



DIRECTIVE TECHNIQUE

Spécifications techniques sur les canalisations AEP

4.2.3. DIT1

Date de rédaction : Lundi 14 Janvier 2013

Version : jeudi 18 juillet 2013

Version finale



Note aux lecteurs

Les prescriptions techniques générales s'appliquent aux opérations à réaliser en Haïti et relevant du champ de compétence de la Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DINEPA). Elles constituent un référentiel, certaines à portée réglementaire, nationale, technique et sectorielle, d'autres ayant un rôle d'information et de support complémentaire.

Les documents à portée réglementaire, nationale, technique et sectorielle sont :

- **Les Fascicules Techniques** indiquant les principes obligatoires et les prescriptions communes à une sous thématique technique ;
- **Les Directives Techniques** prescrivant les règles minimales imposées pour la conception et la réalisation ainsi que la gestion d'ouvrages spécifiques.

Tout propriétaire et/ou réalisateur est tenu de respecter au minimum les prescriptions qui y sont indiquées. Toute dérogation devra faire l'objet d'une autorisation au préalable et par écrit de la DINEPA.

Les documents ayant un rôle d'information et de support complémentaire, sont :

- Les fiches techniques et Guides techniques présentant ou décrivant des ouvrages ou des actions dans les différentes thématiques ;
- Les modèles de règlements d'exploitation ou de gestion ;
- Les modèles de cahiers des clauses techniques particulières, utilisables comme « cadres - type » pour les maîtres d'ouvrages et concepteurs ;
- Divers types de modèles de documents tels que procès verbaux des phases de projet, modèles de contrat ou de règlement, contrôle de bonne exécution des ouvrages, etc.

Ces documents ayant un rôle d'information et de support complémentaire sont compatibles avec la réglementation imposée et peuvent préciser la compréhension des techniques ou fournir des aides aux acteurs.

Le présent référentiel technique a été élaboré en 2012 et 2013 sous l'égide de la DINEPA, par l'Office International de l'Eau (OIEau), grâce à un financement de l'UNICEF.

Dépôt légal 13-11-509 Novembre 2013. ISBN 13- 978-99970-51-68-4.

Toute reproduction, utilisation totale ou partielle d'un document doit être accompagnée des références de la source par la mention suivante : *par exemple* « extrait du référentiel technique national EPA, République d'Haïti : *Fascicule technique/directives techniques/etc. 2.5.1 DIT1* (projet DINEPA-OIEau-UNICEF 2012/2013) »

Sommaire

1.	Introduction	3
2.	Matériaux	3
2.1.	Matériaux des canalisations	3
2.1.1.	Le matériau fonte	3
2.1.2.	Le matériau pvc ou polychlorure de vinyle	6
2.1.3.	Le matériau polyéthylène	11
2.1.4.	Le matériau acier	17
2.1.5.	Le matériau béton	20
2.2.	Choix des canalisations	22
2.3.	Classement de résistance à la pression des tuyaux PVC : SCH & DR (Normes américaines)	23
3.	Sources	28
4.	Lexique	28

Liste des tableaux

Tableau 1 :	les pressions admissibles-assemblages à brides exprimées en bar	5
Tableau 2 :	les pressions admissibles-assemblages à emboitures exprimées en bar	5
Tableau 3 :	types d'assemblages	6
Tableau 4 :	Gamme de tuyaux	8
Tableau 4 :	Gamme de tuyaux	8
Tableau 5 :	Courbure à froid	9
Tableau 6 :	Caractéristiques des tubes eau potable	12
Tableau 7 :	Gamme des tuyaux béton	21
Tableau 8 :	critères de choix des canalisations	23

Liste des figures

Figure 1 -	Courbure à froid	10
Figure 2 -	Tubes en barre	13
Figure 3 -	Tubes en couronne	13
Figure 4 -	Tubes en touret ou en rouleau	13
Figure 5 -	évolution de la pression en fonction du diamètre nominal (DN)	27

1. Introduction

Les réseaux d'eau potable en Haïti se caractérisent par une hétérogénéité de matériaux assez marquée. Cette disparité concerne essentiellement l'origine des matériaux des conduites ainsi que les accessoires de raccordement.

On distingue principalement des conduites fabriquées selon les normes américaines ayant des caractéristiques dimensionnelles différentes de celles fabriquées en Europe avec des dimensions métriques.

Lors des travaux de réhabilitation ou bien d'extension de réseau, la question de raccordement entre ces conduites se pose.

Les manchons grande tolérance apportent une solution incontournable et nécessaire pour résoudre ce problème technique.

Si la diversité de matériaux pose des problèmes aux exploitants de réseaux et aux extensions (raccordements difficiles), elle peut également poser problème lors de la définition de travaux : un cahier des charges ne devrait pas demander le respect de plusieurs standards qui sont parfois incompatibles entre eux.

Les normes citées dans ce document peuvent être remplacées par des normes équivalentes. Ainsi, les normes européennes ou américaines ne sont pas rendues obligatoires par cette directive mais des normes de qualités équivalentes doivent alors être proposées.

2. Matériaux

2.1. Matériaux des canalisations

2.1.1. Le matériau fonte

2.1.1.1. Généralités

La fonte grise était cassante du fait que le graphite se présentait sous forme de lamelles.

Aussi riche en graphite que la fonte grise, la fonte ductile ou fonte G.S. (graphite sphéroïdal), sans perdre aucune des qualités traditionnelles de la fonte grise, ajoute trois nouvelles caractéristiques mécaniques :

- ✚ résistance à la traction et aux chocs
- ✚ allongement important
- ✚ haute limite élastique.

Les tuyaux en fonte ductile doivent être conformes aux exigences de la norme ANSI/AWWA C150/A21.50, de la norme C151/A21.51 et doivent être de Classe 350 ou similaire. Ils doivent être enduits à l'intérieur d'un revêtement de mortier de ciment conforme aux exigences de la norme ANSI/AWWA C104/A21.4 ou similaire. Le joint doit être de type mécanique ou de type à emboîtement.

Les pièces spéciales en fonte, notamment :

- les tés, brides-uni, brides-emboîtements, cônes de réduction, plaques pleines, etc. en fonte

ductile auront des joints à brides (si dans des chambres) ou des joints mécaniques conforme à la norme ASTM A536 ou CSA B137.1 ou similaire.

- Les pièces en fonte ductile installées dans le sol doivent avoir une protection contre la corrosion.

2.1.1.2. Caractéristiques

a. Tenue à la corrosion

a.1. Revêtements intérieurs

Le revêtement intérieur d'une canalisation en fonte ductile répond à un double objectif :

- ✚ Éviter une corrosion de la paroi intérieure du tuyau
- ✚ Améliorer l'état de surface, de façon à diminuer les pertes de charge.

Suivant les caractéristiques de l'eau transportée, le choix peut se porter sur l'un des trois types de ciments suivants :

- ✚ Ciment Portland : réservé aux eaux non agressives
- ✚ Ciment alumineux : eaux très déminéralisées
- ✚ Revêtement polyuréthane : eaux douces ou agressives (inhibition corrosion et amélioration hydraulique)

Ils doivent être enduits à l'intérieur d'un revêtement de mortier de ciment conforme aux exigences de la norme ANSI/AWWA C104/A21.4 ou similaire. Le joint doit être de type mécanique ou de type à emboîtement.

a.2. Revêtements extérieurs

De par sa composition et en particulier grâce au carbone qu'elle contient, la fonte ductile résiste aux agents corrosifs.

Cependant, pour compléter cette résistance naturelle, les tuyaux reçoivent un zingage extérieur appliqué par métallisation. Ils sont enfin revêtus d'une couche de finition par peinture bitume.

Lorsque des conditions extrêmes de corrosivité existent, les canalisations en fonte doivent être protégées par l'utilisation d'une manche polyéthylène.

D'autres systèmes de protection sont préconisés tels que revêtements appliqués en usine en polyéthylène ou polyuréthane.

La paroi extérieure des tuyaux doit être revêtue d'une couche de bitume d'une épaisseur minimale de 25 µm. Le bitume doit être conforme aux exigences de la norme ANSI/AWWA C104/A21.4 ou similaire, doit sécher rapidement, doit être homogène, doit adhérer à toute la surface et ne doit pas être cassant au froid, ni collant à la chaleur.

b. Caractéristiques hydrauliques

Les qualités hydrauliques du tuyau fonte sont celles de son revêtement intérieur au mortier de ciment. Dans la pratique, les pertes de charge sont calculées en adoptant un coefficient K de 0,1 mm.

b.1. Gamme de tuyaux

b.1.1. Caractéristiques dimensionnelles

La gamme des DN (diamètre nominal) disponibles pour les tuyaux en fonte, selon les épaisseurs normalisées et les longueurs utiles des canalisations fonte sont précisés dans la norme EN 545 qui regroupe plusieurs tableaux utiles.

b.1.2. Pressions admissibles

La norme EN 545 précise les classes de résistance à la pression selon les modes de pose :

- Pour les assemblages à brides

Tableau 1 : les pressions admissibles-assemblages à brides exprimées en bar

DN		PN10			PN16			PN25			PN40		
mm	pouces	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
40 à 50	1"½ à 2"	Voir PN 40			Voir PN 40			Voir PN 40			40	48	53
60 à 80	2"¼ à 3"	Voir PN 16			16	20	25	Voir PN 40			40	48	53
100 à 150	4" à 6"	Voir PN 16			16	20	25	25	30	35	40	48	53
200 à 600	8" à 26"	10	12	17	16	20	25	25	30	35	40	48	53
700 à 1200	28" à 48"	10	12	17	16	20	25	25	30	35	-	-	-
1400 à 2000	56" à 80"	10	12	17	16	20	25	-	-	-	-	-	-

- Pour les assemblages à emboîtures

Tableau 2: les pressions admissibles-assemblages à emboitures exprimées en bar

DN		Classe d'épaisseur								
mm	pouces	Classe 40			K9			K10		
		PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
40	1"½	64	77	82	85	102	107	85	102	107
50	2"	64	77	82	85	102	107	85	102	107
60	2"¼	64	77	82	85	102	107	85	102	107
65	2"½	64	77	82	85	102	107	85	102	107
80	3"	64	77	82	85	102	107	85	102	107
100	4"	64	77	82	85	102	107	85	102	107
125	5"	64	77	82	85	102	107	85	102	107
150	6"	62	74	79	79	95	100	85	102	107
200	8"	50	60	65	62	74	79	71	85	90
250	10"	43	51	56	54	65	70	61	73	78
300	12"	40	48	53	49	59	64	56	67	72
350	14"	40	48	53	45	54	59	51	61	66
400	16"	40	48	53	42	51	56	48	58	63
450	18"				40	48	53	45	54	59
500	20"				38	46	51	44	53	58
600	24"				36	43	48	41	49	54
700	28"				34	41	46	38	46	51
800	32"				32	38	43	36	43	48
900	36"				31	37	42	35	42	47
1000	40"				30	36	41	34	41	46
1100	44"				29	35	40	32	38	43
1200	48"				28	34	39	32	38	43
1400	56"				28	33	38	31	37	42
1500	60"				27	32	37	30	36	41
1600	64"				27	32	37	30	36	41
1800	72"				26	31	36	30	36	41
2000	80"				26	31	36	29	35	40

c. Types d'assemblage

Le tableau suivant récapitule les différents types d'assemblages :

Tableau 3: types d'assemblages

Types d'assemblage	Domaine d'utilisation	Conditions d'utilisations
Assemblage flexible	Ce type d'assemblage permet une déviation angulaire significative à la fois pendant et après la pose et accepte une légère excentration.	
Assemblage flexible automatique	<ul style="list-style-type: none"> - Il admet des déviations angulaires et des déplacements axiaux - Le montage du joint est réalisé sans difficulté par du personnel non qualifié - Une grande sécurité de l'assemblage est assurée 	L'étanchéité est réalisée par la compression radiale d'une bague de joint en élastomère, obtenue au moment de l'assemblage (simple introduction du bout-uni dans l'emboîture).
Assemblage flexible automatique verrouillé	Ce type de joint permet : <ul style="list-style-type: none"> - Remplacement des massifs de butée en béton lorsqu'ils sont trop encombrants ou difficiles à réaliser - Pose de tuyaux en terrains instables Demande du personnel qualifié (soudure)	Il existe deux types de joints automatiques verrouillés : <ul style="list-style-type: none"> • Le joint automatique verrouillé avec cordon de soudure et jonc de verrouillage. • Le joint automatique à insert métallique.
Assemblage flexible mécanique	Ce type de joint est recommandé dans toutes les circonstances où l'application d'une poussée est mal aisée.	Pour des raisons de tolérance de fabrication l'emploi de ce joint n'est pas recommandé pour des pressions supérieures à 25 bars, pour les DN supérieurs à 300.
Assemblage flexible mécanique verrouillé	Ce type de joint est recommandé lors de la pose de tuyaux en terrains instables.	D'après la norme EN 545, la déviation angulaire des assemblages flexibles déclarée par le fabricant ne doit pas être inférieure à : <ul style="list-style-type: none"> • 3°30' pour les DN 40 à 300, • 2°30' pour les DN 350 à 600, • 1°30' pour les DN 700 à 2000.
Assemblage rigide ou à brides	Ce type de joint est utilisé quand la facilité de montage et démontage est recherchée.	Ce joint n'admet aucune déviation angulaire.

2.1.2. Le matériau pvc ou polychlorure de vinyle

2.1.2.1. Généralités

Les tuyaux pour la distribution d'eau potable doivent être certifiés de qualité alimentaire. A titre indicatif, la norme européenne de référence est la **EN 1453**.

Le composé de polychlorure de vinyle (PVC) doit être de catégorie 12454B, conformément à la norme ASTM D1784 ou similaire.

Les tuyaux et les raccords de $DN \leq 75$ mm, avec un diamètre extérieur d'un tuyau d'acier (Iron Pipe Serie Outside Diameter) devront être fabriqués selon la norme ATSM D2241, certifiés CSA B137.3 ($DN \geq 40$ mm) et la norme NSF 61 ou similaire. Les tuyaux de PVC de $DN \leq 32$ mm devront avoir un ratio DR (rapport du diamètre extérieur / épaisseur de la paroi) maximum de 21 (série 200), pour les DN entre 40 et 75 mm un DR maximum de 26 (série 160).

Les tuyaux et raccords en polychlorure de vinyle (PVC) rigide de $DN \geq 100$ mm et ≤ 300 mm seront conçus et fabriqués selon les exigences de la norme ANSI/AWWA C900, ANSI/AWWA C905 ou similaire pour $DN \geq 350$ mm, et seront de DR18 et de Classe 150.

Les tuyaux de PVC et les pièces spéciales, quelque soit le DN, doivent être d'une classe de pression supérieure ou égale à 10 bars (1000 kPa, 102 m ou 145 livres/po2).

Les joints des canalisations en PVC auront les caractéristiques suivantes :

- ✚ joints souples (emboîtement et bout mâle ASTM D3139 ou CSA B137.3 et ASTM D2241 pour DN < 100 mm) ou similaire;
- ✚ bague d'étanchéité en élastomère.

Les pièces spéciales auront les caractéristiques suivantes :

- ✚ les raccords tels que les coudes, tés, etc. en PVC devront répondre aux exigences de la norme ANSI/AWWA C907 seront de DR18 classe 150 ou similaire
- ✚ les tés, brides-unies, brides-emboîtements, cônes de réduction, plaques pleines, etc. en fonte ductile auront des joints à brides (si dans des chambres) ou des joints mécaniques conformes à la norme ASTM A536 ou CSA B137.1 ou similaire.

Les pièces en fonte ductile installées dans le sol doivent avoir une protection contre la corrosion.

2.1.2.2. Caractéristiques

a. Tenue à la corrosion

La tenue à la corrosion des tuyaux en matières plastiques est excellente. C'est le point fort de ces canalisations auquel ces détracteurs opposent des caractéristiques mécaniques faibles mais surtout variables. En effet, ces tuyaux deviennent fragiles à basse température, ont un coefficient de dilatation thermique très important. Enfin, les thermoplastiques sont sensibles aux U.V. qui provoquent des décolorations accompagnées d'une fragilisation mécanique.

D'une façon générale, ils sont prévus pour une longévité moyenne supérieure à 50 ans dans les conditions normales d'utilisation.

Ils sont à proscrire en pose aérienne même en cas de traitement anti-UV et en cas de lit de pose insuffisant, par exemple si un matériau spécifique pour le remblai n'est pas disponible sur le site.

b. Le détimbrage des pressions

Détimbrer, c'est décider que la Pression de Fonctionnement Admissible¹ ou la Pression Maximale de Service (PMS)² des tubes sera inférieure à la Pression Nominale (PN) d'une ou plusieurs séries. Les critères de détimbrage sont les suivants :

- ✚ Les pulsations de la conduite soumise à des coups de bélier
- ✚ La température du fluide transportée.

La température à retenir pour le coefficient de détimbrage (ft) est la température du fluide ou la température de l'air ambiant, mais dans tous les cas la plus faible.

On a la relation suivante qui définit le détimbrage d'une pression nominale

$$PMS = f_T \times PN$$

¹ Pression de Fonctionnement Admissible : (PFA) est la pression hydrostatique maximale à laquelle un composant est capable de résister de façon permanente en service.

² Pression Maximale de Service (PMS) est la pression dynamique la plus élevée en régime permanent sur le réseau (sans coups de bélier). Cette valeur peut être variable sur un réseau de refoulement-distribution et qui plus est, peut varier dans le temps. Si cette pression est invariable dans le temps, la pression dynamique devient la Pression de Service (PS).

Le coefficient de détimbrage est donné par des abaques fournis par le fournisseur de tuyau.

Lorsque des paramètres connus ou mal connus (température, fluctuation de pression) augmentent les contraintes et s'ajoutent à celles de la pression statique, la longévité de la canalisation en PVC risque d'être amoindrie. Si l'on veut pérenniser le réseau en PVC, il y a lieu d'effectuer un détimbrage. Le moyen le plus simple pour détimbrer est de décider que la pression maximale de service (PMS) des tubes sera d'une ou de plusieurs séries inférieures à la PN.

c. Caractéristique hydraulique

L'état de surface intérieure très lisse assure un bon écoulement. On prend un coefficient $K = 0,01$ mm.

d. Gamme de tuyaux

- ✚ PVC
- ✚ Diamètre nominaux : 12 à 500 mm (diamètre extérieur)
- ✚ Longueur utile : 6 m
- ✚ Pression nominale : 6 ; 10 ; 12,5 ; 16 ; 25 bars

Tableau 4 : Gamme de tuyaux

	PN 25	PN 16	PN 10	PN 6
Dext nominal N	Epaisseur nominale (minimale) e			
12	1,4			
16	1,8	←		
20	2,3			
25	2,8			
32	3,6	2,4		
40	4,5	3,0	←	
50	5,6	3,7		
63	7,1	4,7	3,0	
75		5,6	3,6	←
90		6,7	4,3	
110		8,1	5,3	3,2
125		9,2	6,0	3,7
140		9,3	6,1	3,7
160		9,5	6,2	4,0
200		11,9	7,7	4,9
225		13,4	8,6	5,9
250		14,8	9,6	6,2
315		18,7	12,1	7,7
400		23,7	15,3	9,8
500		29,6	19,1	12,3

Tableau 5 : Gamme de tuyaux

La flèche indique qu'il convient de choisir, pour les tubes de DN correspondants, les épaisseurs relatives à la pression nominale immédiatement supérieure.

e. Types de joint

☐ Joint collé (restrictions d'usage)

Cette pratique est très courante en Haïti et peut être **tolérée** (mais non recommandée) pour les diamètres faibles (< 2").

Il s'agit d'une soudure à froid, du fait de l'interpénétration superficielle des parois en présence, sous l'action dissolvante de la colle.

Dans les autres cas, cette technique d'assemblage doit être proscrite car les colles utilisées sont souvent pour un usage non alimentaire, le démontage est impossible et, généralement, le collage n'est pas effectué dans les règles de l'art, ce qui rend la soudure peu résistante et crée un point de perte de charge.

☐ Joint automatique

Ce joint comprend une bague en élastomère qui, comprimée lors de emboîtement, assure l'étanchéité.

Le montage très rapide s'effectue à l'aide d'une barre à mine, après avoir intercalé une cale de bois. Il convient de respecter la profondeur d'emboîture.

f. Les pièces spéciales

On rencontre deux types de pièces spéciales : les pièces fonte et les pièces moulées P.V.C.

Ainsi quel que soit le matériau on trouve :

- ✚ Bride unie, bride à emboîtement, té tubulé bride et té à emboîtement et joint automatique
- ✚ Coude (1/4, 1/8, 1/16, 1/32), cône, manchon.

g. Recommandations pour la mise en œuvre

Tableau 6 : Courbure à froid

Diamètre nominal (dn) mm	Rayon minimal (R) m	Angle $\alpha/2$ en degré	Corde S ¹ en mm	Décalage A ³ mm
63	12.6	13.64	5.94	1.40
75	15	11.50	5.98	1.19
90	18	9.55	5.97	0.99
110	22	7.81	5.98	0.81
125	25	6.87	5.98	0.72
140	28	6.14	5.99	0.64
160	32	5.37	5.99	0.56

³ Les valeurs données dans les colonnes S et A ne s'appliquent qu'à des tubes de 6 mètres de longueur utile

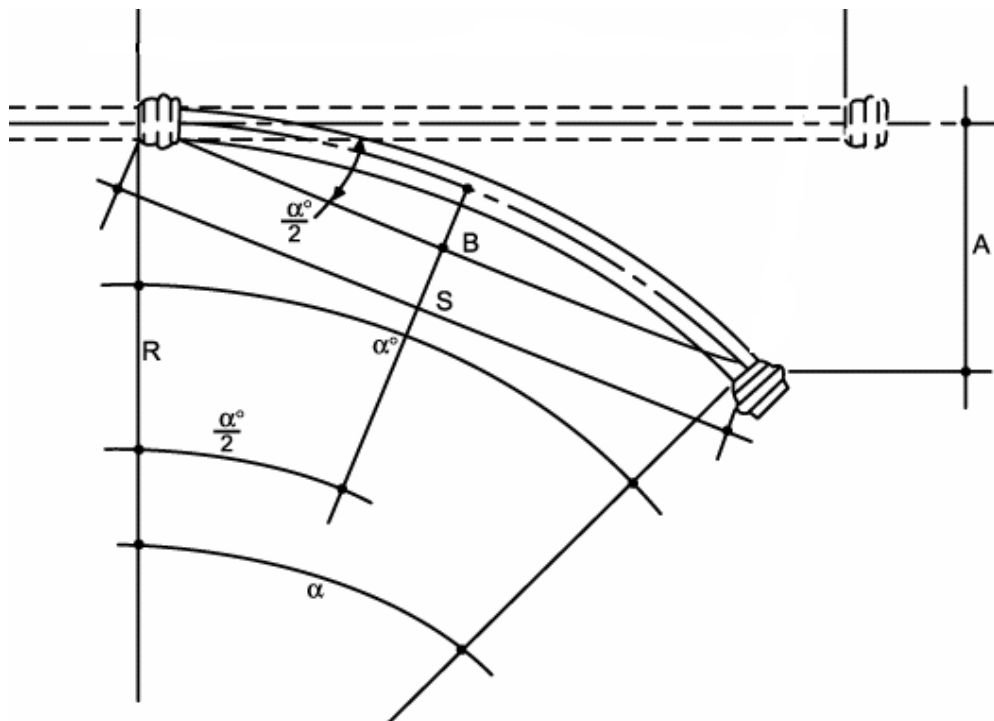


Figure 1 - Courbure à froid

2.1.2.3. Le polymère orienté

a. Généralités

Il existe une nouvelle génération de PVC dits PVC-Orienté consistant à homogénéiser la structure moléculaire ce qui se traduit par une augmentation du module d'élasticité, une réduction de l'épaisseur de paroi pour une résistance mécanique équivalente.

b. Caractéristiques

b.1. Tenue à la corrosion

Grâce à son inertie chimique le polymère orienté résiste à l'acidité des milieux environnants et à l'agressivité des eaux.

b.2. Tenue mécanique

La caractéristique principale réside dans la capacité du tube à absorber l'énergie mécanique au cours d'un choc. La ductilité du polymère orienté s'observe même à basse température.

b.3. Caractéristiques hydrauliques

L'état de surface interne du tuyau est très lisse. Il est adopté en général un coefficient de rugosité de 0,03 mm pour des tuyaux neufs.

b.4. Gamme de tuyaux

- Diamètres commercialisés : 110, 160, 200, 225, 250, 315
(diamètre extérieur)
- Longueur utile : 6 m
- Pression nominale : 12,5 ; 16 ; 25 bars

b.5. Types de joint

□ Joint automatique

Les bagues de joints en élastomère sont montées en usine et quelquefois maintenues en fond de gorge par un insert en Nylon.

Lors de l'emboîtement la bague doit être comprimée radialement.

Ces forces de compression augmentent dès lors que les canalisations sont sous pression. Ces contraintes mécaniques au droit des joints assurent l'étanchéité des assemblages.

b.6. Les pièces spéciales

Les pièces de raccords sont en fonte ductile soit à brides, soit à emboîtement et joint mécanique.

Coude (1/4, 1/8, 1/16, 1/32), Té à tubulure bride, Té à brides, Bride à emboîtement.

2.1.3. Le matériau polyéthylène

Seul le polyéthylène à haute densité (PEHD) est accepté pour l'utilisation sur un réseau d'eau potable.

2.1.3.1. Généralités

Les tuyaux marqués doivent porter les informations suivantes de manière lisible :

- le sigle du fabricant
- le numéro d'ordre du fabricant
- la classification du PEHD
- l'application (eau potable)
- la pression nominale
- les dimensions du tube (diamètre extérieur × épaisseur en mm)
- la date de fabrication (millésime et une lettre indiquant la quinzaine)
- le numéro du lot de fabrication
- l'origine de la matière première

2.1.3.2. Caractéristiques

a. Tenue à la corrosion

Le PEHD est insensible aux agents chimiques rencontrés dans le sol, notamment aux environnements salins. Il est également insensible aux courants vagabonds.

Le dioxyde de chlore présent dans l'eau distribuée dégrade le polyéthylène par fragilisation mécanique, puis fissuration du tube entraînant sa ruine. Toutefois, **il ne faut pas confondre le dioxyde de chlore (composé gazeux instable et délicat de manipulation, rare ou absent en Haïti) avec les autres produits chlorés**. Il est donc à proscrire tout en privilégiant l'utilisation de l'eau de Javel ou le chlore gazeux.

b. Caractéristiques hydrauliques

Le coefficient de rugosité pour le PEHD est sensiblement le même que pour le PVC.

Soit $K \approx 0,01$ mm.

c. Pression nominale d'un tube

La pression nominale d'un tube PEHD se détermine par rapport à la résistance hydrostatique à long terme (σ). La formule ci-dessous permet de calculer la PN.

$$PN = 20 \frac{\sigma \cdot e}{D - e}$$

Avec :

- PN = Pression nominale (bar)
 σ = Résistance hydrostatique à long terme (MPa)
 e = épaisseur nominale (minimum) des parois du tube (mm)
 D = Diamètre extérieur nominal (mm).

Les pressions nominales pouvant être prescrites seront limitées au 10 à 16 bars.

d. Caractéristiques dimensionnelles

Les tubes PEHD sont normalisés au niveau européen suivant le diamètre extérieur et l'épaisseur des parois.

Le SDR, rapport dimensionnel standardisé, est un nombre arrondi qui exprime le rapport du diamètre nominal (\varnothing extérieur) par l'épaisseur de la paroi du tube. $SDR = \frac{DN}{e}$

Exemples :

- Pour les tubes PN 12,5, l'épaisseur est de 1/11ème du diamètre nominal (SDR 11)
- Pour les tubes PN 16, l'épaisseur est de 1/9ème du diamètre nominal (SDR 9).

Ils sont fabriqués à partir de résine « sigma 63 ou 80 » (PE 80 - MRS 8,0 ou PE 100 - MRS 10,0).

Tableau 7 : Caractéristiques des tubes eau potable

	PN 10	PN 12,5		PN 16			
Ø20				●			
Ø25				●			
Ø32		●	■	●	■	◆	
Ø40		●	■	◆	●	■	◆
Ø50		●	■	◆	●	■	◆
Ø63		●	■	◆	●	■	◆
Ø75		●	■	◆	●	■	◆
Ø90		●	■	◆	●	■	◆
Ø110		●	■	◆	●	■	◆
Ø125			■	◆		■	◆
Ø140				◆		■	◆
Ø160	■			◆		■	◆
Ø180	■					■	
Ø200	■					■	
Ø225	■					■	
Ø250	■					■	
Ø280	■					■	
Ø315	■					■	
Ø355	■					■	
Ø400	■					■	
Ø450	■					■	
Ø500	■					■	
Ø560	■					■	
Ø630	■					■	
Ø710	■						
Ø800	■						

Conditionnement : ● Couronne ■ Barre ◆ Touret

e. Conditionnement des tubes

Les tubes peuvent être conditionnés :

- ✚ en barres de 6 m et 12 m pour tous diamètres à partir de la PN 6,3 jusqu'à la PN 16
- ✚ en couronne du 20 au 110 mm à partir de la PN 6,3 jusqu'à la PN 16
- ✚ en touret ou en rouleau du 40 au 160 mm à partir de la PN 10 jusqu'à la PN 16.

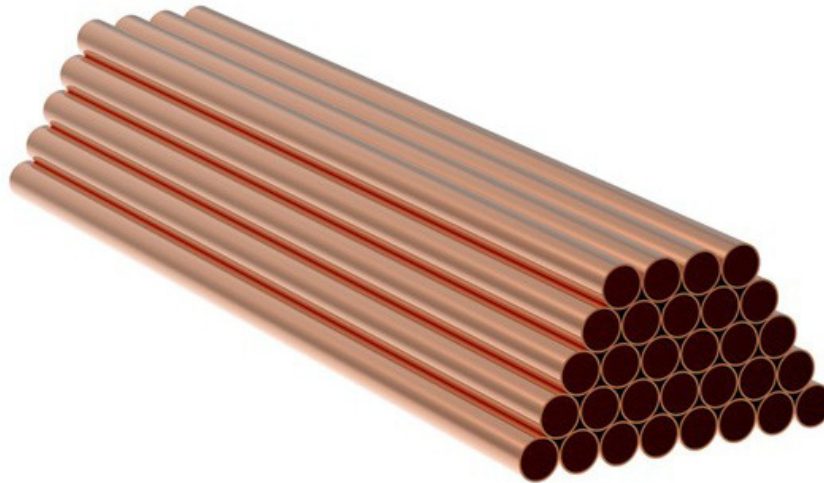


Figure 2 - Tubes en barre



Figure 3 - Tubes en couronne



Figure 4 - Tubes en touret ou en rouleau

NB : Le diamètre d'enroulement est au minimum égal à 20 fois le diamètre extérieur du tube, la longueur des tubes enroulée sur un touret dépend de la capacité du touret (\varnothing d'enroulement et largeur). Il convient de respecter une garde au sol \cong 20 cm afin d'éviter la friction des spires sur le sol.

f. Dilatation du tube PEHD

Pour le polyéthylène haute densité, le coefficient de dilatation vaut $\alpha = 2 \text{ mm/m/}^\circ\text{C}$

L'influence de la dilatation ou de la rétractation sur la longueur d'un tube peut s'appréhender en appliquant la formule suivante :

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

Avec :

α	=	Coefficient de dilatation du matériau
L	=	Longueur initiale du tube
ΔT	=	Variation de température en $^\circ\text{C}$

Il convient de prendre en compte pour les projets spécifiques ou des poses en aérien les risques de dilatation sur les verrouillages en butée.

g. Normes

Les tuyaux en PEHD devront respecter les normes de référence précisées ci-dessous :

- ✚ Les tuyaux de PEHD seront fabriqués d'un composé de résine de polyéthylène correspondant à la classification minimale de PE 345464C pour matériau PE 3408 selon la norme ASTM D3350 ou similaire, Ce matériau aura une résistance hydrostatique à long terme de 1600 lbs/po² lors d'essais et d'analyses selon la méthode normalisée ASTM D2837 et sera un composé enregistré au Plastic Pipe Institute (PPI). La matière première contiendra un minimum de 2% de noir de carbone, bien dispersé. Le tuyau ne contiendra aucun composé recyclé sauf celui qui est produit à l'usine même du fabricant à partir de résine ayant les mêmes caractéristiques et provenant du même fournisseur de matière première. Le système de gestion de la qualité du fabricant doit être certifié par un organisme indépendant approprié afin de répondre aux exigences des normes ISO 9000 à ISO 9002.
- ✚ Les tuyaux d'eau potable et les raccords en PEHD de DN ≥ 100 mm devront répondre aux spécifications générales de la norme ANSI /AWWA C906 ou similaire. Les tuyaux d'eau potable et les raccords en PEHD de DN entre 12 mm et 75 mm inclusivement devront répondre aux spécifications générales de la norme ANSI /AWWA C901 ou similaire.
- ✚ Le tuyau sera conçu selon la formule ISO modifiée de la norme ASTM F714 en fonction de la cote de pression prévue, soit la pression d'opération normale en livres par pouce carré à des températures allant jusqu'à 22,7 $^\circ\text{C}$ (73 $^\circ\text{F}$).
- ✚ Lorsque possible, les tuyaux de PEHD devront être assemblés par la méthode de fusion bout à bout, décrite dans la norme ASTM D2657 ou similaire « Assemblage thermique des tuyaux et raccords de polyoléfine ». L'assemblage par fusion bout à bout des tuyaux et raccords doit être exécuté de la manière recommandée par le fabricant. La température de la plaque chauffante ne doit pas dépasser 425 $^\circ\text{F} \pm 25^\circ\text{F}$ et la pression exercée ne doit pas dépasser 25 livres par pouce carré de surface à abouter pour les appareils à fusion de marque européenne ou de 75 livres par pouce carré pour les appareils de marque américaine.
- ✚ Les tuyaux de PEHD peuvent être adaptés à des raccords ou à d'autres systèmes à l'aide d'un ensemble composé d'un embout à collet en polyéthylène raccordé par fusion bout à bout au tuyau, d'une bride de renfort en fonte ductile correspondant à la classe 150 et conforme aux normes dimensionnelles avec exceptions ANSI B16.1 / B16.5, de boulons faits d'un matériau compatible et d'une garniture en néoprène, en caoutchouc rouge ou en composé d'amiante et de caoutchouc, approprié et taillé aux dimensions du joint. Dans tous les cas, les boulons doi-

vent être serrés uniformément et bien alignés. L'entrepreneur s'adressera au fabricant des tuyaux en PEHD pour se procurer l'outillage et le savoir-faire nécessaires pour l'assemblage par fusion bout à bout des tuyaux et raccords de PEHD, tous les coûts associés à l'application des normes mentionnées précédemment doivent être inclus dans les prix de la soumission. En aucun cas, l'entrepreneur ne doit tenter d'assembler des tuyaux et des raccords par fusion bout à bout à moins de posséder la formation voulue et de connaître parfaitement les techniques en cause.

- ✚ Les tuyaux de PEHD et les pièces spéciales, quel que soit le DN, doivent être d'une classe de pression supérieure ou égale à 10 bars (1000 kPa, 102 mCE ou 145 livres/po2).

Les tuyaux polyéthylène haute densité provenant d'Europe doivent respecter les normes suivantes :

- EN 12201-1 : Système de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau – Polyéthylène (PEHD) – partie 1 : Généralités.

- EN 12201-2 : Système de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau – Polyéthylène (PEHD) – partie 2 : Tubes

- **Normes pour les raccords**

- EN 12201-3 systèmes de canalisations en plastiques pour alimentation en eau – Polyéthylène (PEHD) – partie 3 : raccords

h. Précaution de pose

h.1. Tranchée

Lors de changements de direction le tracé doit prendre en compte les capacités de flexion du tube jusqu'à un rayon de courbure de 25 fois le diamètre extérieur du tube. Sa largeur doit être réduite à la largeur compatible avec le diamètre du tube à poser. Il convient également de tenir compte de la préparation du fond de fouille et de la largeur de l'engin de compactage. L'utilisation de tubes de grande longueur permet de réduire notablement les assemblages en fond de fouille.

La trancheuse, engin d'excavation qui permet dans certains cas de réaliser des tranchées étroites, est particulièrement adaptée à la pose des tubes PEHD.

Le fond de la tranchée doit être constitué d'un matériau meuble (sable).

h.2. Recommandations particulières

* Sur les tronçons PEHD subissant des variations de température importantes, il est nécessaire d'utiliser des assemblages autobutés tels que l'électrosoudage, le soudage bout à bout ou les joints mécaniques verrouillés.

Le coefficient de dilatation du PEHD de l'ordre de 0,2 mm/m/°C

Sous l'effet d'une variation de température, le tube en polyéthylène aura tendance à se dilater ou se rétracter. La variation de température entraînera en plus ou en moins une variation de longueur ΔL calculée par la formule suivante :

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

Avec :

L = Longueur considérée

ΔL = Variation de longueur

ΔT = Variation de température
 α = Coefficient de dilatation

En fonction de la température, le coefficient de dilatation évolue. En règle générale, pour un calcul approché, une valeur de $2.E^{-4}$ convient.

Néanmoins, un système d'assemblage mécanique verrouillé peut ne pas résister à la contrainte due au retrait du tube.

L'assemblage des tuyaux en polyéthylène haute densité (PE-HD) à paroi pleine doit être conforme aux exigences de la norme ASTM D3350-02 ou similaire, être fait par fusion bout à bout ou doit être fait par l'utilisation d'embouts collet fusionnés bout à bout et avec l'aide d'un ensemble de brides métalliques flottantes. La méthode de fusion des joints doit répondre à la norme des fabricants ASTM D3261 ou similaire.

* Les précautions générales à observer lors des assemblages :

- On ne doit procéder au soudage que si la température de la paroi externe est comprise entre -5°C et 35°C
- Pour éviter une montée en température de la matière, il est nécessaire, avant le soudage et pendant le temps nécessaire, de protéger les zones à assembler du rayonnement solaire. Les assemblages doivent être immobilisés à l'aide d'un positionneur pendant la période de soudage et de refroidissement.

* L'application ponctuelle d'une source de chaleur (chalumeau - lampe à souder) pour exécuter une "mise à la forme" du tube est totalement proscrite. La matière PEHD est relativement « instable » après chauffage dans la mesure où elle passe rapidement de l'état solide à un état de ramollissement très avancé.

De même les revêtements appliqués à chaud du type brai de houille ou gaines thermorétractables sont exclus.

i. Types de joints

Le soudage des tubes en PEHD est une solution efficace pour garantir des raccordements étanches, cependant, on doit prendre en considération le surcoût de ce genre de raccords par rapport aux raccords mécaniques.

❑ Raccord mécanique

Utilisés pour le PEHD les raccords mécaniques sont en laiton, en polyéthylène ou en fonte. Ces pièces d'assemblages sont de type mécanique à serrage extérieur.

Le maintien du tube est assuré par une bague crantée fendue.

L'étanchéité est obtenue par un joint torique en contact avec la partie extérieure du tube.

Il existe également des manchons de liaison type "Joint Gibault" autobloqués pour l'assemblage des tubes PEHD.

❑ Manchon électrosoudable

Les raccords électrosoudables sont des pièces en PEHD équipées d'une résistance électrique, placée à la surface interne du raccord qui après assemblage, vient en contact du tube ou de la pièce mâle à souder.

Après grattage, nettoyage et positionnement des pièces à raccorder, les bornes de connexion situées à la surface externe du raccord permettent le raccordement de cette résistance à une source d'énergie électrique.

La dissipation, par effet joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux éléments à assembler assurant, grâce à un mélange intime du polyéthylène, une cohésion et une étanchéité parfaite.

❑ **Soudage bout à bout**

Ce procédé consiste à chauffer à l'aide d'un miroir les extrémités dressées des tubes.

Après le retrait du miroir, les extrémités portées à bonne température sont rapidement mises en contact et maintenues en pression pendant le cycle complet de refroidissement.

❑ **Soudage dans l'emboîture**

L'extrémité du tube et l'emboîture du raccord sont chauffées à bonne température avec l'outil comprenant une douille mâle et une douille femelle.

Après retrait de l'outil, les extrémités sont immédiatement emboîtées l'une dans l'autre.

L'assemblage est réalisé par recouvrement sans apport de matière.

j. Les pièces spéciales

❑ **Raccords mécaniques**

Coude, Té, Réduction, Manchon.

❑ **Raccords électrosoudables**

Pièces spéciales à bout lisse ou à emboîtement électrosoudable comme :
Coude, Té, Réduction, Manchon, Collet, Bouchon obturateur.

2.1.4. Le matériau acier

2.1.4.1. Généralités

L'acier est constitué de fer combiné au carbone, le pourcentage de carbone étant compris entre 0,1 et 1,5 %.

L'acier inoxydable présente une très bonne tenue à la corrosion, selon sa qualité. Cependant son coût le réserve à des éléments d'ouvrage et non à des canalisations de transfert de fort linéaire. Par exemple, on le trouvera pour les échelles de réservoir, les refoulements de pompes immergées ou les installations agroalimentaires, mais les « tuyaux » acier sont généralement entendus en acier non inoxydable, galvanisé ou non.

L'inox est un alliage d'acier particulier alors que la galvanisation est un procédé de traitement s'appliquant à la surface du matériau.

Les tuyaux en acier galvanisé sont à proscrire pour les réseaux d'eau potable. Lorsqu'il est mélangé avec du laiton jaune, l'acier galvanisé déclenche la dézincification. Par ailleurs une action électrolytique a lieu lorsqu'il est combiné avec des métaux non ferreux comme le cuivre et le laiton. L'acier galvanisé ne doit jamais être utilisé sous terre à moins d'être bien couvert, ce qui peut être gênant pour de nombreux emplois. Les tuyaux en acier galvanisé peuvent contenir du plomb, qui corrode rapidement et réduit la durée de vie de la tuyauterie. De plus, le plomb est toxique et peut engendrer des cas de saturnisme. Par ailleurs, l'acier galvanisé peut laisser des aspérités à l'intérieur des tuyaux, ce qui entraîne de graves défaillances et des arrêts qui peuvent être coûteux à réparer.

Toutes les pièces métalliques, qui doivent être galvanisées, doivent l'être selon le procédé à chaud, selon les exigences de la norme CAN/CSA-G164-M, ou autre norme européenne équivalente approuvée par l'ingénieur. La couche de zinc doit avoir au moins une masse minimale de 610 g/m². Les pièces spéciales doivent être d'une classe de pression supérieure ou égale à 150 lbs/po².

2.1.4.2. Caractéristiques

a. Tenue à la corrosion

La tenue à la corrosion de l'acier est relativement faible d'autant plus qu'on a affaire le plus souvent à des conduites soudées ou vissées donc conductrices sur de grandes longueurs. Les tuyaux seront donc protégés à l'intérieur et à l'extérieur.

a.1) Revêtement intérieur

Le revêtement le plus répandu est le mortier de ciment appliqué en usine par centrifugation ou par projection centrifuge et lissage. Ce dernier procédé peut être réalisé sur site.

La conservation du revêtement intérieur au droit du joint dans le cas de joints soudés est une difficulté qu'il faudra envisager.

Des revêtements à base de peintures époxy peuvent être utilisés.

a.2.) Revêtement extérieur

Dans le cas de traversées des milieux agressifs (marécages, tourbières, eaux usées, ...) on préconisera un revêtement extérieur de l'un des types suivants :

Revêtement C

Il est composé d'un primaire d'accrochage, d'une armature en fibre de verre qui constitue l'armature interne noyée dans une couche d'email bitumineux (dérivé de la houille) appelé BRAI et est installé sur site.

Revêtement polyéthylène

Il est constitué grâce à l'application par extrusion à chaud d'un revêtement polyéthylène sur les tubes préalablement grenailés ou sablés avant livraison sur site de pose.

a.3) Protection cathodique

Le revêtement extérieur qui équipe les canalisations enterrées suffit dans la plupart des cas, en raison de ses propriétés diélectriques, à assurer l'excellente tenue des conduites dans le sol.

Dans le cas d'une agressivité marquée du milieu (vase, marécage, marais salant, bras de mer, ...) ou de sollicitations électriques extérieures (courants vagabonds), il est nécessaire d'effectuer une protection électrique complémentaire dite "protection cathodique" qui évitera les risques de corrosion externe sur les canalisations aciers enterrées.

Tous les ouvrages métalliques enterrés ou en contact avec un électrolyte (tel que l'eau de mer) sont soumis aux phénomènes de corrosion.

Veillez vous référer à la Directive Technique de protection des conduites d'eau potable (4.2.1.DIT1).

b. Caractéristiques hydrauliques

Les caractéristiques hydrauliques du tube acier sont celles de son revêtement intérieur, c'est-à-dire celles du mortier de ciment, dans la pratique on prend $K = 0,1$ mm.

c. Gamme de tuyaux

Diamètres nominaux : 80 à 1600 mm
Longueur utile : 10 ou 12 m
Pression nominale maximum : 64 bars

d. Types de joint

□ La soudure bout à bout

Il s'agit de rabouter les 2 extrémités des tuyaux préalablement mises à nu, brossées et chanfreinées. Le soudage est réalisé en plusieurs passes suivant l'épaisseur du tube. La première passe est la passe de pénétration et les passes supplémentaires sont les passes de remplissage.

□ Le joint "S"

Pour ce type de joints les tuyaux sont tulipés.
Les tubes doivent être emboîtés à fond, avant d'effectuer la soudure à clin.

□ Assemblage par virole

Après avoir rabouté deux tuyaux à bout lisse, un anneau d'acier recouvre symétriquement les 2 extrémités du tube. L'anneau est ensuite soudé sur les parois externes des tuyaux.

□ Emboîtement et joint automatique

Il est constitué pour l'essentiel d'une bague d'étanchéité placée à l'extrémité de la tulipe. Sa mise en œuvre est aisée et ne nécessite pas de main d'œuvre qualifiée.

e. Les pièces spéciales

Coude, Réduction, Tés à 2 emboîtements et Tubulure bride, Tés à 3 emboîtements, Bride à emboîtement, Manchette d'ancrage.

2.1.5. Le matériau béton

2.1.5.1. Généralités

D'une façon générale, les tuyaux béton utilisés sur les réseaux d'eau potable, comportent une épaisseur importante de béton renforcée en son milieu par des armatures d'acier.

Cette armature peut être constituée :

- ✚ d'un tube médian complet en acier qui assure l'étanchéité du tuyau (tuyau âme-tôle) ; dans ce cas on a, en fait, un tuyau d'acier avec revêtement intérieur et extérieur béton
- ✚ de fils disposés longitudinalement et circonférenciellement tendus ou non ; dans ce cas, l'étanchéité n'est réellement assurée que par le béton.

Le tuyau à âme en tôle est donc un tuyau à tube médian en tôle d'acier avec double revêtement en béton armé. Il se compose :

- ✚ d'un tube médian en tôle d'acier soudée
- ✚ d'un revêtement extérieur en béton armé
- ✚ d'un revêtement intérieur en béton

2.1.5.2. Caractéristiques

a. Tenue à la corrosion

C'est la qualité du béton qui conditionne à la fois sa résistance propre à la corrosion et celle des armatures qui est déterminante dans la résistance de l'ensemble du tuyau. On vérifiera les caractéristiques de résistance à la corrosion indiquées par les fournisseurs en fonction des dosages utilisés et des gammes proposées.

b. Caractéristiques hydrauliques

Les qualités d'écoulement des tuyaux béton sont bonnes et analogues à celles du revêtement ciment des tuyaux fonte et acier, on adopte un coefficient K de 0,1 mm.

c. Gamme de tuyau

- Diamètre nominal : 250 à 4 000 mm
- Longueur utile : 2,00 m à 6,15 m

Tableau 8 : Gamme des tuyaux béton




Diamètre nominal (mm)	Ø ext. (mm)	Lu (m)	Poids au mètre (t)
250	420	6,07	0,23
300	420	6,07	0,17
400	520	6,15	0,22
500	630	6,15	0,29
600	730	6,15	0,35
700	840	6,15	0,43
800	950	6,15	0,53
900	1060	6,15	0,63
1000	1164	6,15	0,71
1100	1276	6,15	0,84
1200	1390	6,15	0,99
1250	1470	6,15	1,20
1400	1640	5,03 / 6,15	1,46
1500	1740	5,03 / 6,15	6,15
1600	1880	5,03	1,95
(1700)	(1980)	(5,03)	(2,07)
1800	2100	5,03 / 6,15	2,35
2000	2320	4,50 / 6,00	2,77
(2100)	(2440)	(4,50)	(3,09)
2200	2560	5,03	3,43
(2350)	(2730)	(4,08)	(3,86)
2400	2800	4,50 / 5,03	4,16
2500	2910	2,97 / 4,00	4,44
(2600)	(3030)	(2,91)	(4,85)
2800	3250	2,91 / 3,50	5,45
3000	3480	2,91	6,23
3200	3720	2,91	7,20
3500	4080	2,41	8,80
4000	4640	2,00	11,07

Chaque tuyau est calculé et fabriqué selon les caractéristiques (épaisseur de tôle, diamètre des spires, nombre de spires au mètre) qui résultent des conditions de service : pression, charge de remblai et surcharge, pose (largeur de tranchée et assise).

Cependant, d'une façon générale, les pressions de service dépassent rarement 16 bars.

d. Normes

Pour les produits provenant d'Europe les normes européennes de référence sont les suivantes :

-  EN 639
-  EN 641
-  EN 642

e. Types de joint**- Joint soudé**

Après pose et réglage des tuyaux, la soudure du joint est réalisée à l'arc électrique manuellement ou avec un appareil semi-automatique.

Les extrémités des tuyaux ou pièces spéciales comportent des dégarnis de béton permettant une soudure :

✚ extérieure	DN < 800 mm
✚ extérieure ou intérieure	800 < DN < 1200 mm
✚ intérieure	DN > 1200 mm.

Le joint soudé résiste aux efforts de traction longitudinaux ce qui permet d'éviter la confection de massifs de butée lorsque les tuyaux et les pièces spéciales ont été calculés pour rendre la conduite auto-butée.

- Joint en garniture élastomère

Ces bagues en acier sont moulées à la presse de manière à obtenir un emboîtement précis assurant l'étanchéité par compression régulière de l'anneau en élastomère et permettant une mise à joint rapide lors de la pose.

f. Les pièces spéciales

- ✚ Coudes (1/4, 1/8, 1/16, 1/32)
- ✚ Cônes de réduction
- ✚ Tés à tubulure
- ✚ Bouts d'extrémité
- ✚ Tuyaux de fonçage
- ✚ Tuyaux de microtunnelage

2.2. Choix des canalisations

Les canalisations d'eau potable doivent satisfaire aux exigences réglementaires. Sur un plan purement sanitaire, ces conduites ne doivent pas être à l'origine d'une quelconque dégradation de la qualité de l'eau.

D'autre part, les canalisations et accessoires doivent respecter les normes adoptées à l'échelle nationale.

Les exigences principales d'un acheteur public en matière de choix de canalisations doivent porter sur :

- ✚ le respect de la réglementation sanitaire en vigueur
- ✚ l'adéquation des matériaux et des équipements avec les prescriptions techniques du projet
- ✚ l'homogénéité des matériaux avec le ou les réseau(x) existant (s).

Les critères de choix des matériaux sont nombreux, notamment :

- ✚ la résistance aux contraintes internes
- ✚ la résistance aux contraintes externes
- ✚ la résistance à la corrosion
- ✚ l'offre commerciale locale
- ✚ l'habitude des services des eaux
- ✚ le coût du matériau
- ✚ Capacité du matériau à véhiculer des ondes acoustiques (recherche des fuites)

Tableau 9 : critères de choix des canalisations

Critères / Matériau	Conformité sanitaire	Resistance aux charges	Corrosion	Système verrouillé	Pose sans tranchée	Variation thermique	Conception	Maintenance	Coût global
Fonte	++	+++	++	++	+	+++	+++	++	+
PVC	+++	+	+++	+	+	+	++	++	+++
PEHD	+++	++	+++	+++	+++	+	+++	++	++
Acier	++	+++	+	+++	++	++	++	+	+
Béton	++	+++	++	+++	+	+++	+	+	+

+ Moins recommandé

+++ Plus recommandé

2.3. Classement de résistance à la pression des tuyaux PVC : SCH & DR (Normes américaines)

2.3.1. Introduction

La résistance à la pression d'un tuyau dépend :

- ✚ du matériau utilisé (PVC, PEHD, Acier, Fonte, etc.)
- ✚ de l'épaisseur de ses parois.

Dans le cas où le matériau utilisé est le PVC, il existe dans la normalisation nord-américaine deux systèmes communément utilisés pour le classement de résistance à la pression :

- ✚ Le classement « SCH » qui signifie Schedule
- ✚ Le classement « SDR » ou « DR » qui signifie (Standard) Dimension Ratio.

2.3.2. Classification SCH

On trouve dans les normes des tuyaux classés SCH-40, SCH-80, SCH-120... En Haïti, le plus courant est le **SCH-40**.

Les tuyaux classés SCH-40 sont des tuyaux « pression ».

Il se trouve que dans cette classification, cette résistance varie en fonction du diamètre considéré. Le tableau suivant donne ces résistances pour les diamètres courants. Il montre que la résistance baisse lorsque les diamètres augmentent. Ainsi, un tuyau PVC SCH-40 de ½" sera classé pour une pression d'opération de 600 psi, alors qu'un tuyau PVC SCH-40 de 8" ne résistera qu'à 180 psi.

PVC : SCH-40 (norme ASTM D1785)

Ø nominal	Ø extérieur	Ø intérieur	Épaisseur paroi	Pression d'opération max.		
				PSI	Bars	mCe
1/2"	0.840	0.602	0.109	600	41.4	414
3/4"	1.050	0.804	0.113	480	33.1	331
1"	1.315	1.029	0.133	450	31.0	310
1-1/2"	1.900	1.590	0.145	330	22.8	228
2"	2.375	2.047	0.154	280	19.3	193
3"	3.500	3.042	0.216	260	17.9	179
4"	4.500	3.998	0.237	220	15.2	152
6"	6.625	6.031	0.280	180	12.4	124
8"	8.625	7.942	0.322	160	11.0	110
10"	10.750	9.976	0.365	140	9.7	97
12"	12.750	11.889	0.406	130	9.0	90
14"	14.000	13.073	0.437	130	9.0	90
16"	16.000	14.940	0.500	130	9.0	90
18"	18.000	16.809	0.562	130	9.0	90
20"	20.000	18.743	0.593	120	8.3	83
24"	24.000	22.544	0.687	120	8.3	83

2.3.3. Classification SDR / DR

Le Standard Dimension Ratio ou SDR est une autre méthode très répandue pour classer la résistance des tuyaux à la pression.

Souvent, on utilise aussi plus simplement le terme de DR. En théorie, le DR est simplement le résultat de la formule expliquée ci-dessous, et les SDR sont une liste standardisée de DR (13.5, 17, 21, 26, etc.). Dans la pratique on s'aperçoit que les deux termes sont souvent utilisés de façon interchangeable.

Le Dimension Ratio (DR) est le nombre arrondi qui exprime le rapport du Ø extérieur minimal (*outside diameter* ou OD) à l'épaisseur des parois (*wall thickness*).

$$\mathbf{DR = D / s}$$

où **D** = Ø extérieur (mm ou pouces)
et **s** = épaisseur parois (mm ou pouces)

Par exemple, un SDR 26 signifie que le Ø extérieur du tuyau correspond à 26 fois l'épaisseur de sa paroi.

Autrement dit :

- ✚ un DR élevé signifie que la paroi du tuyau est mince en comparaison avec son diamètre
- ✚ un DR bas signifie que la paroi du tuyau est épaisse en comparaison avec son diamètre

En conséquence, un tuyau PVC qui a un DR élevé résistera plus faiblement à la pression qu'un tuyau PVC qui a un DR faible.

Pour le PVC, selon les normes basées sur le SDR, à un SDR donné correspondra donc une résistance à une pression donnée, ceci se fait indépendamment du diamètre du tuyau considéré (contrairement au système SCH).

Le tableau suivant indique cette correspondance :

PVC : SDR (norme ASTM D2241)

SDR	Pression d'opération max.		
	PSI	Bars	mCe
SDR 51	80	5.5	55
SDR 41	100	6.9	69
SDR 32.5	125	8.6	86
SDR 26	160	11.0	110
SDR 21	200	13.8	138
SDR 17	250	17.2	172
SDR 13.5	315	21.7	217

Attention : Il existe, pour les diamètres de 4" et au-delà, d'autres normes américaines, AWWA C900 et AWWA C905, qui suivent une approche de « classe de pression » (*Pressure Class*). Elles sont basées sur des formules plus exigeantes et ne suivent pas les mêmes séries de DR :

PVC : SDR (norme AWWA C900)

SDR	Classe de pression		
	PSI	Bars	mCe
SDR 25	100	6.9	69
SDR 18	150	10.3	103
SDR 14	200	13.8	138

On constate donc de façon évidente que la formule de calcul utilisée n'est pas la même dans ces deux normes puisque, par exemple, à une pression de 100 PSI correspondra un SDR 41 selon ASTM D2241 et un SDR 25 selon AWWA C-900.

2.3.4. Comparaison entre les deux systèmes

Le tableau suivant dresse une comparaison entre les classes de résistance SCH et SDR

Dimension Nominale (NPS)	SCH-40		SDR 51	SDR 41	SDR 32.5	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13.5	
	ASTM D1785		ASTM D2241							
	PSI	Bar	PSI Bar	PSI Bar	PSI Bar	PSI Bar	PSI Bar	PSI Bar	PSI Bar	
(in)			80 5.5	100 6.9	125 8.6	160 11	200 13.8	250 17.2	315 21.7	
1/2"	600	41.4	•	•	•	•	•	•	•	
3/4"	480	33.1	•	•	•	•	•	•	•	
1"	450	31.0	•	•	•	•	•	•	•	
1-1/2"	330	22.8	•	•	•	•	•	•	•	
2"	280	19.3	•	•	•	•	•	•	×	
3"	260	17.9	•	•	•	•	•	•	×	
4"	220	15.2	•	•	•	•	•	×	×	
6"	180	12.4	•	•	•	•	×	×	×	
8"	160	11.0	•	•	•	•	×	×	×	
10"	140	9.7	•	•	•	×	×	×	×	
12"	130	9.0	•	•	•	×	×	×	×	
14"	130	9.0	•	•	•	×	×	×	×	
16"	130	9.0	•	•	•	×	×	×	×	
18"	130	9.0	•	•	•	×	×	×	×	
20"	120	8.3	•	•	×	×	×	×	×	
24"	120	8.3	•	•	×	×	×	×	×	

- Classement SCH-40 supérieur ou égal au SDR x Classement SCH-40 inférieur au SDR

Le graphique suivant permet de visualiser l'évolution de la pression en fonction du diamètre nominal (DN) et ce, pour les différentes classes de résistance.

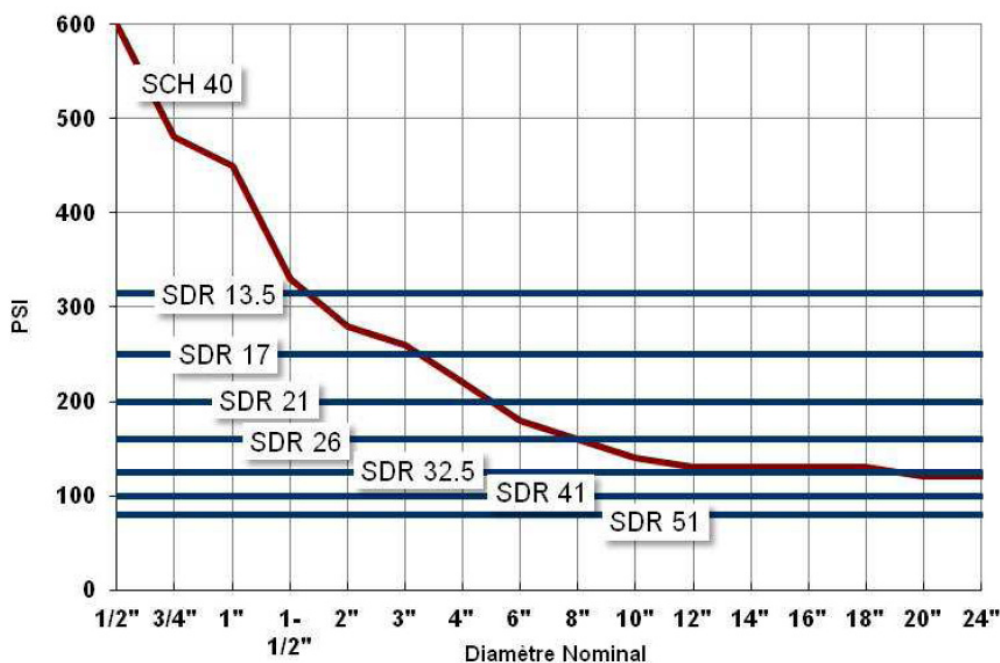


Figure 5 - évolution de la pression en fonction du diamètre nominal (DN)

2.3.5. Normes de référence

- **AWWA C900**

Standard for Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 4 in. Through 12 in. (100 mm Through 300 mm), for Water Distribution

Utilise une approche basée sur la classe de pression (CP), qui se définit par l'utilisation d'un facteur de sécurité de 2.5 (par rapport à un facteur de 2.0 habituellement admis pour la plupart des exercices de conception). En plus de ce facteur de sécurité plus élevé, une allocation pour coup de bélier équivalente à l'arrêt instantané d'une colonne d'eau se déplaçant à 2 pi/sec (0.6m/s) est également retranchée pour chacune des classes de pression. Les raisons derrière cette approche de conception très particulière avaient pour but d'offrir un produit spécifiquement conçu pour une utilisation dans des systèmes de distribution d'eau potable "bouclés", là où la géométrie dudit système peut être difficile à établir clairement.

- **AWWA C905**

Standard for Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 14 in. Through 48 in. (350 mm Through 1,200 mm), for Water Transmission and Distribution

Utilise une approche basée sur la pression d'opération (PO) avec un facteur de sécurité de 2.0. Cette norme est prévue pour les systèmes d'alimentation en eau dont la géométrie est habituellement plus simple et où les coups de béliers peuvent être plus facilement calculés et contrôlés. Ceux-ci doivent d'ailleurs être considérés au moment de la conception.

- **ASTM D2241**

Standard Specification for Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Pressure-Rated Pipe (SDR Series)

Norme pour des tuyaux PVC de type SDR. Utilise également une approche basée sur la pression d'opération (PO) avec un facteur de sécurité de 2.0. Ici aussi, le calcul des coups de bélier est sous la responsabilité du concepteur.

- **ASTM D1785**

Standard Specification for Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe, Schedules 40, 80, and 120
Norme pour des tuyaux PVC de type SCH (40, 80, et 120).

3. Sources

Le présent guide technique a été élaboré à partir des documents suivants :

- ✚ Les documents techniques de l'entreprise H2O Haïti
- ✚ Les fiches techniques des fournisseurs internationaux de robinetterie
- ✚ Les normes européennes EN545 - EN 1453 – EN12201
- ✚ Les normes américaines SCH et SDR

4. Lexique

ANSI :	American National Standard Institut
AFNOR:	Association Française de Normalisation
AWWA :	American Water Works Association
BSPT:	British Standard Pipe Thread
CR :	Classe de Résistance
DE:	Diamètre Extérieur
DI :	Diamètre Intérieur
DIPS:	Ductile Iron Pipe Size
IPS:	Iron Pipe Size
ISO:	International Organization for Standardization
ID :	Inside Diameter
NPT :	National Pipe Thread
NF EN :	Norme Européenne adoptée par l'AFNOR
NF ISO :	Norme internationale adoptée par l'AFNOR
NF EN ISO :	Norme internationale reprise dans la collection européenne
NPS :	Nominal Pipe Size donné en pouces.
OD :	Outside Diameter
PVC :	Polychlorure de vinyle
PEHD :	Polyéthylène Haute Densité
PP :	Polypropylène
SDR :	Standard Dimension Ratio : une méthode pour classer la résistance des tuyaux à la pression
SCH :	“Schedule” : une méthode américaine pour classer la résistance des tuyaux à la pression
MPa :	Méga Pascal, unité de mesure de la résistance hydraustatique.