	3	76
8 x 1 1/4 x 3/4	200 x 32 x 20	3/4	20	1 1/4	32	3	76
8 x 1 1/4 x 1	200 x 32 x 25	1	25	1 1/4	32	3	76
8 x 1 1/2 x 3/4	200 x 40 x 20	3/4	20	1 1/2	40	3	76
8 x 1 1/2 x 1	200 x 40 x 25	1	25	1 1/2	40	3	76
8 x 2 x 3/4	200 x 50 x 20	3/4	20	2	50	3	76
8 x 2 x 1	200 x 50 x 25	1	25	2	50	3	76

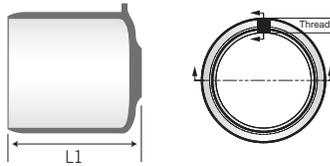
Note : sorties pour piquages de 3/4 po (20 mm) à 2 po (50 mm) Sorties taraudées : filets AWWA

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BRUTE BLEUE^{MD}



Bouchon

DIAMÈTRE		L1	
po	mm	po	mm
4	100	6,5	164
6	150	7,8	198
8	200	9,1	231
10	250	10,2	258
12	300	9,8	249



Bouchon fileté (filets IPS)

DIAMÈTRE		L1	
po	mm	po	mm
4 x 3/4	100 x 20	6,5	164
4 x 1	100 x 25	6,5	164
4 x 1 1/2	100 x 40	6,5	164
4 x 2	100 x 50	6,5	164
6 x 3/4	150 x 20	7,8	198
6 x 1	150 x 25	7,8	198
6 x 1 1/2	150 x 40	7,8	198
6 x 2	150 x 50	7,8	198
8 x 3/4	200 x 20	9,1	231
8 x 1	200 x 25	9,1	231
8 x 1 1/2	200 x 40	9,1	231
8 x 2	200 x 50	9,1	231

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BIONAX^{MD}

Les tuyaux Bionax en PVCO et les raccords Brute Bleue en PVC éliminent tout risque de corrosion, tout en assurant une grande fiabilité en service à long terme du système de tuyauterie. Bien que les produits Bionax soient compatibles avec les raccords en fonte, IPEX recommande d'utiliser les raccords Brute Bleue, car ils forment alors un système entièrement en matière plastique évitant la corrosion des raccords en fonte.

Il est conseillé de spécifier des tuyaux et raccords provenant du même fabricant, afin d'obtenir un système parfaitement homogène. Les tuyaux Bionax étant spécifiés en même temps que les raccords Brute Bleue, les résistances à la pression sont compatibles.



Applications :

Systèmes de distribution d'eau municipaux.

Conduites de refoulement d'égout*, tuyauteries de procédés industriels

Classe de pression/Pression nominale

Les tuyaux Bionax CIOD ont une pression nominale (CSA) ou une classe de pression (AWWA) de 165 psi ou 235 psi.

Surpression

Bionax has tremendous ability to withstand short-term pressure surges. The short term ratings for Bionax are

PC 165 - 264psi

PC 235 - 376psi

Normes

Tuyaux Bionax : norme ANSI/NSF 14, norme ANSI/NSF 61, normes ASTM D3139, F477 et F1483

Certifiés NSF selon AWWA C909 et ASTM F1483, certifiés CSA selon B137.3.1 et approved FM selon FM1612.



NQ3660-950

* Tuyaux Bionax en PVCO blanc pour canalisations d'égout sous pression



SYSTÈMES DE TUYAUTERIES BIONAX^{MD}

Cahier des charges abrégé

Généralités

Les tuyaux Bionax CIOD doivent être certifiés selon la norme AWWA C909 intitulée « Molecularly Oriented Polyvinyl Chloride (PVCO) Pressure Pipe 4 inch and larger for Water, Wastewater, and Reclaimed Water Service » et certifiés selon la norme CSA B137.3.1 intitulée « Molecularly oriented polyvinylchloride (PVCO) pipe for pressure applications ». Les tuyaux Bionax doivent avoir une classe de pression (AWWA) ou une pression nominale (CSA) de 165 psi ou 235 psi.

Matériau

Les tuyaux en PVCO doivent être fabriqués à partir d'un composé de chlorure de polyvinyle (PVC) rigide, conforme à la classification 12454 définie par la norme ASTM D1784.

Les joints d'étanchéité doivent satisfaire aux exigences de la norme ASTM F477 concernant les installations à forte hauteur de charge.

Produit

Les tuyaux en PVCO finis doivent avoir une contrainte hydrostatique de référence de 7 100 psi. Les longueurs de pose doivent être de 6,1 mètres (20 pieds). Les tuyaux doivent avoir un diamètre extérieur identique à celui des tuyaux en fonte. Chaque longueur doit être soumise à une épreuve hydraulique à deux fois la classe de pression.

Raccords

Les systèmes de tuyauteries Bionax doivent comprendre les raccords moulés et préfabriqués Brute Bleue de IPEX.

Lubrifiant

Les tuyaux doivent être assemblés en utilisant un lubrifiant IPEX soluble dans l'eau, enregistré selon la norme NSF 61.

Code couleur :

Les tuyaux CIOD doivent avoir un code couleur bleu.

Assemblage

Le joint d'étanchéité doit être soigneusement mis en place dans la gorge de l'emboîture, lorsqu'il n'a pas déjà été installé en usine. L'emboîture et le bout uni doivent être propres et exempts de débris, avant de pouvoir appliquer un lubrifiant. Les tuyaux doivent être assemblés par insertion des bouts unis dans les emboîtures, jusqu'à la ligne (sur les bouts unis) indiquant la profondeur d'insertion. L'extrémité d'un tuyau coupé sur le chantier doit être d'équerre et chanfreinée à un angle de 15° et la ligne indiquant la profondeur d'insertion doit être tracée de nouveau, selon les directives du Guide d'installation des tuyauteries sous pression d'IPEX.

Dimensions des tuyaux sous pression Bionax en PVCO CIOD (D.E. fonte)

Diamètre		Classe de pression/pression nominale 165 psi à 73 °F (1 135 kPa à 23 °C)					
po	mm	DE moyen		Épaisseur mini de paroi		DI moyen	
		po	mm	po	mm	po	mm
14	350	15,3	389	0,4	8,8	14,6	370
16	400	17,4	442	0,4	10,0	16,6	421
18	450	19,5	495	0,4	11,3	18,5	471
20	500	21,6	549	0,5	12,5	20,6	523
24	600	25,8	655	0,6	14,9	24,5	623
30	750	32,0	813	0,7	18,4	30,4	773

Diamètre		Classe de pression/pression nominale 235 psi à 73 °F (1 620 kPa à 23 °C)					
po	mm	DE moyen		Épaisseur mini de paroi		DI moyen	
		po	mm	po	mm	po	mm
4	100	4,8	122	0,2	3,9	4,5	114
6	150	6,9	175	0,2	5,6	6,4	164
8	200	9,1	230	0,3	7,4	8,5	215
10	250	11,1	282	0,4	9,0	10,4	263
12	300	13,2	335	0,4	10,7	12,3	313
14	350	15,3	389	0,5	12,5	14,3	364
16	400	17,4	442	0,6	14,7	16,3	414
18	450	19,5	495	0,6	15,9	18,2	463
20	500	21,6	549	0,7	17,6	20,7	512
24	600	25,8	655	0,8	21,0	24,0	610
30	750	32,0	813	1,0	26,0	29,8	758

TUYAU BIONAX^{MD} EN PVCO BLANC

Cahier des charges abrégé

Généralités

Le tuyau Bionax blanc CIOD doit être certifié conforme à la norme AWWA C909 - « Tuyaux sous pression en polychlorure de vinyle à molécules orientées (PVCO) de 4 pouces et plus pour les réseaux d'eau potable, d'eaux usées et d'eau recyclée » et certifié conforme à la norme CSA B137.3.1 - « Tuyaux en polychlorure de vinyle à molécules orientées (PVCO) pour applications sous pression ». Le tuyau Bionax doit avoir une classe de pression (AWWA) ou une pression nominale (CSA) de 1 140 kPa (165 psi) ou 1 620 kPa (235 psi).

Matériau

Le tuyau en PVCO doit être fabriqué à partir d'un composé rigide de polychlorure de vinyle (PVC) répondant aux exigences de la classe de cellules 12454 de la norme ASTM D1784.

Les joints d'étanchéité doivent être conformes à la norme ASTM F477 pour les applications à haute pression.

Produit

Le tuyau en PVCO fini doit avoir une HDB de 48 950 kPa (7 100 psi). La longueur de pose du tuyau doit être de 20 pi (6,1 m). Le tuyau doit avoir un diamètre extérieur CIOD. Chaque tronçon de tuyau doit être testé à deux fois sa cote de pression.

Raccords

Les systèmes de tuyauterie Bionax doivent inclure des raccords Brute Bleue d'IPEX moulés et assemblés.

Code couleur

Le tuyau CIOD doit être de couleur blanche.

Ligne imprimée

La mention « SEWER PRESSURE/NON-POTABLE » doit être imprimée sur un tuyau Bionax blanc pour faciliter la différenciation par rapport à une conduite d'eau potable sous pression.

Assemblage

Le joint d'étanchéité doit être soigneusement mis en place dans la gorge de l'emboîture, lorsqu'il n'a pas déjà été installé en usine. L'emboîture et le bout uni doivent être propres et exempts de débris, avant de pouvoir appliquer un lubrifiant approuvé. Les tuyaux doivent être assemblés par insertion des bouts unis dans les emboîtures, jusqu'à la ligne (sur les bouts unis) indiquant la profondeur d'insertion. L'extrémité d'un tuyau coupé sur le chantier doit être d'équerre et chanfreinée à un angle de 10°. Dans ce cas, la ligne indiquant la profondeur d'insertion doit être tracée de nouveau, selon les directives du Guide d'installation des tuyauteries sous pression d'IPEX.

Dimensions des tuyaux Bionax CIOD en PVCO pour les conduites sous pression

Diamètre		Classe de pression/pression nominale 165 psi à 73 °F (1 135 kPa à 23 °C)					
		DE moyen		DE moyen		DI moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
16	400	17,4	442	0,4	10,0	16,8	421
18	450	19,5	495	0,4	11,3	18,5	471

Diamètre		Classe de pression/pression nominale 235 psi à 73 °F (1 620 kPa à 23 °C)					
		DE moyen		DE moyen		DI moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
6	150	6,9	175	0,2	5,6	6,4	164
8	200	9,1	230	0,3	7,34	8,5	215
10	250	11,1	282	0,4	9,0	10,4	263
12	300	13,2	335	0,4	10,7	12,3	313
14	350	15,3	389	0,5	12,5	14,3	364
16	400	17,4	442	0,6	14,7	16,3	414
18	450	19,5	495	0,6	15,9	18,2	463

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES IPEX CENTURION^{MD}

Les tuyaux IPEX Centurion permettent de bénéficier des avantages des tuyaux Brute Bleue dans de plus grands diamètres et pour de nouvelles applications. La polyvalence et la facilité d'installation des tuyaux IPEX Centurion restent inégalées – il n'est plus nécessaire d'installer de dispositifs de protection contre la corrosion coûteux et difficiles à mettre en œuvre. De plus, contrairement aux tuyauteries sous pression en PEHD ou en béton, chaque longueur de tuyau IPEX Centurion est soumise à un essai sous une pression de deux fois sa pression nominale.



Applications :

Conduites d'adduction d'eau, conduites principales sous pression.

Irrigation, conduites à écoulement par gravité, conduites industrielles.

Normes :

AWWA C900, CSA B137.3, BNQ 3624-250, NSF 61

Factory Mutual FM 1612 :

Les tuyaux de DR18 sont approuvés FM jusqu'à 24 po (diamètre de 600 mm)

Underwriter's Laboratories UL 1285 :

Les tuyaux de DR18 sont enregistrés jusqu'à 24 po (diamètre de 600 mm)

Les tuyaux de DR25 sont enregistrés jusqu'à 30 po (diamètre de 750 mm)



SYSTÈMES DE TUYAUTERIES IPEX CENTURION^{MD}

Cahier des charges abrégé

Généralités

Les tuyaux doivent être conformes aux exigences de la norme AWWA C900 et certifiés selon la norme CSA B137.3, intitulée « Rigid polyvinyl chloride (PVC) pipe for pressure applications. ». Les pressions nominales/classes de pression des tuyaux de DR51, 41, 32,5, 26, 25, 18 et 14 doivent être les suivantes : 550 kPa (80 psi), 690 kPa (100 psi), 860 kPa (125 psi), 1 140 kPa (165 psi), 1 620 kPa (235 psi) et 2 100 kPa (305 psi). Pour une installation sous pression, chaque longueur de tuyau doit être soumise à une épreuve hydraulique à deux fois la pression nominale et un essai de résistance à la pression à court terme doit être réalisé une fois par lot de production. Les tuyaux doivent être des produits IPEX Centurion ou des produits équivalents.

Raccords préfabriqués

Les raccords préfabriqués doivent être constitués de sections de tuyaux en AWWA C900 assemblés par fusion en bout ou par collage. Certains raccords sont enveloppés de polyester armé de fibres de verre. The fittings must always meet or exceed the pressure/class rating of the pipe system.

Pressions nominales

Les tuyaux IPEX Centurion peuvent résister à une pression à court terme extrêmement élevée, ainsi qu'à une pression à long terme d'un niveau moindre. La norme AWWA C900 indique d'ailleurs les pressions nominales à long terme (LTR) et les pressions nominales à court terme (STR).

DR	Pression nominale à court terme		Pression nominale à long terme	
	psi	kPa	psi	kPa
51	128	880	80	550
41	160	100	100	690
32,5	200	1 380	125	860
25	264	1 820	165	1 140
18	376	2 590	235	1 620
14	488	3 370	305	2 100

Surpressions

Des transitoires de pression se produisent dans les conduites, suite à un changement de la vitesse d'écoulement du fluide en un temps relativement court. Une méthode de calcul approximatif d'une surpression figure dans la section 2. Cependant, ne pas oublier que pour la plupart des conduites de grand diamètre, une analyse formelle des transitoires de pression doit être effectuée par une personne qualifiée, afin de bien comprendre les effets de ces transitoires dans un système. La méthode présentée dans la section 2 suffit cependant largement aux calculs préliminaires.

Le tableau ci-dessous indique la surpression générée, suite à l'arrêt instantané de l'écoulement d'un fluide se déplaçant à une vitesse de 0,3 m/s (1 pi/s).

DR	Surpression	
	psi	kPa
51	10,8	75
41	11,4	79
32,5	12,8	88
25	14,7	101
18	17,4	120
14	19,8	137
Bionax (PC235)	14,1	97

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES IPEX CENTURION^{MD}

Utilisation des produits IPEX Centurion dans une installation à écoulement par gravité

Les tuyaux IPEX Centurion, dont les joints sont conçus pour résister à une pression et sont fabriqués pour résister à la corrosion, constituent un choix naturel pour les conduites à écoulement par gravité. Lors de la conception d'une installation flexible, un calcul de fléchissement d'anneau circulaire (représentatif de la conduite) doit être effectué en tenant compte des conditions de charge qui s'appliquent au projet. Le tableau ci-dessous indique le fléchissement d'un anneau circulaire pour différentes valeurs de DR (rapport de dimension standard), en fonction de la profondeur d'installation et de la surcharge routière H₂O. Pour de plus amples informations sur le calcul de fléchissement d'un anneau circulaire, dans le cas d'une tuyauterie en PVC, se reporter au Manuel de conception des tuyauteries d'égout IPEX.

1. Les valeurs de déflexion indiquées comprennent une charge permanente et une surcharge routière H₂O.
2. La charge extérieure est basée sur la charge due à un prisme de sol d'une masse volumique de 120 lb/pi³ (1 900 kg/m³).
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. Les valeurs du fléchissement correspondant à des tuyaux DR18 et DR 14 ne sont pas indiquées, car elles sont négligeables dans la plupart des cas.
6. Le fléchissement maximal recommandé est de 7,5 %. Contacter IPEX pour une installation dans laquelle le fléchissement pourrait dépasser ces valeurs.
7. n/r - non recommandé pour une surcharge routière H₂O (mais bon pour une charge permanente).

Tableau 1 – Fléchissement en % des tuyaux sous pression IPEX Centurion

MATÉRIAUX DE REMBLAYAGE ASTM CLASSIFICATION	DENSITÉ (PROCTOR) AASHO T-99	E' psi (kPa)	DR	PROFONDEUR DE COUVERTURE															
				pi m	1 0,3	2 0,6	4 1,2	6 1,8	8 2,4	10 3,0	15 4,6	20 6,1	25 7,6	30 9,1	35 10,7	40 12,2	45 13,7	50 15,2	
Gravier concassé	CLASS I	90 %	3 000 (20 700)	51	n/r	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	
				41	n/r	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	
				32,5	0,7	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	
				25	0,7	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	
Sable et gravier propres	CLASS II	90 %	2 000 (13 000)	51	n/r	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	
				41	n/r	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	
				32,5	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2		
				25	1,0	0,7	0,4	0,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9		
	CLASS III	80 %	1 000 (7 000)	51	n/r	1,5	1,0	1,1	1,1	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6	
				41	n/r	1,4	1,0	1,0	1,1	1,3	1,9	2,6	3,2	3,8	4,5	5,1	5,8	6,4	
				32,5	2,0	1,3	0,9	1,0	1,0	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	
				25	1,7	1,1	0,8	0,8	0,9	1,0	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,2	4,7	5,2	
Sable et gravier avec particules fines	CLASS III	90 %	1 000 (7 000)	51	n/r	1,5	1,0	1,1	1,1	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6	
				41	n/r	1,4	1,0	1,0	1,1	1,3	1,9	2,6	3,2	3,8	4,5	5,1	5,8	6,4	
				32,5	2,0	1,3	0,9	1,0	1,0	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	
				25	1,7	1,1	0,8	0,8	0,9	1,0	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,2	4,7	5,2	
	CLASS III	85 %	500 (3 500)	51	n/r	n/r	1,9	2,0	2,2	2,6	3,8	5,1	6,4	7,7	8,9	10,2	11,5	12,8	
				41	n/r	n/r	1,8	1,9	2,1	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0	
				32,5	n/r	2,4	1,6	1,7	1,8	2,1	3,2	4,3	5,3	6,4	7,5	8,5	9,6	10,7	
				25	n/r	1,9	1,3	1,3	1,4	1,7	2,5	3,3	4,2	5,0	5,9	6,7	7,5	8,4	
CLASS IV	85 %	400 (2 760)	51	n/r	n/r	2,4	2,5	2,7	3,1	4,7	6,3	7,9	9,4	11,0	12,6	14,1	15,7		
			41	n/r	n/r	2,2	2,3	2,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,8	10,2	11,7	13,1	14,6		
			32,5	n/r	2,8	1,9	2,0	2,2	2,5	3,8	5,1	6,3	7,6	8,9	10,1	11,4	12,7		
			25	n/r	2,1	1,4	1,5	1,6	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5		

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES IPEX CENTURION^{MD}

Dimensions

Les tuyaux IPEX Centurion sont fabriqués à un diamètre extérieur identique à celui des tuyaux en fonte (CIOD), de sorte qu'ils sont compatibles avec la plupart des tuyaux en fonte faisant partie des infrastructures plus anciennes. De plus, les tuyaux IPEX Centurion se coupent au chantier, ce qui permet de réaliser rapidement des changements imprévus directement sur place, sans avoir à attendre d'autres dessins d'atelier.

Les raccords IPEX sont fabriqués à partir de sections de tuyaux en AWWA C900 assemblés par fusion en bout ou par collage. Certains raccords sont enveloppés d'une couche de matière plastique renforcée de fibres de verre (FRP). Bien que les produits IPEX Centurion soient compatibles avec les raccords en fonte, IPEX recommande d'utiliser exclusivement des raccords IPEX Centurion avec les tuyaux IPEX Centurion.

		PR/PC 80 (SDR51)						PR/PC 100 (SDR41)						PR/PC 125 (SDR32.5)					
Diamètre		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
14	350	-	-	-	-	15,3	388,6	14,6	369,7	0,37	9,5	15,3	388,6	-	-	-	-	-	-
16	400	16,7	423,7	0,36	9,19	17,4	442,0	16,6	420,4	0,43	10,8	17,4	442,0	-	-	-	-	-	-
18	450	18,7	475,9	0,38	9,71	19,5	495,3	18,5	471,1	0,48	12,1	19,5	495,3	-	-	-	-	-	-
20	500	20,8	527,0	0,42	10,80	21,6	548,6	20,5	521,8	0,53	13,4	21,6	548,6	-	-	-	-	-	-
24	600	24,8	629,6	0,50	12,90	25,8	655,3	24,5	623,3	0,63	16,0	25,8	655,3	24,2	615,0	0,80	20,2	25,8	655,3
30	750	30,7	780,9	0,63	15,93	32,0	812,8	30,4	773,2	0,78	19,8	32,0	812,8	30,0	762,8	0,98	25,0	32,0	812,8
36	900	36,8	934,7	0,75	19,10	38,3	972,8	36,4	925,3	0,93	23,7	38,3	972,8	35,9	912,9	1,18	29,9	38,3	972,8
42	1050	42,6	1082,8	0,87	22,20	44,5	1130,3	42,2	1071,4	1,09	27,5	44,5	1130,3	41,6	1056,6	1,37	34,8	44,5	1130,3
48	1200	48,7	1236,2	1,00	25,30	50,8	1290,3	48,2	1223,0	1,24	31,5	50,8	1290,3	47,4	1211,1	1,56	39,6	50,8	1290,3
54	1350	55,3	1404,6	1,13	28,7	57,6	1462,0	54,8	1391,9	1,40	35,7	57,6	1462,0	54,1	1374,1	1,77	45,0	57,6	1462,0
60	1500	59,2	1503,2	1,21	30,7	61,6	1564,9	58,6	1488,4	1,50	38,1	61,6	1564,9	-	-	-	-	-	-

		PR/PC 165 (DR25)						PR/PC 235 (DR18)						PR/PC 305 (DR14)					
Diamètre		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
14	350	14,1	357,5	0,61	15,60	15,3	388,6	13,6	345,4	0,85	21,6	15,3	388,6	13,1	333,0	1,09	27,8	15,3	388,6
16	400	16,0	406,6	0,70	17,70	17,4	442,0	15,5	392,9	0,97	24,6	17,4	442,0	14,9	378,8	1,24	31,6	17,4	442,0
18	450	17,9	455,7	0,78	19,81	19,5	495,3	17,3	440,3	1,08	27,5	19,5	495,3	-	-	-	-	-	-
20	500	19,9	504,7	0,86	22,00	21,6	548,6	19,2	487,6	1,20	30,5	21,6	548,6	-	-	-	-	-	-
24	600	23,7	602,9	1,03	26,21	25,8	655,3	22,9	582,5	1,43	36,4	25,8	655,3	-	-	-	-	-	-
30	750	29,4	747,8	1,28	32,51	32,0	812,8	28,4	722,4	1,78	45,2	32,0	812,8	-	-	-	-	-	-
36	900	35,2	895,0	1,53	38,91	38,3	972,8	34,0*	863,6*	2,13*	54,1*	38,3*	972,8*	-	-	-	-	-	-
42	1050	40,9*	1039,9*	1,78*	45,2*	44,5*	1130,3*	39,6*	1004,8*	2,47*	62,8*	44,5*	1130,3*	-	-	-	-	-	-
48	1200	46,7*	1187,2*	2,03*	51,6*	50,8	1290,3*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	1350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* bientôt offert

Note : PR = pression nominale; PC = classe de pression.

TUYAUX EN PVC FUSIONNÉ^{MC} IPEX POUR LES INSTALLATIONS SANS TRANCHÉE

En mettant à profit à la fois les propriétés mécaniques du PVC et un procédé de fusion en bout breveté, IPEX offre maintenant la seule méthode d'installation d'un système de tuyauterie en PVC continu, monolithique et totalement retenu. Utilisables dans diverses installations sans tranchée ou par enfouissement direct conventionnel, les systèmes de tuyauteries en PVC fusionné^{MC} ont déjà été installés dans de nombreux endroits aux États-Unis, au Canada et au Mexique, pour une utilisation sous pression et sans pression dans les industries se rapportant à l'adduction d'eau et aux réseaux d'égout.

Les tuyaux Brute fusionnée^{MC} (CIOD) et Série SDR en PVC fusionné^{MC} (IPS) sont offerts dans les diamètres de 4 po (100 mm) à 750 mm (30 po), des diamètres supérieurs étant en cours de développement. Une formulation exclusive du PVC, un procédé de fusion breveté, ainsi que notre programme d'octroi de licences et de formation, rendent possible une fusion homogène et fiable des tuyaux en PVC fusionné Brute et de la série SDR en PVC fusionné, afin de créer des systèmes de tuyauteries d'une résistance inégalée.



Applications :

Conduites principales d'adduction d'eau, égouts sanitaires, eau de procédé et eau brute, eau régénérée et conduites d'évacuation des eaux pluviales

Installations :

- Tubage
- Éclatement de tuyauteries
- Enfouissement direct
- Forage directionnel horizontal

Normes :

AWWA C900, CSA B137.3, NSF 61 et ASTM, classification numéro 12454.

Les produits IPEX Brute Fusionnée^{MC} et Série SDR en PVC Fusionné^{MC} sont certifiés selon la norme CSA B137.3.

Les produits IPEX Brute Fusionnée^{MC} sont conformes la norme AWWA C900.

Les produits IPEX Brute Fusionnée^{MC} et Série SDR en PVC Fusionné^{MC} portent la marque NSF 61 pour une utilisation sur de l'eau potable.



TUYAUX EN PVC FUSIONNÉ^{MC} IPEX POUR LES INSTALLATIONS SANS TRANCHÉE

Cahier des charges abrégé

Tuyaux en PVC Fusionné

Les tuyaux IPEX utilisés dans les assemblages par fusion sont certifiés selon les normes CSA B137.3 et NSF61 et satisfont aux exigences la norme AWWA C900. Les essais sur tous les types de tuyaux doivent être conformes aux normes CSA B137.3 et AWWA.

Exigences concernant le Technicien en Fusion

L'entrepreneur chargé de la fusion du PVC doit être identifié dans les documents de soumission et le technicien en fusion doit être qualifié par IPEX pour l'assemblage de tuyaux en PVC fusionné du type et du diamètre utilisés. La qualification doit être en vigueur à la date effective de la soumission et de l'assemblage par fusion sur le projet.

Rayon de cintrage minimal

Les rayons de cintrage minimaux sont indépendants du DR.

Le calcul du rayon de cintrage est effectué en supposant l'installation d'un raccord ou d'une bride sur le coude. Le rayon de cintrage du PVC comporte une marge de sécurité de 2.5 [« Uni-Bell Handbook of PVC Pipe », 4ème édition, équation 8.6].

Diamètre de tuyauterie		Rayon de cintrage	
pouces	mm	pi	m
4	100	328	31
6	150	492	43
8	200	656	58
10	250	820	70
12	300	984	84
14	350	1148	97
16	400	1312	110

Pression critique de flambage et pression d'injection de coulis

- Entraînent une déformation de la tuyauterie sous l'effet d'une pression extérieure
- Paramètres importants à considérer lors du remblayage et de la pose de coulis
- Pression maximale recommandée :

DR	Pression critique de flambage	Pression d'injection de coulis
	psi	psi
14	426	213
18	190	85
25	67	33,5
32,5	27	13,5
41	14,6	7,3
51	7,4	3,7

Effet de la température

Température		Facteur de correction de pression nominale	Facteur de correction d'effort de traction	Facteur de correction de module d'élasticité (rayon de cintrage)
°F	°C	%	%	%
73,4	23	100	100	100
80	26,7	88	95	98
90	32,2	75	87	94
100	37,8	62	78	88
120	48,9	40	63	78
140	60	22	58	70

La pression critique de flambage se calcule en utilisant un module d'élasticité à long terme (400 000 psi pour le PVC) et le coefficient de Poisson publié [« Uni-Bell Handbook of PVC Pipe », 4ème édition, équation 7.13]. Le calcul d'une pression critique de flambage ne comporte aucune marge de sécurité.

Note : Ces pressions maximales sont établies en considérant que la température dans la paroi de la tuyauterie ne dépasse pas 23 °C (73 °F).

Réduire les pressions maximales d'injection de coulis lorsque la température dans la paroi de tuyauterie augmente.

Se reporter au Guide d'installation des tuyauteries sous pression IPEX pour plus de détails.

TUYAUX EN PVC FUSIONNÉ^{MC} IPEX POUR LES INSTALLATIONS SANS TRANCHÉE

Données sur les tuyaux Brute fusionnée IPEX CIOD

Diamètre nominal		DR	DE moyen	Épaisseur mini de paroi	DI moyen	Force de traction sécuritaire	Pression nominale	Pression critique de flambage	Rayon de cintrage minimal admissible
(po)	(mm)								
4	100	14	122,0	8,7	104,0	13 877	305	426	30,5
6	150	14	175,0	12,5	149,0	28 736	305	426	43,7
8	200	14	230,0	16,4	198,0	46 720	305	426	57,5
10	250	14	282,0	20,1	242,0	71 499	305	426	70,4
12	300	14	335,0	24,0	287,0	101 846	305	426	83,7
4	100	18	122,0	6,8	108,0	10 984	235	190	30,5
6	150	18	175,0	9,7	155,0	22 514	235	190	43,7
8	200	18	230,0	12,8	204,0	38 492	235	190	57,5
10	250	18	282,0	15,7	250,0	58 073	235	190	70,4
12	300	18	335,0	18,6	297,0	81 924	235	190	83,7
14	350	18	388,6	21,6	345,4	108 166	235	190	97,1
16	400	18	442,0	24,6	392,9	139 838	235	190	110,4
18	450	18	495,3	27,5	440,3	175 535	235	190	123,7
20	500	18	548,6	30,5	487,6	215 617	235	190	137,1
24	600	18	655,3	36,4	582,5	307 392	235	190	163,7
4	100	25	122,0	4,9	112,0	7 982	165	67	30,5
6	150	25	175,0	7,0	161,0	15 518	165	67	43,7
8	200	25	230,0	9,2	212,0	26 616	165	67	57,5
10	250	25	282,0	11,3	260,0	40 438	165	67	70,4
12	300	25	335,0	13,4	309,0	57 247	165	67	83,7
14	350	25	388,6	15,6	357,5	77 491	165	67	97,1
16	400	25	442,0	17,7	406,6	99 719	165	67	110,4
18	450	25	495,3	19,8	455,7	125 284	165	67	123,7
20	500	25	548,6	22,0	504,7	153 768	165	67	137,1
24	600	25	655,3	26,2	602,9	218 545	165	67	163,7
30	750	25	812,8	32,5	747,8	335 507	165	67	203,1
36	900	25	972,8	38,9	895,0	480 557	165	67	243,0
20	500	32,5	548,6	16,9	512,8	118 256	125	30	137,1
24	600	32,5	655,3	20,2	615,0	168 551	125	30	163,7

TUYAUX EN PVC FUSIONNÉ^{MC} IPEX POUR LES INSTALLATIONS SANS TRANCHÉE

Données sur les tuyaux Série SDR en PVC fusionné IPEX IPS

Diamètre nominal		DR	DE moyen	Épaisseur mini de paroi	DI moyen	Force de traction sécuritaire	Pression nominale	Pression critique de flambage	Rayon de cintrage minimal admissible
(po)	(mm)								
4	100	21	114,3	5,44	102,8	7 783	200	117	28,6
6	150	21	168,3	8,02	151,3	16 931	200	117	42,0
8	200	21	219,1	10,40	197,0	28 612	200	117	54,7
10	250	21	273,1	13,00	245,5	44 887	200	117	68,2
12	300	21	323,9	15,40	291,3	63 280	200	117	80,9
14	350	21	355,6	16,90	319,8	76 343	200	117	88,8
16	400	21	406,4	19,40	365,3	99 895	200	117	101,5
18	450	21	457,2	21,80	411,0	126 646	200	117	114,2
20	500	21	508,0	24,20	456,7	155 897	200	117	126,9
24	600	21	609,6	29,00	548,1	223 407	200	117	152,3
4	100	26	114,3	4,37	105,0	6 255	160	60	28,6
6	150	26	168,3	6,48	154,6	13 694	160	60	42,0
8	200	26	219,1	8,41	201,2	23 166	160	60	54,7
10	250	26	273,1	10,50	250,8	36 328	160	60	68,2
12	300	26	323,9	12,40	297,6	51 146	160	60	80,9
14	350	26	355,6	13,70	326,6	62 091	160	60	88,8
16	400	26	406,4	15,60	373,3	80 612	160	60	101,5
18	450	26	457,2	17,60	419,9	102 675	160	60	114,2
20	500	26	508,0	19,60	466,5	126 725	160	60	126,9
24	600	26	609,6	23,50	559,8	181 538	160	60	152,3

Notes :

- 1 La contrainte en traction sécuritaire de 7 000 psi pour le PVC est basée sur la valeur de 7 000-8 000 psi publiée pour la résistance à la traction à court terme et une marge de sécurité de 2,5 [« Handbook of PVC Pipe », 4ème édition].
- 2 La force de tirage sécuritaire pour le PVC est basée sur l'épaisseur minimale de paroi et la contrainte en traction sécuritaire calculées selon la note 1.
- 3 La pression critique de flambage se calcule en utilisant un module d'élasticité à long terme (400 000 psi pour le PVC) et le coefficient de Poisson publié [« Uni-Bell Handbook of PVC Pipe », 4ème édition, équation 7.13]. Le calcul d'une pression critique de flambage ne comporte aucune marge de sécurité.
- 4 Les pressions nominales sont conformes aux normes AWWA C900, AWWA C900 à 73 °F.
- 5 Le calcul du rayon de cintrage est effectué en supposant l'installation d'un raccord ou d'une bride sur le coude. Le rayon de cintrage du PVC comporte une marge de sécurité de 2.5 [« Uni-Bell Handbook of PVC Pipe », 4ème édition, équation 8.6].

TUYAUX TERRABRUTE^{MD} CR À JOINT RETENU

Les tuyaux TerraBrute CR, conformes à la norme AWWA C900 ont été modifiés et conçus spécialement pour une installation sans tranchée, au moyen de techniques comme le forage directionnel horizontal (FDH) ou le remplacement de tuyauteries par la technique d'éclatement. Dotés d'un système innovateur d'anneaux et de goupilles, les tuyaux TerraBrute CR résistent à des efforts de traction plus élevés que tout autre système de tuyauterie en matière plastique retenu mécaniquement, tout en ayant la capacité de fléchir et de dévier dans un trou de forage.

En plus des installations sans tranchée, les joints polyvalents TerraBrute CR conviennent parfaitement aux installations aériennes comme les traversées de ponts, pour lesquelles l'écart entre les températures extrêmes peut être très grand. Grâce à la gorge de grande largeur prévue dans chaque joint TerraBrute CR, chaque tuyau peut se dilater et se contracter, sans avoir recours à des joints de dilatation coûteux et exigeants en entretien, comme c'est le cas sur d'autres systèmes de tuyauteries.

L'une des autres caractéristiques essentielles d'un joint TerraBrute CR est qu'il permet une rotation des tuyaux sans les endommager. Cette caractéristique peut être très utile dans les zones sismiques, dans lesquelles les systèmes de tuyauteries sont soumis à de nombreuses contraintes imposées par le sol en cas de tremblement de terre.

Pressions extérieures

On utilise des fluides de forage dans des sols de nature très variable, à la fois pour maintenir ouvert le trou de forage et pour évacuer les déblais. Comme ce fluide de forage est sous pression, il est important qu'un joint de tuyauterie puisse résister à la pression extérieure ainsi créée, sans laisser entrer de fluide dans la tuyauterie. IPEX a réalisé des essais sur des joints déviés au maximum, à une pression extérieure largement supérieure à 100 psi, sans qu'il y ait eu de fuite.

Applications :

FDH, remplacement de tuyauteries par la technique d'éclatement, traversées de ponts, zones sismiques, installations avec fourreaux et pentes raides.

Normes

AWWA C900

Les tuyaux TerraBrute CR sont fabriqués selon les exigences de la norme AWWA C900. Cependant, une fois que le bout uni a été rainuré, les dimensions ne correspondent plus à celles publiées dans la norme C900. À cause de cette petite différence dans les dimensions, les tuyaux, une fois rainurés, ne sont plus strictement conformes à la norme C900. Il est toutefois important de noter que les tuyaux TerraBrute CR sont soumis au même programme d'essai sous pression que les tuyaux Brute Bleue (C900) d'IPEX.

CSA B137.3

Les tuyaux TerraBrute CR sont certifiés selon la norme **CSA B137.3**.

NSF 61

BNQ 3624-250*

BNQ 3660-950*

* Pour les normes du BNQ, les dimensions, les cotes de pression et les installations de fabrication ne sont pas toutes incluses dans les certifications.



TUYAUX TERRABRUTE^{MD} CR À JOINT RETENU

Cahier des charges abrégé

Les tuyaux en PVC utilisés pour les installations par forage directionnel horizontal (FDH) ou une autre méthode d'installation sans tranchée devront être fabriqués à un diamètre extérieur identique à celui des tuyaux de fonte (CIOD) et dans une matière première satisfaisant aux exigences de la norme AWWA C900, dans les diamètres de 100 mm à 600 mm (4 po à 24 po). Les tuyaux doivent satisfaire aux exigences AWWA C900, CSA B137.3, AWWA C900, NSF 61, BNQ 3624-250* et BNQ 3660-950*.

L'effort de traction maximal admissible doit être égal à la résistance à la traction maximale du système de tuyauterie, divisée par un facteur de sécurité de 2, comme l'indique le tableau ci-contre.

Les tuyaux doivent être fabriqués avec une emboîture incorporée et doivent être munis de joints d'étanchéité amovibles, afin de pouvoir installer des joints d'étanchéité résistant à l'huile (nitrile) dans les sols contaminés.

* Pour les normes du BNQ, les dimensions, les cotes de pression et les installations de fabrication ne sont pas toutes incluses dans les certifications.

Diamètre nominal		Effort de traction maximal admissible	
mm	po	kN	lbf
100	4	50	11 200
150	6	110	24 700
200	8	115	25 800
250	10	187	42 100
300	12	275	61 800
350	14	356	80 000
400	16	445	100 000
450	18	578	130 000
500	20	712	160 000
600	24	867	195 000

Dimensions

Les dimensions des tuyaux TerraBrute CR sont pratiquement identiques à celles des tuyaux Brute Bleue. Ils ont une longueur de pose légèrement inférieure, à cause de l'emboîture allongée, ainsi que de la rainure taillée dans le bout uni des tuyaux.

Une dimension essentielle à retenir lors de la préparation d'un forage est le diamètre extérieur maximal absolu. Le tableau ci-dessous indique le diamètre extérieur maximal pour chaque diamètre nominal de tuyau.

Du fait que l'emboîture est allongée, les tuyaux TerraBrute CR ont une longueur de pose légèrement inférieure à celle des tuyaux standards Brute Bleue :

Code de produit	Diamètre nominal		Classe de pression/ Pression nominale (marge de sécurité de 2:1) psi	Diamètre extérieur max. (DE emboîture)		Diamètre intérieur moyen		Longueur de pose	
	po	mm		po	mm	po	mm	pi/pouces	m
070258	4	100	305	6,49	165	4,09	104	19 pi 10 po	6,04
070259	6	150	305	9,06	230	5,87	149	19 pi 9 po	6,01
070260	8	200	235	11,33	288	8,03	204	19 pi 9 po	6,01
070261	10	250	235	14,00	355	9,84	250	19 pi 9 po	6,01
070262	12	300	235	16,36	416	11,69	297	19 pi 9 po	6,01
070270	14	350	235	19,20	488	13,50	343	19 pi 8 po	5,99
070271	16	400	235	21,60	549	15,35	390	19 pi 8 po	5,99
070272	18	450	235	24,10	612	16,66	423	19 pi 8 po	5,99
070273	20	500	235	26,80	681	18,46	469	19 pi 8 po	5,99
070274	24	600	235	31,70	805	22,02	559	19 pi 8 po	5,99

TUYAUX TERRABRUTE^{MD} CR À JOINT RETENU

Efforts de traction

L'amplitude des efforts de traction exercés sur un tronçon de tuyauterie (tuyaux raccordés) lors d'une installation par « tirage en place » dépend d'un certain nombre de facteurs :

- la longueur de tirage
- le diamètre de la tuyauterie
- le type de sol
- le choix du fluide de forage.

Les tuyaux TerraBrute CR ont été conçus pour résister à des efforts de traction extrêmement élevés, pour un comportement acceptable, même dans les pires conditions. Du fait que, dans la plupart des projets, on n'utilise qu'une fraction de la résistance à la traction des tuyaux TerraBrute CR, la résistance en réserve sert en quelque sorte de « police d'assurance » en cas d'imprévu.

La résistance à la traction maximale des tuyaux TerraBrute CR, vérifiée au moyen d'essais en laboratoire, se calcule par une méthode semi-empirique mise au point par des chercheurs de l'University of Western Ontario (UWO). Le tableau suivant indique la résistance à la traction maximale du produit (aucun facteur de sécurité), ainsi que l'effort de traction maximal recommandé (facteur de sécurité de 2:1).

Diamètre nominal		Limite recommandée pour l'effort de traction		Déflexion au joint admissible	Rayon minimal admissible	
po	mm	kN	lbf	degrés	mètres	pieds
4	100	50	11 200	14,2	24,1	79,0
6	150	110	24 700	12,5	27,5	90,2
8	200	115	25 800	10,5	32,9	107,9
10	250	187	42 100	7,5	46,3	151,9
12	300	275	61 800	7,1	49,0	160,5
14	350	356	80 000	3,5	99,7	326,9
16	400	445	100 000	3	116,4	381,5
18	450	578	130 000	2,5	139,7	457,9
20	500	712	160 000	2	174,7	572,5
24	600	867	195 000	1	349,5	1145,4

Efforts de flexion

Le PVC est un matériau de tuyauterie beaucoup plus raide que l'autre matériau le plus couramment utilisé pour le FDH et autres techniques d'installation sans tranchée : le PEHD. C'est pourquoi certains concepteurs se sont parfois demandé si le PVC n'était pas trop rigide pour une installation par de telles méthodes. En fait, la raideur et la flexibilité sont deux propriétés différentes. En effet, un matériau peut avoir une grande raideur et une grande résistance, tout en demeurant parfaitement flexible.

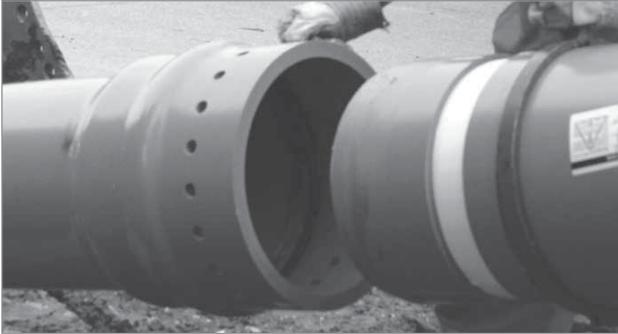


TUYAUX TERRABRUTE^{MD} CR À JOINT RETENU

Assemblage d'un joint

1

Lubrifier et assembler le joint comme pour des tuyaux standards en PVC.



2

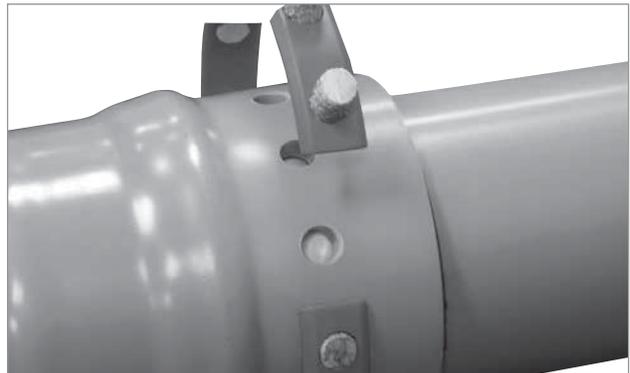
Enfoncer le bout uni jusqu'au repère d'insertion, en alignant l'anneau interne et les trous de goupilles.



3

Aligner les goupilles sur le demi-anneau extérieur avec les orifices dans l'emboîture, de sorte que le demi-anneau recouvre le côté gauche ou le côté droit du tuyau.

**** PORTER OBLIGATOIREMENT DES LUNETTES DE SÉCURITÉ DURANT L'INSTALLATION.**



4

En travaillant sur un anneau à la fois, positionner ce dernier sur les trous de goupilles et frapper sur les goupilles jusqu'à ce qu'elles arrivent au fond de la rainure intérieure.

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}

Les Systèmes de Tuyauteries de Type Série ont été spécialement conçus pour les installations soumises à des variations de pression cycliques (augmentations et diminutions répétées) comme, par exemple, les conduites principales d'égout, les systèmes d'irrigation et autres applications semblables. Dans un Systèmes de Tuyauteries de Type Série, l'un des points les plus importants à connaître, c'est que les raccords sont fabriqués à partir d'un composé de PVC ayant la même contrainte hydrostatique de référence (HDB) que les tuyaux. La plupart des raccords en PVC concurrents sont fabriqués à partir d'un composé dont la contrainte HDB est nettement plus faible, ce qui peut nuire aux performances du système. Toujours spécifier un ensemble complet de tuyaux et raccords provenant du même fabricant, afin d'assurer une compatibilité parfaite.



Applications :

D'égout sous pression, irrigation.
Adduction d'eau rurale, distribution d'eau et conduites principales.

Normes

Tuyaux Systèmes de Tuyauteries de Type Série

CSA B137.3 – tuyaux en chlorure de polyvinyle (PVC) rigide pour installations sous pression

ASTM D2241 – Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe (SDR-PR) PVC, ASTM D2241.

Enregistrés **NSF-61-G** pour l'eau potable

BNQ 3660-950



Raccords Systèmes de Tuyauteries de Type Série

Certifiés selon **CSA B137.2**.



Pressions nominales

Les tuyaux Systèmes de Tuyauteries de Type Série sont offerts en pressions nominales à long terme, de 100 à 200 psi.

Pour plus d'informations sur le calcul de ces pressions nominales, se reporter à la section 3.

SDR	Pression nominale à long terme (LTR)		Pression nominale à court terme (STR)	
	psi	kPa	psi	kPa
41	100	690	160	1 100
32,5	125	860	200	1 380
26	160	1 100	256	1 770
21	200	1 380	320	2 210



SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}

Cahier des charges abrégé

Tuyaux

Les tuyaux en PVC IPSOD doivent être fabriqués à partir d'un composé de PVC portant le numéro de classification 12454 selon ASTM D1784. Les tuyaux en PVC doivent avoir une contrainte hydrostatique de référence (HDB) minimale de 4 000 psi et une contrainte HDB à court terme de 6400 psi. Les tuyaux devront être certifiés selon CSA B137.

Raccords

Les raccords en PVC moulé par injection doivent être fabriqués à partir d'un composé de PVC présentant une contrainte hydrostatique de référence (HDB) de 4 000 psi et avoir une cote de pression de 200 psi.

Les raccords préfabriqués devront être constitués par des sections de tuyaux certifiés selon CSA B137.3 et devront également être certifiés selon la norme CSA B137.3.

Les tuyaux et raccords doivent être enregistrés selon NSF61 et porter un code couleur blanc.

Dimensions

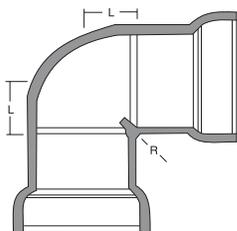
Les tuyaux et raccords Systèmes de Tuyauteries de Type Série sont fabriqués selon un diamètre extérieur IPS (Iron Pipe Size) (IPSOD). Ce diamètre extérieur correspond à celui des tuyaux définis par un schedule (Sch. 40 et 80), ainsi qu'à celui des tuyaux d'acier.

Diamètre		Série 100 (SDR41)						Série 125 (SDR32.5)					
		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
4	100	4,28	108	0,11	2,78	4,50	114	4,21	107	0,14	3,50	4,50	114
6	150	6,28	160	0,16	4,12	6,63	168	6,19	157	0,20	5,18	6,63	168
8	200	8,18	208	0,21	5,32	8,62	219	8,06	205	0,27	6,72	8,62	219
10	250	10,19	259	0,26	6,66	10,75	273	10,05	255	0,33	8,40	10,75	273
12	300	12,09	307	0,31	7,90	12,75	324	11,92	303	0,39	9,96	12,75	324
14	350	13,28	337	0,34	8,66	14,00	356	13,09	333	0,43	10,9	14,00	356
16	400	15,17	385	0,39	9,90	16,00	406	14,96	380	0,49	12,5	16,00	406
18	450	17,07	434	0,44	11,1	18,00	457	16,82	427	0,56	14,1	18,00	457
20	500	18,99	482	0,49	12,4	20,00	508	18,70	475	0,61	15,6	20,00	508
24	600	22,76	578	0,59	14,9	24,00	610	22,43	570	0,74	18,8	24,00	610

Diamètre		Series 160 (SDR26)						Series 200 (SDR21)					
		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
1-1/2	40	1,73	44,0	0,08	2,02	1,90	48,3	1,71	43,0	0,09	2,28	1,90	48,3
2	50	2,18	55,5	0,09	2,30	2,38	60,4	2,14	54,0	0,11	2,86	2,38	60,4
2-1/2	65	2,64	67,1	0,11	2,78	2,87	73,0	2,58	66,0	0,14	3,48	2,87	73,0
3	75	3,22	81,7	0,14	3,42	3,50	88,9	3,15	80,0	0,17	4,24	3,50	88,9
4	100	4,13	105	0,17	4,38	4,50	114	4,05	103	0,21	5,44	4,50	114
6	150	6,09	155	0,26	6,48	6,63	168	5,96	151	0,32	8,02	6,63	168
8	200	7,92	201	0,33	8,42	8,62	219	7,76	197	0,41	10,4	8,62	219
10	250	9,87	251	0,41	10,5	10,78	273	9,67	246	0,51	13,0	10,75	273
12	300	11,72	298	0,49	12,4	12,75	324	11,47	291	0,61	15,4	12,75	324
14	350	12,86	327	0,54	13,7	14,00	356	12,59	312	0,67	16,9	14,00	356
16	400	14,70	373	0,61	15,6	16,00	406	14,38	365	0,76	19,4	16,00	406
18	450	16,53	420	0,69	17,6	18,00	457	16,18	411	0,86	21,8	18,00	457
20	500	18,36	466	0,77	19,6	20,00	508	17,98	457	0,95	24,2	20,00	508
24	600	22,04	560	0,93	23,5	24,00	610	21,58	548	1,14	29,0	24,00	610

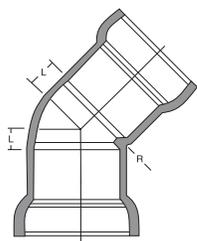
SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}

Coude à 90° F x F



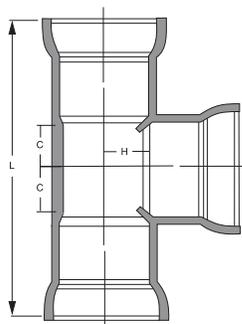
Diamètre		L		R	
po	mm	po	mm	po	mm
2	50	1,18	29,5	0,75	18,8
2 1/2	65	1,80	45,0	1,00	25,0
3	75	2,00	50,0	1,00	25,0
4	100	2,20	55,0	1,00	25,0
6	150	2,80	70,0	1,25	31,3
8	200	4,87	121,8	1,50	37,5

Coude à 45° F x F



Diamètre		L		R	
po	mm	po	mm	po	mm
2	50	0,60	15,0	0,75	18,8
2 1/2	65	1,80	45,0	1,00	25,0
3	75	1,12	28,0	1,00	25,0
4	100	1,10	27,5	1,00	25,0
6	150	1,60	40,0	1,25	31,3
8	200	2,40	60,0	1,50	37,5

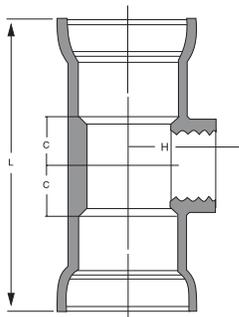
Té F x F x F



Diamètre		C		H		L	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
2	50	1,30	32,5	1,10	27,5	8,20	208,3
2 1/2	65	1,67	41,8	1,63	40,8	10,10	256,5
3	75	1,99	49,8	1,99	49,8	11,40	289,6
4	100	2,57	64,3	2,65	66,3	13,10	332,7
6	150	3,76	94,0	3,77	94,3	15,50	394,7
8	200	4,91	122,8	4,91	122,8	22,25	565,2

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}

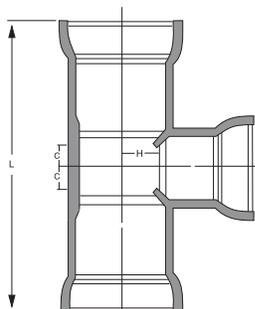
Té de branchement avec sortie – sortie NPT



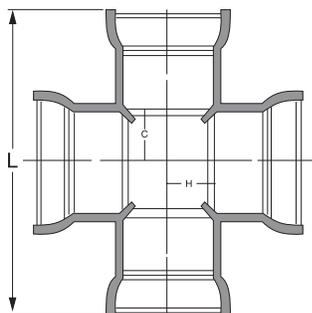
Diamètre		C		H		L	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
2 x 1/2	50 x 15	1,40	35,0	2,15	53,8	7,10	177,5
2 x 3/4	50 x 20	1,40	35,0	2,15	53,8	7,10	177,5
2 x 1	50 x 25	1,40	35,0	2,15	53,8	7,10	177,5
2 x 1 1/4	50 x 32	1,40	35,0	2,15	53,8	7,10	177,5
2 x 1 1/2	50 x 40	1,40	35,0	2,15	53,8	7,70	195,6
2 1/2 x 1/2	65 x 15	1,45	36,3	2,50	62,5	7,90	197,5
2 1/2 x 3/4	65 x 20	1,45	36,3	2,50	62,5	7,90	197,5
2 1/2 x 1	65 x 25	1,45	36,3	2,50	62,5	7,90	197,5
2 1/2 x 1 1/4	65 x 32	1,45	36,3	2,50	62,5	7,90	197,5
2 1/2 x 1 1/2	65 x 40	1,45	36,3	2,50	62,5	7,90	197,5
2 1/2 x 2	65 x 50	1,45	36,3	2,50	62,5	8,50	215,9
3 x 1/2	75 x 15	1,50	37,5	2,70	67,5	9,75	243,8
3 x 3/4	75 x 20	1,50	37,5	2,70	67,5	9,75	243,8
3 x 1	75 x 25	1,50	37,5	2,70	67,5	10,35	262,9
3 x 1 1/4	75 x 32	1,50	37,5	2,70	67,5	10,35	262,9
3 x 1 1/2	75 x 40	1,50	37,5	2,70	67,5	10,35	262,9
3 x 2	75 x 50	1,50	37,5	2,70	67,5	10,35	262,9
4 x 1/2	100 x 15	1,56	39,0	3,10	77,5	10,17	254,3
4 x 3/4	100 x 20	1,56	39,0	3,10	77,5	10,17	254,3
4 x 1	100 x 25	1,56	39,0	3,10	77,5	10,77	273,6
4 x 1 1/4	100 x 32	1,56	39,0	3,10	77,5	10,77	273,6
4 x 1 1/2	100 x 40	1,56	39,0	3,10	77,5	10,77	273,6
4 x 2	100 x 50	1,56	39,0	3,10	77,5	10,77	273,6
6 x 1/2	150 x 15	1,80	45,0	3,96	99,0	13,00	325,0
6 x 3/4	150 x 20	1,80	45,0	3,96	99,0	13,00	325,0
6 x 1	150 x 25	1,80	45,0	3,96	99,0	13,60	345,4
6 x 1 1/4	150 x 32	1,80	45,0	3,96	99,0	13,00	325,0
6 x 1 1/2	150 x 40	1,80	45,0	3,96	99,0	13,60	345,4
6 x 2	150 x 50	1,80	45,0	3,96	99,0	13,60	345,4

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}

Té réduit – F x F x F



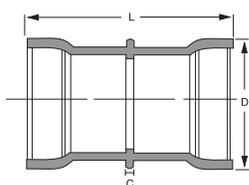
Diamètre		C		H		L	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
2 x 1 1/2	50 x 40	1,30	32,5	1,10	27,5	8,20	208,3
2 1/2 x 2	65 x 50	1,67	41,8	1,63	40,8	10,10	256,5
3 x 1 1/2	75 x 40	1,85	46,3	1,60	40,0	11,40	289,6
3 x 2	75 x 50	1,85	46,3	1,60	40,0	11,40	289,6
3 x 2 1/2	75 x 65	1,90	47,5	1,60	40,0	11,40	289,6
4 x 2	100 x 50	1,90	47,5	2,00	50,0	11,90	302,3
4 x 2 1/2	100 x 65	1,90	47,5	2,00	50,0	11,90	302,3
4 x 3	100 x 75	1,90	47,5	2,00	50,0	11,90	302,3
6 x 2	150 x 50	2,40	60,0	2,80	70,0	15,50	393,7
6 x 2 1/2	150 x 65	2,40	60,0	2,80	70,0	15,50	393,7
6 x 3	150 x 75	2,40	60,0	2,80	70,0	15,50	393,7
6 x 4	150 x 100	2,40	60,0	2,80	70,0	15,50	393,7
8 x 2	200 x 50	3,85	96,3	4,87	121,8	20,10	510,5
8 x 3	200 x 75	3,85	96,3	4,87	121,8	20,10	510,5
8 x 4	200 x 100	3,85	96,3	4,88	122,0	20,10	510,5
8 x 6	200 x 150	3,85	96,3	4,88	122,0	20,10	510,5



Croix – F x F x F x F

Diamètre		C		H		L	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm
4	100	4,00	100,0	4,00	100,0	13,10	332,7
6	150	4,50	112,5	4,50	112,5	16,60	421,6

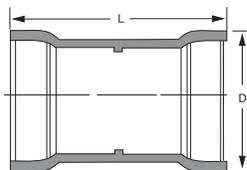
Manchon avec butée F x F



Diamètre		L		D	
po	mm	po	mm	po	mm
2	50	8,25	209,6	3,35	83,8
2 1/2	65	9,00	228,6	4,15	103,8
3	75	9,50	241,3	5,00	125,0
4	100	11,00	279,4	6,13	153,3
6	150	12,00	304,8	8,73	218,3
8	200	12,30	307,5	10,62	265,5

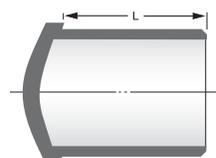
SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}

Manchon de réparation F x F



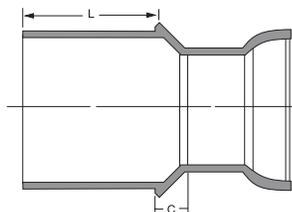
Diamètre		L		D	
po	mm	po	mm	po	mm
2	50	8.25	209.6	3,35	83,8
2 1/2	65	9.00	228.6	4,15	103,8
3	75	9.50	241.3	5,00	125,0
4	100	11.00	279.4	6,13	153,3
6	150	12.00	304.8	8,73	218,3
8	200	12.30	307.5	10,62	265,5

Bout uni à bouchon permanent



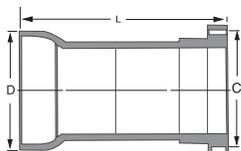
Diamètre		L	
po	mm	po	mm
1 1/2	40	2,50	62,5
2	50	2,50	62,5
2 1/2	65	3,50	87,5
3	75	3,50	87,5
4	100	3,75	93,8
6	150	4,50	112,5

Raccord d'agrandissement – F x Sp



Diamètre		L		C	
po	mm	po	mm	po	mm
1 1/2 x 2	40 x 50	2,40	60,0	0,20	5,0
2 x 2 1/2	50 x 65	2,40	60,0	0,20	5,0
2 x 3	50 x 75	3,40	85,0	0,55	13,8
2 1/2 x 3	65 x 75	3,40	85,0	0,38	9,5
2 x 4	50 x 100	3,00	75,0	0,40	10,0
2 1/2 x 4	65 x 100	3,00	75,0	0,40	10,0
3 x 4	75 x 100	3,00	75,0	0,40	10,0
2 x 6	50 x 150	4,30	107,5	0,50	12,5
2 1/2 x 6	65 x 150	4,30	107,5	0,50	12,5
3 x 6	75 x 150	4,30	107,5	0,50	12,5
4 x 6	100 x 150	4,30	107,5	0,50	12,5
4 x 8	100 x 200	5,10	127,5	0,60	15,0
6 x 8	150 x 200	5,10	127,5	0,60	15,0

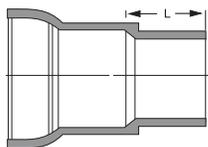
SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}



Adaptateur – Bride x emboîture à joint d'étanchéité

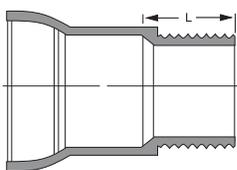
Diamètre		C		D		L	
po	mm		mm	po	mm	po	mm
1 1/2	40	3,85	96,3	5,00	125,0	4,25	106,3
2	50	4,75	118,8	6,00	150,0	4,75	118,8
2 1/2	65	5,50	137,5	7,00	175,0	5,75	143,8
3	75	6,00	150,0	7,50	187,5	6,50	162,5
4	100	7,48	187,0	9,02	225,5	10,52	263,0
6	150	9,55	238,8	10,97	274,3	13,48	337,0
8	200	11,75	293,8	13,50	337,5	12,00	300,0

Adaptateur à bout uni F x Sp



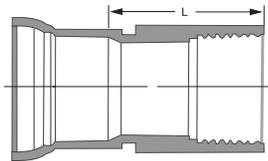
Diamètre		L	
po	mm	po	mm
1 1/2	40	1,50	37,5
2	50	1,80	45,0
2 1/2	65	2,00	50,0
3	75	2,10	52,5
4	100	2,30	57,5
6	150	3,10	77,5

Adaptateur mâle F x filetage pour tuyau



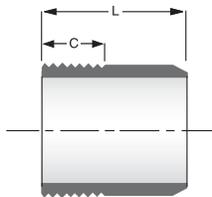
Diamètre		L	
po	mm	po	mm
1 1/2	40	1,05	26,3
2	50	1,20	30,0
2 1/2	65	1,55	38,8
3	75	2,10	52,5
4	100	2,25	56,3
6	150	2,50	62,5

SYSTÈMES DE TUYAUTERIES DE TYPE SÉRIE^{MD}



Adaptateur emboîture x femelle IPT

Diamètre		L	
po	mm	po	mm
1 1/2	40	2,60	65,0
2	50	3,00	75,0
2 1/2	65	3,80	95,0
3	75	4,10	102,5
4	100	4,40	110,0
6	150	5,40	135,0



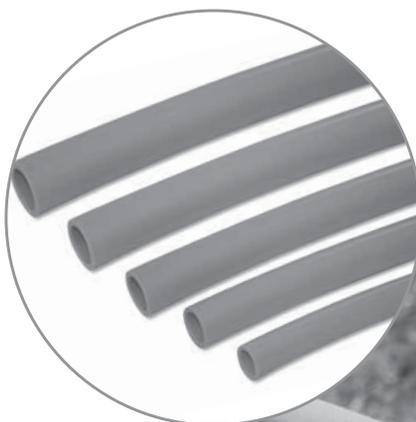
Adaptateur – PE (bout uni) x filetage pour tuyau

Diamètre		L		C	
po	mm	po	mm	po	mm
3	75	4,30	107,5	2,00	50,0
4	100	4,40	110,0	2,25	56,3
6	150	5,90	147,5	2,50	62,5

TUYAUX POUR BRANCHEMENTS D'EAU BLUE904^{MD}

Entièrement certifié, Blue904 est un tuyau en PEX pour branchements d'eau à la fois léger et flexible. Le Blue904, convivial à installer, résiste à la corrosion, maximisant ainsi l'écoulement d'eau sur toute la durée de vie du système.

De par leurs caractéristiques et performances uniques, les tuyaux Blue904 en PEX pour branchements d'eau municipaux constituent la solution de remplacement par excellence aux tuyaux en cuivre. Les tuyaux IPEX Blue904 s'assemblent au moyen de raccords à compression car ils ont un DE conforme aux dimensions CTS.



Applications :

Conduites de branchement d'eau reliant les conduites principales d'adduction aux bâtiments.

Codes et normes

Les conduites de branchement d'eau Blue904 PEX sont certifiées cNSFus-PW, AWWA C904, ASTM F876, F877 et CSA B137.5.



TUYAUX POUR BRANCHEMENTS D'EAU BLUE904^{MD}

Cahier des charges abrégé

Les tuyaux pour branchements d'eau doivent être en polyéthylène réticulé (PEX), fabriqués selon les normes CSA B137.5 et ASTM F876 et F877 et conformes à NSF 14 et 61. Les tuyaux en PEX doivent avoir une pression nominale approuvée CSA / NSF de : 160 psi à 23 °C (73,4 °F) et 100 psi à 82 °C (180 °F).

Le diamètre extérieur des tuyaux doit être identique à celui des tuyaux en cuivre (CTS) et leur rapport de dimension standard (SDR) doit être de 9.

Pression nominale

Les tuyaux Blue904 ont une pression nominale de 160 psi à 23 °C (73,4 °F), 100 psi à 82 °C (180 °F) et 80 psi à 93 °C (200 °F).

Diamètre	Pressions nominales	
3/4 po - 2 po (20mm - 50mm)	160 psi @ 73 °F 100 psi @ 180 °F	(1100 kPa @ 23 °C) (690 kPa @ 82 °C)

Longue durée de vie utile

Blue904 résiste aux effets du chlore et de l'entartrage et ne se corrode pas dans le sol. Il est également moins sensible au gel en raison de sa faible conductivité thermique par rapport aux tubes en cuivre.

Dimensions

On peut cintrer à la main les tuyaux PEX à un rayon minimal de 6 fois leur diamètre extérieur. Des supports ou des chemises d'extrémité peuvent être nécessaires au maintien de la position et de la forme des coudes cintrés.

Diamètre nominal		D.I.		Rayon de cintrage minimal	
mm	Pouces	mm	Pouces	mm	Pouces
19	3/4	17,3	0,68	178	7
25	1	22,2	0,88	229	9
38	1 1/2	31,5	1,24	330	13
51	2	41,3	1,63	432	17

Note : lorsqu'on cintré des tuyaux en rouleaux en sens inverse de celui de l'enroulement, le rayon minimal de cintrage est de 3 fois le rayon indiqué ci-dessus (par ex., pour un tuyau de 3/4 po CTS, on a un rayon de 3 x 4,5 po = 13,5 po).

Note : lorsqu'on cintré un tuyau à une température inférieure à 0 °C, faire très attention de ne pas le plier. À basse température, cintrer à un rayon minimal de 2 fois celui indiqué dans le tableau.

Sécurité sur les lieux de travail

Contrairement aux tuyaux en cuivre, les tuyaux en PEX n'ayant aucune valeur de récupération ne risquent pas d'être volés au chantier, problème courant dans le cas du cuivre. Il n'est par conséquent pas nécessaire de prendre des précautions particulières lors du stockage.

Emballage et marquage

Les tuyaux Blue904 sont offerts en rouleaux de 100 pi et 300 pi et emballés dans des boîtes assurant une protection contre les rayons UV et facilitant le transport. Chaque rouleau, qui porte un marquage séquentiel en pieds facilitant l'installation, est identifié par le nom du produit, le diamètre et la date de fabrication.

TUYAUX POUR BRANCHEMENTS D'EAU OR901^{MC}

OR901^{MC} est un tuyau pour branchements d'eau léger et facile à installer, de 200 psi de pression nominale, utilisable dans un projet aussi bien par la municipalité que par les particuliers.

Les tuyaux OR901 sont offerts en bobines et rouleaux pratiques dans les diamètres de 3/4 po à 2 po.



Applications:

Tuyaux pour branchements d'eau

Codes et normes

Les tuyaux OR901 sont fabriqués selon des diamètres identiques à ceux des tuyaux en cuivre (CTS), à partir de polyéthylène haute densité (PEHD) et certifiés et enregistrés par tierce partie selon AWWA C901, CSA B137.1 et NSF 61.

Canadian Standards Association

American Water Works Association

NSF Standards 14 & 61, Uniform Plumbing Code

American Society for Testing and Materials



GOLD901™ WATER SERVICE TUBING

Dimensions

Diamètre nominal		Longueur de rouleau pieds	Code de produit	D.E. moyen (po)	D.I. moyen (po)	Rayon de cintrage mini (po)
po	mm					
3/4	20	100	121402	0,875	0,671	19
		200	121403			
		400	121404			
		500	121405			
		3000	121406			
1	25	100	121407	1,125	0,863	23
		150	121408			
		200	121409			
		300	121410			
		500	121411			
		1000	121412			
1 1/4	32	100	121414	1,375	1,055	30
		300	121415			
1 1/2	40	100	121416	1,625	1,245	34
		250	121417			
		400	121418			
		1000	121419			
2	50	100	121420	2,125	1,629	44
		200	121421			
		500	121422			

Note : les bobines et rouleaux sont offerts sur demande en longueurs sur mesure.

Avantages

Résistance à la corrosion
Résistance aux sols corrosifs, aux eaux agressives, aux courants vagabonds et aux milieux humides

Légèreté

Une bobine de 200 pieds de tuyau OR901 de 3/4 po pèse 20 lb.

Marquage séquentiel

Tous les 2 ou 5 pieds

Excellentes caractéristiques hydrauliques

Coefficient de débit Hazen Williams C = 150

Haute pression

Pression nominale de 200 psi à 73 °F (1 380 kPa à 23 °C)

TUYAUX POUR BRANCHEMENTS D'EAU Q-LINE^{MD}

Les tuyaux pour branchements d'eau Q-Line sont des produits composites comprenant une couche d'aluminium collée de manière permanente entre deux couches de thermoplastique spécial, conçu pour les branchements d'eau. Ces tuyaux offrent les avantages des deux matériaux, sans en avoir les faiblesses. Ils ont en effet la résistance des tuyaux pour branchements métalliques et ne se corrodent pas, du fait que le métal est scellé dans de la matière plastique. Ces tuyaux se déroulent à plat, à la manière des tuyaux métalliques, mais ils sont aussi légers que les tuyaux en matière plastique.

Absence de conductivité

Tous les ans, on dénombre environ 370 cas d'électrocution graves dans l'industrie de l'adduction d'eau aux États-Unis¹. Bien que l'AWWA s'oppose à l'utilisation d'un système d'eau comme mise à la terre depuis plus de 80 ans, c'est encore une pratique courante, même s'il existe des tiges et des plaques de mise à la terre. Comme les tuyaux Q-Line ne sont pas conducteurs, ils éliminent le risque de chocs électriques qui pourraient être dus aux courants vagabonds. En préconisant des tuyaux Q-Line, on élimine donc les risques pour les employés municipaux.

Barrière efficace contre la perméation

La perméation chimique représente un véritable problème dans les tuyauteries de branchements d'eau de petit diamètre, fabriquées en PE.

La partie centrale en aluminium des tuyaux Q-Line constitue une barrière efficace et a été soumise avec succès à des essais de résistance aux contaminants les plus agressifs, comme les produits de traitement contre les termites.

Aucune valeur de récupération des rebuts

La grande valeur de récupération des tuyaux en cuivre a entraîné d'importants problèmes de vol sur les chantiers d'Amérique du Nord. Ce phénomène a entraîné des problèmes de stockage, car les tuyaux en cuivre doivent être mis sous clé tous les jours.

Applications :

Branchements d'eau, conduites d'eau régénérée (tuyaux pourpres offerts).

Codes et normes

Les tuyaux pour branchements d'eau Q-Line sont certifiés selon les normes **cNSFus-PW**, **ASTM F1282**, et certifiés selon **CSA B137.9**; ils satisfont de plus aux exigences **AWWA C903**.



TUYAUX POUR BRANCHEMENTS D'EAU Q-LINE^{MD}

Cahier des charges abrégé

Les tuyaux pour branchements d'eau doivent être des tuyaux composites PERT-AL-PERT fabriqués selon les exigences de la norme AWWA C903 et certifiés selon les normes CSA B137.9 et ASTM F1282. Ils doivent avoir une pression nominale à long terme de 1 380 kPa à 23 °C (200 psi à 73 °F) et de 100 psi à 690 kPa à 82 °C (180 °F). Les tuyaux doivent être mis à l'essai par tierce partie et certifiés comme étant conformes aux exigences NSF-PW concernant l'eau potable et NSF CL-TD concernant la

résistance au chlore.

Les tuyaux pour branchements doivent être identifiés par un code couleur bleu pâle, identiques à ceux fabriqués par IPEX sous la marque de commerce « Q-Line » ou des produits approuvés comme équivalents.

Les raccords utilisés avec les tuyaux composites PERT-AL-PERT doivent être des raccords pour branchements d'eau en laiton, conformes à la norme AWWA C800.

Pressions nominales

La pression de service des tuyaux Q-Line est de 200 psi à 23 °C (73 °F). Elle est de 100 psi à 82 °C (180 °F). Comme la plupart des branchements d'eau sont utilisés à une pression variant de 40 à 70 psi, une tuyauterie Q-Line ne peut être affectée, même en cas de refoulement d'eau chaude en provenance d'un bâtiment.

Débits

Les tuyaux Q-Line ont un diamètre intérieur supérieur à celui des tuyaux CTS en PE et un coefficient de débit supérieur à celui des tuyaux en cuivre (C = 150 pour Q-Line et seulement 100 pour un tuyau en cuivre.) Les tuyaux Q-Line ont ainsi la meilleure capacité en débit de l'industrie. De plus, contrairement aux tuyaux en cuivre, les tuyaux Q-Line ne se corrodent pas et empêchent toute restriction de l'écoulement suite à une accumulation de dépôts sur le diamètre intérieur.

Tableau 2 – Débits dans les tuyaux Q-Line

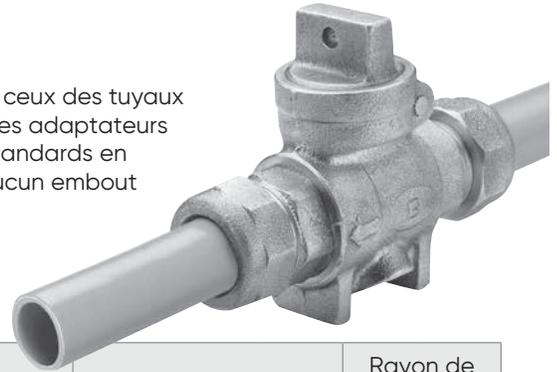
Débit (gpm américains)	Perte de charge (psi/100 pi)		Vitesse d'écoulement (pi/s)		Débit (L/s)	Perte de charge (kPa/100 m)		Vitesse d'écoulement (m/s)	
	3/4 po	1 po	3/4 po	1 po		20mm	25mm	20mm	25mm
1,0	,1	0,0	,7	0,4	0,1	7,2	2,4	0,3	0,2
2,0	,5	0,2	1,3	0,8	0,2	26,1	8,8	0,6	0,4
3,0	1,0	0,4	2,0	1,3	0,3	55,3	18,7	1,0	0,6
4,0	1,8	0,6	2,6	1,7	0,4	94,2	31,8	1,3	0,8
5,0	2,7	0,9	3,3	2,1	0,5	142,4	48,1	1,6	1,0
6,0	3,8	1,3	4,0	2,5	0,6	199,6	97,4	1,9	1,2
7,0	5,0	1,7	4,6	3,0	0,7	265,5	89,7	2,2	1,4
8,0	6,4	2,2	5,3	3,4	0,8	340,0	114,8	2,6	1,6
9,0	8,0	2,7	5,9	3,8	0,9	422,9	142,8	2,9	1,8
10,0	9,7	3,3	6,6	4,2	1,0	514,0	173,6	3,2	2,0
11,0	11,6	3,9	7,2	4,6	1,1	613,3	207,1	3,5	2,2
12,0	13,6	4,6	7,9	5,0	1,2	720,5	243,3	3,8	2,5
13,0	15,7	5,3	8,5	5,5	1,3	835,7	282,2	4,1	2,7
14,0	18,0	6,1	9,2	5,9	1,4	958,6	323,7	4,5	2,9
15,0	20,5	6,9	9,9	6,3	1,5	1089,2	367,8	4,8	3,1
16,0	23,1	7,8	10,5	6,7	1,6	1227,5	414,5	5,1	3,3
17,0	25,8	8,7	11,2	7,1	1,7	1373,4	463,8	5,4	3,5
18,0	28,7	9,7	11,8	7,6	1,8	1526,8	515,5	5,7	3,7
19,0	31,7	10,7	12,5	8,0	1,9	1687,5	569,8	6,1	3,9
20,0	34,9	11,8	13,2	8,4	2,0	855,7	616,6	6,4	4,1
21,0	38,2	12,9	13,8	8,9					
22,0	41,7	14,1	14,5	9,2					
23,0	45,2	15,3	15,1	9,7					
24,0	-	16,5	-	10,1					
25,0	-	17,8	-	10,5					
26,0	-	19,2	-	11,0					
27,0	-	20,6	-	11,4					
28,0	-	22,0	-	11,8					
29,0	-	23,5	-	12,2					
30,0	-	25,0	-	12,7					

¹ Duranceau, Schiff, Bell. « *Electrical Grounding, Pipe Integrity and Shock Hazard* », Journal of the AWWA, juillet 1998, pages 40-51

TUYAUX POUR BRANCHEMENTS D'EAU Q-LINE^{MD}

Dimensions

Les diamètres intérieur et extérieur des tuyaux Q-Line, uniques, diffèrent de ceux des tuyaux pour branchements en cuivre et en PE conventionnel. On trouve aisément des adaptateurs faciles à installer, permettant d'utiliser les tuyaux Q-Line sur des raccords standards en laiton. Contrairement aux tuyaux en PE, les tuyaux Q-Line ne nécessitent aucun embout de renforcement rapporté.



Diamètre nominal		DI moyen		Épaisseur mini de paroi		DE moyen		Poids		Volume		Rayon de cintrage minimal	
po	mm	po	mm	po	mm	po	mm	lb/100 pi	kg/100 m	gal, américains/pi	L/m	po	mm
3/4	20	,79	20	,10	2,5	,98	25	12,4	18,4	,025	,314	5,0	125
1	25	,98	25	,14	3,2	1,26	32	21,0	31,2	,040	,500	6,3	160

NORMES RELATIVES AUX SYSTÈMES SOUS PRESSION EN PVC ET PVCO

Normes et certifications

Les systèmes de tuyauteries en PVC sont régis par deux grandes catégories de normes : celles qui définissent des produits certifiés par une tierce partie et celles qui définissent des produits ne faisant pas l'objet d'une certification (contrôle). Bien qu'il soit très utile de mentionner des normes de produits ne faisant pas l'objet d'une certification dans un cahier des charges, les normes de produits certifiés par une tierce partie procurent au client un niveau plus élevé d'assurance de la qualité. Une certification par tierce partie signifie qu'un organisme indépendant a examiné de très près les procédés de fabrication et les procédures AQ/CQ relatives aux produits étudiés, et qu'il a vérifié que les exigences minimales d'approbation étaient respectées. Si un client demande une conformité à une norme de produit ne faisant pas l'objet d'une certification, ce client doit croire le fabricant sur parole, lorsque ce dernier déclare que ses produits sont conformes. La plupart des fabricants appliquent un programme d'essai interne rigoureux, sont honnêtes et, lorsqu'ils affirment que leurs produits sont conformes aux exigences d'une norme donnée, on peut être assuré que c'est effectivement le cas. Il n'y a cependant aucun doute qu'une certification par une tierce partie donne une assurance beaucoup plus grande sur le fait que les produits satisfont aux exigences de la norme pertinente et que leurs performances seront bien celles énoncées.

Normes certifiées par une tierce partie

Association Canadienne de Normalisation (CSA)

CSA B137.0	CSA B137.1	CSA B137.2
CSA B137.3	CSA B137.3.1	CSA B137.5
CSA B137.9		

Les représentants de la CSA visitent les usines d'IPEX dans lesquelles on fabrique des produits certifiés plusieurs fois par an. En plus d'agir comme témoin lors de la mise en œuvre des procédés de fabrication et des procédures AQ/CQ, les représentants de la CSA vérifient également les enregistrements et prélèvent des échantillons de produits en vue d'essais indépendants. Les normes CSA renvoient à de nombreuses normes externes (comme les normes ASTM), pour ce qui est des méthodes d'essai par exemple. Par conséquent, en certifiant un produit selon une norme CSA, on le certifie souvent de manière indirecte selon d'autres normes.

Factory Mutual (FM)

FM 1612

On exige souvent une conformité à cette norme certifiée par une tierce partie, lorsque le système de tuyauterie est utilisé en protection incendie. Dans le cas de l'organisme FM, la réglementation en matière d'assurance indique parfois la norme à utiliser. Les méthodes de certification sont similaires à celles utilisées par la CSA.

National Sanitation Foundation (NSF)

NSF 14 NSF 61

Ces deux normes sont certifiées par tierce partie. La norme NSF 14 comprend deux volets principaux : essais

de compatibilité du matériau avec l'eau potable et essais de performances du matériau. Un enregistrement selon cette norme signifie que le matériau du tuyau/raccord n'a aucun effet nuisible sur la qualité de l'eau et que le tuyau/raccord, en tant que produit, satisfait aux exigences de performance de cette norme. La norme NSF 61 comprend la partie de la norme NSF 14 ayant trait à la compatibilité avec l'eau potable.

Underwriters Laboratories (UL, ULI, ULC)

UL 1285

Cette norme, également certifiée par tierce partie, est souvent exigée lorsque la conduite est utilisée en protection contre l'incendie. Les méthodes de certification sont similaires à celles employées par la CSA.

Accréditation des laboratoires et des organismes de normalisation

Bien que les normes mentionnées ci-dessus soient normalement certifiées par une tierce partie, cette tierce partie peut parfois être un organisme séparé. Par exemple, Intertek Warnock-Hersey, laboratoire accrédité par le Conseil canadien des normes, est en mesure de certifier des produits selon certaines normes. Intertek Warnock-Hersey certifie couramment des produits selon des normes CSA et la NSF a également cette capacité.

Normes non certifiées

American Water Works Association
 AWWA C900 AWWA C901 AWWA C903
 AWWA C904 AWWA C907
 Certification AWWA C909 par NSF pour Bionax

Les normes C900 et C907 concernent les tuyaux et raccords sous pression en PVC. La norme C909 concerne les tuyaux sous pression en PVCO (Bionax), tandis que la norme C903 concerne tuyauteries de service en matériau composite (Q-line). La norme C901 concerne les conduites de branchement d'eau (Gold901), tandis que la norme C904 concerne les conduites de branchement d'eau PEX (Blue904). Les normes AWWA sont utilisées pour spécifier la transmission d'eau ou la tuyauterie de service.

Normes ASTM (normes diverses)

Les normes ci-dessus indiquent les normes ASTM en référence. Ces normes s'appliquent à toutes les opérations, des matériaux aux essais en passant par la fabrication et l'installation, cela explique pourquoi nos produits sont définis par de si nombreuses normes ASTM.

Normes de conception et d'installation

AWWA C605

Cette norme donne des directives sur l'installation des systèmes de tuyauteries souterrains en PVC/PVCO.

Manuel M23 de l'AWWA

Le manuel M23 contient des renseignements sur la conception et l'installation des tuyauteries en PVC et PVCO.

NOTES

SECTION 2 : PROPRIÉTÉS DES TUYAUX SOUS PRESSION EN PVC ET CONCEPTION DES SYSTÈMES SOUS PRESSION

INTRODUCTION

Un système de tuyauterie en PVC bien conçu et correctement installé a une durée de vie pratiquement indéfinie. De récentes recherches ont révélé que des systèmes en PVC installés dans les années 1930 étaient demeurés pratiquement en aussi bon état qu'au début. Cette section traite des propriétés physiques des tuyaux et raccords en PVC, ainsi que de la manière d'aborder les questions à traiter dans le cadre d'un projet.

Différents sujets touchant à la conception seront également traités :

- la contrainte hydrostatique de référence (HDB) d'un tuyau en PVC
- le calcul d'une pression nominale
- les calculs hydrauliques et de pertes de charge
- la conception des butées et supports
- l'installation dans un sol contaminé
- les surpressions dans une tuyauterie en PVC
- l'accumulation d'air emprisonné et l'emplacement des purgeurs d'air
- les effets thermiques
- la conception d'un système soumis à une fatigue cyclique

PROPRIÉTÉS DU PVC

Durée de vie calculée

Le concepteur doit considérer une durée de vie calculée d'au moins 100 ans, lorsqu'il effectue les calculs de coût global du cycle de vie d'un système en PVC. Cette valeur de durée de vie est documentée à la fois par la recherche et les installations en service.

Recherches actuelles

Les tuyaux sous pression en PVC sont utilisés depuis plus de 70 ans en Europe².

On a excavé des échantillons de tuyauteries vieilles de 70 ans et aucune réduction de leurs propriétés utiles n'a été remarquée. En Amérique du Nord, des tuyauteries en PVC ont été installées depuis près de 50 ans et leur tenue en service s'est également révélée excellente. La corrosion constitue la force destructrice la plus importante affectant nos infrastructures municipales d'adduction d'eau et d'évacuation d'égout. En ayant recours à des matériaux insensibles à la corrosion électrolytique ou chimique, le concepteur élimine le problème le plus couramment rencontré dans les infrastructures souterraines.

Des recherches sur la longévité des tuyauteries en PVC dans diverses conditions de service se poursuivent; cependant, un certain nombre de documents dignes d'intérêt ont été présentés au cours des ans comme, par exemple :

- AWWA Research Foundation – "Quantifying Future Rehabilitation and Replacement Needs of Watermains", 1998

Dans cette étude, on a fait appel à un modèle informatique hautement spécialisé permettant d'estimer la durée de vie de divers matériaux à partir de leurs performances antérieures. Dans l'une des villes d'Amérique du Nord ayant fait l'objet de l'étude et dans laquelle une importante quantité de tuyauteries en PVC a été installée, la durée de vie du PVC a été estimée à un minimum de 100 ans, tandis que celles du béton et de la fonte ductile ont été estimées respectivement à 85 et 60 ans.

- "PVC Pipe Study – Performance of PVC Water Main Pipe installed in the City of Edmonton between 1977 and 1994"

Une étude complète des tuyauteries en PVC utilisées dans le réseau de distribution d'eau de la ville a permis d'établir la durée de vie à un minimum de 88 ans, l'entretien étant réduit au minimum.

Études de cas réalisées en Europe et en Amérique du Nord :

- Dallas, Texas – une tuyauterie d'égout en PVC installée en 1973 a été excavée puis soumise à chacun des essais prescrits dans la norme ASTM D3034. Les résultats ont montré que la tuyauterie excavée satisfaisait encore aux exigences des normes s'appliquant à une tuyauterie neuve.
- Danemark – une tuyauterie d'égout en PVC installée en 1963 a été excavée et des résultats d'essais ont montré que le matériau de cette tuyauterie avait toujours les mêmes propriétés que celui d'une tuyauterie récente. La plupart des tuyauteries ont été installées à même le sol naturel, sans lit de pose, et leurs performances sont demeurées acceptables pendant plus de 40 ans.

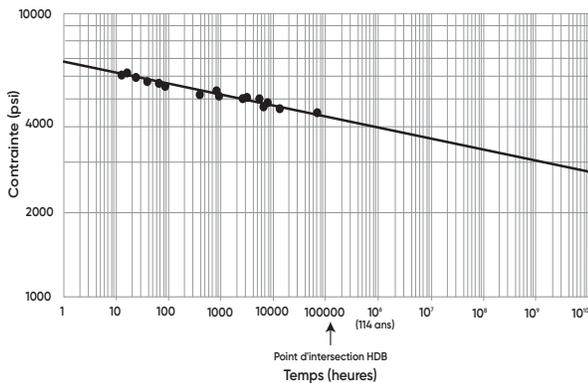
On peut se procurer ces documents de recherche auprès du représentant IPEX en marketing à l'adresse marketing@ipexna.com ou en visitant le site Web IPEX à l'adresse ipexna.com.

² Hulsman, Nowack; « 70 Years of Experience with PVC Pipes », Conference Paper (document de conférence), Plastic Pipe XII (tuyaux en matière plastique XII), Milan, avril 2004

Résistance de calcul d'un tuyau en PVC

Bien que les tuyaux Brute Bleue soient généralement considérés comme des tuyaux en PVC, ils sont en réalité fabriqués à partir d'un composé de PVC spécial, conçu spécifiquement pour des systèmes de tuyauteries. La contrainte hydrostatique de référence (HDB) d'un composé de PVC correspond à la contrainte minimale que ce matériau peut supporter pendant une durée donnée. Les contraintes HDB des composés IPEX sont établies au moyen d'essais à court terme et à long terme (pression pouvant être maintenue constante jusqu'à 10 000 heures). En reportant les résultats sur un graphique à échelles logarithmiques, on peut aisément extrapoler les résistances de calcul pour 50 ou 100 ans. Le graphique ci-dessous représente une droite de type courant représentant la durée de vie d'un composé en PVC.

Figure 1 – Droite de régression relative aux contraintes – Numéro de classification 12454



Comme on peut le remarquer d'après le graphique, les composés de PVC possèdent :

- **Une résistance élevée à court terme**
Si les tuyaux sous pression en PVC de IPEX se caractérisent par une contrainte hydrostatique de référence à long terme de 4 000 psi, ils ont une résistance à court terme beaucoup plus élevée – 6 400 psi. Autrement dit, ces tuyaux peuvent résister à des pressions à court terme extrêmement élevées, comme les surpressions générées lors d'un régime transitoire. Par exemple, bien que la pression nominale d'un tuyau DR 18 soit de 235 psi, il résiste couramment à une pression supérieure à 750 psi lors d'essais d'éclatement à très court terme.
- **Une résistance assurée à long terme**
Lorsque le matériau est soumis à des contraintes normales en service, sa durée de vie est pratiquement illimitée. Du fait de son importante réserve de résistance, il peut subir des contraintes dépassant les marges de sécurité normales

Résumé des propriétés du matériau

Les tuyaux sous pression en PVC sont fabriqués à partir d'un composé de PVC exclusif, formulé spécialement pour des installations de tuyauteries sous pression.

Tableau 3 – Résumé des propriétés des tuyaux en PVC

Propriétés du matériau	
Contrainte hydrostatique de référence (HDB)	27,6 MPa (4 000 psi)
Résistance à court terme (STS)	44,1 Mpa (6 400 psi)
Numéro de classification (ASTM F1784)	12454
Module d'Young	2 760 Mpa (400 000 psi)
Coefficient de Poisson	0,38

Perméation chimique et installation d'une tuyauterie de PVC dans un sol contaminé

Certains concepteurs pensent à tort qu'une tuyauterie en PVC ne peut être installée dans un endroit où le sol a été contaminé par des composés organiques. Cette erreur provient du fait que, dans certains cas rares, des produits chimiques organiques ont pénétré (perméation) dans des tuyauteries de branchements en matière plastique de petit diamètre. Dans le cas d'une tuyauterie en PVC de plus grand diamètre, ce problème ne se présente pas pour les raisons suivantes :

1. La plus grande partie des incidents documentés dus au phénomène de perméation concerne des tuyauteries de branchements à paroi mince, fabriquées dans des matériaux de faible densité comme le polybutylène ou le polyéthylène³. En fait, ces tuyauteries de petit diamètre ne conviennent pas aux sols contaminés. Dans de tels cas, utiliser une tuyauterie de branchement munie d'une barrière contre la perméation (Q-Line, par exemple).
2. Une tuyauterie en PVC se caractérise par une durée de perméation effective de plusieurs siècles, même lorsque le niveau de contamination de l'environnement est extrêmement élevé. Des recherches ont permis d'aboutir hors de tout doute à une telle conclusion⁴.
3. Un tuyau en PVC, dont la densité est élevée et le fini non poreux, est pratiquement insensible au phénomène de perméation. Des échantillons de tuyaux sous pression IPEX ont été partiellement remplis d'essence, puis scellés et conservés ainsi durant sept ans. Un examen microscopique de la surface intérieure n'a révélé aucune trace de perméation dans ces tuyaux⁵.

Le matériau des joints d'étanchéité constitue l'élément le plus important, indépendamment du matériau de la tuyauterie. Afin d'assurer le fonctionnement à long terme en toute sécurité d'une conduite, toujours spécifier des joints d'étanchéité résistant à l'huile (nitrile).

³ Jenkins, Thompson, « *Review of Water Industry Plastic Pipe Practices* », AWWA Research Foundation, 1987

⁴ Berens, A.R., « *Prediction of Chemical Permeation through PVC Pipe* », Journal of the AWWA, novembre 1985

⁵ Hoogensen Metallurgical Engineering Ltd., « *Examination of Submitted PVC Pipe Section* », rapport à IPEX, décembre 1998.

Résistance aux rayons UV

Les tuyaux en PVC peuvent se décolorer en cas d'exposition directe au soleil durant une longue période. Cette décoloration intéresse uniquement la surface du matériau (jusqu'à une profondeur de 0,003 pouce) et n'a pas d'effet sensible sur les performances des tuyaux. Il y a une légère réduction de la résistance aux chocs des tuyaux, tandis que leur résistance à la traction et leur module d'élasticité restent inchangés. Lorsqu'une tuyauterie sous pression en PVC doit être utilisée dans un endroit exposé, on peut éliminer les effets des rayons UV en peignant la surface avec une peinture à base de latex ou en recouvrant la tuyauterie d'une barrière opaque.

Comme la plus grande partie des tuyauteries sous pression à joints d'étanchéité sont installées dans le sol, la question de l'exposition aux rayons ultraviolets ne se pose pas.

Effets thermiques - Réduction de pression

Le PVC est un thermoplastique, ce qui signifie que ses propriétés mécaniques changent avec la température. La cote de pression des tuyaux en PVC (et de la plupart des autres matériaux de tuyauterie thermoplastiques) est calculée à 23 °C (73 °F). Au-dessus de cette température, la résistance à la traction du matériau diminue et la cote de pression doit être diminuée par les facteurs indiqués dans le tableau ci-dessous. La température de service maximale recommandée pour les tuyaux sous pression Brute Bleue et Centurion en PVC est de 60 °C (140 °F).

Le tuyau Bionax utilise le même tableau, sauf que sa température maximale recommandée est de 54 °C (130 °F).

Tableau 4 – Effets de la température sur une tuyauterie sous pression en PVC

°C	°F	Multiplier la pression nominale par ces facteurs
32	90	0,75
38	100	0,62
43	110	0,50
49	120	0,40
54	130	0,30
60	140	0,22

Effets thermiques - Dilatation et contraction

Bien que la plupart des installations souterraines soient rarement soumises à des variations de température importantes, il peut y avoir de telles variations dans des installations comme les traversées de pont ou les conduites installées dans des fourreaux. Lorsqu'on utilise des joints non retenus ou des joints TerraBrute CR, la dilatation et la contraction doivent être calculées pour chaque longueur de tuyau. Lorsque les joints sont retenus au moyen de dispositifs conventionnels ou lorsqu'ils sont collés au être calculées en se basant sur la longueur totale de la tuyauterie retenue.

Matériau	Coefficient de dilatation po/po/°F	Coefficient de dilatation po/100 pi/10 °F	Coefficient de dilatation mm/mm/°C	Coefficient de dilatation mm/10 m/10 °C
PVC	3,0 x 10 ⁻⁵	0,36	5,4 x 10 ⁻⁵	5,4
PVCO	3,1 x 10 ⁻⁵	0,36	5,4 x 10 ⁻⁵	5,4
PEHD	12,0 x 10 ⁻⁵	1,44	14 x 10 ⁻⁵	21,6
Fonte ductile	0,62 x 10 ⁻⁵	0,07	1,1 x 10 ⁻⁵	1,1
Béton	0,55 x 10 ⁻⁵	0,07	1,0 x 10 ⁻⁵	1,0
Acier	0,65 x 10 ⁻⁵	0,08	1,2 x 10 ⁻⁵	1,2

CALCULS DE CONCEPTION

Calcul de la résistance à la pression

L'équation ISO relative aux thermoplastiques simplifie de beaucoup le calcul des rapports de dimensions et des résistances à la pression.

Bien qu'on la désigne sous le nom d'équation ISO, cette dernière a en fait été mise au point en 1852 pour des calculs se rapportant à toutes sortes de récipients à pression et on l'a toujours utilisée depuis. La relation est simple.

La figure montre que la force qui s'exerce dans la paroi du tuyau est : Par conséquent, la contrainte maximale dans la paroi du tuyau est :

$$\text{Force} = \left(\frac{P_1 D}{2} \right)$$

Par conséquent, la contrainte maximale dans la paroi du tuyau est :

$$\sigma_{\max} = \frac{P_1 \bar{D}}{2t}, \text{ où } \bar{D} = \text{diamètre moyen de la tuyauterie}$$

$$\bar{D} = D_o - t \therefore \sigma_{\max} = \frac{P_1(D_o - t)}{2t}$$

$$\text{Comme } DR = \frac{D_o}{t}, \text{ alors } \sigma_{\max} = \frac{P_1(DR - 1)}{2}$$

Le calcul prudent d'une tuyauterie en PVC et en PVCO suppose l'application d'un facteur de sécurité à la contrainte hydrostatique de référence (HDB), afin d'obtenir une contrainte hydrostatique de calcul (S). Cette contrainte de calcul devient alors la contrainte maximale admissible dans le matériau. Il est important de noter que, puisque les résistances à court terme et à long terme de chaque matériau sont différentes, les contraintes de calcul à court terme et à long terme diffèrent également.

Les facteurs de sécurité pour tous les tuyaux sous pression en PVC ou PVCO en Amérique du Nord ont traditionnellement été de 2,0 ou 2,5, selon l'application et la norme régissant la conception. Les nouvelles normes utilisent désormais un facteur de sécurité de 2,0 dans tous les cas.

Sous cette forme, l'équation permet de calculer rapidement et facilement la résistance à la pression correspondant à un rapport de dimension donné.

$$S = \frac{\sigma_{\max}}{SF}$$

$$S = \frac{P_1(DR - 1)}{2} \therefore P = \frac{2S}{(DR - 1)}$$

Calcul d'une pression nominale (CSA) ou d'une classe de pression (AWWA)

Un tuyau en PVC se caractérise par deux pressions nominales – une pression nominale à long terme (LTR) servant à déterminer la pression de service, et une pression nominale à court terme (STR), utilisée pour connaître la résistance aux surpressions et à la pression.

Pour calculer une pression nominale à court terme (STR), il suffit d'appliquer l'équation ISO en utilisant la résistance à court terme :

$$S = \frac{\sigma_{\max}}{SF}$$

Se rappeler que :

$$S_{\text{str}} = \frac{6400}{2.0} = 3200 \text{ psi}$$

Pour une contrainte à court terme, les normes AWWA établissent le facteur de sécurité (SF) comme étant égal à 2,0. En utilisant la contrainte à court terme, on obtient :

$$STR = \frac{2(3200)}{(41 - 1)} = 160 \text{ psi}$$

Dans le cas d'un tuyau de DR41, la contrainte STR est donc de :

$$S_{\text{tr}} = \frac{4000}{2} = 2000 \text{ psi}$$

Pour une contrainte à long terme, le facteur de sécurité est aussi fixé à 2,0 : utilisant HDB on obtient :

$$LTR = \frac{2(2000)}{(41 - 1)} = 100 \text{ psi}$$

Pour une contrainte à long terme, le facteur de sécurité est aussi fixé à 2,0 : utilisant HDB on obtient :

Le tableau ci-dessous indique les contraintes LTR et STR pour diverses épaisseurs de tuyau en PVC :

SDR	Pression nominale à long terme LTR* (FS - 2/1) (psi)	Pression nominale à court terme STR* (FS - 2,5/1) (psi)
51	80	128
41	100	160
32,5	125	200
26	160	256
25	165	264
18	235	376
14	305	488

Calcul des pertes de charge dans un système de tuyauterie en PVC

L'un des avantages d'une tuyauterie en PVC réside dans le fait que son fini de surface intérieure réduit énormément les pertes de charge par rapport à d'autres matériaux. Il en résulte une réduction des coûts de pompage et une augmentation du débit pour un même diamètre nominal.

L'équation de Hazen-Williams est l'une des plus couramment utilisées pour le calcul des pertes de charge dans une conduite. Elle permet de simplifier le calcul des pertes de charge dans n'importe quel système de tuyauterie à partir de coefficients caractérisant la rugosité de surface des matériaux. Des recherches ont montré que le coefficient de débit Hazen-Williams pour le PVC variait de 155 à 165, selon qu'il s'agissait d'une tuyauterie neuve ou d'une tuyauterie déjà utilisée. Par conséquent, on peut raisonnablement adopter un coefficient de 150 pour n'importe quelles conditions de calcul. Le manuel de conception M23 de l'AWWA préconise aussi cette valeur.

$$V = 1,318Cr^{0,63}S^{0,54} \quad \text{en unités USCS (unités américaines hors système)}$$

$$V = 0,8492Cr^{0,63}S^{0,54} \quad \text{en unités SI}$$

Où :

V = vitesse moyenne d'écoulement dans la tuyauterie, m/s (pi/s)

C = coefficient Hazen-Williams (150 pour une tuyauterie en PVC)

R = rayon hydraulique (D/4 pour une tuyauterie pleine), pi (m)

S = gradient hydraulique ou perte de charge par unité de longueur de tuyauterie, pi/pi (m/m)

Comparaison des pertes de charge pour divers matériaux de tuyauteries

Pour un diamètre nominal de tuyauterie donné, les pertes de charge par unité de longueur dépendent essentiellement de deux facteurs :

1. Le diamètre intérieur – c'est le diamètre intérieur de la tuyauterie que l'on doit utiliser dans les calculs hydrauliques, et non le diamètre nominal. Un grand diamètre intérieur a tendance à favoriser l'écoulement du fluide et par conséquent à réduire les pertes de charge.
2. Le coefficient de frottement interne – si le diamètre intérieur est grand, il ne faut pas pour autant négliger l'influence du fini de la surface interne de la tuyauterie. Alors que le PVC et autres matières plastiques peuvent conserver indéfiniment une surface intérieure lisse, d'autres matériaux ont tendance à devenir plus rugueux sous l'effet des sous-produits de la corrosion à long terme. C'est pourquoi le coefficient de frottement (Hazen-Williams) a été établi à une valeur inférieure à 100 pour des tuyauteries en fonte d'un certain âge.

Bien que les données expérimentales montrent que le facteur « C » relatif à une tuyauterie en PVC peut atteindre des valeurs de 155 à 165, pour une tuyauterie neuve et une tuyauterie usagée, le manuel M23 de l'AWWA recommande un facteur « C » de 150 pour le PVC⁷.

Tableau 5 – Facteurs « C » Hazen-Williams⁶

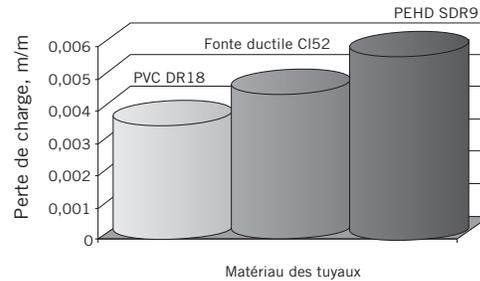
Matériau	Facteur C
Matière plastique (PVC, PVCO et PEHD)	150
Fonte (neuve)	130
Fonte (âgée de 20 ans)	100

En comparant les différents matériaux, on s'aperçoit qu'une tuyauterie en PVC génère une perte de charge beaucoup plus faible que dans toute autre tuyauterie en matériau autre qu'en matière plastique :

- Une tuyauterie en fonte de classe 52 a un diamètre intérieur légèrement plus grand que celui d'une tuyauterie en PVC DR18 mais, comme elle se caractérise par un facteur C à long terme inférieur ou égal à 100, ses caractéristiques hydrauliques s'en trouvent affectées.
- Une tuyauterie en PEHD SDR9 a un facteur C de 150 mais, comme elle a une paroi beaucoup plus épaisse, son diamètre intérieur est beaucoup plus faible qu'une tuyauterie en PVC DR18.

Figure 2 – Matériaux de tuyauteries

Pertes de charge – tuyauterie de 200 mm à 25 L/s



Calcul des surpressions - tuyauterie en PVC

Dans un système de tuyauterie, une surpression (coup de bélier) se produit lorsque la vitesse d'écoulement du fluide varie. Plusieurs causes peuvent être à l'origine de cette variation de vitesse :

- manœuvre d'un robinet ou utilisation d'une pompe
- évacuation de l'air emprisonné
- modifications de la demande

Il existe deux types principaux de surpression – les surpressions en régime transitoire, lorsque le système passe d'un état permanent à un autre (fermeture d'un robinet par exemple) et les surpressions cycliques, qui se produisent au cours du fonctionnement normal de certaines conduites. C'est le cas par exemple d'une conduite de refoulement d'égout sous pression, alimentée par une pompe mise en route à chaque fois que le niveau dans un puits humide atteint un certain point.

L'intensité d'une surpression dépend d'un certain nombre de paramètres, incluant notamment le type de fluide pompé, l'ampleur de la variation de vitesse d'écoulement et le genre de matériau de tuyauterie. Les surpressions sont généralement beaucoup plus élevées dans un système de tuyauterie rigide que dans un système flexible, ce dernier ayant une meilleure aptitude à absorber les chocs dus à un coup de bélier. En outre, le PVC ayant une résistance à court terme élevée, le facteur de sécurité obtenu dans le calcul de résistance à une pression à court terme est beaucoup plus élevé que pour les autres matériaux de tuyauteries.

Le calcul des effets produits par un régime transitoire dans un système de tuyauterie de grand diamètre (indépendamment du matériau) est un travail compliqué exigeant une très grande expertise. Il existe heureusement de nombreuses firmes d'ingénierie hautement qualifiées dans ce type d'analyse. IPEX a travaillé en étroite collaboration avec certains de ces experts et nous nous ferons un plaisir de les indiquer en référence aux concepteurs intéressés. Nous recommandons fortement que tout système (particulièrement de grand diamètre) fasse l'objet d'une analyse approfondie des régimes transitoires.

⁷ Manuel AWWA M23, 2ème édition – PVC Pipe – Design and Installation, 2002, American Water Works Association

⁸ « Pump Handbook – troisième édition » – Karassik, Messina, Cooper & Heald, pages 8.36

Bien qu'il soit bon de faire une analyse détaillée, il est possible de calculer l'intensité d'une surpression dans une conduite en utilisant la théorie des ondes élastiques servant aux analyses de surpressions. Par exemple, l'intensité de la surpression causée par la fermeture rapide d'un robinet est reliée au taux de changement du débit, tandis que la vitesse de propagation de l'onde de pression dépend de la vitesse du son dans le fluide (modifiée par le matériau de tuyauterie).

Calcul d'une vitesse d'onde - Tuyauterie

$$a = \frac{4,660}{\sqrt{(1 + (k/E) (DR - 2))}}$$

Où :

- a = vitesse de l'onde, pi/s
- K = module de compression du fluide (300 000 psi pour l'eau)
- E = module d'élasticité de la tuyauterie (400 000 psi pour le PVC et 500 000 psi pour le PVCO)

Surpression - tuyauterie en PVC

Une fois la vitesse de l'onde calculée, l'équation suivante permet de calculer la surpression maximale :

$$P = \frac{a(\Delta V)}{(2,31) g}$$

Où :

- a = vitesse de l'onde (pi/s)
- ΔV = variation de vitesse maximale (pi/s)
- g = accélération de la pesanteur (32,2 pi/s²)
- P = surpression maximale (psi)

En appliquant les équations aux différents DR de tuyaux en PVC et en supposant un arrêt de l'écoulement d'un fluide ayant une vitesse de 0,3 m/s (1 pi/s), on obtient les résultats indiqués dans le tableau ci-dessous :

SDR	Surpression pour du PVC (psi)
51	10,8
41	11,4
32,5	12,8
26	14,5
25	14,7
18	17,4
14	19,8

Pressions négatives (vide)

Même si les joints de tuyauteries sont soumis à un essai à une pression de -10,8 psi, afin de satisfaire aux exigences des normes CSA, IPEX a simulé des pressions négatives nettement plus grandes que le vide absolu (-14,7 psi), en appliquant une pression extérieure supérieure à 100 psi. Cela prouve hors de tout doute que les joints de tuyauteries IPEX peuvent facilement résister à un vide complet.

Calcul des surpressions - tuyauterie en PVCO

Le paramètre DR ne s'utilise pas pour un tuyau en PVCO. On utilise plutôt la variable dimensionnelle Do/t pour le calcul de la vitesse d'onde. Le module d'élasticité utilisé pour le calcul des surpressions est de 500 000 psi. En utilisant les valeurs relatives au PVCO dans les équations ci-dessus, la surpression correspondant à une variation de vitesse de 0,3 m/s (1,0 pi/s) dans une tuyauterie en PVCO ayant une classe de pression de 150 est de 14,6 psi.

Emprisonnement d'air dans une conduite

La présence d'air dans une conduite peut engendrer de graves difficultés et doit être évitée dans la mesure du possible. À cet effet, il convient d'apporter un grand soin à la conception des entrées de pompes ou des alimentations par gravité, d'utiliser les bonnes techniques de remplissage et d'essai, de poser la tuyauterie en pente et d'installer des purgeurs d'air correctement dimensionnés aux bons endroits.

Voici quelques problèmes dus à une accumulation d'air emprisonné :

1. Les poches d'air peuvent réduire l'aire de la section droite par laquelle le fluide s'écoule à certains endroits de la conduite. Il peut en résulter une augmentation des pertes de charge et des fluctuations de débit par suite du déplacement de l'air.
2. Ces fluctuations de débit peuvent entraîner des surpressions dans la conduite.
3. La libération ou l'évacuation de l'air peut causer des surpressions extrêmement élevées.

Causes d'entrée d'air dans une conduite

Les causes d'entrée d'air les plus courantes sont les suivantes :

- Emprisonnement d'air lors d'un remplissage
- Emprisonnement à l'entrée d'une pompe ou dans une alimentation par gravité
- Libération de l'air dissous dans le fluide contenu dans la conduite
- Admission d'air dans les purgeurs d'air

Problèmes reliés à l'air emprisonné

Le principal problème présenté par l'air emprisonné est que, à partir d'un certain point, il peut s'échapper de manière incontrôlée. En se déplaçant le long d'une conduite, une poche peut finir par rencontrer un endroit où elle peut s'échapper. Cet endroit peut être un purgeur d'air (ce qui est bon) ou un joint d'étanchéité (ce qui est mauvais). Dans la plupart des conduites, les joints d'étanchéité sont conçus pour de l'eau et non de l'air. Bien que, dans la plupart des cas, un joint d'étanchéité puisse résister au passage d'une poche d'air à haute pression, ce joint peut finir par être éjecté, provoquant une sortie rapide de l'air. Comme cet air s'échappe très rapidement, la poche d'air implose à un rythme extrêmement élevé. L'eau se déplace par à-coups vers l'ouverture créée par l'éjection du joint, mais ne peut sortir à la même vitesse que l'air, à cause de sa trop grande masse volumique. Il s'ensuit une décélération rapide de l'écoulement et une onde de choc transitoire énorme - d'une amplitude parfois suffisante pour entraîner une rupture de conduite.

Purgeurs d'air

Les purgeurs d'air sont conçus pour évacuer l'air d'une conduite sous différentes pressions, tout en restreignant l'écoulement du liquide. Un purgeur d'air diffère d'une ventouse casse-vide en ce sens que cette dernière possède un orifice beaucoup plus grand et sert à évacuer ou à admettre de très grands volumes d'air, lors d'un remplissage ou d'une vidange par exemple. Le diamètre d'orifice d'un purgeur d'air varie généralement de 1/16 po à 1/4 po de diamètre, tandis que celui d'une ventouse casse-vide varie entre 1 po et 8 po.

Un troisième type d'appareil combine les deux fonctions et se désigne par purgeur d'air et ventouse casse-vide combinés. Il possède à la fois un orifice de grand diamètre et un orifice de petit diamètre; le premier reste ouvert lors d'un remplissage ou d'une vidange et le deuxième demeure continuellement ouvert afin d'évacuer l'air susceptible de s'accumuler dans une conduite en fonctionnement normal.

Lorsque l'on confie le remplissage ou l'essai d'une conduite à un personnel non formé, utiliser des purgeurs d'air automatiques installés sur un tronçon de tuyauterie vertical, dont le diamètre est de l'ordre de 1/100 de celui de la conduite principale (rapport d/D). Dans cette gamme de diamètres, un purgeur d'air restreint le passage de l'air et oblige l'eau à ralentir avant d'arriver au purgeur.

Les embranchements pour prises d'eau ne sont d'aucune utilité lorsqu'il s'agit d'évacuer l'air d'une conduite. Ces embranchements se raccordent en effet sur une conduite aux positions 3 h ou 9 h. Les purgeurs d'air doivent être situés aux points hauts (position 12 h) pour être efficaces.

Essai d'une conduite et air emprisonné

Le remplissage initial et l'essai sont les deux événements les plus importants dans la vie utile d'un système de tuyauterie. C'est en effet au cours de ces opérations que l'air a le plus de chance de s'accumuler. C'est pourquoi les ingénieurs concepteurs doivent inclure des procédures détaillées concernant le remplissage et les essais dans les cahiers des charges des projets :

1. Installer les conduites selon un profil réduisant au minimum le nombre de points hauts. Éviter autant que possible les changements brusques de pente et les parties hautes trop prononcées.
2. Installer des purgeurs d'air/casse-vide bien dimensionnés aux points hauts ou autres endroits où l'air pourrait s'accumuler.
3. Lors du remplissage, la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau ne devrait pas dépasser 0,3 m/s (1 pi/s).
4. Évacuer entièrement l'air du système avant un essai d'étanchéité, un essai sous pression ou de réception.
5. Si, lors d'un essai, on doit ajouter une trop grande quantité d'eau pour augmenter la pression, c'est que de l'air peut être emprisonné ou il peut y avoir des fuites. Dans ce cas, interrompre l'essai jusqu'à ce que la cause du problème ait été trouvée.

Diamètre nominal		Débit de remplissage maxi	
po	mm	gpm	L/s
4	100	40	2,5
6	150	87	5,5
8	200	157	9,9
10	250	245	15
12	300	353	22
14	350	480	30
16	400	627	39
18	450	793	50
20	500	979	61
24	600	1 410	89
30	750	2 203	139
36	900	3 173	200
42	1 050	4 318	272
48	1 200	5 640	355
54	1 350	7 342	465
60	1 500	8 405	532

Références supplémentaires :

À la fin des années 1960, un film concernant l'accumulation d'air dans les conduites a été produit à l'Université du Colorado (Colorado State University); c'est probablement la référence la plus facilement accessible à ce sujet. Ce film fut produit sur demande par un grand fabricant de tuyaux et montre clairement les effets de l'air emprisonné dans les conduites, ainsi que l'importance des purgeurs d'air bien dimensionnés et positionnés.

Calcul relatif aux charges cycliques dans les tuyauteries en PVC

Le phénomène bien connu de la fatigue affecte de nombreux matériaux. Ce n'est que lorsqu'un système de tuyauterie en PVC est soumis à des charges cycliques extrêmes que l'on tient compte de la fatigue comme critère de conception. Fort heureusement, de nombreuses recherches ont été effectuées à ce sujet et celles récemment effectuées par le docteur A. Moser à l'université d'Utah (Utah State University) ont largement permis de mieux comprendre ce phénomène.

Le docteur Moser a ainsi établi que le nombre de cycles à la rupture (C) d'une tuyauterie en PVC est fonction de la contrainte moyenne dans la paroi de cette tuyauterie, ainsi que de l'amplitude des cycles. Ces résultats s'appuient sur des travaux antérieurs réalisés par H.W. Vinson et qui se bornaient à établir un lien entre les cycles à la rupture et la seule contrainte maximale dans le matériau.

Bien que de nombreuses installations puissent être soumises à des charges cycliques, ces dernières se rencontrent surtout dans les collecteurs de refoulement d'égout et les installations d'irrigation (dans la plupart des collecteurs principaux et des conduites d'adduction d'eau, la pression est relativement constante). Lorsqu'un système comprend des pompes qui démarrent et s'arrêtent à intervalles réguliers (c'est-à-dire plus de deux fois par jour), il doit faire l'objet d'une analyse selon la méthode du docteur Moser.

Le graphique suivant montre la relation entre le nombre de cycles à la rupture et la contrainte moyenne ainsi que l'amplitude.

On trouvera un exemple de calcul relatif aux charges cycliques dans un collecteur de refoulement d'égout dans la section 3.

Documentation supplémentaire :

Vinson, H.W. : « Response of PVC Pipe to Large, Repetitive Pressure Surges » Proceedings of the International Conference on Underground Plastic Pipe (mars 1981)

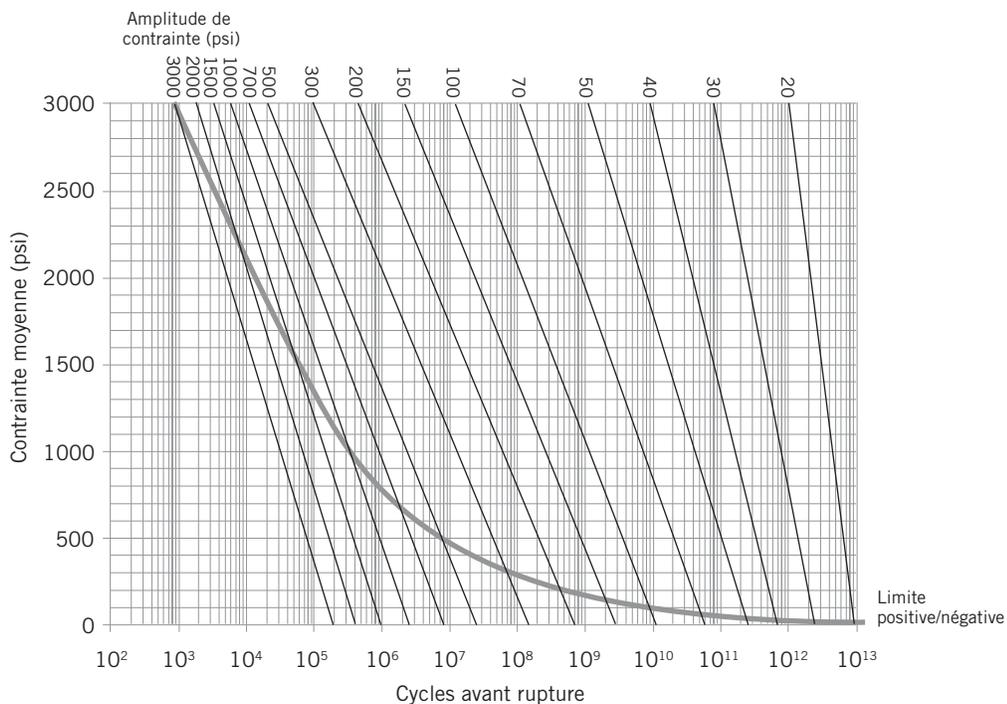
Moser, Folkman, Jeffrey : « Long-Term Cyclic Testing of 6 inch PVC Pipe » Utah State University, (mars 2003)

Calcul relatif aux charges cycliques dans les tuyauteries en PVCO

Les recherches montrent qu'un tuyau en PVCO a une résistance à la fatigue cyclique supérieure à celle d'un tuyau en PVC. Cependant, des courbes semblables à celles de la figure 3 pour le PVC n'existent pas encore pour le PVCO.

C'est pourquoi il est recommandé de concevoir une tuyauterie en PVCO en la traitant comme si elle était en PVC de la même classe de pression. Vérifier que la tuyauterie en PVC convient aux conditions de conception et tenir compte du fait qu'il s'agit en réalité d'une tuyauterie en PVCO procurant une marge de sécurité supplémentaire en ce qui a trait à la fatigue cyclique.

Figure 3 – Courbe de fatigue cyclique relative au PVC



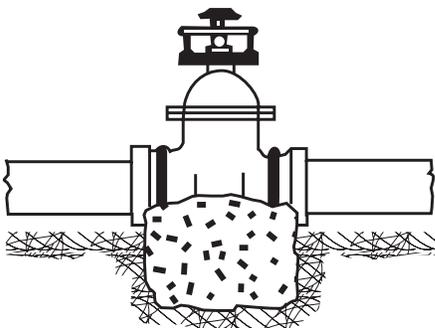
Absorption des forces de poussée dans les systèmes de tuyauteries à joints d'étanchéité

Absorption de la poussée au niveau des raccords et robinets

Dans une conduite sous pression, un déséquilibre entre les forces hydrostatiques peut apparaître à plusieurs endroits, à cause de la configuration de la conduite. Les forces qui en résultent sont appelées forces de poussée. Une force de poussée peut apparaître aux endroits d'un système de tuyauterie où il y a un changement d'aire de la section droite ou de la direction de l'écoulement. L'installateur doit absorber ces forces au moyen de butées ou de dispositifs de retenue mécaniques. On indique ci-dessous trois endroits où des dispositifs de retenue doivent être installés.

• Robinets

Les robinets doivent être ancrés. Cela vaut aussi bien pour ceux installés dans une chambre que ceux installés en cours de conduite, qu'ils soient utilisés fréquemment ou seulement une fois par an.



Poser des tiges d'ancrage autour du corps de robinet ou dans les oreilles de fixation, puis encastrer les tiges dans le béton placé sous le robinet. Utiliser la même méthode d'ancrage pour les robinets installés dans des chambres. Un robinet a besoin d'être retenu surtout lors de l'ouverture ou de la fermeture.

• Changements de direction (verticaux ou horizontaux)

Des raccords comme les coudes, tés ou tampons d'extrémités de conduites doivent être retenus car ils correspondent à un changement important de direction d'écoulement du fluide.

• Réductions de diamètre

Le dispositif d'absorption de la poussée, à un endroit où il y a une réduction de diamètre, dépend de l'importance de cette réduction et doit être correctement retenu.

Blocs de butée en béton

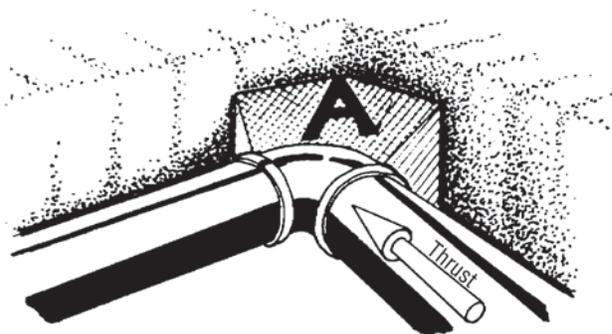
À chacun des points d'une conduite où des forces de poussée apparaissent, couler un bloc de béton entre le raccord et le sol non remué de la paroi de la tranchée. Utiliser des feuilles de contre-plaqué pour délimiter le bloc et contrôler la coulée du béton, afin que l'aire de la surface de contact avec le sol naturel de la paroi de la tranchée assure un appui adéquat.

Charge portante d'un sol non remué

Matériau organique (tourbe, etc.)	0 lb/pi ²
Argile molle	500 lb/pi ²
Sable	1 000 lb/pi ²
Sable et gravier	1 500 lb/pi ²
Sable et gravier avec argile	2 000 lb/pi ²
Sable et gravier collés avec argile	4 000 lb/pi ²
Argile durcie	5 000 lb/pi ²

Ces capacités portantes de sol sont approximatives et comportent une certaine marge de sécurité. Pour une plus grande précision dans la conception, IPEX recommande que des essais de charges portantes soient réalisés par un ingénieur en mécanique des sols compétent.

L'ingénieur peut déterminer l'aire de la surface portante recommandée pour la coulée du béton. Cette aire (en pi²) peut aussi se calculer en déterminant la force de poussée totale générée à l'endroit du raccord. Il suffit de diviser la force de poussée (en livres) par la capacité portante du sol, comme le montre le tableau joint. Le résultat obtenu correspond à la surface de sol nécessaire pour supporter la poussée (A). La surface calculée est celle de l'aire d'appui du béton contre la paroi de la tranchée (c'est-à-dire la partie arrière du bloc).



$$\text{aire } A = \frac{\text{Force de poussée}}{\text{Charge portante du sol}}$$

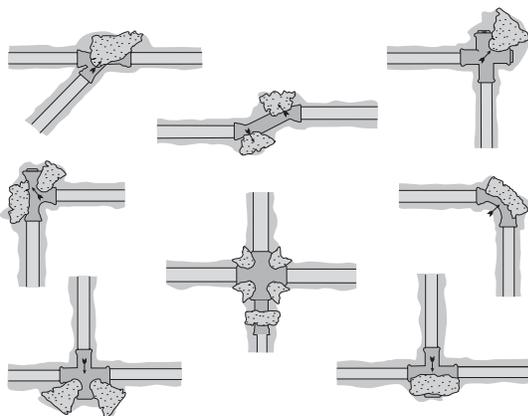
Tableau 6 – Poussée générée à 100 psi de pression (livres-forces)

Note : ne jamais placer une butée précolée en contact direct avec un raccord en PVC.

Diamètre de tuyauterie po	Diamètre de tuyauterie mm	Robinet et extrémités de conduites, tés	Coudes à 90°	Coudes à 45°	Coudes à 22½°	Coudes à 11¼°
4	100	1 810	2 560	1 390	635	320
6	150	3 740	5 290	2 860	1 370	690
8	200	6 430	9 100	4 920	2 320	1 170
10	250	9 680	13 680	7 410	3 610	1 820
12	300	13 690	19 350	10 470	5 080	2 550
14	350	18 380	25 990	14 100	6 100	3 080
16	400	23 780	33 630	18 280	7 960	4 020
18	450	29 860	42 230	22 970	10 060	5 080
20	500	36 640	51 820	28 180	12 440	6 280
24	600	52 280	73 930	40 200	17 940	9 060
30	750	80 425	113 737	61 557	31 500	15 800
36	900	115 200	162 929	88 181	45 000	22 600
42	1 050	155 500	219 950	119 000	60 700	30 500
48	1 200	202 700	286 700	155 200	79 000	39 800
54	1 350	260 100	367 696	199 059	101 979	50 985
60	1 500	298 000	421 393	228 056	116 262	58 412

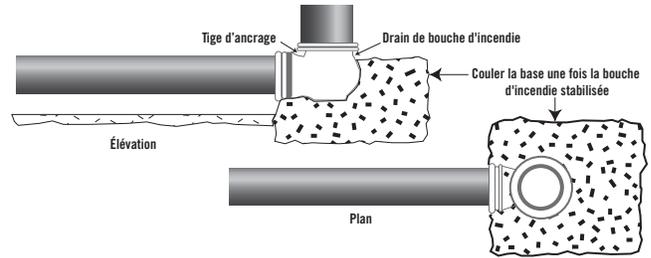
Absorption d'une poussée dans un sol de très mauvaise qualité

Lorsqu'une conduite passe dans un sol ayant une charge portante très faible ou nulle, il est possible d'absorber les forces de poussée en encastrant les raccords dans du béton et en prolongeant les blocs coulés pour former des éléments monolithiques d'une inertie suffisante pour absorber les forces de poussée. Une autre solution consiste à envelopper les raccords de tiges servant de tirants et à ancrer ces derniers en amont dans du béton coulé dans la tranchée, à un endroit où le sol est plus stable. Enfin, on peut utiliser des dispositifs de retenue mécaniques pour absorber les forces de poussée.



Disposition des blocs de butée couramment utilisés

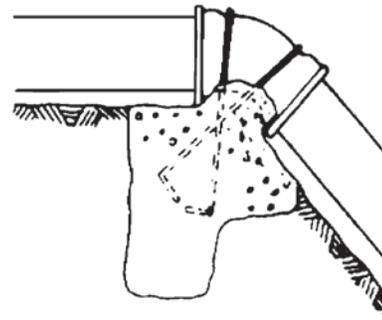
Construire la surface portante de la tranchée au moyen d'outils manuels afin d'assurer un appui sur un sol non remué.



Ce type de fondation de bouche d'incendie se comporte comme un bloc de butée et un ancrage s'opposant au gonflement dû au gel; il élimine l'empotement du sol par l'eau de vidange.

Absorption d'une poussée verticale

Lorsqu'une conduite change de direction pour descendre afin de passer sous un ruisseau ou une voie de circulation, etc., une force de poussée verticale (vers le haut) se développe au niveau des raccords. Ancrer les raccords comme s'il s'agissait de robinets et s'assurer que la base de béton soit en contact avec un sol non remué.

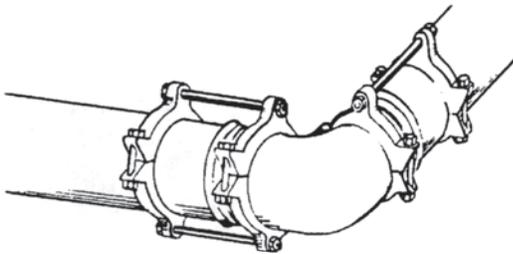


Les bandes de retenue doivent avoir au minimum 2 pouces (50 mm) de largeur.

Retenue d'une tuyauterie sur une pente raide

Lorsqu'une conduite est installée sur un terrain en pente, les techniques habituelles de remblayage suffisent à empêcher un glissement vers l'arrière et le déboîtement des joints. Cependant, lorsque la hauteur de couverture est inférieure à 1,8 m (6 pieds), que la qualité du sol est médiocre et que la pente est supérieure à 20° (36 %), il peut être souhaitable de recourir à une technique d'ancrage spéciale. L'une des méthodes consiste à poser la tuyauterie en orientant les emboîtures vers le haut de la pente et à couler un bloc de béton derrière chaque emboîture, ces blocs étant insérés dans les parois de la tranchée en sol non remué. Pour une bonne stabilité de la conduite, il est généralement nécessaire d'ancrer par cette technique une longueur de tuyau sur trois. Lorsque la pente est raide, on peut également coller au solvant de courtes sections de conduite.

Absorption des poussées par des dispositifs de retenue mécaniques



Pour absorber une force de poussée, il existe plusieurs dispositifs de retenue mécanique comprenant un collier de serrage sur la paroi du tuyau et des tirants reliés à un collier de serrage similaire sur le raccord ou l'emboîture d'un tuyau. Ces dispositifs permettent d'absorber entièrement une poussée au niveau d'un raccord, jusqu'à un diamètre maximal de 1 500 mm (60 pouces). Il est parfois souhaitable de relier deux ou trois longueurs de tuyaux de chaque côté du raccord, à l'aide de dispositifs de retenue, afin de tirer parti de l'effet de blocage du matériau de remblayage entourant le fût des tuyaux.

Lorsqu'on utilise un dispositif de retenue absorbant les forces de poussée, la pression maximale dans la conduite (habituellement la pression d'essai) ne doit pas dépasser la pression nominale du dispositif de retenue.

Il est important d'utiliser des dispositifs de retenue spécialement soumis à des essais et approuvés pour utilisation sur une tuyauterie en PVC et/ou PVC-O. Il est également essentiel pour l'installateur de respecter les valeurs des couples de serrage des boulons indiqués par le fabricant des dispositifs de retenue.

Assemblage, installation et essai des systèmes de tuyauteries sous pression en PVC

Le Guide d'installation des tuyaux et raccords sous pression en PVC de IPEX contient des renseignements détaillés sur la façon d'installer ces composants. Ces renseignements détaillés portent sur :

- La réception et la manipulation des tuyaux.
- La préparation d'une tranchée.
- La descente des tuyaux dans une tranchée.
- L'assemblage des joints.
- La courbure d'une conduite.
- Le raccordement sur des robinets et accessoires.
- L'usinage et le chanfreinage d'un tuyau
- Les piquages, brides et manchons (chemises)
- Les considérations relatives au diamètre extérieur
- Le remblayage et la mise en place d'un lit de pose
- L'essai sous pression d'une conduite
- L'installation d'une conduite dans un fourreau
- Les tableaux d'utilisation des lubrifiants.

On peut se procurer le guide en contactant un représentant IPEX ou en consultant notre bibliothèque technique à l'adresse www.ipexna.com.



NOTES

SECTION TROIS : CONCEPTION – EXEMPLES DE CALCUL

INTRODUCTION

Trois exemples de calcul de conception sont présentés dans cette section :

1. Collecteur de refoulement d'égout en PVC – cet exemple illustre la méthode de calcul d'une conduite à faible pression soumise à d'importantes surpressions récurrentes. La fatigue cyclique constitue le paramètre déterminant du calcul.
2. Conduite principale d'adduction d'eau en PVC de grand diamètre – cet exemple illustre le concept consistant à modifier le DR des tuyaux dans la conduite au fur et à mesure que la pression le permet. On utilise ainsi quatre DR différents.
3. Conduite en PVCO soumise à une vitesse d'écoulement élevée et à des variations de vitesse extrêmes. Cette conduite est parfois le siège de surpressions substantielles, mais qui ne représentent pas un critère déterminant du calcul du fait que les tuyauteries en matière plastique ont la capacité de résister à des charges à court terme.

Exemple de calcul n°1 : collecteur de refoulement d'égout – tuyaux en PVC AWWA C900

Déterminer le diamètre et la pression nominale d'un collecteur de refoulement d'égout ayant les caractéristiques suivantes :

Débit de pointe = 450 L/s (7 130 gpm)

Variation d'altitude (hauteur statique) : 30 mètres (98 pi)

Longueur : 3 000 mètres (9 850 pi)

nombre moyen de cycles de fonctionnement des pompes par jour : 36

Pression maximale (de crête) dans le système lors d'un fonctionnement contrôlé des pompes : 500 kPa (73 psi)

Pression minimale dans le système lors d'un fonctionnement contrôlé des pompes : 200 kPa (29 psi)

Durée de vie minimale : 50 ans

Étape 1 – Sélectionner un diamètre nominal et une pression nominale préliminaires

Dans un collecteur de refoulement on choisit habituellement une vitesse maximale de 1,5 m/s (5 pi/s).

$$Q = vA \therefore A = \frac{Q}{v}$$

Où :

A = aire de la section droite de la tuyauterie, m²

v = vitesse d'écoulement du fluide, m/s

Q = débit, m³/s

$$A = \frac{0,450 \text{ m}^3/\text{s}}{1,5 \text{ m/s}} = 0,3 \text{ m}^2$$

Diamètre nécessaire :

$$a = \frac{\pi D^2}{4} \therefore D = \sqrt{\frac{4a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0,3)}{\pi}} = 0,618 \text{ m} = 618 \text{ mm} \text{ est le diamètre nécessaire}$$

La pression statique est de 298 kPa (43 psi). Par conséquent, choisir un diamètre nominal de 600 mm (24 po) SDR51 (pression nominale de 80 psi) pour les calculs préliminaires.

Diamètre intérieur d'un tuyau de 600 mm SDR51 = 630 mm (24,8 po).

Note : ces calculs préliminaires ont pour but de sélectionner un diamètre nominal et une pression nominale permettant d'obtenir un diamètre intérieur supérieur ou égal au diamètre requis, mais sans que les valeurs soient identiques. Le plus important est de choisir des tuyaux en fonction de la hauteur statique initiale du système. On part ensuite de cette base pour les calculs de hauteur dynamique et de surpression dans les étapes suivantes.

Étape 2 – Calcul de la hauteur dynamique (pertes de charge par frottement et pertes de charge secondaires) et de la hauteur totale du système

À cette étape, on utilise l'équation de Hazen-Williams pour le calcul des pertes de charge dans le système. Dans cet exemple, nous négligerons les pertes de charge secondaires dans les raccords et robinets. Toutefois, lorsqu'un système comporte un grand nombre de raccords, les pertes de charge secondaires doivent être calculées car elles peuvent être très importantes. Noter que le facteur « C » pour une tuyauterie en PVC est de 150.

Équation de Hazen-Williams :

$$h_f = 10,654 \left(\frac{Q}{C} \right)^{\frac{1}{0,54}} \left(\frac{1}{D^{4,87}} \right) L = 10,654 \left(\frac{0,450 \text{ m}^3/\text{s}}{150} \right)^{\frac{1}{0,54}} \left(\frac{1}{(0,630 \text{ m})^{4,87}} \right) 3000 \text{ m} = 6,5 \text{ m}$$

Les pertes de charge par frottement correspondent à une hauteur de 6,5 mètres ou à une pression de 63 kPa (9 psi). Cette hauteur équivalente de perte de charge s'ajoute à la hauteur statique pour donner la hauteur totale du système. Note : pour des calculs en unités impériales, utiliser la forme correspondante de l'équation de Hazen-Williams indiquée dans la section 2.

$$h_{\text{sys}} = 30 \text{ m} + 6,5 \text{ m} = 36,5 \text{ m or } 358 \text{ kPa (52 psi)}$$

Par conséquent, une tuyauterie de SDR51 dont la pression nominale est de 80 psi convient, compte tenu de la pression de service du système.

Étape 3 – Calcul de la résistance du système à une surpression à court terme

Dans la section 2, nous avons présenté une méthode de calcul d'une surpression pour une variation de vitesse d'écoulement donnée dans un système de tuyauterie en PVC. Nous utiliserons ici les résultats de ces calculs, sans les reprendre en détail. Pour connaître les détails exacts, se reporter à la section 2 « Calcul d'une surpression ».

Commencer par calculer la vitesse maximale d'écoulement réelle pour un débit de 450 L/s dans un diamètre de 600 mm SDR51 :

$$Q = va \therefore \frac{Q}{a} = \left(\frac{450 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (0,630 \text{ m})^2} \right) = 1,44 \text{ m/s}$$

Une variation de 0,3 m/s de la vitesse d'écoulement engendre une surpression de 75 kPa (10,8 psi) dans une tuyauterie de SDR51.

$$P_s = \left(\frac{1,44 \text{ m/s}}{0,3} \right) 75 \text{ kPa} = 361 \text{ kPa (52,3 psi)}$$

D'après la section 2, la pression nominale à court terme (STR) d'une tuyauterie de SDR51 est de 880 kPa (128 psi).

Pression à court terme dans le système : 358 kPa + 361 kPa = 719 kPa (104 psi)

Une tuyauterie de SDR51 étant dans ce cas légèrement insuffisante pour supporter une telle pression nominale à court terme, nous reprenons les calculs en utilisant un SDR41 ayant une pression nominale à court terme de 130 psi. Comme le diamètre intérieur (DI) est légèrement différent et que la surpression générée est un peu plus élevée, nous refaisons les calculs des étapes 1 à 3; les résultats sont les suivants :

$$h_{\text{sys}} = 30 \text{ m} + 7,1 \text{ m} = 37,1 \text{ m or } 364 \text{ kPa (52,8 psi)}$$

$$P_s = \left(\frac{1,48 \text{ m/s}}{0,3} \right) 79 = 389 \text{ kPa (56,4 psi)}$$

Pression à court terme dans le système : 364 kPa + 389 kPa = 753 kPa (109 psi)

Pression nominale à court terme (STR) correspondant à SDR41 = 130 psi (> 109 psi); par conséquent, cette tuyauterie convient aux exigences de pression à long terme et à court terme.

Étape 4 – Analyse cyclique

Les récentes recherches effectuées par le docteur A. Moser de l'Université d'Utah (Utah State University) ont permis à la fois de simplifier et d'augmenter la précision des calculs relatifs à la fatigue cyclique des tuyauteries en PVC. Noter que les pressions utilisées pour l'analyse cyclique sont les pressions engendrées lors d'un démarrage et d'un arrêt contrôlés. Aujourd'hui, la plupart des systèmes de pompage sont équipés de dispositifs de démarrage et d'arrêt progressifs, ce qui réduit les chocs. La surpression à court terme dans le système (108 psi dans ce cas) n'est pas souvent une valeur pertinente à considérer dans l'analyse cyclique, car c'est une pression générée uniquement lors d'un événement non contrôlé (panne de courant électrique par exemple) et n'est donc pas de nature cyclique.

Selon les données ci-dessus, il y a 36 cycles de fonctionnement par jour, soit 36 démarrages et 36 arrêts, ce qui fait un total de 72 événements par jour donnant lieu à des surpressions.

Pression maximale contrôlée dans le système : 500 kPa (73 psi) (donnée)

Pression minimale contrôlée : 200 kPa (29 psi) (donnée)

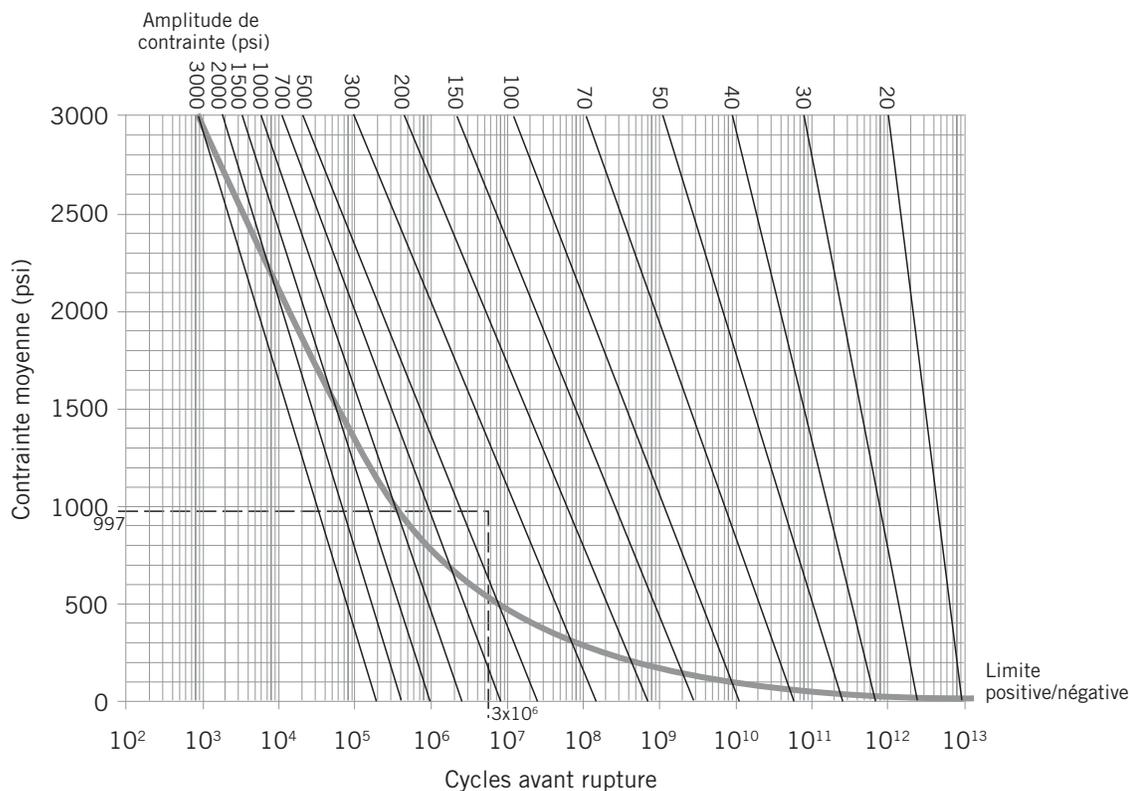
Calcul de la contrainte moyenne dans le système :

$$\sigma_{avg} = \frac{(P_{max} + P_{min})(DR-1)}{4} = \frac{(500 \text{ kPa} + 200 \text{ kPa})(41-1)}{4} = 7000 \text{ kPa (1020 psi)}$$

Calcul de l'amplitude de la contrainte :

$$\sigma_{amp} = \frac{(P_{max} - P_{min})(DR-1)}{4} = \frac{(500 \text{ kPa} - 200 \text{ kPa})(41-1)}{4} = 3000 \text{ kPa (438 psi)}$$

Figure 3 – Courbe de fatigue cyclique relative au PVC



Déterminer le nombre de cycles à la rupture, en utilisant les courbes de Moser : la figure ci-dessus montre que le nombre de cycles à la rupture correspond à environ 3×10^6 (ou 3 000 000) démarrages/arrêts de pompe.

Calcul de la durée de vie en fonctionnement cyclique :

Nombre d'événements : 72 par jour x 365 jours/an = 26 280 par an

Événements avant rupture : 3 000 000

Durée de vie en fonctionnement cyclique = $3\,000\,000 / 26\,280 = 152$ ans

Marge de sécurité = $152 \text{ ans} / 100 \text{ ans-durée de vie de conception} = 1,52 < 2,0$ (valeur requise)

Une tuyauterie de SDR51 étant légèrement insuffisante pour résister à la fatigue cyclique, analysons la tuyauterie d'épaisseur immédiatement supérieure (SDR41). En utilisant la même méthode, nous obtenons les résultats suivants :

Contraite moyenne = 6 200 kPa (900 psi)

Amplitude de contrainte = 2 200 kPa (320 psi)

Nombre de cycles prévus avant rupture : 18 000 000.

Durée de vie en fonctionnement cyclique = 680 ans

La marge de sécurité sur la rupture par fatigue cyclique est alors de 6,8, chiffre supérieur à la valeur requise de 2,0.

Par conséquent, le SDR41 convient aux conditions de conception.

Exemple de calcul n°2 : Collecteur de refoulement d'égout – Tuyaux Bionax en PVCO ASTM F1483

Déterminer le diamètre et la pression nominale d'un collecteur de refoulement d'égout ayant les caractéristiques suivantes :

Débit de pointe = 100 L/s (1 590 gpm)

Pression statique : 400 kPa (58 psi)

Longueur : 5 000 mètres (16 400 pi)

Nombre moyen de cycles de fonctionnement des pompes par jour : 36

Pression maximale (de crête) dans le système lors d'un fonctionnement contrôlé des pompes : 620 kPa (90 psi)

Pression minimale dans le système lors d'un fonctionnement contrôlé des pompes : 180 kPa (26 psi)

Durée de vie minimale : 100 ans

Étape 1 – Sélectionner un diamètre nominal et une pression nominale préliminaires

Dans un collecteur de refoulement on choisit habituellement une vitesse maximale de 1,5 m/s (5 pi/s).

$$Q = vA \therefore A = \frac{Q}{v}$$

Où :

A = aire de la section droite de la tuyauterie, m²

v = vitesse d'écoulement du fluide, m/s

Q = débit, m³/s

$$A = \frac{0,100\text{m}^3/\text{s}}{1,5\text{m/s}} = 0,067\text{m}_2$$

Diamètre nécessaire :

$$a = \frac{\pi D^2}{4} \therefore D = \sqrt{\frac{4a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0,067)}{\pi}} = 0,291\text{m} = 291\text{mm} \text{ est le diamètre nécessaire}$$

La pression statique est de 400 kPa (58 psi). Par conséquent, choisir un diamètre nominal de 300 mm (12 po) PR160 (pression nominale de 160 psi) pour les calculs préliminaires.

Diamètre intérieur d'un tuyau de 300 mm PR160 = 309 mm (12,2 po).

Note : ces calculs préliminaires ont pour but de sélectionner un diamètre nominal et une pression nominale permettant d'obtenir un diamètre intérieur supérieur ou égal au diamètre requis, mais sans que les valeurs soient identiques. Le plus important est de choisir des tuyaux en fonction de la hauteur statique initiale du système. On part ensuite de cette base pour les calculs de hauteur dynamique et de surpression dans les étapes suivantes.

Étape 2 – Calcul de la hauteur dynamique (pertes de charge par frottement et pertes de charge secondaires) et de la hauteur totale du système

À cette étape, on utilise l'équation de Hazen-Williams pour le calcul des pertes de charge dans le système. Dans cet exemple, nous négligerons les pertes de charge secondaires dans les raccords et robinets. Toutefois, lorsqu'un système comporte un grand nombre de raccords, les pertes de charge secondaires doivent être calculées car elles peuvent être très importantes. Noter que le facteur « C » pour une tuyauterie en PVC est de 150.

Équation de Hazen-Williams :

$$h_f = 10,654 \left(\frac{Q}{C} \right)^{\frac{1}{0,54}} \left(\frac{1}{D^{4,87}} \right) L = 10,654 \left(\frac{0,100\text{m}^3/\text{s}}{150} \right)^{\frac{1}{0,54}} \left(\frac{1}{(0,309\text{m})^{4,87}} \right) 5000\text{m} = 21,3\text{m} = 209 \text{ kPa}$$

Les pertes de charge par frottement correspondent à une pression de 209 kPa (30 psi). Cette hauteur équivalente de perte de charge s'ajoute à la hauteur statique pour donner la hauteur totale du système.

Note : pour des calculs en unités impériales, utiliser la forme correspondante de l'équation de Hazen-Williams indiquée dans la section 2.

$$h_f = 400 \text{ kPa} + 209 \text{ kPa} = 609 \text{ kPa} (88 \text{ psi})$$

Par conséquent, une tuyauterie Bionax de PR160 dont la pression nominale (PR) est de 160 psi convient, compte tenu de la pression de service du système.

Étape 3 – Calcul de la résistance du système à une surpression à court terme

Dans la section 2, nous avons présenté une méthode de calcul d'une surpression pour une variation de vitesse d'écoulement donnée dans un système de tuyauterie en PVC. Nous utiliserons ici les résultats de ces calculs, sans les reprendre en détail. Pour connaître les détails exacts, se reporter à la section 2 « Calcul d'une surpression ».

Commencer par calculer la vitesse maximale d'écoulement réelle pour un débit de 100 L/s dans un diamètre de 300 mm PR160 :

$$Q = va \cdot \frac{Q}{a} = \left(\frac{,100\text{m}^3/\text{s}}{\pi (0,309\text{m})^2} \right) = 1,33\text{m/s}$$

Une variation de 0,3 m/s de la vitesse d'écoulement engendre une surpression de 80 kPa (11,6 psi) dans une tuyauterie de PR160.

$$P_s = \left(\frac{1,33\text{m/s}}{0,3} \right) 80 \text{ kPa} = 356 \text{ kPa} (51,6 \text{ psi})$$

D'après la section 2, la pression nominale à court terme (STR) d'une tuyauterie de PR160 est de 1 380 kPa (200 psi)
Pression à court terme dans le système : 609 kPa + 356 kPa = 965 kPa (140 psi)

Pression nominale à court terme (STR) correspondant à PR160 = 200 psi (> 140 psi); par conséquent, cette tuyauterie convient aux exigences de pression à long terme et à court terme.

Étape 4 – Analyse cyclique

Les récentes recherches effectuées par le docteur A. Moser de l'Université d'Utah (Utah State University) ont permis à la fois de simplifier et d'augmenter la précision des calculs relatifs à la fatigue cyclique des tuyauteries en PVC. Noter que les pressions utilisées pour l'analyse cyclique sont les pressions engendrées lors d'un démarrage et d'un arrêt contrôlés. Aujourd'hui, la plupart des systèmes de pompage sont équipés de dispositifs de démarrage et d'arrêt progressifs, ce qui réduit les chocs. La surpression à court terme dans le système (108 psi dans ce cas) n'est pas souvent une valeur pertinente à considérer dans l'analyse cyclique, car c'est une pression générée uniquement lors d'un événement non contrôlé (panne de courant électrique par exemple) et n'est donc pas de nature cyclique.

Selon les données ci-dessus, il y a 36 cycles de fonctionnement par jour, soit 36 démarrages et 36 arrêts, ce qui fait un total de 72 événements par jour donnant lieu à des surpressions.

Pression maximale contrôlée dans le système : 620 kPa (90 psi) (donnée)

Pression minimale contrôlée : 180 kPa (26 psi) (donnée)

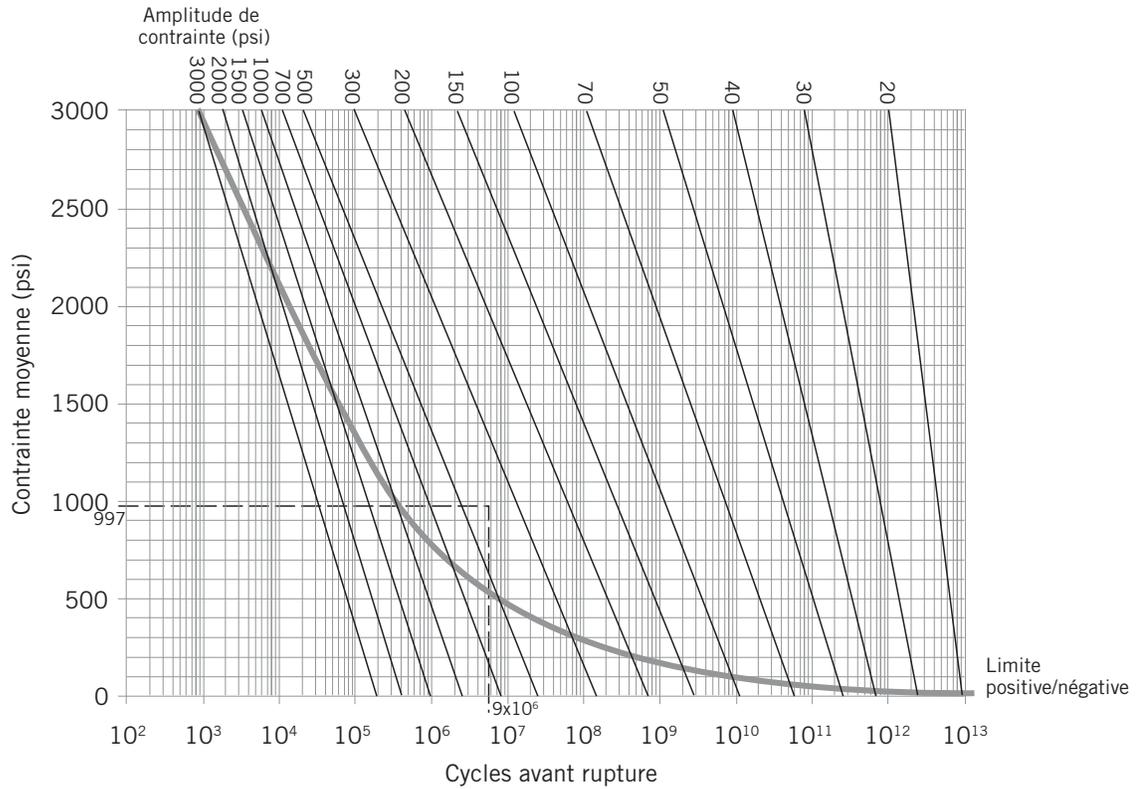
Calcul de la contrainte moyenne dans le système :

$$\sigma_{\text{avg}} = \frac{(P_{\text{max}} + P_{\text{min}})(DR-1)}{4} = \frac{(620 \text{ kPa} + 180 \text{ kPa})(41-1)}{4} = 5000 \text{ kPa} (729 \text{ psi})$$

Calcul de l'amplitude de la contrainte :

$$\sigma_{\text{amp}} = \frac{(P_{\text{max}} - P_{\text{min}})(DR-1)}{4} = \frac{(620 \text{ kPa} - 180 \text{ kPa})(41-1)}{4} = 2750 \text{ kPa} (401 \text{ psi})$$

Figure 3 – Courbe de fatigue cyclique relative au PVC



Déterminer le nombre de cycles à la rupture, en utilisant le graphique de Moser.

Le graphique montre que le nombre de cycles à la rupture correspond à environ 9×10^6 démarrages et arrêts de pompe.

Calcul de la durée de vie en fonctionnement cyclique :

$72 \text{ événements par jour} \times 365 \text{ jours/an} = 26\,280 \text{ par an}$

$9 \times 10^6 / 26280 = 342 \text{ ans}$

Par conséquent, un SDR41 est plus que suffisant pour cette application.

Exemple de calcul n°3 : conduite principale d'adduction d'eau

(Tiré du manuel AWWA M23 – PVC Pipe Design & Installation Manual)

L'analyse de cette conduite relativement simple va permettre d'illustrer les principes de conception présentés dans cette section du guide. On trouve dans les normes de tuyaux en PVC toute une gamme de résistances et de diamètres. Dans le cas idéal, le choix du concepteur doit permettre de minimiser les coûts en capital et en exploitation, tout en conservant une marge de sécurité suffisante.

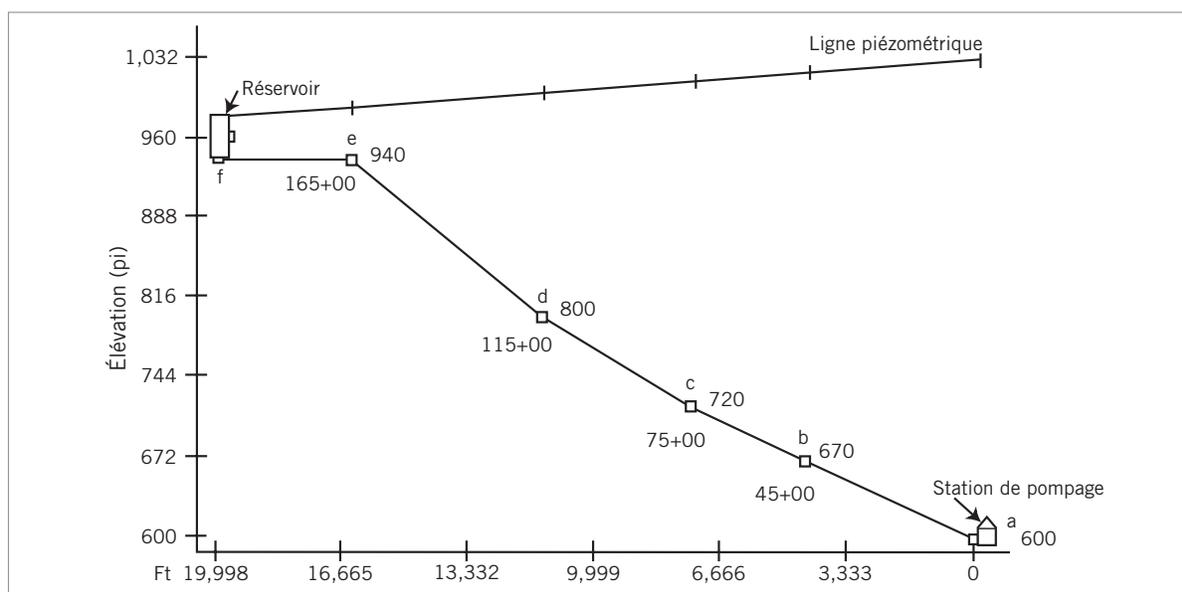
Le projet consiste à concevoir une conduite principale d'adduction d'eau en PVC, de 20 000 pieds de longueur, calculée pour une capacité ultime de 4 000 gpm (5,76 Mgallons/jour).

Le profil de la conduite est représenté ci-dessous. L'eau est pompée dans un réservoir de stockage au sol (point f), dans lequel le niveau maximal est à 35 pi au-dessus du fond. L'axe de l'extrémité du collecteur de refoulement, au point de raccordement sur le réservoir, sera à 5 pi en dessous du fond.

Les principales stations le long de la conduite ainsi que leurs élévations, sont les suivantes :

Point	Station	Élévation de l'axe de la tuyauterie (pi)
a	0 + 00	600
b	45 + 00	670
c	75 + 00	720
d	115 + 00	800
e	165 + 00	940
f	200 + 00	940

Figure 4 – Profil de la conduite



Le but des calculs de conception est de sélectionner un rapport de dimension (DR) adéquat pour les différentes sections de la conduite en PVC, sans jamais dépasser la pression nominale (PR) ni la pression de service nominale (WPR) de la conduite en un point donné. On s'efforcera de choisir des rapports de dimensions (DR) respectant les critères de conception, tout en offrant à l'entreprise de service public ou au maître de l'ouvrage une valeur économique optimale.

Dans un calcul de tuyauterie sous pression en PVC, le paramètre essentiel est la pression interne. Les dimensions des tuyaux sont définies par les normes AWWA. Nous avons utilisé pour cet exemple la norme AWWA C900, intitulée « Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 4 In. through 60 In. (100 mm through 1,500 mm), for Water Transmission and Distribution ». Pour déterminer la vitesse d'écoulement, il faut connaître les dimensions exactes de la tuyauterie. La pression totale en un point de la conduite est égale à la somme de la hauteur statique, de la perte de charge par frottement et de l'augmentation de pression due à une variation brusque de la vitesse d'écoulement. Pour simplifier, nous nous limiterons dans cet exemple à quatre pressions nominales (PR) de tuyauterie, uniquement dans des diamètres CIOD (PR 235, 165, 125 et 100).

Étape 1 – Calcul de la vitesse maximale d'écoulement

Supposons qu'une tuyauterie en PVC de 20 po soit utilisée. Selon la norme AWWA C900, la paroi la plus épaisse offerte pour une tuyauterie de 20 po correspond à DR18. Au stade de la conception préliminaire il est habituellement recommandé de commencer par la paroi la plus épaisse (c'est-à-dire par le rapport de dimension (DR) le plus faible). Il est ensuite possible de conserver cette hypothèse ou de la modifier dans la suite de la conception.

$$DI \text{ moyen} = DE \text{ moyen} - 2 (\text{épaisseur de paroi minimale} \times 1,06)$$

Note : la tolérance maximale sur l'épaisseur de paroi est d'environ +12 %. Il n'y a pas de tolérance minimale (négative). Les fabricants produisent généralement des tuyaux sous pression en PVC dont l'épaisseur de paroi se situe à environ 6 % au-dessus du minimum.

Hypothèse : tuyauterie de 20 po DR18 selon AWWA C900

$$\begin{aligned} DI \text{ moy.} &= 21,60 - 2 (1,200 \times 1,06) \\ &= 19,05 \text{ po} = 1,59 \text{ pi} \quad V = Q/A \\ V &= Q/A \end{aligned}$$

Où :

$$\begin{aligned} Q &= \text{Débit en pi}^3//\text{s} = 4\,000 \text{ gpm ou } 8,91 \text{ pi}^3/\text{s} \\ A &= \text{aire, pi}^2 \\ V &= \text{vitesse d'écoulement, pi/s} \\ A &= (3,14) (1,59/2)^2 = 1,98 \text{ pi}^2 \end{aligned}$$

Par conséquent :

$$V = 8,91/1,98 = 4,5 \text{ pi/s}$$

Comme cette vitesse se situe dans une gamme acceptable, nous pouvons conserver une tuyauterie de 20 po pour la suite des calculs.

Étape 2 – Détermination du facteur de surpression

Dans une conduite d'adduction, l'amplitude et l'emplacement d'une surpression sont souvent calculés par ordinateur. Pour les besoins de cet exemple, nous avons fait l'hypothèse que la surpression maximale se produisait lors d'un arrêt brusque de l'écoulement à la vitesse maximale. En pratique, on peut réduire énormément les coûts de la tuyauterie au moyen d'appareils de protection contre les surpressions et en utilisant le système selon des méthodes appropriées.

L'augmentation de pression résultant d'une variation brusque de la vitesse V de 4,5 pi/s dans une tuyauterie sous pression en PVC peut s'exprimer sous la forme du tableau suivant :

Rapport de dimension, DR	Surpression P_s' (psi) correspondant à 1 pi/s	$V \times P_s'$ (psi)
41	11,4	51,3
32,5	12,8	57,6
25	14,7	66,2
18	17,4	78,3

Étape 3 – Déterminer la pression de service nominale (WPR) correspondant à chacun des rapports de dimensions (DR) de l'étape 2

La pression de service nominale (WPR) est une pression nominale de la tuyauterie dépendant de chaque cas particulier et tenant compte de la surpression maximale possible en fonction de la résistance de la tuyauterie à court terme. Selon les conditions d'écoulement, la WPR peut être plus élevée ou plus faible que la pression nominale (PR) de la tuyauterie. La pression de service du système en régime permanent doit correspondre à la plus faible des deux valeurs :

$$WPR = STR - V \times P_s'$$

DR	STR (psi)	V x P _s ' (psi)	WPR (psi)	PR (psi)
41	130	51,3	78,7	100
32,5	165	57,6	107,4	125
25	215	66,2	148,8	165
18	300	78,3	221,7	235

Dans cet exemple, on s'aperçoit que la valeur de la pression de calcul à considérer dans l'analyse est égale à WPR, car elle est plus faible que la valeur de la pression nominale (PR) pour chacun des rapports de dimensions (DR).

Étape 4 – Déterminer les pertes de charge f au débit maximal

Conservons le DR18 pour le calcul, car les pertes de charge générées par cette tuyauterie sont légèrement supérieures à celles générées par les tuyauteries définies par les autres DR. Le résultat obtenu comportera alors une certaine marge de sécurité.

L'équation de Hazen-Williams est commode à utiliser :

$$f = 0,2083 (100/C)^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{d_i^{4,8655}}$$

Où :

- f = hauteur équivalente de perte de charge, pi d'eau pour 100 pi de tuyauterie
- d_i = diamètre intérieur de la tuyauterie, po
- Q = débit, gpm
- C = coefficient de débit, 150 pour le PVC

En tenant compte d'une tuyauterie de 20 po PR 235, pour laquelle d = 19,05 po

$$\begin{aligned} f &= 0,273 \text{ pi d'eau pour 100 pi de conduite} \\ &= 0,118 \text{ psi pour 100 pi (station) de conduite} \end{aligned}$$

Étape 5 – Déterminer les pressions aux principaux points de la conduite, en régime permanent, au débit maximal

Cette pression P (en chaque point) est la somme de la hauteur statique résultant de la différence entre les élévations et de la perte de charge par frottement.

En se reportant à la figure 4, la pression aux principaux points se calcule de la manière suivante :

En partant du réservoir de stockage :

Station 200 + 00				
Hauteur statique	=	980 – 940	=	40 pi
ou 40 pi x (0,43 psi/pi)			=	17,3 psi
Station 165 + 00				
Hauteur statique	=	(980 – 940) pi x (0,43 psi/pi)	=	17,3 psi
Hauteur équivalente de perte de charge	=	(3 500 pi) x (0,118 psi/100 pi)	=	4,1 psi
Hauteur totale			=	21,4 psi
Station 115 + 00				
Hauteur statique	=	(980 – 800) pi x (0,43 psi/pi)	=	77,4 psi
Hauteur équivalente de perte de charge	=	(8 500 pi) x (0,118 psi/100 pi)	=	10,0 psi
Hauteur totale			=	87,4 psi
Station 75 + 00				
Hauteur statique	=	(980 – 720) pi x (0,43 psi/pi)	=	111,8 psi
Hauteur équivalente de perte de charge	=	(12 500 pi) x (0,118 psi/100 pi)	=	14,8 psi
Hauteur totale			=	126,6 psi
Station 45 + 00				
Hauteur statique	=	(980 – 670) pi x (0,43 psi/pi)	=	133,3 psi
Hauteur équivalente de perte de charge	=	(15 500 pi) x (0,118 psi/100 pi)	=	18,3 psi
Hauteur totale			=	151,6 psi
Station 0 + 00				
Hauteur statique	=	(980 – 600) pi x (0,43 psi/pi)	=	163,4 psi
Hauteur équivalente de perte de charge	=	(20 000 pi) x (0,118 psi/100 pi)	=	23,6 psi
Hauteur totale			=	187,0 psi

Le tableau suivant indique la pression P en chacun des principaux points :

Point	Station	Hauteur statique (psi)	Hauteur équivalente de perte de charge (psi)	Pression P (psi)
f	200 + 00	17,3	0	17,3
e	165 + 00	17,3	4,1	21,4
d	115 + 00	77,4	10,0	87,4
c	75 + 00	111,8	14,8	126,6
b	45 + 00	133,3	18,3	151,6
a	0 + 00	163,4	23,6	187,0

Étape 6 – Déterminer le rapport de dimension (DR) de chacune des sections de la conduite

Selon les calculs précédents de l'étape 3, une tuyauterie sous pression en PVC de DR 18 a une pression de service nominale (WPR) de 221,7 psi. Pour le rapport de dimension (DR) immédiatement supérieur, DR 25, la WPR est de 148 psi. Par conséquent, on choisit un DR 18 à la sortie de la station de pompage, jusqu'à un point du système où la pression de service P diminue et devient égale à la WPR d'une tuyauterie de DR 25. À ce point, on peut utiliser un DR 25. Dans les étapes ultérieures, on déterminera les points de départ des tuyauteries de DR 32,5 et DR 41.

On peut remarquer, d'après le tableau ci-dessus résumant les pressions par section, que le passage à DR 25 se fera entre les stations 45 + 00 et 75 + 00, dans la section bc. Pour savoir exactement à quel endroit, le gradient de pression pour cette section doit être calculé.

$$\begin{aligned}\Delta P(bc) &= \frac{(P_c + P_b)}{\text{Longueur entre stations bc}} \\ &= \frac{126,6 \text{ psi} - 151,6 \text{ psi}}{(75 - 45) \times (100 \text{ pi})} \\ &= -0,83 \text{ psi}/100 \text{ pi}\end{aligned}$$

La longueur au-delà de la station 45 + 00 (point b) se calcule comme suit :

$$\begin{aligned}\text{Longueur de station} &= \frac{WPR(\text{DR } 25) - P_b}{\Delta P(bc)} \\ &= \frac{(148,8 \text{ psi}) - (151,6 \text{ psi})}{-0,83 \text{ psi}/100 \text{ pi}} \\ &= 337 \text{ pi (c'est-à-dire à 337 pi en aval de la station 45 + 00)}\end{aligned}$$

Par conséquent, utiliser un DR 25 à la station 48 + 37.

Le point de passage au DR 32,5 se détermine de la même façon.

D'après le tableau résumant les pressions et sachant que la WPR correspondant à un DR de 32,5 est de 107,4 psi, on peut utiliser un DR de 32,5 entre la station 75 + 00 et la station 115 + 00, c'est-à-dire dans la section cd.

Commencer par calculer le gradient de pression dans la section cd.

$$\begin{aligned}\Delta P(cd) &= \frac{(P_d - P_c)}{\text{Longueur entre stations cd}} \\ &= \frac{87,4 \text{ psi} - 126,6 \text{ psi}}{(115 - 75) \times (100 \text{ pi})} \\ &= -0,98 \text{ psi}/100 \text{ pi}\end{aligned}$$

On peut ensuite calculer la longueur de station au-delà de la station 75 + 00 :

$$\begin{aligned}\text{Longueur de station} &= \frac{WPR(\text{DR } 32,5) - P_c}{\Delta P(cd)} \\ &= \frac{(107,4 \text{ psi}) - (126,6 \text{ psi})}{-0,98 \text{ psi}/100 \text{ pi}} \\ &= 1 959 \text{ pi (c'est-à-dire à 1 959 pi en aval de la station 75 + 00)}\end{aligned}$$

Par conséquent, utiliser un DR 32,5 à la station 94 + 59.

De la même manière, on calcule à quel endroit on peut commencer à utiliser un DR de 41.

En examinant le tableau résumant les pressions et sachant que la WPR correspondant à un DR de 41 est de 78,7 psi, la plage de pression correspondant à un DR de 41 commence entre les stations 115 + 00 et 165 + 00, c'est-à-dire dans la section de.

Commencer par calculer le gradient de pression dans la section de.

$$\begin{aligned}\Delta P(\text{de}) &= \frac{(P_e - P_d)}{\text{Longueur entre stations de}} \\ &= \frac{21,4 \text{ psi} - 87,4 \text{ psi}}{(165 - 115) \times (100 \text{ pi})} \\ &= -1,32 \text{ psi}/100 \text{ pi}\end{aligned}$$

Ensuite, la longueur de station au-delà du point d est la suivante :

$$\begin{aligned}\text{Longueur de station} &= \frac{WPR(\text{DR } 41) - P_d}{\Delta P(\text{de})} \\ &= \frac{(78,7 \text{ psi}) - (87,4 \text{ psi})}{-1,32 \text{ psi}/100 \text{ pi}} \\ &= 659 \text{ pi (c'est-à-dire à } 659 \text{ pi en aval de la station } 115 + 00)\end{aligned}$$

On peut commencer à utiliser un DR de 41 à la station 121 + 59 et conserver ce DR jusqu'au point de raccordement sur le réservoir.

Distance à partir de la station de pompage (pi)	Utilisation d'un diamètre de 20 po	Gradient de pression (psi)
0 – 4 837	DR 18 (PR 235)	187,0 – 148,8
4 837 – 9 459	DR 25 (PR 165)	148,8 – 107,4
9 459 – 12 159	DR 32,5 (PR 125)	107,4 – 78,7
12 159 – 20 000	DR 41 (PR 100)	78,7 – 17,3

Les calculs de pression interne se résument de la manière suivante :

Dans cet exemple de conduite de 3,8 milles de longueur, le concepteur a la possibilité de réaliser des économies importantes en utilisant plusieurs pressions nominales de tuyauteries en PVC. Il serait même possible de faire apparaître d'autres possibilités d'économies en utilisant un modèle informatique permettant de déterminer à quels emplacements les appareils de protection contre les surpressions seraient les plus efficaces. (Noter que la sélection de la tuyauterie ci-dessus a été effectuée en supposant que l'on pouvait arrêter instantanément l'écoulement de l'eau).

Si le fonctionnement de la conduite est cyclique (comme dans le cas d'un collecteur de refoulement d'égout), une analyse de fatigue doit être réalisée. Les deux modes de fonctionnement, présent et futur, doivent faire l'objet d'une étude.

NOTES

SECTION QUATRE : ANNEXES

ANNEXE A : RÉFÉRENCES

- 1 Duranceau, Schiff, Bell. « Electrical Grounding, Pipe Integrity and Shock Hazard », Journal of the AWWA, juillet 1998, pages 40-51
- 2 Hulsmann, Nowack, « 70 Years of Experience with PVC Pipes » Conference Paper, Plastic Pipes XII, Milan, avril 2004
- 3 Jenkins, Thompson, « Review of Water Industry Plastic Pipe Practices », AWWA Research Foundation, 1987
- 4 Berens, A.R., « Prediction of Chemical Permeation through PVC Pipe », Journal of the AWWA, novembre 1985
- 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 – Design and Construction », quatrième édition, (août 2001)

ANNEXE B : TABLEAUX DE RÉFÉRENCE ET DE CONVERSION

Tableau B-1 Capacité des tuyaux

Tableau B-2 Poids d'eau

Tableau B-3 Fractions de pouces –
Équivalents décimaux et en millimètres

Tableau B-4 Conversion des volumes

Tableau B-5 Conversion des pressions

Tableau B-6 Conversion des débits

Tableau B-7 Conversion des températures

Tableau B-8 Conversion des longueurs

TABLEAU B-1 CAPACITÉ DES TUYAUX

Diamètre de tuyauterie	Diamètre extérieur – Tuyau de DE IPS			Volume par pied de longueur de tuyau				
	pouces	pouce	pieds	cm	po ³	pi ³	cm ³	Gallons US
1/4	0,250	0,021	0,098	0,589	0,0003	9,648	0,003	0,002
3/8	0,375	0,031	0,148	1,325	0,001	21,708	0,006	0,005
1/2	0,500	0,042	0,197	2,355	0,001	38,591	0,010	0,008
3/4	0,750	0,063	0,295	5,299	0,003	86,831	0,023	0,019
1	1,000	0,083	0,394	9,420	0,005	154,366	0,041	0,034
1-1/4	1,250	0,104	0,492	14,719	0,009	241,196	0,064	0,053
1-1/2	1,500	0,125	0,591	21,195	0,012	347,322	0,092	0,076
2	2,000	0,167	0,787	37,680	0,022	617,462	0,163	0,136
3	3,000	0,250	1,181	84,780	0,049	1 389,290	0,367	0,306
4	4,000	0,333	1,575	150,720	0,087	2 469,849	0,652	0,543
5	5,000	0,417	1,969	235,500	0,136	3 859,139	1,019	0,849
6	6,000	0,500	2,362	339,120	0,196	5 557,159	1,468	1,222
8	8,000	0,667	3,150	602,880	0,349	9 879,395	2,610	2,173
10	10,000	0,833	3,937	942,000	0,545	15 436,554	4,078	3,396
12	12,000	1,000	4,724	1 356,480	0,785	22 228,638	5,872	4,890
14	14,000	1,167	5,512	1 846,320	1,068	30 255,646	7,993	6,655
16	16,000	1,333	6,299	2 411,520	1,396	39 517,578	10,439	8,693
18	18,000	1,500	7,087	3 052,080	1,766	50 014,435	13,212	11,002
20	20,000	1,667	7,874	3 768,000	2,181	61 746,216	16,312	13,582
24	24,000	2,000	9,449	5 425,920	3,140	88 914,551	23,489	19,559

TABLEAU B-2 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

TABEAU B-3 FRACTIONS DE POUCES – ÉQUIVALENTS DÉCIMAUX ET EN MILLIMÈTRES

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

TABEAU B-4 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 B-5 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 B-6 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	1 669	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 B-7 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		

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

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

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

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

TABLEAU B-8 CONVERSION DES LONGUEURS

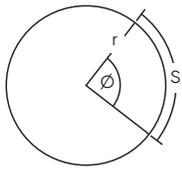
Unités de longueur	po	pi	vg	mille	mm	cm	m	km
pouce	1	0,0833	0,0278	-	25,4	2,54	0,0254	-
pied	12	1	0,3333	-	304,8	30,48	0,3048	-
verge	36	3	1	-	914,4	91,44	0,9144	-
mille	-	5 280	1 760	1	-	-	1 609,3	1,609
millimètre	0,0394	0,0033	-	-	1	0,100	0,001	-
centimètre	0,3937	0,0328	0,0109	-	10	1	0,01	-
mètre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

ANNEXE C : 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

ANNEXE C : FORMULES UTILES



Cercle

$$\text{Diamètre} = \frac{r}{2}$$

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

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

Longueur d'un arc de cercle

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

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

Aire d'un secteur de cercle

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

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

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

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

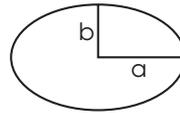
Équation d'une droite (formule quadratique)

$$ax + by + c = 0$$

ou

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

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

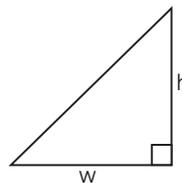


Ellipse

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

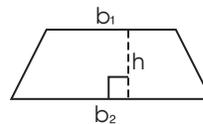
Circonférence

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



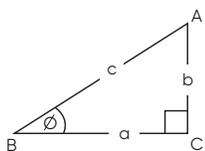
Triangle

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



Trapézoïde

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



Trigonométrie

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

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

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

Loi des sinus

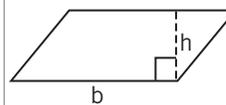
$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

Loi des cosinus

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

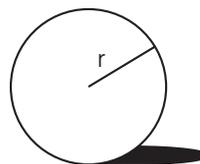
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$$

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



Parallélogramme

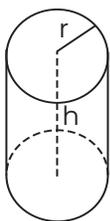
$$\text{Aire} = b \times h$$



Sphère

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

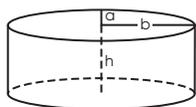
$$\text{Volume} = \frac{4}{3} \pi r^3$$



Cylindre

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

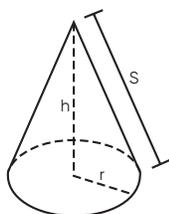
Volume = $\pi r^2 h$



Réservoir elliptique

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

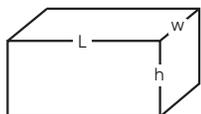
Volume = πabh



Cône

Aire de la surface = $\pi r S$

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



Solide rectangulaire

Aire de la surface = $2 (Lw + Lh + wh)$

Volume = $L w h$

ANNEXE D : ABRÉVIATIONS

AGA	American Gas Association	IPC	International Plumbing Code
ANSI	American National Standards Institute	ISO	International Standards Organization (Organisation internationale de normalisation)
API	American Petroleum Institute	JIS	Japanese Industrial Standards (Organisation internationale de normalisation)
ASME	American Society of Mechanical Engineers	NSF	National Sanitation Foundation International
ASTM	American Society for Testing and Materials	PPI	Plastics Pipe Institute
AWWA	American Water Works Association	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.
BOCA	Building Officials and Code Administrators	PVC	Matière plastique, résine ou composé en chlorure de polyvinyle
BS	British Standards Institution	PVCO	Chlorure de polyvinyle orienté moléculairement
PVCC	Matière plastique ou résine en chlorure de polyvinyle surchloré	RVCM	Monomère de chlorure de vinyle résiduel
CS	Norme commerciale (« CS ») – Voir norme de produit	SCS	Soil Conservation Service
CSA	Association Canadienne de Normalisation	SDR	Rapport de dimension standard
DR	Rapport de dimension	SI	Système international d'unités
DIN	Normes industrielles allemandes	SPI	Society of the Plastics Industry, Inc.
FHA	Federal Housing Administration ou Farmers Home Administration	UPC	Uniform Plumbing Code
HDB	Contrainte hydrostatique de référence	USASI	United States of America Standards Institute (autrefois l'American Standards Association)
HDS	Contrainte hydrostatique de calcul	WOG	Eau, huile, gaz
IAPD	International Association of Plastics Distributors (Association internationale des distributeurs de plastiques)		
IAPMO	International Association of Plumbing and Mechanical Officials (Association internationale des organismes officiels de plomberie et de mécanique)		

ANNEXE E : TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1	Fléchissement en % des tuyaux sous pression IPEX Centurion	16
Tableau 2	Débits dans les tuyaux Q-Line.	39
Tableau 3	Résumé des propriétés des tuyaux en PVC.	44
Tableau 4	Effets de la température sur une tuyauterie sous pression en PVC	45
Tableau 5	Facteurs « C » Hazen-Williams	47
Tableau 6	Poussée générée à 100 psi de pression (livres-forces)	52
Figure 1	Droite de régression relative aux contraintes – classification 12454	44
Figure 2	Matériaux de tuyauteries	47
Figure 3	Courbe de fatigue cyclique relative au PVC.	50, 58 & 61
Figure 4	Profil de la conduite	62

VENTES ET SERVICES À LA CLIENTÈLE

IPEX Inc.
Sans frais : (866) 473-9462
ipexna.com

À propos d'IPEX par Aliaxis

À l'avant-garde des fournisseurs de systèmes de tuyauteries thermoplastiques, IPEX par Aliaxis de compagnies offre à ses clients des gammes de produits parmi les plus vastes et les plus complètes au monde. La qualité des produits d'IPEX par Aliaxis 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 des produits IPEX par Aliaxis sont :

- Systèmes électriques
- Télécommunications et systèmes de tuyauteries pour services publics
- Tuyaux et raccords en PVC, PVCC, PP, PVDF, PE, ABS et PEX
- 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
- Les systèmes par électrofusion pour le gaz et l'eau
- Colles pour installations industrielles, de plomberie et électriques
- Systèmes d'irrigation

Produits fabriqués par IPEX Inc.

Bionax^{MD}, Blue904^{MD}, IPEX Centurion^{MD}, Systèmes de Tuyauteries de Type Série^{MD}, IPEX Fusionné^{MC}, OR901^{MC}, Q-Line^{MD} and TerraBrute^{MD} CR 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
par aliaxis

MNMNNAIP200502R4Q
© 2023 IPEX IND0033Q