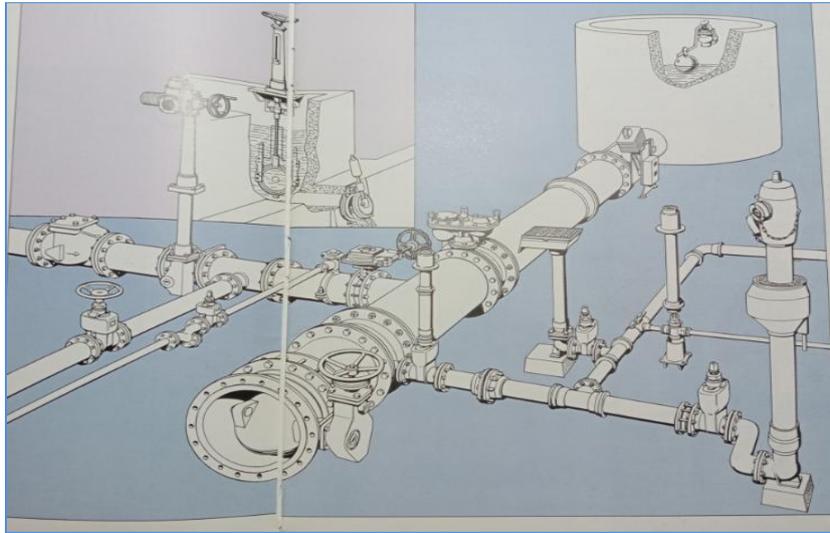


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université des Sciences et de la Technologie d'Oran
Mohamed BOUDIAF

Faculté d'Architecture et de Génie Civil
Département d'Hydraulique



Polycopié de cours

Technologie des conduites et équipements des
réseaux

Dr. Ahmed Zelifi

2024

AVANT-PROPOS

La réalisation des réseaux de distribution d'eau potable ne pouvait se faire sans les équipements des réseaux. Sachant que le volet de gestion et de maintenance des réseaux sont primordiales pour un approvisionnement en eau potable des agglomérations ; par conséquent l'installation de ces équipements au sein des réseaux de distribution s'avère d'une grande importance pour ce qui est de sa longévité et sa durabilité en service.

Afin d'assurer une consommation normalisée aux usagers de ces réseaux, il est donc nécessaire de veiller à ce que les réseaux de distribution d'eau potable seront équipés par un ensemble d'appareillages hydrauliques pour le bon fonctionnement hydraulique.

L'objectif de ce polycopié est destiné aux étudiants de troisième année de Licence en hydraulique parachevant leur formation pédagogique tout en leur fournissant de la compréhension de cette matière relative à la technologie des conduites et équipements des réseaux ainsi que le rôle de ces installations au système d'alimentation en eau potable.

Il faut savoir que cette matière est composée de cinq principaux chapitres, dont le premier chapitre est consacré à la représentation de la nature des différentes conduites. Dans son contenu il décrit les caractéristiques de chaque nature de conduite, le processus de sa fabrication et les recommandations de stockage de ces conduites notamment et de transport.

Dans le deuxième chapitre, il est étudié les notions des pièces spéciales et robinetterie qui ont tendance à faire relier tous les éléments des réseaux de distribution d'eau. Les équipements de protection des réseaux sont traités au niveau du troisième chapitre tout en définissant l'équipement et ses différentes applications au sein des réseaux de distribution d'eau. L'avant-dernier chapitre est consacré aux équipements de régulations des caractéristiques hydrauliques, également chaque équipement est bien défini. En fin le cinquième chapitre relatif aux équipements de mesure, ils sont utilisés pour les opérations de contrôles techniques hydrauliques dont les volets importants tels que problèmes de réhabilitation des canalisations, le sectionnement des grands réseaux, gestion des coupures fuites etc...

Sommaire

- 1** Avant-propos
- 2** Sommaire
- 5** Listes des figures

Chapitre 1: Nature des canalisations

- 6** **1.1 Introduction**
 - 6 1.1.1 Conformité sanitaire
 - 6 1.1.2 Les normes
 - 7 1.1.3 Critères de conception et de choix
 - 7 1.1.3.1 Contraintes extérieures/mécaniques
 - 7 1.1.3.2 Résistances des matériaux
 - 7 1.1.3.3 Etanchéité
 - 7 1.1.3.4 Protection contre un environnement agressif
 - 7 1.1.3.5 Choix du diamètre et de la classe de pression
- 8** **1.2 Tuyau en fonte**
 - 8 1.2.1 Caractéristiques techniques des fontes ductiles
 - 1.2.1.1 Fonte ductile versus fonte grise
 - 1.2.1.2 Revêtement extérieur
 - 1.2.1.3 Revêtement intérieur
 - 1.2.1.4 Vue d'ensemble des différents types de joints
 - 10 1.2.2 Prescriptions propres à la fonte ductile
 - 1.2.2.1 Fabrication des tuyaux ductiles
 - 1.2.2.1.1 Elaboration du métal
 - 1.2.2.1.2 Centrifugation
 - 1.2.2.1.3 Finition/ revêtement
 - 1.2.2.2 Conditionnement et stockage des tuyaux
 - 1.2.2.3 Conditionnement et transport des tuyaux
- 12** **1.3 Tuyau en acier**
 - 12 1.3.1 Introduction
 - 13 1.3.2 Caractéristiques du tube en acier
 - 1.3.2.1 Aspect dimensionnel
 - 1.3.2.2 Avantages et inconvénients du tube en acier
 - 1.3.2.2.1 Avantages
 - 1.3.2.2.2 Inconvénients
 - 14 1.3.3 Fabrication du tube en acier
 - 1.3.3.1 Soudage longitudinal par induction à haute fréquence (ERW-HFS)
 - 1.3.3.2 Soudage hélicoïdal à l'arc (SAW)
 - 1.3.3.3 Structure du tube en acier
 - 15 1.3.4 Assemblage du tube en acier
 - 17 1.3.5 Stockage et transport du tube en acier
- 18** **1.4 Tuyau en matière plastique**
 - 18 1.4.1 Tuyau en PEHD
 - 1.4.1.1 Caractéristiques techniques des tubes PEHD
 - 1.4.1.2 Fabrication des tuyaux PEHD
 - 1.4.1.3 Stockage et transport des tuyaux PEHD
 - 22 1.4.2 Tuyau en PVC
 - 1.4.2.1 Caractéristiques techniques des tubes PVC
 - 1.4.2.2 Fabrication des tuyaux PVC
 - 1.4.2.3 Stockage et transport des tuyaux PVC
- 24** **1.5 Tuyau en béton**
 - 24 1.5.1 Tuyau en béton précontraint

1.5.1.1	Tuyau en béton précontraint sans âme tôle
	1.5.1.2 Tuyau en béton précontraint avec âme tôle
	1.5.1.3 Assemblage des tuyaux en béton précontraint
26	1.5.2 Tuyau en béton classique
	1.5.2.1 Caractéristiques techniques
	1.5.2.2 Processus de fabrication des tuyaux en béton
	1.5.2.2.1 Mélange de béton
	1.5.2.2.2 Moulage des tuyaux
	1.5.2.2.3 Durcissement
	1.5.2.2.4 Finition et contrôle/qualité
	1.5.2.3 Transport des tuyaux en béton
	1.5.2.3.1 Chargement
	1.5.2.3.2 Déchargement
	1.5.2.3.3 Stockage des tuyaux en béton
	1.5.2.3.4 Déchargement et stockage provisoire des tuyaux en béton
29	1.6 Tuyau en PRV
29	1.6.1 Caractéristiques dimensionnelle des tuyaux en PRV
30	1.6.2 Processus de fabrication des tuyaux en PRV
	1.6.2.1 Centrifugation pour les tuyaux circulaires
	1.6.2.2 Les matières premières
30	1.6.3 Transport des tuyaux et des pièces de raccords
	1.6.3.1 Chargement et déchargement des tuyaux
32	1.6.4 Stockage des tuyaux
32	1.6.5 Essai d'étanchéité des tuyaux sur le chantier
33	1.6.6 Remplissage du pipeline pour le test
33	1.6.7 Mise en service du pipeline
34	1.7 Choix du tuyau en fonction du sol
34	1.8 Choix du tuyau en fonction du liquide transporté
34	1.9 Choix du tuyau en fonction de la pression de fonctionnement

Chapitre 2: Pièces spéciales et robinetterie

35	2.1 Introduction
35	2.2 Pièces emboitements à joint express
36	2.3 Raccord à brides
37	2.4 Raccord électro soudable pour PEHD
37	2.5 Exemple de schéma de montage
38	2.6 Eléments de robinetterie
38	2.6.1 Fonctions
39	2.6.2 Vanne d sectionnement
	2.6.2.1 Robinet à opercule
	2.6.2.2 Robinet à papillon

Chapitre 3: Equipements de protection des Réseaux

44	3.2 Les effets de l'air dans les réseaux
44	3.3 Ventouses
44	3.3.1 Description
44	3.3.2 Ventouses à triples-fonction
46	3.4 Purgeurs (ventouse à simple fonction)
46	3.4.1 Définitions
46	3.4.2 Fonctionnement et installation
46	3.5 Van-air
46	3.5.1 Description
48	3.5.2 En résumé
48	3.5.3 Emplacement des van-air dans les conduites
48	3.6 Clapet de non-retour
48	3.6.1 Introduction

48	3.6.2 Fonctionnement
49	3.6.3 Caractéristiques : clapet de non-retour à battant
49	3.6.4 Autres types de clapet
50	3.7 Obturateur automatique
50	3.7.1 Présentation
42	3.7.2 Avantages
51	3.8 Vanne de survitesse
51	3.8.1 Définition
51	3.8.2 Caractéristiques techniques
52	3.8.3 Principes de fonctionnement
52	3.9 Soupape de décharge
52	3.9.1 Définition

Chapitre 4: Equipements de régulation des Réseaux

54	4.1 Introduction
54	4.2 Régulation de débit
54	4.2.1 Fonctionnement
54	4.2.2 Applications
54	4.3 Régulation de pression amont
54	4.3.1 Fonctionnement
55	4.3.2 Applications
55	4.4 Régulation de pression aval
56	4.4.1 Fonctionnement
56	4.4.2 Exemples d'application
56	4.4.3 Fonctionnement du régulateur aval
56	4.5 Stabilisateur de débit et de pression
57	4.6 Equipement de réservoir
57	4.6.1 Fonctionnement
57	4.6.2 Caractéristiques
58	4.7 Vanne altimétrique
58	4.7.1 Fonctionnement
59	4.7.2 Dimensionnement
59	4.7.3 Détermination des paramètres de fonctionnement
59	4.8 Mise en service et réglage des appareils de régulation

Chapitre 5: Equipements de mesures

61	5.1 Introduction
61	5.1.1 Dimensionnement du compteur d'eau
61	5.1.2 Classement des compteurs d'eau
160	5.2 Compteur d'eau
65	5.2.1 Compteur volumétrique
65	5.2.1.1 Fonctionnement
65	5.2.2 Compteur de vitesse
66	5.2.3 Etalonnage et entretien de compteur
66	5.3 Débitmètres électromagnétiques
66	5.3.1 Définitions
66	5.3.2 Avantages du compteur électromagnétique

68 Références bibliographiques

Listes des figures

Chapitre 1.

- Figure 1.1 Modes de stockage des tuyaux
- Figure 1.2 Chaîne de fabrication du tube en acier (ERW-HFI)
- Figure 1.3 Chaîne de fabrication du tube en acier (SAW)
- Figure 1.4 Mode de soudage bout à bout du tube en acier
- Figure 1.5 Mode de jonction "S" ou slip-joint du tube en acier
- Figure 1.6 Mode de jonction "E" à manchette isotherme du tube
- Figure 1.7 Mode d'empilage des conduites en zone de stockage
- Figure 1.8 Identification et marquage des conduites PEHD
- Figure 1.9 Description technique d'emboîtement des conduites PEHD
- Figure 1.10 Modes d'emplacement des conduites en zone de stockage
- Figure 1.11 Modes d'exposition et protection des conduites contre les UV
- Figure 1.12 Techniques de manutentions et de stockage des conduites PVC
- Figure 1.13 Techniques de manutentions et élingage au moment de stockage des conduites
- Figure 1.14 Les principes du design de centrifugation
- Figure 1.15 Les opérations de chargement des tuyaux

Chapitre 2.

- Figure 2.1 Détail d'un schéma de montage des pièces spéciales
- Figure 2.2 Modèle d'un robinet d'arrêt
- Figure 2.3 Modèle d'un robinet d'arrêt à Opercule

Chapitre 3.

- Figure 3.1 Fonctionnement d'une ventouse triple fonction
- Figure 3.2 Ventouse 3 fonctions
- Figure 3.3 Configuration des Vannes d'Air
- Figure 3.4 Air à travers les équipements mécaniques
- Figure 3.5 Claquement de clapet anti-retour
- Figure 3.6 Système de pompe unique doté de clapet anti-retour
- Figure 3.7 Clapet de non-retour
- Figure 3.8 Exemple d'une installation d'une vanne obturateur au niveau d'une conduite
- Figure 3.9 Description d'une soupape de décharge

Chapitre 4.

- Figure 4.1 Exemple de régulation de débit
- Figure 4.2 Exemple de régulation de pression
- Figure 4.3 Modèle du stabilisateur
- Figure 4.4 Modèle du flotteur de réservoir
- Figure 4.5 Dimensionnement et installation type du flotteur du réservoir
- Figure 4.6 Vanne - altimétrique
- Figure 4.7 Installation type des vannes de régulation

Chapitre 5.

- Figure 5.1 Compteur d'eau à jet unique et sa vue en coupe
- Figure 5.2 Compteur d'eau à jet- multiple et sa vue en coupe
- Figure 5.3 Compteur d'eau Woltmann hélices verticale et horizontale
- Figure 5.4 Les fonctionnements des différents compteurs
- Figure 5.5 Types d'installations d'un débitmètre ultrasonique externe à temps de parcours
- Figure 5.6 Compteur à ultrasonique (a) : DN15-DN40 et (b) : DN50-DN300
- Figure 5.7 Mode d'installation d'un compteur d'eau domestique
- Figure 5.8 Coupe transversale et fonctionnement d'un débitmètre électromagnétique non intrusif

1.1 Introduction

Le développement des canalisations propose des alternatives qui nécessitent de prendre en compte les caractéristiques spécifiques et leur mise en œuvre. Le code des marchés publics permet aux entreprises de proposer des modifications (variantes) ; celles-ci doivent cependant respecter les recommandations des fascicules et la réglementation associée du marché algérien. Le but de ce support académique est de connaître aux étudiants les différents produits disponibles sur le marché, les aider dans leur choix suivant leur destination et attirer leur attention sur l'interaction sol/tuyau. Ainsi ce support académique traite des matériaux des réseaux d'eau potable, gravitaire et sous pression. Il importe de noter que les ouvrages construits tiennent compte d'un certain nombre de paramètres afin de garantir le long terme. Il faut prendre en compte l'évolution de l'environnement qu'ils soient sous-terrain (géotechnique) ou qu'ils soient de surface (solution évolutive).

Les matériaux utilisables pour les réseaux d'eau potable sont les suivants :

- Fonte (semi-rigide)
- Acier (semi-rigide)
- Polyéthylène haute densité (PE-HD) (flexible)
- Polychlorure de vinyle (PVC) (flexible)
- Béton (rigide)
- Polyester renforcé de fibres de verre (PRV) (flexible)

1.1.1 Conformité sanitaire

La réglementation en matière de produits entrant en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine est régie par le code de la santé publique.

- ❖ proposer des matériaux et objets respectant les dispositions spécifiques fixées réglementairement pour le groupe de matériaux et objets auquel il appartient ;
- ❖ s'assurer, préalablement à la mise sur le marché, du respect des dispositions spécifiques le concernant ;
- ❖ tenir à disposition, de l'administration et de ses clients, les preuves de conformité sanitaire du matériau ou objet, attestant du respect des dispositions spécifiques.

En application de l'article réglementaire du code de la santé publique, toute personne responsable de la production, de la distribution ou du conditionnement d'eau destinée à la consommation

humaine (PRPDE) doit, depuis le point de prélèvement jusqu'au point d'usage, s'assurer qu'il n'utilise que des matériaux et objets conformes aux dispositions réglementaires. Il doit donc vérifier auprès de ses fournisseurs les preuves de conformité sanitaire des matériaux et objets avant leur mise en œuvre en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine.

1.1.2 Les Normes

Les normes ont pour but de clarifier et simplifier les relations contractuelles. Elles fournissent des caractéristiques, des techniques et des méthodes de fabrication, d'analyse ou d'essai, qui

peuvent s'appliquer à un produit ou à un résultat à atteindre. Une norme peut ainsi s'entendre comme un document de référence sur un sujet donné, dont elle reflète l'état de l'art, de la technique et du savoir-faire.

1.1.3 Critères de conception et de choix

1.1.3.1 Contraintes extérieures/mécaniques

Plusieurs actions externe aux réseaux peuvent endommagées les canalisations. Les principaux risques sont d'ordre géotechnique. Le plus fréquent de ces risques géotechnique est le tassement du sol environnant. En effet, dès que les tassements sont importants il y a risque de tassements différentiels, et donc pour la canalisation, risque de déboitements avec pertes d'étanchéité, contrepentes, fissuration, déformation, rupture.

1.1.3.2 Résistance des matériaux

La détermination des caractéristiques mécaniques d'un tuyau est fonction des charges qu'il doit supporter. Le comportement des canalisations sous l'effet des charges liées aux remblais ainsi qu'aux charges roulantes est différent selon le type de matériau de la canalisation.

Les canalisations rigides (béton,..) cassent en cas de contrainte excessive, d'où l'adoption des critères de charge à la rupture pour éviter la fissuration.

Les canalisations souples Thermoplastique et flexibles en PRV s'ovalisent en cas de sollicitations trop importantes vis-à-vis de l'ouvrage d'où l'adoption des critères de déformation admissible, faisant intervenir d'autres paramètres tels que le vieillissement, la fatigue, la nature des sols de remblai et leur niveau de compactage.

1.1.3.3 Etanchéité

Les problèmes d'étanchéité sont situés le plus souvent au niveau des joints. Ils peuvent provenir d'une ovalisation différentielle au niveau de l'assemblage (manchons plus rigides que la canalisation, raccordement à des ouvrages de nature différente), d'une mauvaise réalisation du lit de pose (déboîtement, déviation), mauvais dimensionnement des butées ou des longueurs à verrouiller.

Pour vérifier l'étanchéité du réseau, il faut réaliser des essais de pression.

1.1.3.4 Protection contre un environnement agressif :

Lorsqu'une étude de sol indique une telle contamination du sol, il y a lieu pour le concepteur de prendre en considération des mesures telles que celles décrites ci-dessous :

- ❖ dans les zones affectées, prendre des matériaux moins vulnérables ;
- ❖ poser les tuyaux sujets à la perméation dans des fourreaux protecteurs ;
- ❖ utiliser un caoutchouc approprié pour les joints ;
- ❖ utiliser une protection anticorrosion pour les matériaux métalliques ;
- ❖ remplacer le sol ;
- ❖ changer le tracé de la conduite.

1.1.3.5 Choix du diamètre et de la classe de pression

Le choix du diamètre et de la classe de pression du tube dépend des paramètres suivants :

- ❖ débit à transporter
- ❖ différence de niveau (altimétrie)
- ❖ profil du réseau

- ❖ couts de dimensionnement et de classes alternatives
- ❖ charges financières : cout d'exploitation (fonctionnement des pompes), taux d'intérêt des crédits bancaires et conditions de leur remboursement.
- ❖ cout actuel et future de l'énergie
- ❖ pertes de charge dans la conduite
- ❖ coups de bélier
- ❖ pression d'épreuve sur chantier

1.2 Tuyau en fonte

Lorsqu'un produit utilisé dans la réalisation d'un réseau d'eau potable fait l'objet d'une ou de plusieurs normes algériennes, normes européennes ou étrangères (NF EN ou NF ISO) reconnues équivalentes, il doit être conforme à ces dites normes en vigueur.

1.2.1 Caractéristiques techniques des fontes ductiles [1]

1.2.1.1 Fonte ductile versus fonte grise

L'ajout d'une certaine quantité de magnésium à la fonte grise provoque la cristallisation du carbone sous forme de sphères également appelés nodules.

La fonte grise possède les caractéristiques suivantes:

- résistance à la compression
- aptitude au moulage
- résistance à l'abrasion
- usinabilité
- résistance à la fatigue

La fonte ductile a une structure différente de celle de la fonte grise et présente les caractéristiques complémentaires suivantes:

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

La fonte ductile présente les propriétés mécaniques suivantes:

- une élasticité de $Re \geq 270$ Mpa
- une résistance à la traction de $Rm \geq 420$ Mpa
- une excellente résistance aux chocs
- une capacité importante d'allongement supérieure à 10 %

Ces propriétés extraordinaires permettent une durée de vie pouvant dépasser largement les 50 voire 100 ans à condition que les instructions de mise en œuvre soient respectées. Chaque année, plus de 10.000 km de canalisations en fonte ductile de Saint-Gobain PAM sont posés, du DN 60 au DN 2000.

1.2.1.2 Revêtement extérieur

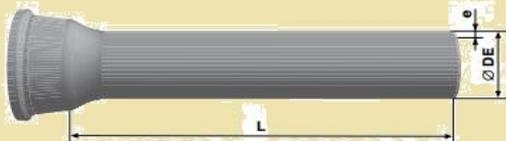
Le revêtement extérieur des tuyaux NATURAL est constitué d'une couche de 400 gr/m² d'un alliage de zinc et d'aluminium (85/15). La couche de finition est constituée d'un bouche-pore époxy de couleur bleue. La quantité doublée d'alliage protecteur et la nature de cet alliage permettent d'élargir la zone d'application par rapport au revêtement zinc. Des essais dans des milieux agressifs démontrent que la protection zinc-aluminium protège le tuyau, même quand ce dernier est endommagé.

1.2.1.3 Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliqué par centrifugation assurant:

- d'excellentes conditions d'écoulement hydraulique,
- le maintien de la qualité de l'eau potable transportée,
- une protection efficace de la paroi du tuyau.

Tableau 1.1 Caractéristiques dimensionnelles de la conduite



DN mm	L m	DE mm	e fonte		Masse moy. par tuyau kg	Masse moy. métrique kg
			C40 mm	C30 mm		
60	6	77	4,8	-	59,5	9,92
80	6	98	4,8	-	77,4	12,9
100	6	118	4,8	-	94,3	15,7
125	6	144	4,8	-	116,4	19,4
150	6	170	5,0	-	143,1	23,9
200	6	222	5,4	-	200,4	33,4
250	6	274	5,8	-	263,2	43,9
300	6	326	6,2	-	332,9	55,5
350	6	378	-	6,3	407,6	67,9
400	6	429	-	6,4	475,7	79,3
450	6	480	-	6,9	562,0	93,7
500	6	532	-	7,4	659,3	109,9
600	6	635	-	8,6	894,7	149,1

Tuyaux en fonte ductile, NATURAL : DN 60-600 (adaptabilité à tous les types de terrains).

Joints disponibles:

Non verrouillé: DN 60 – 600 Standard

DN 80 – 300 Tyton

Verrouillé: DN 60 – 600 Standard Vi

DN 80 – 300 Tyton Sit ou Tyton Sit +

DN 350 – 600 Standard V+i

DN 350 – 600 Standard Ve

En plus de ces tuyaux en fonte ductile, NATURAL, il existe sur le marché de vente d'autres types de tuyaux tels que :

- Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000 (application AEP)
- Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700 (adaptés aux sols corrosifs).

- Tuyaux en fonte ductile, PUX DN 600 – 2000 (Lorsque la corrosivité des sols nécessite une protection complémentaire).
- Tuyaux en fonte ductile, ZMU DN 00 – 700 (peut être utilisé dans les sols très rocheux).
- Tuyaux en fonte ductile, PUR DN 80 – 2000
 1. des eaux très douces ou très agressives associées à des temps de séjours supérieurs à 3 jours,
 2. des eaux minérales dont l'analyse ne doit pas varier entre l'entrée et la sortie de la canalisation,
 3. des eaux brutes.
- Tuyaux en fonte ductile, ISOPAM DN 100 – 600 (pour but d'assurer l'isolation thermique des réseaux particulièrement exposés aux risques de gel).

1.2.1.4 Vue d'ensemble des différents types de joints

STANDARD, Joint automatique.

STANDARD Vi, Joint automatique verrouillé à inserts.

STANDARD Ve, Joint automatique verrouillé avec cordon de soudure, jonc et contrebride.

UNIVERSAL STANDARD Vi, Joint automatique avec bague de verrouillage à inserts et emboîture à double chambre.

STANDARD Vi, Joint automatique avec bague de verrouillage à inserts et contrebride.

UNIVERSAL STANDARD Ve, Joint automatique verrouillé avec cordon de soudure et emboîture à double chambre.

EXPRESS, Joint mécanique.

EXPRESS Vi, Joint mécanique verrouillé à inserts et contrebride.

STANDARD PAMLOCK, Joint automatique verrouillé avec cordon de soudure et emboîture à double chambre.

TYTON SIT, TYTON SIT + Joint automatique verrouillé à inserts.

TYTON, Joint automatique.

1.2.2 Prescriptions propres à la fonte ductile

1.2.2.1 Fabrication des tuyaux ductile [1]

Les tuyaux en fonte sont fabriqués selon des « classes d'épaisseurs », de sorte que l'épaisseur du tube est déterminée en fonction du diamètre nominal (DN) et de la « classe d'épaisseur » correspondante.

Il est à noter, cependant que les tuyaux en fonte ductile ne sont pas adaptés en cas de sol pollué, à cause du problème de perméation par le joint caoutchouc.

Le processus de fabrication des tuyaux et des raccords comporte trois étapes :

1.2.2.1.1 Elaboration du métal

Le métal liquide peut être obtenu directement par réduction du minerai de fer dans un haut-fourneau ou par fusion de gueuses de fonte et de ferrailles dans un cubilot (ou dans un four électrique) ; dans tous les cas, les matériaux sont sélectionnés et contrôlés avec soin, afin de produire un métal de base de grande pureté, compatible avec les traitements décrits ci-dessous. Après désulfuration, la température de la fonte est ajustée dans un four électrique, afin d'assurer la température optimale de coulée. A ce stade, des corrections peuvent être apportées à la composition chimique par ajout de ferrailles ou de ferro-alliages spécifiques. Le magnésium est introduit dans le métal liquide afin de rendre la fonte ductile.

- ✓ Minerai ou ferrailles,
- ✓ haut-fourneau ou cubilot,
- ✓ Désulfuration,
- ✓ Ajustement Composition/Température,
- ✓ Traitement magnésium.

1.2.2.1.2 Centrifugation

Le procédé de centrifugation consiste à déposer une couche de fonte liquide dans une coquille cylindrique tournant à grande vitesse et à solidifier le métal en refroidissant continuellement la coquille.

Les principaux procédés sont le procédé "de LAVAUD" et le procédé "WET SPRAY". Dans le procédé "de LAVAUD", le métal liquide est versé dans une coquille d'acier nue et subit un refroidissement très rapide. Un recuit de graphitisation, puis de ferritisation, est nécessaire pour obtenir des tuyaux avec la structure et les propriétés mécaniques voulues.

Dans le procédé "WET SPRAY", la surface intérieure de la coquille est recouverte (avant de déverser la fonte) d'une fine couche de poudre de silice réfractaire, diminuant ainsi la conductibilité thermique de l'interface métal liquide-coquille. La vitesse de refroidissement de la paroi du tuyau est inférieure à celle du procédé "de LAVAUD", et seul un recuit de ferritisation est alors nécessaire.

- ✓ Préparation des noyaux pour le moulage des emboîtures,
- ✓ Centrifugation,
- ✓ Traitement thermique.

1.2.2.1.3 Finition/revêtements

En sortie du four de traitement thermique, les tuyaux reçoivent sur l'extérieur du fût une couche de zinc ou de ZINALIUM métallique pur obtenu par fusion de fil à l'arc électrique ou de lingots de zinc ou de zinc-aluminium selon les cas, puis par projection par air comprimé.

Plusieurs types d'inspections et essais sont exécutés systématiquement afin de garantir la qualité : contrôle de la structure et des caractéristiques mécaniques du métal, inspection visuelle, contrôle dimensionnel, épreuve hydrostatique unitaire. Compte tenu de leur importance dans l'étanchéité du joint, le bout-uni et l'emboîture subissent des contrôles particuliers.

Le revêtement intérieur de mortier de ciment est appliqué par centrifugation. Dans la méthode choisie par Saint-Gobain PAM, le mortier est déversé dans le tuyau, mis en rotation à grande vitesse, ce qui permet d'obtenir une faible porosité et une bonne compacité du revêtement intérieur. Le mortier de ciment des tuyaux est ensuite mûri à température et hygrométrie contrôlées.

Après mûrissement du ciment, les tuyaux sont introduits dans les "lignes de vernissage". Une couche de peinture bitumineuse ou de peinture époxy bleu est appliquée par projection sur le tuyau.

Les tuyaux sont ensuite bouchés aux extrémités, colisés ($DN \leq 300$) et mis sur parc en attente d'expédition.

- ✓ Revêtement zinc ou ZINALIUM,
- ✓ Epreuve hydrostatique,
- ✓ Revêtement ciment,
- ✓ Mûrissement du ciment,
- ✓ Revêtement bitumineux ou époxy bleu,

- ✓ Conditionnement stockage.

1.2.2.2 Conditionnement et stockage des tuyaux

Les tuyaux de petit diamètre ($DN \leq 300$) sont obturés par des bouchons et colisés en fardeaux pour faciliter leur manutention. Ces fardeaux peuvent être stockés en pile, sur des intercalaires de 80 x 80 x 2600 mm avec trois ou quatre fardeaux par rangée et ne dépassant pas une hauteur de stockage de 2,5 m.

Ci-dessous nous montrons les 03 possibilités de stockages de ces tuyaux :

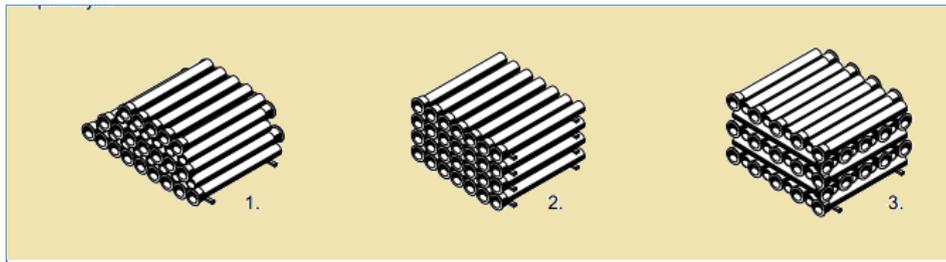


Figure 1.1 Modes de stockage des tuyaux

Il est de même pour le stockage des bagues de joint : par conséquent il est important de tenir compte des consignes suivantes: la température de stockage doit être inférieure à 25°C, les bagues de joint doivent être stockées dans un milieu d'humidité moyenne et en état de propreté. Protégez les bagues de joint de la lumière directe du soleil ou artificielle. Pour votre facilité, les bagues sont livrées en sachets protégés de l'ozone.

1.2.2.3 Conditionnement et transport des tuyaux

Les véhicules doivent être appropriés au transport et aux opérations de chargement et de déchargement de tuyaux et raccords en fonte ductile. Il convient de proscrire tout contact entre les éléments des canalisations et des surfaces métalliques pour éviter les blessures des revêtements. Faciliter le chargement et le déchargement des tuyaux en utilisant des sangles textiles ou des crochets adaptés. Garantir la bonne tenue du chargement au cours du transport en utilisant des véhicules ou remorques présentant un équipement latéral pour votre sécurité et celles des autres.

1.3 Tuyau en acier [2]

1.3.1 Introduction

De par ses propriétés mécaniques remarquables (résistance à la rupture, élasticité, allongement à la rupture), l'acier est le matériau permettant de répondre économiquement aux contraintes techniques les plus fortes. Les performances du tube en acier, sa résistance aux pressions et aux sollicitations mécaniques varient selon l'épaisseur et la nuance d'acier utilisé. Le revêtement intérieur en mortier de ciment appliqué par centrifugation offre d'excellentes qualités de résistance à la corrosion chimique et d'hydraulicité. Le revêtement extérieur réalisé par application d'un polyéthylène ou polypropylène tri-couche permet d'assurer une protection anticorrosion élevée grâce à une grande inertie chimique et une forte rigidité diélectrique, particulièrement adapté aux sols corrosifs. L'élasticité de l'acier et l'assemblage par soudure confère à l'ensemble de la canalisation une aptitude à résister aux sollicitations auxquelles elle est soumise grâce à :

- Une continuité totale de la résistance mécanique sans point faible aux joints, permettant notamment de s'affranchir des butées.
- Une étanchéité parfaite et durable sans risque de rupture aux joints.
- Une flexibilité continue de la conduite assurant une excellente tenue lors des mouvements de terrain.

Les tuyaux à base d'acier peuvent être utilisés pour différents diamètres intérieurs dans diverses installations : réservoirs, stations de pompage, pour franchir des obstacles particuliers, tel que siphon, passage sur pont. Les tuyaux acier soudés sont adaptés pour un usage dans un sol pollué.

1.3.2 Caractéristiques du tube en acier

1.3.2.1 Aspect dimensionnel

Ci-dessous le tableau donnant les caractéristiques principales des conduites en acier de type soudable.

Tableau 1.1 : caractéristiques des conduites en acier soudable

DN (mm)	Ep. (mm)	Long. (m)	Kg/ml	Pression (bar)
80	3,6	612	11,1	123
100	3,6	614	14,6	95
125	4,0	614	19,5	88
150	4,0	614	23,3	73
200	4,5	6,16	34,9	64
250	5,0	6,16	46,9	57
300	5,6	6,16	60,9	54
350	5,6	616	69,4	50
400	6,3	616	86,4	49
450	6,3	616	90,5	44
500	6,3	616	100,7	39
600	6,3	816	130,0	30

Il s'agit de tube acier sans soudure pour service sous pression.

- Caractéristiques chimiques (analyse sur coulée - % de masse max)
 - ✓ Carbone (C) : 0.16-0.20
 - ✓ Soufre (S) : 0.02
 - ✓ Phosphore (P) : 0.025
 - ✓ Silicium (Si) : 0.03-0.40
 - ✓ Magnésium (Mn) : 1.2-1.4
- Caractéristiques mécaniques à 20°C (pour une épaisseur <16)
 - ✓ Limite conventionnelle d'élasticité Rp0.2 mini (Mpa) : 236-365
 - ✓ Résistance à la traction Rm (Mpa) : 410-570, 360-500
 - ✓ Allongement A% mini- Longitudinal : 23-25
 - ✓ Allongement A% mini-Transversal : 21-23

1.3.2.2 Avantages et inconvénients du tube en acier

1.3.2.2.1 Avantages :

- Pérennité du matériau surtout utilisé en fonçage →
- Utilisable même si faible recouvrement →

- Élasticité importante →
- Résistant aux fortes pressions, →
- Utilisation pour les diamètres importants, →
- Dilatation et compression négligeable-
- Revêtement intérieur robuste,
- revêtement extérieur absorbe bien les chocs,

1.3.2.2 Inconvénients :

- Endommagement du revêtement extérieur Lors du transport ou construction →
- Non élastique →
- Matériaux lourds →
- Manipulation difficile →
- Plus le diamètre est important plus la déformation est importante,
- Technique de soudage nécessite experts, →
- Risques de corrosion importants sur les parties coupées.

1.3.3 Fabrication du tube en acier

La fabrication des tubes en acier fait appel à deux procédés de fabrication différents :

1.3.3.1 Le soudage longitudinal par induction à haute fréquence (ERW-HFI)

À partir de tôles d'acier formées à froid en U puis en O, le soudage est effectué en faisant fondre les deux bords de la tôle, évitant ainsi l'apport de métal extérieur. La soudure ainsi réalisée par fusion est intégralement contrôlée par ultrasons.

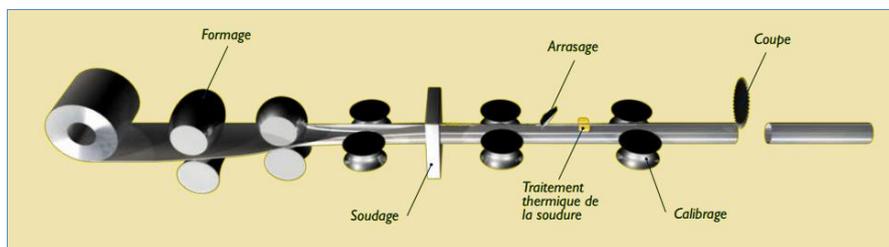


Figure 1.2 Chaîne de fabrication du tube en acier (ERW-HFI) [2]

Notons que ce procédé est couramment utilisé pour la fabrication de tubes d'un diamètre inférieur ou égal à 500 mm.

1.3.3.2 Le soudage hélicoïdal à l'arc (SAW)

À partir de tôles d'acier formées à froid hélicoïdalement, le soudage s'opère intérieurement et extérieurement à l'arc électrique immergé sous flux avec apport de métal.

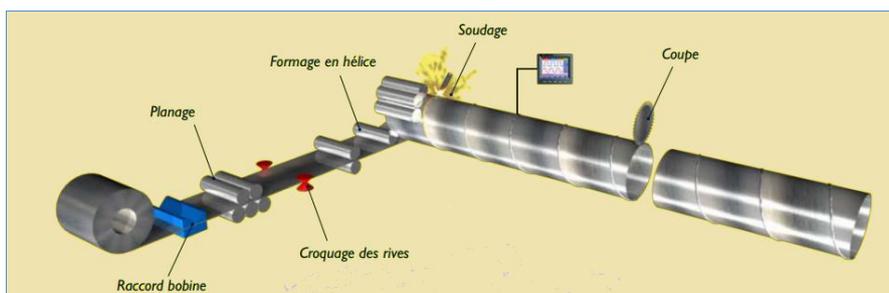


Figure 1.3 Chaîne de fabrication du tube en acier (SAW) [2]

Le cordon de soudure fait l'objet d'un contrôle intégral par ultrasons. Ce procédé est le mieux adapté à la fabrication de tubes d'un diamètre supérieur à 500 mm.

1.3.3.3 Structure du tube en acier

❖ Revêtement extérieur

Le revêtement extérieur des tubes est composé de trois couches, appliquées sur le tube préalablement grenailé et chauffé par induction.

1. La première couche est constituée d'un film de résine époxydique en poudre d'une épaisseur de 50 microns, dotée d'excellentes propriétés de résistance chimique.
2. La deuxième couche est un copolymère d'une épaisseur d'environ 250 microns, destiné à assurer une parfaite adhérence entre la première et la troisième couche.
3. La troisième couche est constituée d'un revêtement en polyéthylène ou polypropylène extrudé, dont l'épaisseur dépend du diamètre du tube. Le revêtement tri-couche ainsi réalisé confère aux tubes :
 - Une très bonne résistance aux chocs et au poinçonnement
 - Une inertie chimique élevée
 - Une très grande rigidité diélectrique, particulièrement appréciable en présence de courants vagabonds et/ou de sols corrosifs
 - Une importante stabilité dans le temps

❖ Revêtement intérieur

Le revêtement intérieur des tubes est réalisé en mortier de ciment ou en époxy, conformément aux normes en vigueur.

Appliqué par centrifugation sur la paroi intérieure du tube suivie d'une mise en rotation de celui-ci, le mortier de ciment a notamment l'avantage d'assurer une protection active du corps en acier du tube par passivation du métal ainsi qu'une faible rugosité et une grande résistance à l'abrasion.

1.3.4 Assemblage du tube en acier

L'assemblage des tubes en acier est réalisé par soudure à clin. Cette technique assure une étanchéité parfaite et une continuité de la résistance mécanique tout au long de la conduite ; elle confère à celle-ci son caractère auto buté, permettant de faire l'économie de la réalisation de massifs de butée, ainsi qu'une continuité électrique parfaitement adaptée à la mise en place d'une protection cathodique de la canalisation. Trois systèmes d'assemblage existent et sont utilisés selon le diamètre des tubes.

❖ Joint soudé bout à bout

Le revêtement intérieur est arrêté en usine à 10 mm de chaque extrémité chanfreinée. Après la soudure, il convient d'effectuer une reprise éventuelle du revêtement intérieur sur une longueur de 20 mm.

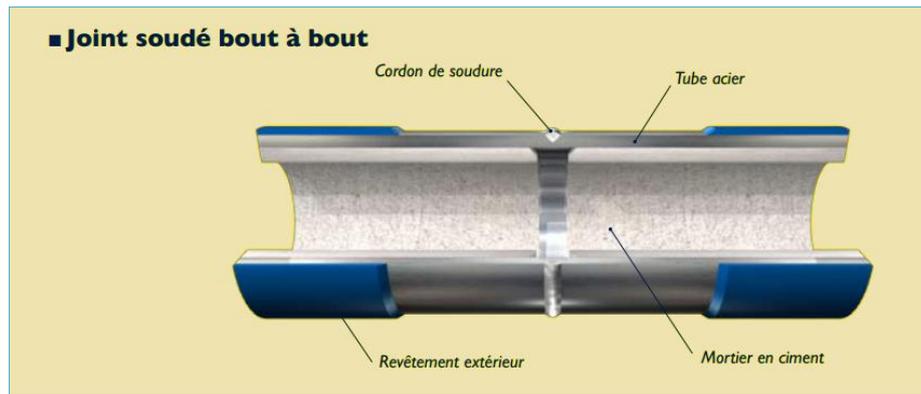


Figure 1.4 Mode de soudage bout à bout du tube en acier [2]

En plus il faut procéder à l'application d'un manchon thermo-rétractable à l'endroit de la soudure sur le pourtour du tube.

❖ Joint "S" ou slip-joint

Il est préconisé pour des tubes à revêtement intérieur ciment dont le DN est inférieur ou égal à 1200 mm et pour des tubes à revêtement intérieur époxy dont le diamètre est supérieur à 700 mm. Ce système de jonction facilite le mode d'assemblage sur chantier dans la mesure où le centrage des tubes par introduction du bout male d'un tube dans l'emboîtement femelle du tube suivant s'opère sans aucune difficulté.

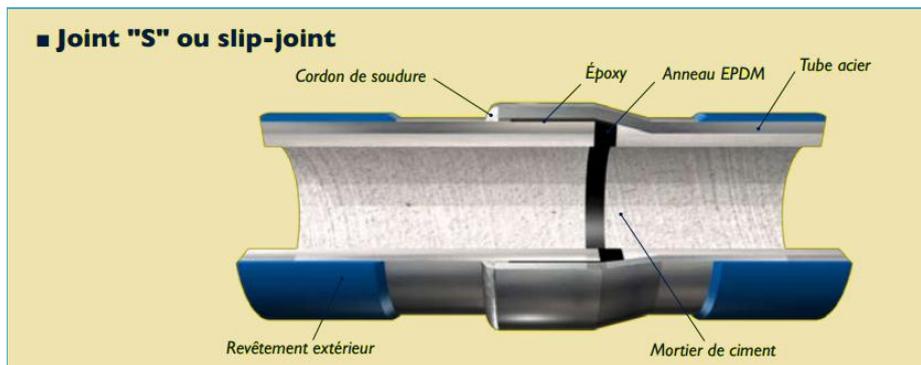


Figure 1.5 Mode de jonction "S" ou slip-joint du tube en acier [2]

Côté femelle, le revêtement intérieur en mortier de ciment s'arrête dans la doucine de la tulipe contre un anneau de butée en caoutchouc de profil spécialement étudié ; cet anneau assure la continuité de la protection intérieure, évitant ainsi toute détérioration du mortier de ciment lors de l'emboîtement.

❖ Joint "E" à manchette isotherme

Il est préconisé pour des tubes à revêtement intérieur époxy dont le DN est inférieur à 700 mm. Il se présente comme un slip joint dans lequel une manchette isotherme est rapportée par soudage sur la paroi interne du bout male du tube.

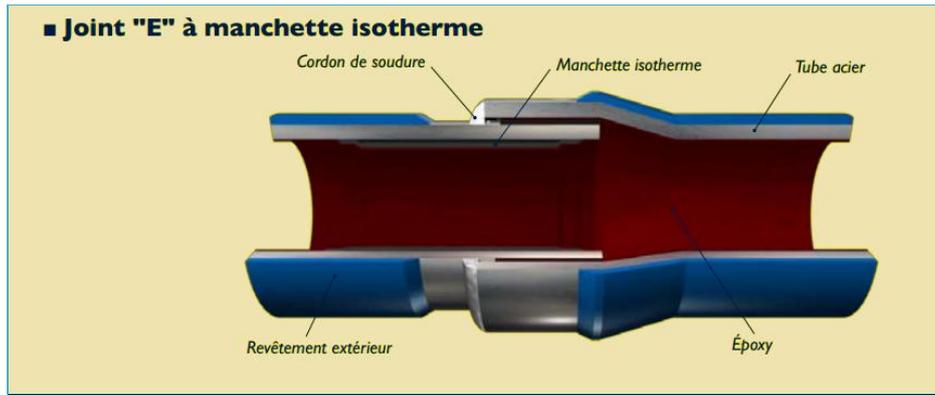


Figure 1.6 Mode de jonction "E" a manchette isotherme du tube [2]

Cette manchette isotherme en acier évite la détérioration thermique du revêtement époxy interne lors de la réalisation de la soudure des tubes entre eux.

❖ Les pièces de raccordement

Les pièces de raccord sont produites conformément aux mêmes normes que celles applicables aux tubes et à partir des mêmes matériaux, suivant des plans standards ou des plans spécifiques. Ces pièces (coudes – tés à tubulure axiale ou oblique, tangentiel haut ou bas, avec ou sans bride, à emboîtement ou mixte - cônes de réduction concentrique ou excentrique), fabriquées à la demande selon les spécifications requises, permettent de répondre de façon précise aux caractéristiques techniques de la conduite (pression, tracé) et d'assurer leur parfaite adaptabilité sur les tubes. Le revêtement extérieur des pièces est réalisé en polyéthylène sintérisé (épaisseur 3 mm), polyuréthane (épaisseur 1000 microns), interzone (épaisseur 400 microns), époxy (épaisseur 300 microns) ou polyéthylène en bande adhésive appliqué sur un primaire adhésif (épaisseur 1,6 mm).

Le revêtement intérieur des raccords est réalisé en mortier de ciment ou en époxy (épaisseur 300 microns).

1.3.5 Stockage et Transport du tube en acier

Les composants des conduites doivent être protégés contre les détériorations. Ne jamais utiliser d'élingues à arêtes vives ni de câbles métalliques pour les manutentionner. N'utiliser que du matériel garantissant un levage et une descente sans à-coups. Eviter de laisser tomber ou de faire rouler les tubes.

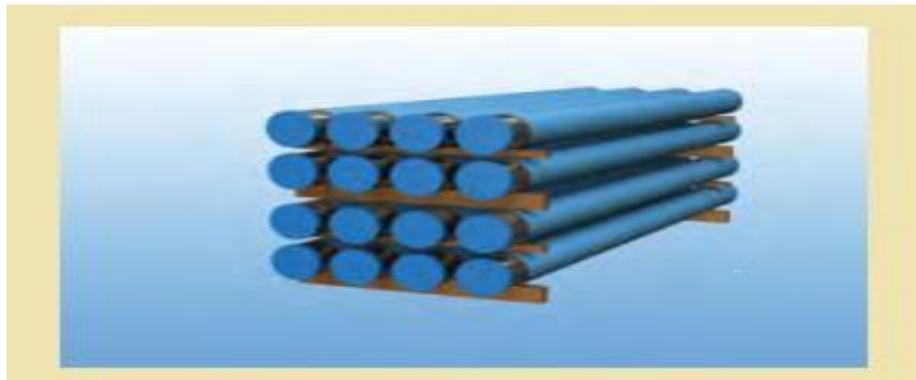


Figure 1.7 Mode d'empilage des conduites en zone de stockage [2]

Les élingues doivent être conçues de manière à éviter de détériorer les composants des conduites ou leur protection extérieure (utiliser par ex. des sangles larges ou des câbles rembourrés). Les tubes munis de capuchons de manutention peuvent être soulevés à leurs extrémités à l'aide de crochets adaptés. Les élingues doivent être suffisamment espacées pour exclure tout fléchissement inadmissible, ainsi que les déformations en résultant.

Pendant leur transport et leur stockage, les composants des canalisations doivent être séparés par des couches intermédiaires appropriées et suffisamment bien fixés pour leur éviter de rouler, de se déplacer, de fléchir et de vibrer.

Leur empilage doit être conforme à leur longueur et s'effectuer par exemple sur des bois équarris ou des poutres d'une largeur minimale de 100 mm, les cales en bois fournies avec les tubes sont à utiliser de préférence.

Les surfaces de chargement doivent être ébavurées et dépourvues d'arêtes vives et, si nécessaire, doivent être rembourrées pour éviter toute détérioration. Les composants des canalisations doivent rester bouchés par des capuchons d'extrémité, afin d'éviter leur contamination par la terre, la boue, les eaux souillées, etc.

Les supports et hauteurs d'empilage doivent être conformes aux règlements de prévention des accidents applicables et exclure tout risque d'endommagement des composants des conduites. La portance et la nature du sol sont à prendre en compte. La hauteur d'empilage indicative est de 2,0 à 3,5 mètres.

Les composants des canalisations revêtus d'un enrobage en polyéthylène sans autre protection extérieure, comme par exemple un revêtement en mortier de fibrociment anti roche, doivent être protégés contre l'ensoleillement en cas de stockage d'une durée supérieure à un an.

1.4. Tuyau en matières plastiques

1.4.1 Tuyau en PEHD

1.4.1.1 Caractéristiques techniques des tubes PEHD [3]

Le polyéthylène est un polymère thermoplastique, non cassant, plus ou moins souple, résistant aux chocs, et fortement inerte chimiquement. Pour les tuyaux d'eau potable, on ne doit faire appel qu'à du polyéthylène pur (non recyclé), avec 2 % environ de noir de carbone et moins de 1 % d'adjuvant.

1. Présentation : Couleur noire à bandes bleues, du DN 20 au DN 75 mm, Couronnes de 25, 50 ou 100 ml.

Les couronnes en bande bleue Pe 80 et Pe 100 de PN 16 dont les diamètres suivants :

- ($\varnothing_{\text{ext}} / \varnothing_{\text{int}}$) : 20 / 14 ; 25 / 19 ; 32 / 24,8 ; 40 / 31 ; 50 / 38,8 ; 63 / 48,8 ; 75 / 58,2.

Les couronnes en bande bleue Pe 80 et Pe 100 de PN 12.5 dont les diamètres suivants :

- ($\varnothing_{\text{ext}} / \varnothing_{\text{int}}$) : 32 / 26 ; 40 / 32,6 ; 50 / 40,8 ; 63 / 51,4 ; 75 / 61,4

2. Présentation : Couleur noire à bandes bleues, du DN 20 au DN 125 mm, barres droites et du DN 63 au DN 125mm, tourets. De PN de 12.5 et 16 bars. De qualité organoleptique.

Les barres en bande bleue Pe 80 de PN 16 bars, de longueurs 6 et 12m dont les diamètres suivants :

- ($\varnothing_{\text{ext}} / \varnothing_{\text{int}}$) : 20 / 14 ; 25 / 19 ; 32 / 24,8 ; 40 / 31 ; 50 / 38,8 ; 63 / 48,8 ; 75 / 58,2.

Les barres en bande bleue Pe 100 de PN 16 bars, de longueurs 6 et 12m dont les diamètres suivants :

- ($\varnothing_{\text{ext}} / \varnothing_{\text{int}}$) : 90 / 73,6 ; 110 / 90 ; 125 / 102,2 ; 140 / 114,6 ; 160 / 130,8 ; 180 / 147,2 ; 200 / 163,6 ; 225 / 184,0 ; 250 / 204,6 ; 280 / 229,2 ; 315 / 257,8 ; 355 / 290,6 ; 400 / 327,4.

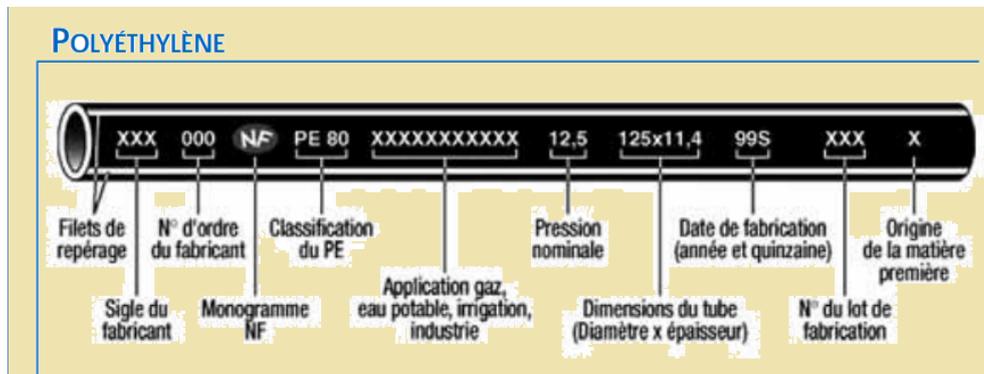


Figure 1.8 Identification et marquage des conduites PEHD [4]

On privilégie l'usage des tuyaux en polyéthylène pour les qualités suivantes :

- Légèreté et facilité de mise en œuvre grâce aux couronnes
- Insensibilité aux courants vagabonds et aux mouvements de terrain
- Résistance à la corrosion.
- Répond parfaitement aux normes de potabilité.
- Etanchéité et résistance aux coups de bélier.
- Faibles pertes de charge.
- Rareté ou absence des fuites
- Flexibilité : rayon de courbure important, ce qui permet d'éliminer beaucoup de raccords
- Résiste à l'entartrage
- Résiste à la corrosion interne, externe et micro biologique
- Durée de vie théoriquement 50 ans à 20° C

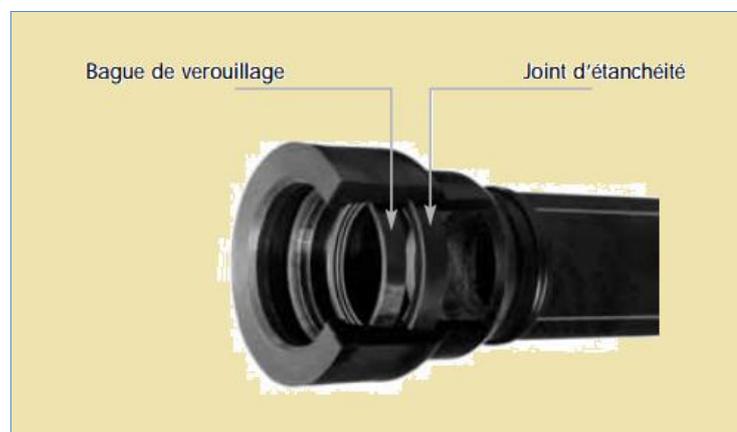


Figure 1.9 Description technique d'emboîtement des conduites PEHD [4]

3. Description technique : A Emboitement Automatique pour tuyau PEHD

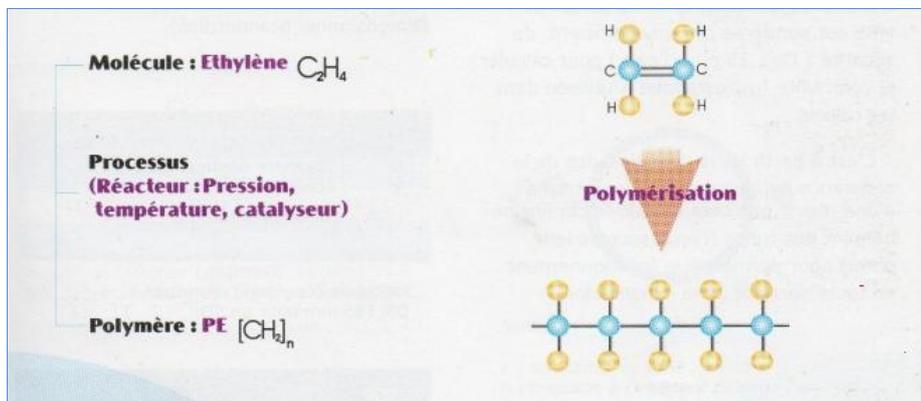
Les tubes PEHD se composent d'une extrémité mâle (tube lisse chanfreiné) et d'une extrémité femelle dans laquelle sont logés un joint d'étanchéité et une bague de verrouillage, voire le schéma ci-dessous.

1.4.1.2 Fabrication des tuyaux de PEHD

Issu des hydrocarbures, le PE résulte de l'association de nombreuses molécules simples selon une réaction de polymérisation, qui a lieu dans un réacteur chimique sous une pression et une température donnée, en présence de catalyseurs. La variation d'un ou plusieurs de ces paramètres peut changer la structure de la matière obtenue, appelée POLYMERE.

1) Processus d'obtention du polyéthylène

Tableau 1.2 Polymérisations du PEHD[5]



2) Spécifications techniques

Tableau 1.3 Les caractéristiques du PEHD[5]

N°	Caractéristique	Spécification	Méthode
1	Masse volumique	≥ 930 kg/m ³	ISO 1183
2	Indice de fluidité à chaud	0.2-1.4 g/10 min	ISO 1133
3	Temps d'induction à l'oxydation	≥ 20 min	ISO 11357-6
4	Teneur en noir de carbone	2-2.5 %	ISO 6964
5	Dispersion du noir de carbone	\leq Grade 3	ISO 11420

3) Processus de fabrication

Le tube PE est fabriqué par un procédé dit d'extrusion. Une extrudeuse est une machine constituée d'une vis d'Archimède tournant à vitesse contrôlée à l'intérieur d'un cylindre chauffé. La fabrication du tube PE suit, sommairement, les étapes suivantes :

- Après une déshumidification, la matière sous forme de granules, est introduite dans la machine à travers une trémie ;
- Dans le fourreau, constitué d'une vis sans fin et chauffé à une température d'environ de 190° C, la matière subit à la fois une fusion et un malaxage afin de faciliter sa transformation ;

- La matière passe ensuite par une tête d'extrusion composée d'un poinçon et d'une filière pour prendre la forme du tube ;
- Le tube obtenu passe par un calibre qui lui donne ses dimensions définitives ;
- Le tube passe enfin par une succession de bacs de refroidissement afin de reconstituer les chaînes moléculaires et lui donner ainsi les performances mécaniques requises.

4) Electrosoudage

Les raccords électro soudés sont équipés d'un fil résistant intégré au voisinage de la surface qui, après assemblage, se trouvera au contact du tube. Des bornes situées à l'extérieur de la zone de soudage permettent le raccordement de cette résistance à une source d'énergie.

Après grattage, nettoyage et positionnement des pièces à raccorder, la tension est appliquée aux bornes du raccord.

La dissipation, par effet Joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux pièces à assembler.

Un mélange intime entre les PE du tube et du raccord assure la cohésion et l'étanchéité parfaite entre le raccord et le tube.

1.4.1.3 Stockage et Transport des tuyaux de PEHD

Veillez à empiler les tuyaux sur une surface stable et plane. Attachez et soutenez les tuyaux suffisamment lors du transport. N'enroulez jamais les tuyaux sur le sol et ne les soulevez jamais avec des câbles, chaînes ou autres matériaux qui pourraient les endommager. Il est interdit d'utiliser du feu, huiles et produits bitumineux près des tuyaux.

Sont notamment interdits : [6]

- Tout choc ou contact du revêtement avec des pièces métalliques
- Le frottement des tuyaux entre eux
- L'emploi d'élingues métalliques
- Le contact des emboîtures avec le corps des tuyaux
- La flexion prolongée des tuyaux pendant le transport et le stockage
- Le déchargement des camions par basculement des tuyaux
- Le roulement des tuyaux sur des pierres ou sur sol rocheux sans interposition de madriers.
- Le transport des tuyaux en matière plastique en porte-à-faux
- L'utilisation de dispositifs ou de méthodes de stockage comportant un risque de perforation des tuyaux en matière plastique

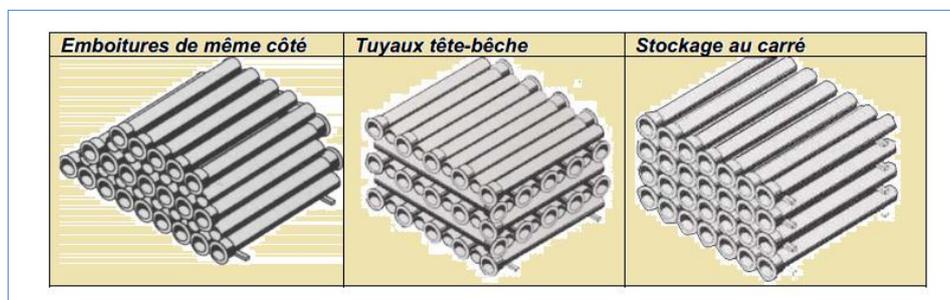


Figure 1.10 Modes d'emplacement des conduites en zone de stockage [7]

L'endroit retenu pour le stockage des tuyaux est consistant, aussi plat que possible et exempt de pierres, roches ou corps durs susceptibles de blesser les tuyaux et d'entailler leur revêtement. Intempéries et aux multiples causes de détérioration. Même pour un laps de temps très court, les tuyaux ne peuvent être déposés dans les filets d'eau ou dans les fossés.

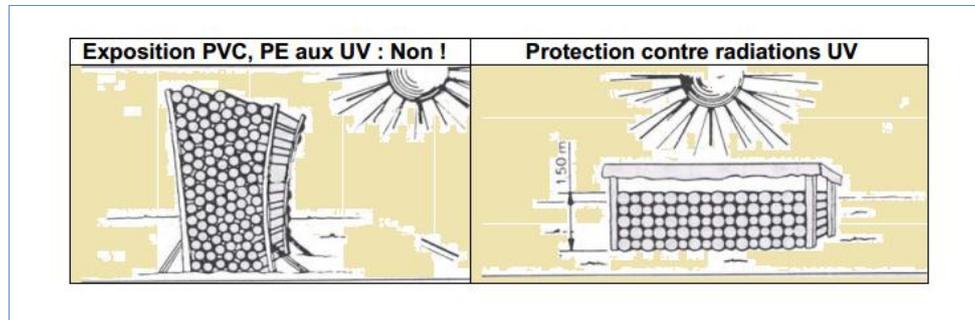


Figure 1.11 Modes d'exposition et protection des conduites contre les UV [7]

L'aire de stockage des tuyaux est stabilisée et à l'abri des inondations ainsi que de toute cause de contamination; elle est établie à une distance supérieure à 20 m de la projection au sol des lignes électriques aériennes à haute tension.

La manutention des tuyaux de toutes espèces doit se faire avec les plus grandes précautions. Les tuyaux sont déposés sans brutalité sur le sol ou dans le fond des tranchées. Il convient d'éviter de les rouler sur des pierres ou sur sol rocheux sans avoir constitué au préalable des chemins de roulement à l'aide de madriers.

Le calage soigné et la protection des extrémités lors du transport sont indispensables ; les appuis, non durs (berceaux en bois de préférence) doivent être en nombre suffisant et les porte-à-faux évités, ce qui exige que l'engin de transport soit de longueur suffisante.

Pour la manutention, il faut prévoir des engins de levage de force largement suffisante, des ceintures de bonne dimension, munies au besoin de palonniers pour éviter le glissement des ceintures le long du fût. Pour les tuyaux revêtus, les ceintures seront conçues de manière à éviter l'altération du revêtement.

Une attention particulière sera accordée pour n'endommager ni leurs extrémités ni leurs revêtements. L'élingage par l'intérieur, l'utilisation de crochets non protégés sont des techniques de manutention interdites.

Tout tuyau et équipement qu'une fausse manœuvre aurait laissé tomber de quelque hauteur que ce soit doit être considéré comme suspect et ne peut être posé qu'après vérification. Tout élément de conduite qui, pendant le transport, la manutention ou toute autre opération, serait endommagé, doit être retiré du chantier et remplacé.

1.4.2 Tuyau en PVC

1.4.2.1 Caractéristiques techniques des tubes PVC [8]

- Insensibilité aux courants vagabonds.
- Résistance à la corrosion et propriétés chimiques et durabilité
- Alimentarité.
- Etanchéité et résistance aux coups de bélier.

- Faibles pertes de charge
- Comportement au feu : Le PVC-U rigide est auto extinguable, mais soumis à haute température il se décompose. Le PVC est naturellement de classe M2 (difficilement inflammable)
- Résistance aux chocs
- La longueur nominale du tube doit être une longueur qui ne comprend pas la profondeur de la partie d'emboîture
- La longueur de chaque tube est fixée à 6 m, la tolérance est de +/- 5 cm :
- Le bout mâle du tube est emboîté avec bague d'étanchéité en élastomère

1.4.2.2 Fabrication des tuyaux de PVC

Les tubes sont fabriqués essentiellement de polychlorure de vinyle, obtenu par polymérisation du chlorure de vinyle non plastifié PVC ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$), auquel ont seulement été ajoutés les additifs nécessaires à leur fabrication. Ces additifs ne doivent pas être utilisés, séparément ou ensemble, en quantités telles qu'ils aient une action néfaste sur les propriétés physiques et mécaniques des tubes, et principalement sur les propriétés à long terme.

Les tuyaux sont fabriqués par procédé d'extrusion : la matière première chauffée à 140° C est déplacée à l'état pâteux, par le mouvement hélicoïdal d'une vis sans fin pour adopter la forme du tuyau.

La légèreté du PVC permet de réduire les coûts de transport et de manutention des tubes. Une manutention aisée entraîne un gain de temps certain et peut éviter de faire appel à des moyens de levage lourds et coûteux.

Le marquage du produit : Les détails du marquage doivent être imprimés ou formés directement sur le tube à des intervalles maximaux de 1 m de façon qu'après stockage, exposition aux intempéries, manutention et pose, la lisibilité soit maintenue pendant la durée de vie des produits. Marquage minimal exigé.

Raccords en fonte ductile pour tuyaux PVC et PE : Les Raccords en fonte ductile pour tubes PVC et PEHD PN 16, à joint automatique où l'étanchéité est assurée par la compression radiale d'une bague de joint obtenu par la simple introduction du bout uni dans l'emboîture. Entièrement polyvalents, les raccords s'adaptent indifféremment sur les tubes PVC ou PE pression.

1.4.2.3 Stockage et Transport des tuyaux de PVC

Les canalisations PVC seront stockées à l'abri du soleil, les produits manutentionnés, stockés et bardés dans des conditions non susceptibles de les détériorer et à l'aide de dispositifs adaptés.

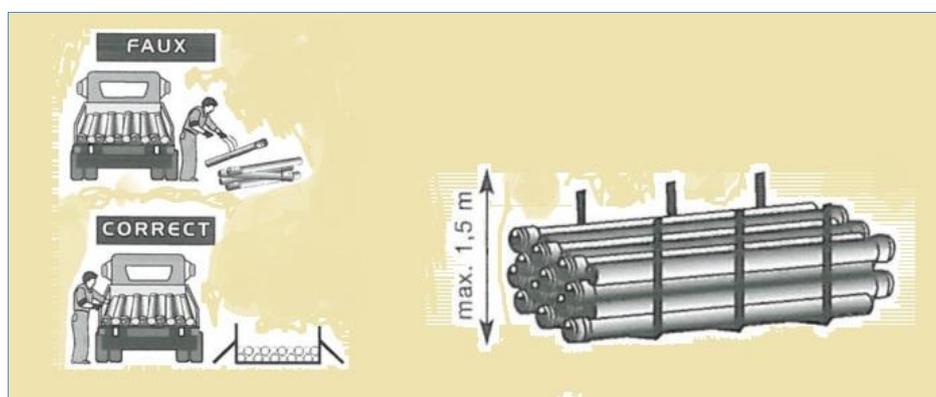


Figure 1.12 Techniques de manutentions et de stockage des conduites PVC [9]

Une attention particulière est portée au maintien dans leur état d'origine, de leur géométrie, de leurs extrémités, de leurs revêtements.

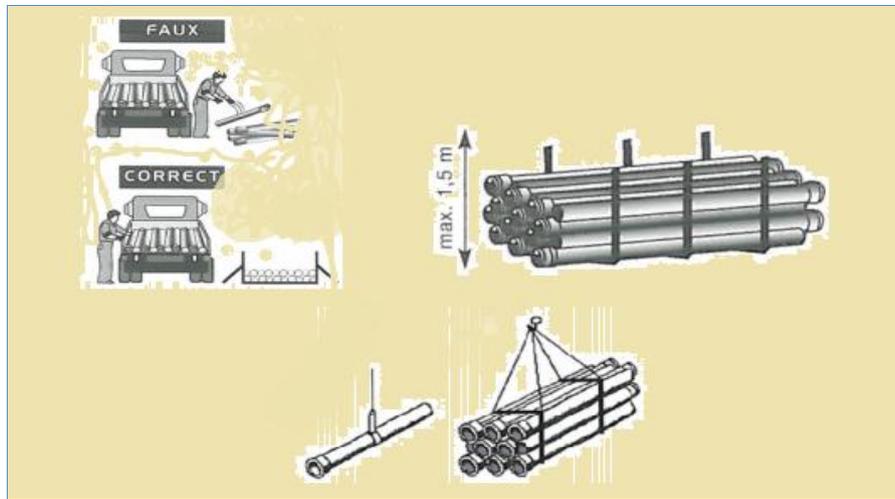


Figure 1.13 Techniques de manutentions et élingage au moment de stockage des conduites PVC [9]

Les techniques de manutention ne répondant pas à ces exigences fonctionnelles sont interdites, par exemple l'élingage par l'intérieur, utilisation des crochets non protégés, roulage sur le sol, etc.

Tableau 1.4 : caractéristiques des conduites en PVC [5]

DN	PN 10			PN 16			PN 25			PN 40		
	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
60 - 80	voir PN 16			16	20	25	voir PN 40			40	48	53
100 - 150	voir PN 16			16	20	25	25	30	35	40	48	53
200 - 300	10	12	17	16	20	25	25	30	35	40	48	53
350 - 1200	10	12	17	16	20	25	25	30	35	-	-	-
1400 - 2000	10	12	17	16	20	25	-	-	-	-	-	-

Les produits sont déposés sans brutalité sur le sol. Tout produit qu'une fausse manœuvre a laissé tomber, de quelque hauteur que ce soit, est considéré comme suspect et ne peut être stocké qu'après vérification.

1.5. Tuyau en béton

1.5.1 Tuyau en béton précontraint

On utilise les tuyaux en béton précontraint avec ou sans âme tôle, dans des diamètres supérieurs ou égaux à 500 mm, pour des pressions normalisées (PN) jusqu'à 1.6 MPa, dans des tronçons avec risque potentiel d'ovalisation importante et dans lesquels on prévoit peu de dérivations.

1.5.1.1 Tuyau en béton précontraint sans âme tôle

La fabrication du tuyau est réalisée par la méthode de centrifugation et précontrainte longitudinale et transversale des fils d'acier de haute résistance. Les tuyaux en béton précontraint avec ou sans âme tôle sont calculés pour résister à la pression interne et aux charges externes fixes et mobiles.

La précontrainte longitudinale résiste aux efforts de flexion et permet au tuyau de résister aux efforts du frottement. La précontrainte transversale résiste à la pression et à l'ovalisation.

Résistance à la rupture des aciers est supérieure à 160 kg/mm².

A 28 jours, le béton a une résistance minimale à la compression de 35 MPa.

Perméabilité K du revêtement inférieure à 0,03 cm³/cm²/h

Coefficient de diffusion des ions chlorure : $9 \cdot 10^{-12}$ m²/s.

Les tuyaux portent systématiquement un numéro de fabrication, la date de fabrication et l'indication de leur pression caractéristique ainsi que le diamètre nominal. Les tuyaux en béton précontraint sans âme tôle sont conformes à la norme NF EN 642. Les pièces spéciales (Cônes, Tés à tubulure pour ventouse et vidange) sont réalisées en béton précontraint avec âme tôle.

1.5.1.2 Tuyau en béton précontraint avec âme tôle

Le tuyau en béton précontraint avec âme tôle possède un tuyau médian en acier soudé, dont l'épaisseur minimale est de 1,5 mm pour tous les diamètres. Les pièces spéciales sont en général des pièces chaudronnées en acier de 8cm d'épaisseur, soudées ou raccordées souples. Le revêtement intérieur consiste en une couche de mortier de béton enrichi d'adjuvants d'étanchéité.

La protection extérieure est constituée de toile de jute enduite de Flinkot. Les raccords des pièces se font sur âme tôle par soudure. Afin de permettre ces raccords, les tuyaux sont être sectionnés avec une meule spéciale.

Les diamètres intérieurs réels ne sont, en principe, pas inférieurs aux diamètres nominaux. La tolérance sur le diamètre réel D est fixée à ± 1 %.

Le tuyau béton précontraint est moins vulnérable à la corrosion que le tuyau acier, grâce à la couche protectrice du béton secondaire, le seuil de protection est généralement porté à 10 voire à 5 Ohm-mètre selon la qualité et l'épaisseur du béton de recouvrement. Notons que ces critères ne sont valables que pour un béton d'enrobage de qualité standard, caractérisé par une porosité comprise entre 12% et 18% et un recouvrement des armatures homogènes et sans défaut de 30 mm.

1.5.1.3 Assemblages des tuyaux en béton précontraint

Les types habituels d'assemblage dans les tuyaux en béton EB et pièces spéciales sont les suivants :

- **Assemblage rigide** : Jonction soudée qui concerne un tuyau âme tôle et une pièce spéciale en acier (coude, col de cygne,...). La préparation et la soudure doivent être effectuées par des soudeurs qualifiés, en accord avec la norme EN 287:1992. Dans les tubes de diamètre supérieur ou égal à 800 mm la soudure s'effectue par l'intérieur.

- **Assemblage flexible avec anneau élastomère** : La jonction est effectuée avec emboîtement de l'about lisse dans la tulipe.

Tableau 1.5 Caractéristiques dimensionnelles des tuyaux en béton

DN (mm)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1500	1600	1800	2000
Ep. avec âme tôle (mm)	50	50	50	50	55	65	70	75	85	90	100	115	125
Ep. sans âme tôle (mm)	40	40	40	45	45	50	50	60	70	70	75	75	80
L. totale (mm)	7090	7101	7101	7101	7101	7114	7132	7132	7149	7149	7149	7149	7141
Déviati on angulaire (Gr)	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5	1,5	1,1	0,7	0,7	0,5	0,1	0,1
Kg/ ml	70	355	440	535	535	755	885	1040	1460	1600	1695	1875	2475
Force (T) pour emboîter		3		4		5		6	7		8		

Les bagues d'étanchéité des joints sont réalisées en caoutchouc naturel ou synthétique par moulage ou fermeture d'un cordon par soudure vulcanisée (joint à lèvres), placé directement en contact avec le béton.

1.5.2 Tuyau en béton classique

1.5.2.1 Caractéristiques techniques

- Pérennité structurelle des ouvrages :
 - durabilité du béton
 - résistance à l'écrasement : classe de résistance et charge minimale
 - valeur minimum d'enrobage des armatures
 - résistance du béton pour les éléments ne pouvant faire l'objet d'essais mécaniques,
 - résistance sous charge verticale.
- Etanchéité à l'eau des ouvrages :
 - durabilité des assemblages
 - étanchéité à l'eau des éléments assemblés avec déviation angulaire et efforts de cisaillement (garantie de l'étanchéité en cas d'instabilité du terrain pour les tuyaux et/ou tassement différentiels entre les canalisations)
 - respect de tolérances dimensionnelles sur l'ovalisation des sections intérieures, des emboîtements et de l'équerrage des abouts pour les tuyaux.

1.5.2.2 Le processus de fabrication des tuyaux en béton

Les machines à tuyaux en béton sont des équipements spécialisés utilisés dans le processus de fabrication des tuyaux en béton. Ces machines sont conçues pour automatiser et rationaliser différentes étapes de la production de tuyaux, depuis le mélange du béton jusqu'au moulage et au durcissement des tuyaux. Elles augmentent considérablement la productivité, la précision et l'efficacité par rapport aux méthodes manuelles. Découvrez ci-dessous le processus de fabrication des tuyaux en béton avec ses différentes étapes :

1.5.2.2.1 Mélange de béton

La prochaine étape consiste à mélanger les matières premières pour créer le mélange de béton. Le ciment, les granulats et l'eau sont combinés dans des proportions spécifiques dans un mélangeur à béton. Parfois, des adjuvants ou des additifs supplémentaires peuvent être ajoutés pour améliorer certaines propriétés du béton, telles que la résistance, la maniabilité ou la durabilité. Le processus de mélange assure un mélange uniforme et homogène des matériaux.

1.5.2.2.2 Moulage des tuyaux

Une fois que le mélange de béton est prêt, il est transféré dans une machine à mouler les tuyaux. Cette machine est équipée d'une benne de remplissage de mortier et d'un moule qui donne la forme voulue au béton pour former le tuyau. La benne de remplissage de mortier prend le béton et l'achemine vers le moule en effectuant des mouvements circulaires internes. Il y a un système de vibration dans la machine qui fait vibrer le béton pendant le remplissage. Le moule est généralement en acier et a la forme interne du tuyau. Le béton est versé dans le moule, et la machine applique des vibrations pour compacter le béton et éliminer toute bulle d'air.

1.5.2.2.3 Durcissement

Après que le béton ait pris la forme de tuyau, il subit un processus de durcissement pour lui permettre de durcir et de gagner en résistance. Le durcissement peut être réalisé par diverses méthodes, telles que le durcissement à la vapeur, le durcissement à l'eau ou le durcissement à température ambiante. La durée du processus de durcissement dépend de facteurs tels que le type de ciment utilisé et la résistance souhaitée des tuyaux. Le durcissement permet au béton de développer ses propriétés prévues et de devenir durable.

1.5.2.2.4 Finition et contrôle qualité

Une fois que les tuyaux ont suffisamment durci, ils sont soigneusement retirés des palettes de production. Ensuite, les tuyaux subissent une série de tests de contrôle qualité pour s'assurer qu'ils répondent aux normes requises. Ces tests peuvent inclure la vérification des dimensions, de la résistance, de l'étanchéité à l'eau et d'autres propriétés spécifiques.

1.5.2.3 Transport des tuyaux en béton

1.5.2.3.1 Chargement

- Contrôler les produits selon le bon de transport : référence, quantité, classe, conformité (produits cassés...). Le nom et la signature du chauffeur faisant foi de vérification.
- Le chargement est effectué par nos soins, seul l'arrimage des produits est à la charge du transporteur (il est rappelé que tous déplacements avec produits impliquent l'arrimage complet).

1.5.2.3.2 Déchargement

- En présence d'un représentant de l'entreprise.
- Il est impératif de décharger les tuyaux un par un.
- Stocker les tuyaux sur 2 rangs en les inversant.
- Eviter les chocs durs des abouts, la pose en douceur est recommandée.
- Vérifier que la pression des pinces convienne au produit (manomètre).

- La pose sur bastaing est recommandée sur sol plan.
- Le stockage sur sol sans bastaing ou surface non plane, implique 1 seul rang.
- Le nom et la signature d'un représentant de l'entreprise font foi de vérification.

1.5.2.3.3 Stockage des tuyaux en béton

Les moyens suivants pourront être utilisés :

- ✓ Eviter de faire reposer les tuyaux sur leurs embouts,
- ✓ Eviter les chocs entre les tuyaux,
- ✓ Alternier les tuyaux pour dégager un espace pour les collets.
- ✓ élingues ou sangles (pour les tuyaux de $\varnothing \leq 600\text{mm}$) : elles devront ceinturer le fût des tuyaux. L'élingage par les abouts et par l'intérieur, ainsi que la prise de plusieurs tuyaux à la fois, sont à proscrire.
- ✓ pinces adaptées aux produits à manipuler (tuyaux, regards) : elles doivent être conçues pour ne pas les blesser et ne pas engendrer dans les produits de désordres mécaniques. D'une façon générale, les prescriptions du fournisseur de ce matériel doivent être respectées. –
- ✓ ancras de manutention noyées dans les produits pour les tuyaux de $\varnothing > 600\text{mm}$.
- ✓ Les tuyaux sont livrés sur des calages spécialement étudiés pour le transport, les mettant à l'abri des chocs et permettant la superposition de plusieurs lits.
- ✓ Un stockage provisoire des tuyaux sur chantier lorsque nécessaire doit être réalisé de la même manière que pour le transport et en particulier doit respecter les précautions suivantes :
 - Le premier lit de tuyaux doit être réalisé sur deux madriers parallèles et horizontaux espacés de 3/5 de la longueur des tuyaux ; chaque tuyau sera parfaitement calé.
 - Il doit permettre la prise de tuyau par élingues, sangles lorsque nécessaire.
 - Les bagues de joints en élastomère doivent être stockées à une température comprise entre 15 et 25° C, dans un milieu d'humidité moyenne et à l'abri de la lumière directe (soleil ou artificielle). La durée de stockage sur chantier ne doit pas excéder six mois.
 - Le nombre de lits ne doit pas être supérieur au nombre de lits existants sur le camion à l'arrivée. Le stockage sur chantier doit être organisé pour ne pas dépasser les hauteurs suivantes :
 - Hauteur de stockage pour les DN 300 au 600 = 3 lits maxi -
 - Hauteur de stockage pour les DN 800 au 1200 = 2 lits maxi -
 - Hauteur de stockage pour les DN supérieur à 1400 = pas d'empilage

1.5.2.3.4 Déchargement et stockage provisoire des tuyaux en béton [10]

- ✓ Utilisez des outils de levage adéquats pour de la manutention sur le site
- ✓ Veillez à ce que votre équipement soit contrôlé et adapté au poids des produits.
- ✓ Il existe différentes méthodes de levage sécurisées :
 - Avec un outillage automatisé : Ce système est surtout destiné à déplacer les tuyaux.

Le principal avantage : le tuyau est entièrement ceinturé et fermement bloqué et ne bouge donc pas pendant les manœuvres.

- Avec des crochets de levage : Certains tuyaux de grands diamètres sont équipés d'ancres spéciales de levage. Ils peuvent être soulevés avec des crochets et chaînes de levage homologués.
 - Avec des crochets de fixation aux extrémités des tubes : Cette méthode est plus facile pour la manutention dans les tranchées de largeur limitée et pour le transport sur le chantier. Les crochets doivent avoir une forme appropriée et un revêtement de protection.
- ✓ Précautions à prendre ?
- Préservez les tuyaux contre les chutes et les chocs ;
 - Prévenez tout mouvement de balancement, de frottement et de heurt sur quelque surface que ce soit (évituez le sol également) ;
 - Anticipez les obstacles ;
 - Vérifiez l'absence de tout risque d'obstacle dans le périmètre de rotation de la grue
- ✓ Stockez les tuyaux le long du tracé prédéfini ni pour la pose (mais à une distance suffisante du bord de la tranchée!)
- ✓ Stockez les tuyaux de préférence dans le sens transversal par rapport à la tranchée
- ✓ Veillez à ce que le sol soit stable et dépourvu d'obstacles (grosses pierres...)
- ✓ Il est préférable de ne pas superposer plusieurs rangées de tuyaux. S'il n'est pas possible de faire autrement :
- ✓ placez une poutre sous la rangée du dessous pour que cette rangée soit parfaitement plane;
- ✓ calez les tuyaux pour éviter qu'ils roulent (le transporteur peut vous conseiller)
- ✓ superposez les tuyaux en inversant le sens – manchon/extrémité libre - à chaque rangée (moindre risque de bris et empilement beaucoup plus stable)
- ✓ n'empilez pas plus de trois rangées de tuyaux dont le diamètre est inférieur à 800mm. Il est préférable de ne jamais empiler les tuyaux dont le diamètre est supérieur à 800mm .

1.6. Tuyau en PRV

1.6.1 Caractéristiques dimensionnelles du tuyau en PRV

- Diamètres: - DN 250 à DN 4000mm.
 - Pressions de service : de PN1 à PN 10
 - Longueurs unitaire : 3ml, 6ml et 12ml.
- Exploitation :
- Insensible à la corrosion, résistant à l'abrasion
 - Coût d'exploitation réduite
 - Capacité hydraulique supérieure (les pertes de charges très minime).
 - Le PRV (Polyester Renforcé de fibre de Verre) est totalement insensible à la corrosion) d'où une durée de vie de 150ans au minimum.
 - Excellente étanchéité (Cette étanchéité garantie permet d'éliminer les risques d'infiltration et d'exfiltration).
 - Légèreté (cette légèreté du PRV permet de faciliter le transport, la manutention et l'installation des solutions de canalisation).

- Insensibilité aux UV et variations de température (Le PRV connaît un très faible coefficient de dilatation thermique).
- Environnement (à la fin de leur cycle de vie, les déchets PRV peuvent être recyclés pour être utilisés par des cimenteries et ainsi remplacer les combustibles fossiles).
- Rigidité (Le PRV est donc un matériau plus résistant aux chocs et activités sismiques que des matériaux classiques tels que le béton, acier, fonte, etc.).
- Adaptabilité dans de nombreux secteurs (Le PRV est un matériau qui a fait ses preuves dans le monde entier, dans de nombreux secteurs et pour de nombreuses applications).

1.6.2 Processus de fabrication du tuyau en PRV

1.6.2.1 La centrifugation pour les tuyaux circulaires

Les principes du design de centrifugation :

1. Couche de protection extérieure (sable)
2. Couche de renforcement extérieure (fibre et résine)
3. Couche de transition (fibre, résine, sable)
4. Couche de rigidité (sable, résine, fibre)
5. Couche de transition
6. Couche de renforcement intérieure
7. Couche barrière (résine)
8. Couche de contact intérieure (résine pure)



Figure 1.14 Les principes du design de centrifugation [11]

1.6.2.2 Les matières premières

- Fibre de verre
- Résine polyester non saturée, liant
- Résine spécifique pour le liner
- Apports minéraux de renforcement
- sable

1.6.3 Transport des tuyaux et des pièces de raccord

Pour éviter tout endommagement structurel lors du déplacement des tuyaux et des pièces de raccord sur le site de stockage ou leur transport du site de stockage à la zone d'installation, les

opérations de chargement, transport et déchargement doivent être effectuées avec une grande attention. Les contrôles à effectuer lors de ces opérations sont comme suit :

1. Déterminer les points adéquats et les méthodes de soulèvement des tuyaux et des pièces de raccord.
2. Détermination des méthodes adéquates de transport et des véhicules.
3. Contrôle visuel de chaque pièce après le transport.
4. Comparaison des quantités totales de pièces transportées avec celles des instructions de transport.
5. Etablissement d'un rapport sur tout matériel endommagé ou manquant et transmission de ce rapport aux sections concernées.
6. Lors du transport des tuyaux au site, le véhicule de transport ne doit pas être chargé au-dessus de sa capacité. Pour éviter que les mouvements et secousses lors du transport ne causent de dégâts aux tuyaux, il faut vérifier que les tuyaux ne se touchent pas. Afin de préserver la stabilité des tuyaux et s'assurer qu'ils restent fixes, il faut les soutenir avec des cales.
7. La hauteur maximale d'empilement des tuyaux sur le véhicule doit être de 2,5 mètres et les tuyaux doivent être attachés au véhicule par des sangles en tissus ou des ceintures, à partir des points d'appui. Au cas où des câbles en acier ou des chaînes sont utilisés pour fixer les tuyaux, afin d'éviter l'érosion qui peut se produire sur la surface du tuyau, des tampons adéquats doivent être placés entre le tuyau et le câble ou la chaîne.

1.6.3.1 Chargement et déchargement des tuyaux

Les opérations de chargement et de déchargement des tuyaux ayant une importance critique, les techniques à appliquer lors de ces opérations doivent être déterminées à l'avance, conformément aux conditions du lieu de chargement et/ou de déchargement. Les mesures doivent être prises pour éviter tout endommagement des tuyaux, notamment dû aux chocs créés par des objets durs lors du déchargement du véhicule et la pose sur le sol.

Le chargement-déchargement peut être réalisé avec un chariot-élévateur ou un palan, selon le diamètre, la longueur, le poids du tuyau et les conditions du lieu de chargement-déchargement. Cependant, les tuyaux peuvent être chargés et déchargés à l'aide d'un ou deux palans, cependant afin d'assurer un meilleur équilibre, il est recommandé d'utiliser deux palans. En cas d'utilisation d'un seul palan, pour assurer l'équilibre, le palan doit être attaché au centre de gravité du tuyau.

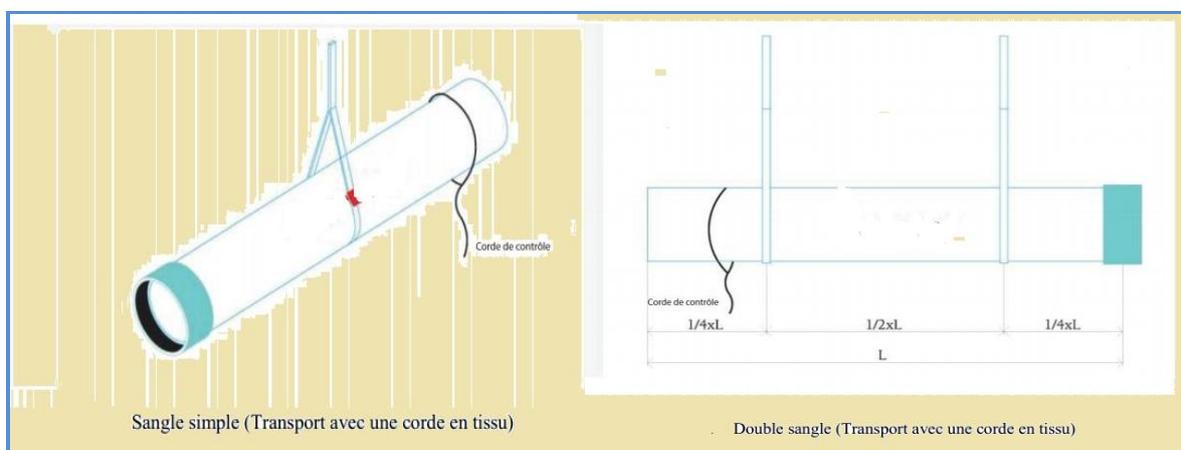


Figure 1.15 Les opérations de chargement des tuyaux [12]

En cas d'utilisation de double palan, ils doivent être attachés comme indiqué dans la page qui suit. Dans les deux cas, les palans doivent être attachés d'une manière solide et il est nécessaire d'agir avec une grande attention et lentement et éviter la présence de personnes en dessous du tuyau alors qu'il est chargé ou déchargé, afin d'éviter tout risque.

Notamment, dans les lieux où il y a des vents violents, il est important d'attacher des cordes de guidage aux bouts du tuyau pour permettre au personnel de déchargement de contrôler la charge alors que le tuyau est en l'air. Le personnel de déchargement ne doit pas être en-dessus du tuyau alors que le tuyau est en l'air, lors du contrôle de la charge avec les cordes de guidage, et le contrôle de la charge doit être effectué à une certaine distance de la projection du tuyau.

1.6.4 Stockage des tuyaux

- Le lieu de stockage doit être nivelé et dépouillé de cailloux pointus, de rochers et matières similaires.
- Pour une utilisation efficace du lieu de stockage, les tuyaux peuvent être empilés les uns sur les autres, dans les limites autorisées.
- Lors de l'empilement des tuyaux les uns sur les autres, des planches en bois doivent être placées entre les tuyaux et les premiers tuyaux sur les deux côtés des étages d'empilement doivent être soutenus par des cales en bois.
- Pour faciliter la pose des tuyaux sur le sol et le mouvement des cordes de levage autour du tuyau, il est recommandé d'empiler les tuyaux sur des charpentes plates.
- Les planches en bois sous les tuyaux doivent être installées à une distance de 1/4 de la longueur du tuyau des deux extrémités du tuyau.
- Si les manchons ne sont pas montés au bout du tuyau et sont expédiés séparément, ils doivent être empilés horizontalement et non verticalement, afin d'éviter une déflexion radiale.
- Le sol de stockage doit être résistant aux lourdes charges et ne pas être exposé aux vents forts.
- La hauteur maximale d'empilement est d'environ 2,5 mètres. Il est déconseillé d'empiler les uns sur les autres des tuyaux supérieurs à DN 1200 mm.

1.6.5 Essai d'étanchéité du tuyau sur le chantier

Comme pour tous les pipelines, des tests doivent être réalisés sur le pipeline PRV. Lesdits tests peuvent être réalisés sur les pipelines à pression et sans pression, sous forme de tests hydrostatiques. Le test hydrostatique à pression est un test réalisé sur le terrain, après l'achèvement de l'installation du pipeline, pour déterminer les infiltrations éventuelles. Au cas où le pipeline est testé entièrement en une seule fois, il est difficile de détecter les endroits d'infiltration, il est même coûteux de remplir et de vider le pipeline totalement. Pour cette raison, ledit test de pression doit être réalisé tous les 250-1000 m, d'une manière générale.

Les points à contrôler avant de commencer le test hydrostatique de pression sont les suivants :

- Tous les blocs de support et les structures en béton (toutes les pièces de raccord doivent être introduites dans le béton) doivent être coulés au moins 7 jours avant le test et il faut s'assurer que la solidification a été achevée avant de commencer le test.
- Tous les équipements de test doivent être prêts à l'emploi et en bon état.

- L'extrémité du pipeline à tester et celle de la section à tester doivent être fermées avec des couvercles de test.
- Durant le test hydrostatique de pression, tous les couvercles de test doivent être fermés de manière sûre.

Lors du test hydrostatique de pression, 1/3 des parties supérieures des manchons doit être laissé à découvert pour faire un contrôle visuel d'infiltration. Lors du test, des mesures de sécurité doivent être prises autour du pipeline, l'environnement du pipeline doit être isolé. Après l'achèvement du test de pression, la partie supérieure des pièces de jonction laissées à découvert doivent être couvertes rapidement de matériel de remblai compacté.

1.6.6 Remplissage du pipeline pour le test

Pour faciliter l'évacuation de l'air dans le pipeline, le pipeline doit être rempli depuis son point le plus bas et l'air doit être évacué à l'aide des vannes d'évacuation d'air situées aux points les plus élevés du pipeline. Le débit de remplissage de la ligne ne doit pas dépasser 5-10% du débit de fonctionnement. Dans les cas où il n'est pas possible de remplir le pipeline depuis son point le plus bas, des sorties supplémentaires doivent être prévues pour l'évacuation de l'air.

La méthode suivante peut être appliquée pour remplir le pipeline :

- Augmenter la pression à 2-3 bars.
- Afin d'assurer la stabilisation, garder le pipeline sous cette pression pendant 12 heures. Après avoir vérifié que tout l'air du pipeline a été évacué, fermer les vannes d'évacuation.
- Après la période de stabilisation, augmenter graduellement la pression de 2 bars toutes les 30 minutes.
- Augmenter la pression d'essai graduellement jusqu'à ce qu'elle atteigne 1,5 fois la pression de fonctionnement.
- Mesurer la pression d'essai au plus bas point.

1.6.7 Mise en service du pipeline

Les recommandations auxquelles il faut faire appliquer lors de la mise en service du pipeline sont comme suit:

- Le pipeline doit être rempli à 5-15% de son débit de fonctionnement et ensuite mis en service.
- La distance entre les ventouses des pipelines sous pression doit être entre 500 et 750 m.
- Les diamètres des ventouses doivent être conformes au principe $d/DN = 1/10$ ou $1/15$ (d: diamètre du tuyau de la ventouse)
- Il faut être sûr qu'il ne reste plus d'air dans le tuyau.
- Les vannes qui se ferment très vite ne doivent pas être utilisées sur le pipeline.
- Parfois, quand il y a des coupures de courant dans les pipelines où l'eau est pompée et que l'énergie redémarre, des coups de bélier ont lieu à cause de l'arrêt et démarrage brusque des pompes. Pour protéger le pipeline et empêcher le brusque arrêt-redémarrage des pompes, les mesures nécessaires doivent être prises.
- Des mesures doivent être prises pour empêcher l'air de rentrer dans les pipelines à pression gravitaire depuis les structures d'admission d'eau.

1.7 Choix du tuyau en fonction du type de sol

Un revêtement extérieur a pour fonction d'assurer une protection durable contre la corrosivité des sols. Afin de pouvoir déterminer le tuyau adapté à un type de sol défini, une étude préalable sur la corrosivité / agressivité du terrain est conseillée. On détermine les indices généraux de corrosivité à l'aide d'une carte topographique.

Les points hauts sont plutôt secs et aérés, donc peu corrosifs. Les points bas sont souvent humides et peu aérés, donc susceptibles d'une corrosivité plus élevée. Les mares, marécages, lacs, tourbières et autres bas-fonds, riches en acides humiques, en bactéries et souvent pollués sont également des zones à risque de corrosivité élevée. Des activités industrielles peuvent également laisser présager de terrains agressifs.

On peut distinguer, en première analyse, les terrains suivants:

A faible risque:

- sables et graviers
- matériaux d'empierrement
- calcaires

A risque élevé:

- marnes
- argiles

A risque très élevé:

- gypse
- pyrites (fer, pyrite, chalcopryrite, cuivre)
- sels pour industries chimiques (chlorure de sodium, sulfate de chaux)
- combustibles fossiles (lignites, tourbes, charbons, bitumes)

1.8 Choix du tuyau en fonction du liquide transporté

Les eaux véhiculées dans les réseaux peuvent présenter des caractéristiques physico-chimiques très différentes. Deux principaux types d'eaux sont à prendre en compte:

- les eaux corrosives pouvant attaquer le métal non revêtu,
- les eaux agressives envers les matériaux à base de ciment

Certaines eaux attaquent les canalisations non protégées et non revêtues intérieurement. Les réactions chimiques produisent de l'hydroxyde ferreux, puis ferrique, puis entraînent la formation de nodules, voire de tubercules, pouvant à terme diminuer la section de la canalisation et augmenter les pertes de charge de manière significative. Ce phénomène se présente principalement dans les anciennes conduites non revêtues de mortier de ciment. A titre d'exemple les tuyaux de Saint-Gobain PAM sont aujourd'hui revêtus de ce mortier de ciment, ce qui empêche les phénomènes mentionnés ci-dessus.

1.9 Choix du tuyau en fonction de la pression de fonctionnement

Comme repris dans les normes réglementaires en vigueur, les tuyaux en fonte ductile sont conçus pour résister à des pressions élevées.

2.1 Introduction

Les pièces spéciales des réseaux de distribution d’eau potable ou en général des conduites transportant du fluide sont nécessaires pour tout raccordement des conduites et leurs équipements lors de la réalisation des réseaux d’eau. Les pièces spéciales et raccords sont des pièces moulées autre qu’un tuyau, permettant une dérivation, un changement de direction ou de section tels que : Té, coude, cône, les manchons sont aussi classés dans les raccords. Les différentes pièces citées ci-dessous sont spécifiques pour des conduites en fonte ductile et notons que leurs caractéristiques ne diffèrent pas par rapport aux autres conduites.

2.2 Pièce emboitement à joint express

Tab 2.2.1									
COUDE									
DN	60	80	100	125	150	200	250	300	
	1/4		1/8		1/16			1/32	

COUDE NATURAL EMBOITEMENT Nu

COUDE NATURAL EMBOITEMENT Joint Compris

Tab 2.2.2									
BRIDE									
DN	60	80	100	125	150	200	250	300	

BRIDE NATURAL EMBOITEMENT Nu

BRIDE NATURAL EMBOITEMENT Joint Compris

BRIDE UNI NATURAL

Tab 2.2.3									
MANCHON									
DN	60	80	100	125	150	200	250	300	

MANCHON EMBOITEMENT NATURAL Nu

MANCHON EMBOITEMENT NATURAL Joint Compris

Tab 2.2.4					
CONE					
DN	80	100	----	300	
dn	60	60	150	
			200	
		80		250	

CONE EMBOITEMENT NATURAL Nu

CONE EMBOITEMENT NATURAL Joint Compris

Tab 2.2.5					
Te emboitement	DN	60	80	-----	300
	dn	40 60	40 60 80	60 80 100 150 200 250 300



2.3 Raccord à brides

Tab 2.3.1							
COUDE A BRIDES ORIENTABLES							
DN							
40	60	80	100	125	150	200	250



Tab 2.3.2									
MANCHETTE A BRIDES ORIENTABLES									
DN	60	80	100	125	150	200	250	300	
L	010M, 015M, 0.25, 0.50 et 1.0M								



Tab 2.3.3							
TE A BRIDE		CONE A BRIDE		BRIDE GOUJONNÉE			
DN	300	DN	300	DN	300		
dn	60	dn	150	dn	100		
	80		200		150		
	100		250		200		
	150		300		250		

TE A BRIDE PN10		CONE A BRIDE PN10		BRIDE GOUJONNÉE	
DN	dn	DN	dn	DN	dn
40	40	60	40	60	40
60	40	80	40	80	50
				80	40
80	40	100	40	100	60
					40
					60
					40
100	40	125	40		60
					80
					60
					80
					80
					100

Tab 2.3.4

PLAQUE PLEINE

DN	40	50	60	80	100	125	150	200	250
DN	40	50	60	80	100	125	150	200	250



2.4 Raccord électrosoudable pour PEHD

Tab 2.4.1

RACCORDS

DN	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	315
DN	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	315

RACCORD ÉLECTROSOUDABLE POUR PEHD

PIÈCES ÉLECTROSOUDABLES

Manchon Coude 45° Coude 90° Té Égal Bouchon

2.5 Exemple de schéma de montage

Le schéma ci-dessous présente en détail une partie du schéma de montage d'un projet de réseau de distribution d'eau.

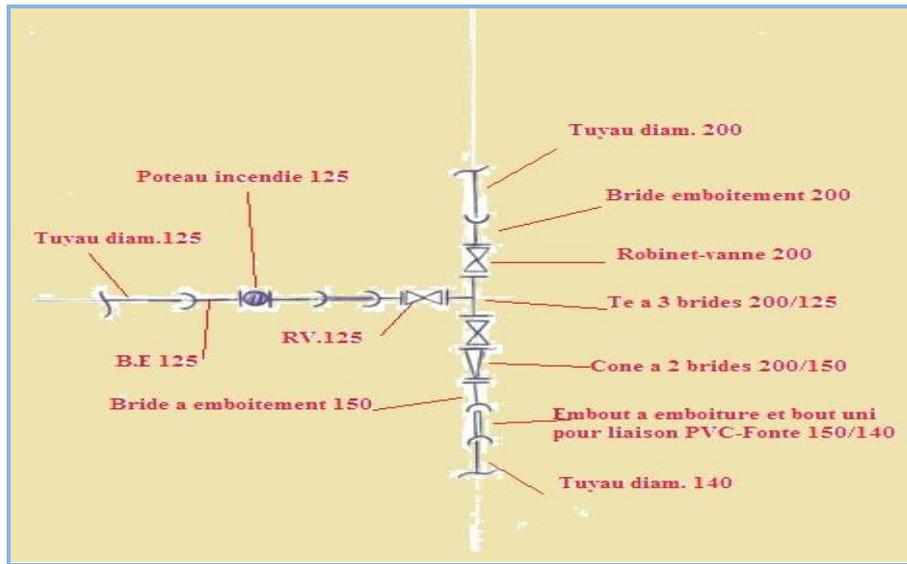


Figure 2.1 Détail d'un schéma de montage des pièces spéciales

D'une part, ce dernier est une déduction du schéma de calcul du réseau de distribution d'eau et en d'autre part sert à déterminer les devis quantitatif et estimatif des pièces spéciales.

2.6 Éléments de Robinetterie

Ce sont des composants intercalés dans les tuyauteries, employés pour régler le flux d'eau qui circule dans le réseau afin d'optimiser son exploitation.

2.6.1 Les fonctions

Les robinets peuvent assurer jusqu'à quatre fonctions :

1. Une fonction d'isolement, c'est-à-dire qu'en position fermée la canalisation est obturée. L'étanchéité interne de l'équipement, généralement assurée par des contacts métal-métal ou métal-plastique, est donc primordiale. Par contre, en position ouverte, la perte de charge engendrée par le robinet doit être minimale.
2. Une fonction de sécurité pour protéger le réservoir contre des sur- ou sous- pressions, survitesses, ... et le milieu extérieur contre une vidange du réservoir.
3. Une fonction de réglage du débit en fonction du degré d'ouverture du système. Seuls certains types de robinets sont susceptibles d'être utilisés dans ce but. Ces robinets n'équipent pas en général les réservoirs de stockage où la fonction de régulation n'est pas nécessaire.
4. Une fonction de non-retour assurée par les clapets.

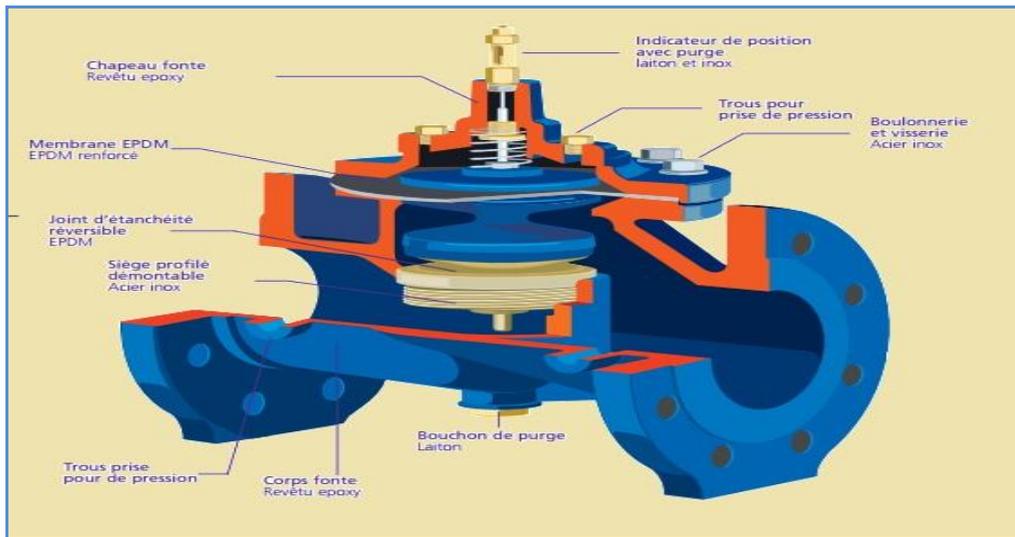


Figure 2.2 Modèle d'un robinet d'arrêt [13]

Outre ces fonctions à assurer, différents paramètres dictent le choix de(s) type(s) de robinet(s) compatible(s) avec une installation :

- ✓ la nature du fluide,
- ✓ les conditions de service (température, pression),
- ✓ la taille du robinet,
- ✓ le type de commande du robinet,
- ✓ la perte de charge qu'il engendre en grande ouverture,
- ✓ la vitesse maximale du fluide dans la canalisation,
- ✓ etc...

Ces appareils doivent être marqués de façon durable et clairement visible de la façon suivante :

- DN suivi du numéro approprié,
- ISO PN suivi du numéro approprié,
- désignation du matériau du corps,
- nom du fabricant ou marque de fabrication,
- référence à la norme ou à la marque de qualité
- année de fabrication - n° de série,
- type - sens de fermeture,
- nombre de tours devant assurer la fermeture,

2.6.2 Vannes de sectionnement

Ce sont des dispositifs hydromécaniques destinés à couper le flux d'eau dans une conduite grâce à un obturateur. Leur fonctionnement sera de type tout ou rien : ouverture ou fermeture totales : les positions intermédiaires correspondent à des situations provisoires ou exceptionnelles. Dans ce groupe les plus utilisées sont: le robinet vanne a opercule et la vanne à papillon.

2.6.2.1 Robinet-vanne - à Opercule

Le robinet-vanne - opercule est un appareil de robinetterie dont l'obturateur ou opercule se déplace perpendiculairement à l'axe de l'écoulement du fluide et conçu pour être utilisé en position ouverte ou fermée.

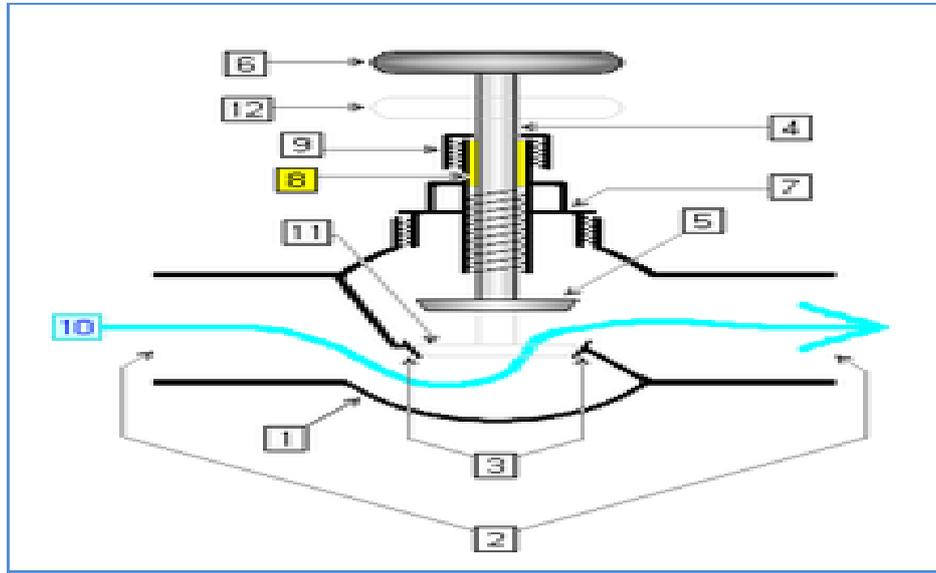


Figure 2.3 Modèle d'un robinet d'arrêt à Opercule

1. Corps
2. Voie ou passage
3. Portée ou siège
4. Axe ou tige
5. Opercule, obturateur
6. Volant ou actionneur : élément extérieur a la vanne stricto sensu qui permet de manœuvrer celle-ci.
7. Chapeau ou bonnet
8. Garniture de presse-étoupe : qui permet de maintenir l'étanchéité
9. Ecrou de presse-étoupe
10. Sens d'écoulement du fluide
11. Position de l'opercule lorsque la vanne est fermée
12. Position du volant lorsque la vanne est fermée

Il est fortement déconseillé d'utiliser une vanne à opercule pour réaliser du réglage du débit. Les robinets vannes doivent avoir un passage intégral, c'est-à-dire que le diamètre du passage du fluide est au moins égal aux valeurs définies dans le Tableau ci-dessous, lorsque l'obturateur est totalement relevé.

Lorsque la vanne est partiellement fermée, l'eau s'écoule très rapidement sous le coin ou l'opercule en créant des turbulences générant de fortes pertes de charge. Les pièces en contact avec les turbulences seront dégradées rapidement par survitesses et cavitation.

Par ailleurs, pour éviter le coup de bélier qui est en rapport direct avec la variation de vitesses de l'eau, les manœuvres devront s'effectuer doucement pour les premiers tours à l'ouverture ou pour les derniers tours lors de la fermeture.

1. Domaine d'utilisation

Les vannes doivent être mises en place sur des conduites pour permettre essentiellement :

- d'isoler les tronçons sur lesquels l'exploitant devra travailler
- d'effectuer des diagnostics de fuite
- de modifier les régimes hydrauliques et les temps de séjours sur des réseaux ou les variations saisonnières sont importantes.
- de mailler ou démailler des réseaux selon les besoins (manque d'eau, problème de MTH).
- de permettre le rinçage et les purges éventuelles.
- de permettre un passage d'obus ou d'appareils pour mesure d'entretien.

Pour répondre à tous ces recommandations on devrait place ces vannes opercules sur chaque te ayant un emplacement stratégique (maille, gros diamètre, forte pression, etc.).

Ci-joint les spécifications techniques particulières d'une vanne à opercule:

2. Avantages et inconvénients de la vanne à Opercule

- **Avantages :**
 - ✓ Robustesse
 - ✓ Domaine étendu d'applications en température et en pression.
 - ✓ Passage intégral
 - ✓ Faible perte de charge en position ouverte
- **Inconvénients :**
 - ✓ Encombrement et masse importants (ce robinet devient coûteux pour les diamètres importants)
 - ✓ Inadaptation au réglage
 - ✓ Inadaptation aux manœuvres fréquentes (du fait des efforts importants de manœuvre)
 - ✓ Le couple de manœuvre est limité le non usage des vannes les rend difficile à manœuvrer au même titre que la vanne papillon.

Tableau:2.1 Diamètres de passage

DN	Diamètre minimal de passage (mm)
65	62
80	77
100	97
150	146,5
200	196,5
300	296

3. Robinet-vanne à Opercule revêtu d'élastomère

L'évolution des technologies, des matériaux permet actuellement la fabrication d'appareils de sectionnement plus fiables et performant. Son corps est en fonte ductile et revêtu de peinture époxy à l'extérieur et à l'intérieur. Ceci permet d'éviter toute corrosion et plus particulièrement el contact eau/métal, générateur éventuel des dégradations de la qualité de l'eau. L'obturateur est réalisé avec un opercule métallique revêtu d'un élastomère tendre.

On distingue 4 types de matériels :

- Les robinets-vannes a emboitement pour les tubes fonte, PVC, et PEHD
- Les robinets-vannes a bout-uni pour les tubes fonte ou PEHD
- Les robinets-vannes asymétriques :

- ✓ Les robinets-vannes à brides de diamètres inégaux pour éviter un cône de réduction
- ✓ Les robinets-vannes à brides et à emboîtement

2.6.2.2 Robinet à papillon

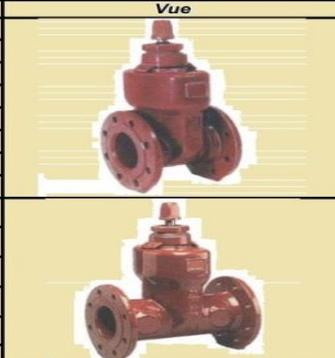
La vanne à papillon s'utilise dans le sectionnement de fluides sous pression, grâce à un obturateur en forme de disque ou lentille. L'obturateur dit papillon se déplace dans le fluide par rotation autour d'un axe orthogonal à l'axe d'écoulement du fluide.

Son fonctionnement normal est l'ouverture ou la fermeture totale. L'utilisation exceptionnelle des vannes papillon est également possible pour les robinets vannes vidange de réservoir. Tout comme les robinets-vannes, les vannes papillon ne doivent pas être utilisées en régulation, elles ne font que créer une perte de charge singulière et ne sont pas conçues pour cela. Des appareils spécifiquement conçus pour cela existent et font de la vraie régulation de pression et de débit.

1. Avantages et inconvénients du robinet à papillon [10]

- **Avantage :**
 - ✓ Faible encombrement et poids réduit
 - ✓ Simplicité (peu de pièces constitutives)
 - ✓ Prix de revient faible, surtout pour les grands calibres
 - ✓ Très bonne étanchéité, surtout avec joint élastomère
 - ✓ Visualisation de la position de l'obturateur
 - ✓ Aptitude au réglage de débit grâce aux pertes de charges variables en fonction de l'ouverture.
 - ✓ Adapté à des manœuvres fréquentes
 - ✓ Facilité d'adaptation d'actionneurs à énergie auxiliaire
 - ✓ Manœuvre simple et rapide du papillon
 - ✓ Montage et démontage rapide
 - ✓ Entretien : des manœuvres régulières.
 - ✓ Pertes de charge

Tableau:2.2 Types de robinet-vanne à portage élastomère/métal [7]

Désignation	ISO PN...	DN... mm	Vue
Robinet-vanne, à portage élastomère/métal, à brides ISO PN..., série courte, fermeture sens anti horloge FSAH, DN... mm, PFA 16.	ISO PN 10/16	65	
		80	
		100	
		150	
	ISO PN 10	200	
		300	
		300	
Robinet-vanne, à portage élastomère/métal, à brides ISO PN..., série longue, fermeture sens anti horloge FSAH, DN... mm, PFA 16.	ISO PN 10/16	65	
		80	
		100	
		150	
	ISO PN 10.	200	
		200	

- **Inconvénients :**
 - ✓ Pas de passage intégral
 - ✓ Non adapté pour des fonctionnements à forte pression différentielle

2. Désignation dimensionnelle

- Robinet vanne à opercule (Tableau : 2.2)
- Robinet vanne à papillon

Tableau:2.3 Types de robinet-vanne à papillon [7]

<i>Désignation</i>	<i>ISO PN...</i>	<i>DN... mm</i>	<i>Vue</i>
Robinet-vanne à papillon, de corps en fonte ductile GS à brides ISO PN ..., obturateur revêtu d'élastomère, axe en acier inoxydable avec mécanisme de manœuvre multi tour et réducteur par vis écrou comportant une bride pour l'adaptation d'une motorisation, fermeture sens anti horloge FSAH, DNmm, PFA16,	ISO PN 10.	400	
		500	
		600	
		800	
	ISO PN 16	400	
		500	
		600	
		800	

3.1 Introduction

En général les gestions et l'exploitation du réseau d'alimentation en eau potable nécessite de la mise en place des équipements et accessoires, a pour but de bien gérer les canalisations de transport et de distribution d'eau potable sous pression. Evidemment, on aura des points hauts, des points bas et de fortes dénivelées qui peuvent exister et en engendrant des phénomènes de perturbations à l'écoulement de l'eau dans les conduites des réseaux. La présence d'air est l'une des principales causes ainsi que la régulation des pressions d'eau selon le type de fonctionnement du réseau. Sachant que ces derniers ayant des conséquences directes sur le bon fonctionnement du réseau de distribution d'eau, il est, par conséquent nécessaire d'équiper tous types de réseau d'appareils de protection.

3.2 Les effets de l'air dans les réseaux

Les points hauts du réseau se retrouvent donc avec une section de passage réelle significativement réduite. A débit constant, cela implique au mieux une **hausse des pertes de charge** du fait d'une vitesse accrue – sachant que qui dit pertes de charge, dit dégagement d'air additionnel... ; au pire un **blocage complet de la conduite** par le bouchon d'air.

Le point de fonctionnement des pompes va dériver par rapport au point théorique initialement prévu, au risque de rentrer dans la **zone de cavitation**. Le rendement énergétique sera, évidemment, dégradé. Les bulles d'air peuvent également provoquer l'érosion des pièces mobiles des pompes, compteurs ou vannes de régulation.

3.3 Ventouses

3.3.1 Description

Les ventouses sont positionnées sur les points hauts des conduites et tous les 600 m, sur des conduites très longues. Leur fonction est la sortie et entrée d'air Ils sont équipés d'un robinet d'arrêt intégré.

- ✓ la vidange d'air (désaéragé) au remplissage car les poches d'air non évacuées rétrécissent jusqu'à obturation la veine liquide.
- ✓ Dégazage : Purge d'air en fonctionnement
- ✓ le remplissage d'air (aéragé) en cas de dépression pour éviter la succion des joints, la collapse des tubes plastiques

3.3.2 Les ventouses triples fonction

En plus de dégazage continu, la ventouse triple fonction assure :

- Evacuation de l'air lors du remplissage d'une canalisation
- Admission de l'air en cas de vidange d'une conduite

1-Mise en eau de la canalisation

Lors du remplissage d'une canalisation, l'air s'échappe par le gros orifice (A) de la ventouse à un débit équivalent à celui de l'eau rentrant dans la conduite.

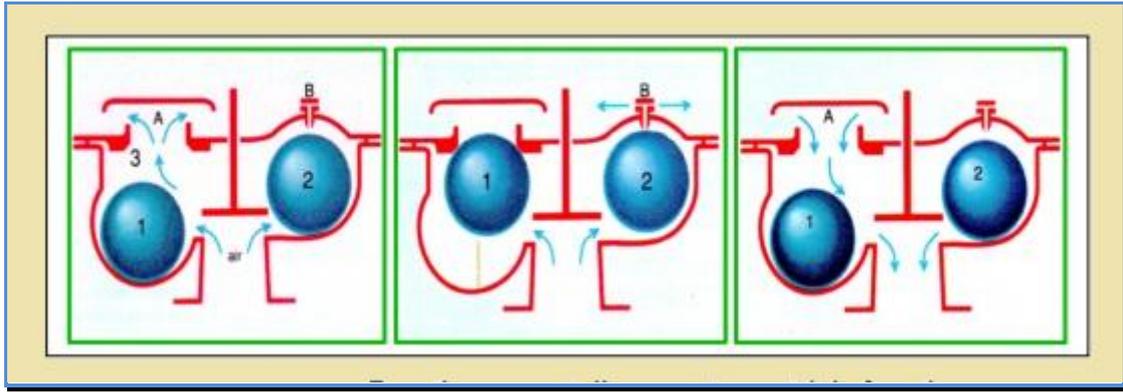


Figure 3.1 Fonctionnement d'une ventouse triple fonction [14]

Afin d'éviter une montée intempestive du flotteur, la vitesse de remplissage ne doit pas être excessive (de l'ordre de 0.5m/s). Dès que la canalisation est entièrement remplie, le flotteur 1 vient s'appliquer sur son siège.

2- Dégazage en période d'exploitation

Le flotteur 1 reste appliqué sur son siège sous l'effet de la pression de service. Le flotteur 2 fonctionne comme un purgeur classique, le débit d'air évacué étant fonction du diamètre de la tuyère.

3- Admission d'air dans la canalisation

Lors d'une vidange ou d'une mise en dépression de la canalisation, le niveau d'eau baisse. Le flotteur 1 descend sous l'effet de son propre poids et libère le gros orifice de la ventouse. L'entrée d'air dans la canalisation permet la mise à la pression atmosphérique de la conduite et d'éviter ainsi son écrasement.



Figure 3.2 Ventouse 3 fonctions

Pour ce choix la vitesse de remplissage de la canalisation sera de 1m/s.

Les ventouses 3 fonctions ne doivent en aucun cas être utilisées pour protéger la conduite de phases de dépressions en régime permanent. Lors de l'étude de conception du réseau, on procède à

l'élimination des éventuelles phases de dépression. Dans les régimes transitoires, ces ventouses peuvent contribuer à lutter contre les phénomènes de dépression sous réserve d'une étude précise. Il convient également de vérifier le débit d'air admis en cas de vidange ou de rupture accidentelle de la canalisation en relation avec le débit d'eau et avec la dépression admissible. Par ailleurs les ventouses doivent être placées dans des regards "draines" de façon à évacuer

Tab 3.1		Ventouse 3 Fonctions				
PN		10	16	25		
DN		60	80	100	150	200

Tab 3.2		Fonctionnement	
Diamètre intérieur de la conduite (mm)		Diamètre passage de la ventouse (mm)	
≤ 250 mm		60 - 65	
250 à 600		80 - 100	
600 à 900		150	
1000 à 1200		200	
1400 à 1800		2 ventouses de 200 mm	

l'eau stagnante qui pourrait s'y trouver et qui risquerait d'être introduite dans la conduite lors d'une admission d'air.

3.4 Purgeurs (ventouse a simple fonction)

3.4.1 Définitions

Le purgeur assure un dégazage continu des conduites, lors de dégazage, l'air s'accumule dans le corps de purgeur, le flotteur de densité, inférieure a 1, reste alors en position basse. La pression de l'eau comprime cet air qui s'évacue par la tuyère. Ces purgeurs ont un faible débit d'air.

Les purgeurs assurent le dégazage à faible débit de l'air accumulé aux points hauts des canalisations en exploitation (0,3 -6.0)bars. Ils existent dans 4 types de connectivité différents : avec bride, sans bride, avec robinet et sans aucune spécificité.

3.4.2 Fonctionnement et installation

Les purgeurs d'air automatiques sont utilisés pour éliminer l'air qui s'accumule à l'intérieur des conduites d'un système hydraulique comme dans les installations de chauffage et de climatisation. Grâce à leur fonctionnement, indépendamment de l'intervention manuelle d'un opérateur, ils permettent d'éviter, avec certitude et de façon continue dans le temps, les phénomènes considérés particulièrement dangereux pour les installations. Notamment, il est possible de limiter les effets de la corrosion électrolytique (favorisée par une présence excessive d'oxygène dans les conduites) et de la cavitation. De plus, ils permettent d'optimiser et d'empêche la formation de poches d'air dans les conduites d'eau potable.

Les purgeurs d'air automatiques doivent être installés uniquement dans la position verticale, dans le point le plus haut d'une installation et, plus généralement, là où la formation de poches d'air est plus probable (points hauts du système hydraulique, les colonnes montantes, etc.).

Le débit d'évacuation des vannes automatiques augmente avec l'augmentation de la pression de service de l'installation, jusqu'à atteindre le maximum correspondant à une pression de service de 6 bar.

3.5 Van- air

3.5.1 Descriptions

Aujourd'hui, la plupart des municipalités utilisent des vannes d'air automatiques. Ils sont disponibles dans de nombreuses conceptions et configurations différentes pour une large gamme d'applications. Leur fonction est de libérer et d'admettre automatiquement l'air sans l'aide de l'opérateur. Aujourd'hui, d'innombrables vannes d'air effectuent quotidiennement cette tâche dans le monde entier.

Les vannes d'air sont constituées de corps en fer ou en acier inoxydable avec des garnitures résistantes à la corrosion pour le service d'eau potable et d'eaux usées. Le dimensionnement et l'emplacement corrects des trois types sont essentiels (Figures 3.3 et 3.4). Chaque point élevé où la conduite (adduction) passe d'un point haut à un point bas doit être équipé d'une vanne d'air. Même des points élevés minimes avec de petites poches d'air peuvent causer de graves problèmes de surtension.

De plus, il est recommandé d'installer des vannes d'air tous les 400m environ sur des parcours horizontaux droits.

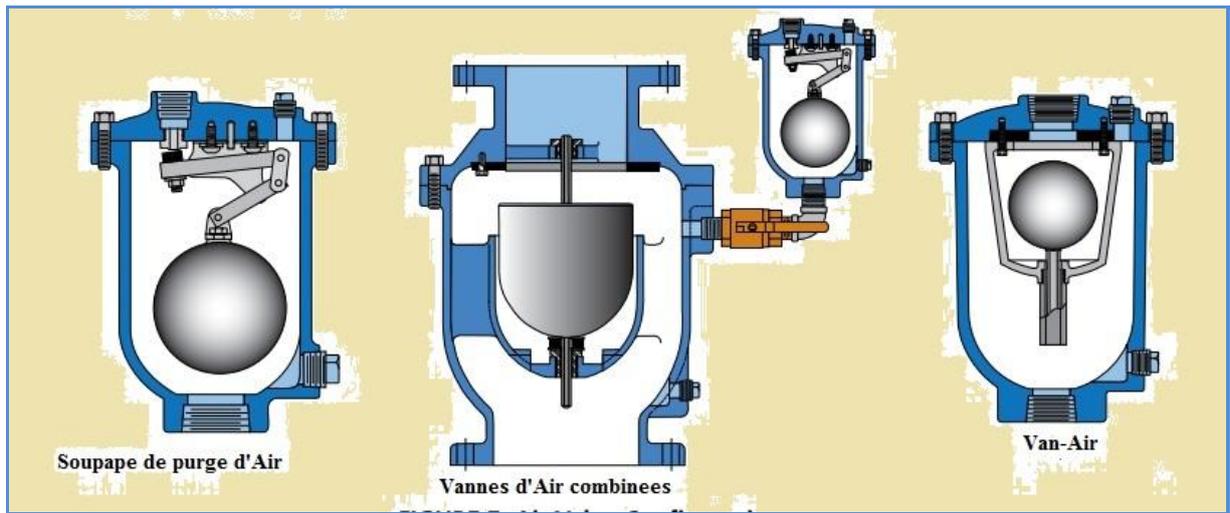


Figure 3.3 Configuration des Vannes d'Air [15]

Les vannes d'air (Figure 3.3) ont des orifices pleins grandeur allant de 1.27cm à 50.8cm et sont utilisées pour évacuer de grandes quantités d'air au démarrage du système, ainsi que pour permettre à l'air de rentrer dans la conduite lors de la fermeture du système. Vers le bas. Lorsque l'eau pénètre dans la vanne, le flotteur monte, fermant l'orifice de décharge. La vanne restera fermée jusqu'à ce que la pression du système chute à près de zéro. Il ne s'ouvrira pas et ne libérera aucune accumulation d'air lorsque le système est sous pression.

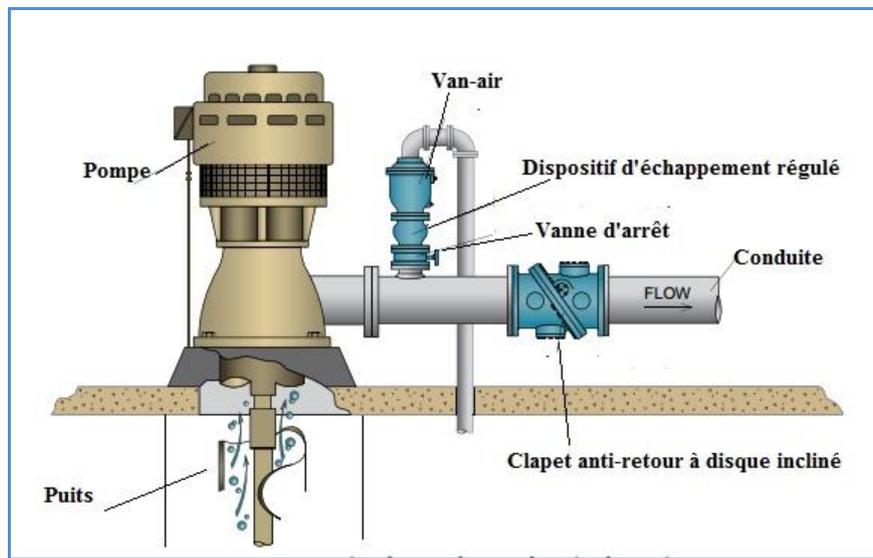


Figure 3.4 Air à travers les équipements mécaniques [15]

Un avantage supplémentaire d'une vanne air est sa capacité à fournir une protection contre le vide dans les pipelines. Si une pression négative se développe, la vanne s'ouvrira, laissant entrer de l'air dans la conduite, empêchant ainsi un éventuel effondrement du pipeline ou une intensification des surtensions.

Bien que les vannes d'air évacuent de grandes quantités d'air au démarrage, il ne faut pas oublier qu'elles ne libèrent pas d'air en continu pendant le fonctionnement du système. Pour cette fonction, une soupape de décharge d'air est nécessaire.

3.5.2 En résumé

Lorsque l'air s'accumule dans des conduites sous pression, l'efficacité est sacrifiée et de graves dommages peuvent survenir. Une adduction par exemple correctement désaérée ne résoudra pas tous les problèmes de surtension. Cependant, l'élimination de l'air peut résoudre l'une de leurs causes les plus courantes. Les vannes d'air sont une méthode rentable et fiable d'amélioration l'efficacité et la résolution des problèmes de surtension liés à l'air.

3.5.3 Emplacement des Van-Air dans les conduites

Nous recommandons l'installation de vannes d'air aux points suivants le long d'une adduction d'eau :

- Points forts.
- Longues conduites horizontales : libération d'air ou peigne. Vanne à intervalles de (380 à 760 m).
- Longues descentes : vanne d'air à des intervalles de 380 à 760m.
- Diminution d'une pente ascendante : vanne d'air.
- Augmentation d'une pente descendante : vanne d'air.

3.6 Clapet de non-retour

3.6.1 Introduction

Un élément essentiel dans la conception de l'eau et les systèmes de pompage des eaux qui est le bon choix du clapet anti-retour au refoulement de la pompe, dont la fonction est de s'ouvrir automatiquement pour permettre le flux vers l'avant et revenir automatiquement à la position fermée pour éviter flux inversé lorsque la pompe ne fonctionne pas. Une autre fonction souvent négligée est la capacité de la vanne à minimiser la consommation d'énergie.

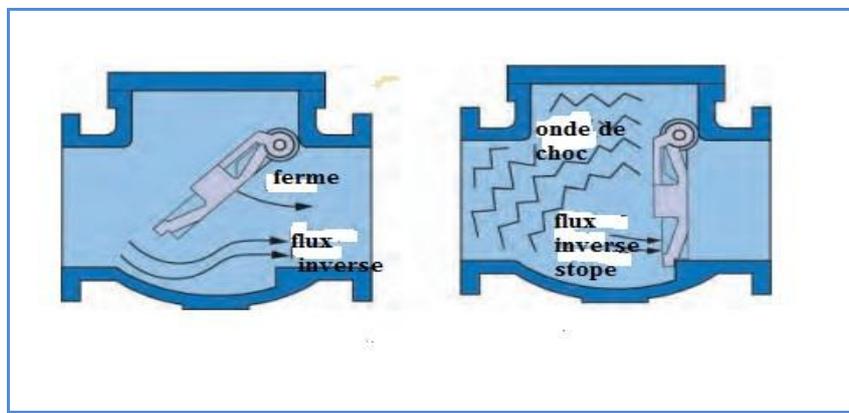


Figure. 3.5 Claquement de clapet anti-retour [15]

Pour chaque conception d'une station de pompage il a été témoin de claquements de clapets anti-retour, provoqués par l'arrêt soudain du flux inverse à travers un clapet anti-retour en fermeture. Pour éviter les claquements, un clapet anti-retour automatique doit se fermer très rapidement ou se fermer lentement à l'aide de dispositifs de récupération d'huile.

3.6.2 Fonctionnement

Le clapet repoussé par son ressort crée une différentielle de pression minimum supérieure à 0,10 m CE, en fonctionnement la pression aval demeure inférieure à la pression amont, même à débit nul, ce qui assure une excellente étanchéité. Si pour une raison quelconque,

contrepression dans le réseau aval ou dépression accidentelle dans le réseau amont, l'écart de pression entre amont et aval vient à diminuer, le mécanisme d'obturation (7) se ferme et réalise l'étanchéité avant l'inversion du courant. Cet effet d'anticipation à la fermeture confère un caractère antipollution à cet appareil.

3.6.3 Caractéristiques : Clapet de non-retour à battant

- Aucun axe de rotation
- Palier élastomère intégré au battant assurant une fermeture automatique
- Passage intégral
- Matériaux et protection anticorrosion
 - ✓ Corps et disque en fonte ductile
 - ✓ Disque entièrement surmoule
 - ✓ Revêtement époxy intérieur et extérieur
- Diamètres en fonction des conduites des réseaux

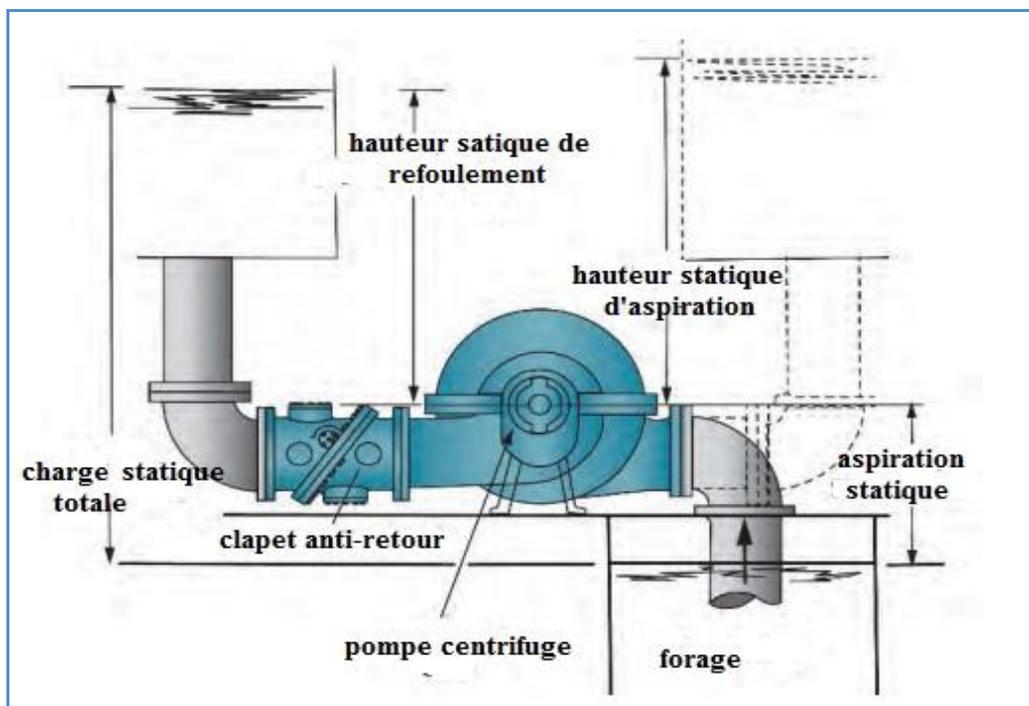


Figure. 3.6 Système de pompe unique dote de clapet anti-retour [15]

3.6.4 Autres types de clapet

- Clapet sandwich
 - ✓ Battant en élastomère
 - ✓ Montage entre brides de tuyau
 - ✓ AEP et stations de pompage
- Clapet de non-retour à membrane

Elle est utilisée dans le cas de fluides très chargés de particules solides, ou très corrosifs. La section de passage est obtenue entre une membrane déformable en caoutchouc synthétique généralement et la partie inférieure du corps de vanne.

 - ✓ La membrane circulaire assure un amortissement optimal des coups de bélier
 - ✓ Noyau central en fonte ductile
 - ✓ AEP, centrales électriques et industriels

- Clapet de non-retour à boule
 - ✓ Passage intégral
 - ✓ Faible risque d'obturation du passage
 - ✓ Canalisations d'égout avec risque d'obturation
- Clapet de non-retour à siège incliné
 - ✓ Joint métallique, surfaces d'étanchéité résistance à la corrosion et à l'usure
 - ✓ Arbre de disque en acier inoxydable
 - ✓ Palier d'arbre en bronze sans zinc
 - ✓ AEP, stations de pompage, centrales électriques et industriels.

Tab 3.2							
Clapet de Non-Retour							
DN	50 percé 40/50	65 percé 60/6 5	80 percé 4-8 trous	100	150	200	250
Longueur	230	290	310	350	400	480	600



Figure. 3.7 Clapet de non-retour

- Clapet - papillon

L'obturateur est un disque dont le diamètre est égal au diamètre intérieur de la conduite. A la fermeture, ce disque a sa surface perpendiculaire au sens du passage du fluide. La variation de la section de passage se fait par inclinaison de ce disque par rapport à la verticale. La tige de l'obturateur effectue un mouvement de rotation, ce qui est nettement préférable pour la presse étoupe (meilleure étanchéité). Cette rotation est souvent limitée à un angle d'ouverture de 60° à cause de l'importance du couple exerce par le fluide. Ce type de vanne n'est réalisable que pour des grands diamètres DN > 101,6mm (4pouce). Vue la surface de l'obturateur et la forme de celui-ci, il ne peut être utilisé pour des pressions très élevées. Du fait de la grande longueur de portée du papillon sur le corps (qui forme aussi le siège), l'étanchéité à la fermeture est délicate à obtenir, donc mauvaise le plus souvent. A noter aussi un frottement du à la force de poussée du liquide qui plaque la tige de obturateur contre la garniture (effort transversal).

3.7 Obturateur automatique

3.7.1 Présentation

Les obturateurs permanents ont été **conçus pour rester en permanence** dans les canalisations afin d'en assurer l'obturation immédiate lors d'une pollution accidentelle. Ils permettent **une mise en rétention** des eaux incendies dans les canalisations. il suffit de déclencher le gonflage de l'obturateur, grâce au raccordement fait à un coffret de commande. Ce coffret intègre une bouteille d'azote afin d'être autonome et effectuer plusieurs gonflages et dégonflages.

Positionné dans la partie supérieure de la canalisation, sans aucun support grâce à un système ingénieux, l'obturateur, une fois gonflé, stoppera tout déversement de liquides toxiques ou toute propagation des eaux d'incendie dans la conduite.

3.7.2 Avantages

- Son système breveté maintient l'obturateur dans la partie haute de la conduite sans dispositif pouvant gêner l'écoulement de l'eau
- Le passage d'un fourreau entre le coffret et la conduite sera suffisant pour la plupart des installations.
- Caractéristiques : diamètres de 100 à 1000mm.

Que ce soit pour effectuer une opération de maintenance en toute sécurité ou pour éviter les déversements potentiels de produits toxiques, il est souvent nécessaire de pouvoir obturer une canalisation. Les obturateurs répondent à ces besoins.

Double obturation : Sécurité et fiabilité.

- Premier niveau : Le siège du piston crée une barrière verticale
- Deuxième niveau : La tête du piston coulisse dans le bouchon avant, en créant une barrière horizontale, jusqu'à ce que la pression de seuil soit atteinte.



Figure. 3.8 Exemple d'une installation d'une vanne obturateur au niveau d'une conduite

L'ouverture se fait automatiquement avant tout risque de surpression. Ce qui n'est pas le cas des systèmes pneumatiques ou hydrauliques. Système de vanne d'arrêt automatique de fuite d'eau, détecteur de fuite d'eau avec 2 vannes, 2 capteurs et alarme sonore, pour tuyaux, prévention des inondations des conduites d'eau potable dans les systèmes hydrauliques urbains.

3.8 Vanne de survitesse

3.8.1 Définition

Fermeture hydraulique automatique de la vanne en cas de rupture de la conduite, dès que le débit dépasse la valeur pré-réglée. Les multifonctions restent fermées jusqu'à sa remise en service sur site. Vanne de sécurité à fermeture déclenchée par une survitesse (protection contre les conséquences d'une rupture de conduite aval). Réarmement manuel.

3.8.2 Caractéristiques

- Technologie à piston étagé
- Siège inox profilé
- Pilotage tuyau rigide inox ou souple sur demande
- Filtration du circuit pilote (possibilité de filtration spéciale)
- Équipé d'un limiteur de débit
- Équipé d'un indicateur visuel de position
- Avec 1 pilote débit

- Raccordement :
 - ✓ DN 100 à 300 (DN supérieur sur demande)
 - ✓ Perçage brides ISO PN 10-16-25-40
- Limites d'utilisation : Débit réglable de 1 à 4 m/s

3.8.3 Principes de fonctionnement

L'ouverture de la vanne papillon est effectuée par un servomoteur hydraulique à huile sous pression propre à la vanne. L'ouverture est possible avec un déséquilibre de pression amont aval de 20%. Le temps d'ouverture est compris entre 60 et 120 secondes.

La vanne est maintenue ouverte par maintien sous pression des servomoteurs hydrauliques, le contre poids restant en position haute. L'étanchéité parfaite des systèmes hydrauliques n'existant pas, le contre poids va lentement et progressivement descendre fermant progressivement la vanne papillon. Pour ce qui concerne la vanne de surtension, dès que le papillon va atteindre une position déterminée par un capteur de position dans la zone « reprise de fuite », le système hydraulique va se déclencher automatiquement afin de remettre la pression dans le système. Le papillon reprend alors sa position ouverte initiale automatiquement.

La fermeture de la vanne est effectuée par un contre poids. La durée de fermeture est supérieure 120 s La fermeture des deux vannes s'effectue soit volontairement (manuellement par pression du bouton de commande « fermeture ») ou par avarie ou incident. La vannes à une capacité à couper un débit exceptionnel de gueulebée à définir par le maitre d'ouvrage.

3.9 Soupape de décharge

3.9.1 Définition :

Dispositif anti-retour à zone de pression réduite contrôlable permettant la protection des réseaux d'eau potable contre les retours de fluides ayant pour origine une dépression dans le réseau ou une contre-pression provenant d'un réseau d'eau éventuellement non potable.

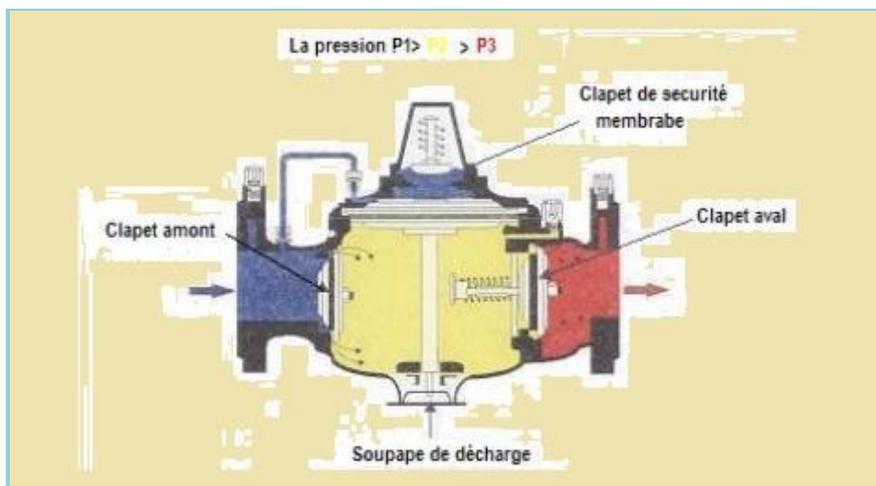


Figure. 3.9 Description d'une soupape de décharge [7]

Les établissements exerçant une activité qui, par un phénomène de retour d'eau, pourrait entraîner une pollution sur le réseau d'eau potable, devront être obligatoirement munis d'un disconnecteur agréé. Sont concernées par cette clause, toutes les installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration ou à autorisation.

Les clients disposant d'une autre alimentation que celle assurée par le réseau public devront obligatoirement le signaler et installer une soupape de décharge pour éviter toute pollution éventuelle.

Il est constitué de deux clapets successifs encadrant une chambre intermédiaire à décharge, qui se met à l'air libre dès qu'il y a risque de retour d'eau, réalisant ainsi une coupure totale. Son fonctionnement est basé sur trois zones à pressions différentes, créées par les pertes de charge successives engendrées par les organes d'étanchéité et sur des rapports de sections des éléments mobiles internes (clapets).

Tab 8.1						
Obturbateur automatique						
DN (mm)	40	65	80	100	150	200
Q(l/s)	6,4	14,2	20,3	31,5	56,5	101,1

- L'appareil doit être contrôlé et entretenu obligatoirement une fois par an.
- La perte de charge dans une soupape automatique à son débit aximum,
- La législation en vigueur impose

l'installation de filtres à l'amont des soupapes pour les protéger contre le sable et autres éléments dans les réseaux.

4.1 Introduction

Il est nécessaire de corriger les caractéristiques de débit et de pression d'un réseau afin d'adapter les conditions de distribution aux besoins spécifiques de chaque secteur. Il est à noter que les insuffisances hydrauliques d'un réseau ne seront pas corrigées par l'apport seul d'appareils de régulations. Les valeurs de débit et de pression obtenues sur les réseaux dépendent directement des caractéristiques dimensionnelles et topographiques des ouvrages existants.

De nombreuses options sont possibles en terme de régulation, pour ce faire, il convient de réaliser une étude hydraulique approfondie afin d'établir des choix pertinents. Le recours à une simulation par modélisation est conseillé.

4.2 Régulation de débit

4.2.1 Fonctionnement

Limite le débit à une valeur maximale indépendamment des variations de pression amont et aval vers l'aval. Réglages de vitesse est de (1 à 2.5) m/s.

4.2.2 Applications

- d'interrompre un débit excessif (vanne de survitesse) en cas de rupture d'une canalisation
- limiter et stabiliser un débit à une valeur de consigne (alimentation d'un industriel, par exemple).

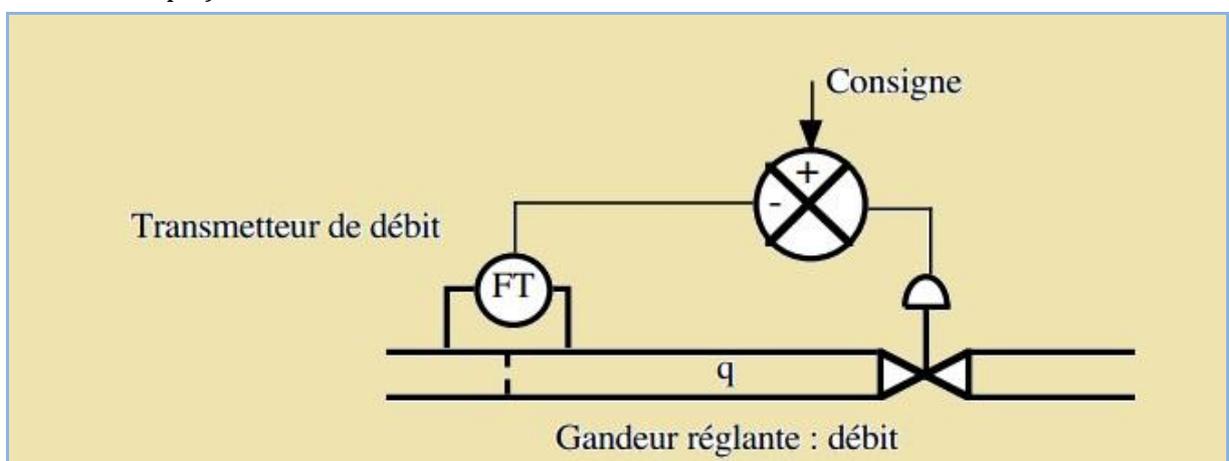


Figure 4.1 Exemple de régulation de débit [16]

4.3 Régulation de pression amont

4.3.1 Fonctionnement :

La régulation de pression est sans doute la fonction la plus couramment utilisée sur les réseaux. Elle maintient en priorité de la pression d'eau dans un réseau amont à une valeur prédéterminée quels que soient la pression en aval et le débit demandé. La partie aval du réseau sera alimentée si la pression minimale en amont est atteinte.

Cette fonction permet de transférer la pression excédentaire d'un secteur amont vers un secteur aval à plus faible pression, vers un réservoir ou vers une décharge. Ce transfert a lieu dès lors que la pression amont dépasse la valeur prédéterminée.

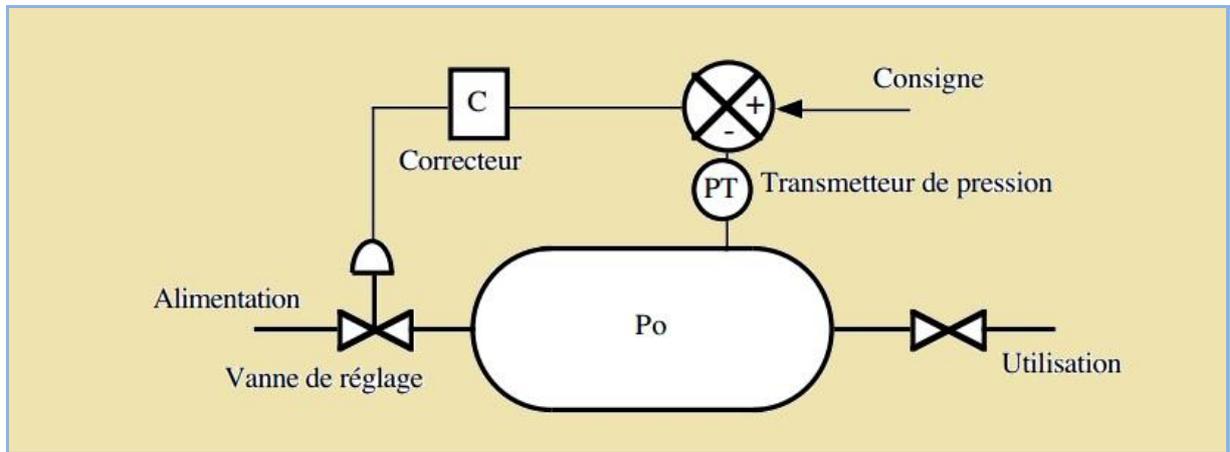


Figure 4.2 Exemple de régulation de pression [16]

4.3.2 Applications

- de relever une ligne piézométrique pour alimenter un écart situé sur un coin altimétrique plus élevé.
- d'alimenter un réseau aval ou un réservoir grâce aux excédents d'un secteur amont dont la pression est plus élevée.
- de protéger une pompe au démarrage et en cas d'un fonctionnement à débit nul.
- de limiter la pression sur un réseau amont en l'évacuant vers un réseau aval
- Elle peut également empêcher une pompe d'abaisser la pression d'aspiration en-dessous du minimum de sécurité.
- Elle empêche un dépassement de capacité de pompage lorsque la demande dépasse celle-ci.

Equipée de clapets de non-retour :

- Elle se ferme automatiquement en cas de retour d'eau.
- Elle s'ouvre automatiquement pour inverser le sens de circulation si la pression amont devient inférieure à la pression aval.
- Plage de réglages :
 - ✓ 0.34 à 4.13 bars
 - ✓ 1.72 à 7.57 bars
 - ✓ 2.06 à 17.22 bars
 - ✓ 13.78 à 27.51 bars

4.4 Régulation de pression aval

Vanne de régulation permettant la réduction et la stabilisation de la pression aval.

4.4.1 Fonctionnement :

Réduction et stabilisation de la pression dans un réseau situé en aval à partir d'une conduite à pression plus élevée quelles que soient les variations de la pression dans la conduite amont et quel que soit le débit demandé en aval. Ferme la distribution et remettre en régulation par commande manuelle.

Exemples d'applications : Equilibre de l'alimentation d'un réseau maillé par plusieurs ressources à pressions plus élevées et différentes.

4.4.2 Exemples d'application

Equilibre de l'alimentation d'un réseau maillé par plusieurs ressources à pressions plus élevées et différentes.

- De réguler des réseaux étagés
- D'équilibrer les pressions sur un secteur alimenté par deux réseaux distincts
- De protéger un secteur dont le réseau est vétuste
- Alimentation d'un réseau bas service par un réseau haut service
- Equilibre de l'alimentation d'un réseau maillé par plusieurs ressources à pressions plus élevées et différentes.
- Réduit la pression d'utilisation lorsque la pression à la sortie de la pompe est trop importante.

Equipée de clapets de non-retour :

- Elle se ferme automatiquement en cas de retour d'eau.
- Elle s'ouvre automatiquement pour inverser le sens de la circulation si la pression amont devient inférieure à la pression aval.
- Plages de réglages :
 - ✓ 0.34 à 5.51 bars
 - ✓ 1.72 à 8.5 bars
 - ✓ 2.06 à 27.52 bars

4.4.3 Fonctionnement du régulateur aval

La vanne de régulation reproduit les mouvements du dispositif pilote :

- La pression aval augmente : le pilote se ferme.
- La pression aval diminue : le pilote s'ouvre.
- La pression aval est stable : le pilote régule.

4.5 Stabilisateur de débit et pression

Le stabilisateur est un appareil de contrôle de débit et de pression aval (ou amont ou combiné avec d'autres fonctions) fonctionnant avec un circuit piloté.

Tab 4.1							
Stabilisateur							
Diamètres	50	65	80	100	125	150	200
Débit conseillé (l/s)	2.9	5	7.5	11.8	18.4	26.5	47.2



Figure 4.3 Modèle du stabilisateur

Ce débit maximum correspond à une vitesse équivalente

$$VE^* = 1,5 \text{ m/s}$$

VE = 3 m/s possible pour un différentiel de 3 bar

*VE = vitesse moyenne dans la section d'entrée (DN)

4.6 Equipement de réservoir

4.6.1 Fonctionnement

Fermeture complète de l'arrivée d'eau dans un réservoir lorsque le niveau maximum est atteint
 Maintien de la fermeture jusqu'à ce que le niveau bas soit atteint puis ouverture complète à ce niveau bas (marnage de réservoir).



Figure 4.4 Modèle du flotteur de réservoir

4.6.2 Caractéristiques

- Conception en angle.
- Long levier de manœuvre flotteur pour avoir une fermeture lente.
- Sortie bridée pour mise en place de manchette ou tube.
- Fermeture totalement étanche.
- Cylindre bronze totalement démontable.
- Maintenance facile.
- Le flotteur agit dans toute la course du levier.
- Joints facilement remplaçables.
- Position flotteur réglable sur le plan horizontal.
- Diamètres nominaux DN50-DN300

- Pression nominale PN16

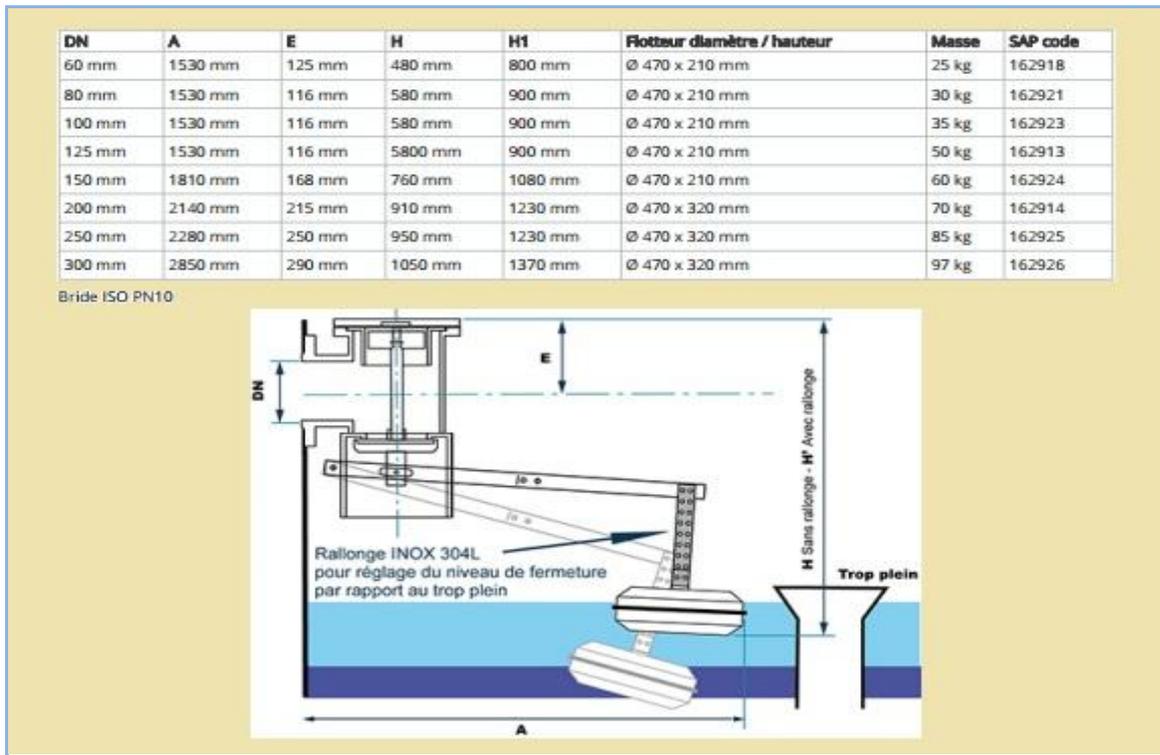


Figure 4.5 Dimensionnement et installation type du flotteur du réservoir

4.7 Vanne altimétrique

4.7.1 Fonctionnement :

Fermeture progressive et complète de l'arrivée d'eau dans un réservoir lorsque le niveau maximum est atteint. Ouverture progressive de la vanne dès que l'on quitte le niveau haut.



Figure 4.6 Vanne - altimétrique [17]

Elle s'exerce sur une tranche d'eau limitée située sous le niveau de fermeture d'environ 40-50 cm. Préviend le débordement et maintient constant le niveau d'un réservoir au moyen d'un robinet à flotteur.

L'ouverture comme la fermeture seront très progressives dans les quelques centimètres proches du niveau souhaité. De préférence cette vanne sera installée au pied du réservoir ou en bordure de cuve. Tube 10/12mm reliant le flotteur à la vanne non fourni (le réglage sur mesure devra se faire sur site).

Le fonctionnement des vannes de régulation est simple, le circuit pilote relie l'amont de l'appareil, la chambre et l'aval de l'appareil. Le pilote régule le remplissage/vidange de la chambre selon la pression aval/amont, hauteur d'eau, perte de charge sur un diaphragme... Le type de régulation souhaité est obtenu en changeant le pilote de commande.

Le réglage de la consigne au niveau du pilote est fait par le serrage d'un ressort bloqué par un contre-écrou. Le desserrage n'est pratiquement jamais constaté.

4.7.2 Dimensionnement

Le diamètre d'un appareil de régulation sera choisi en fonction du débit maximum et de la perte de charge disponible et non selon le diamètre de la canalisation. Travaillant exclusivement à partir des pressions du réseau, les vannes de régulation sont **dimensionnées** sur le **débit** les traversant et par rapport à la **pression différentielle disponible**.

Quel que soit le type de régulation souhaitée, il est nécessaire de connaître le débit **minimum**, le débit **maximum** ainsi que le débit **exceptionnel** pour déterminer le diamètre nominal de la vanne de régulation.

4.7.3 Détermination des paramètres de fonctionnement

La taille et le modèle de ces appareils sont déterminés selon leurs conditions de fonctionnement. C'est pourquoi une attention toute particulière doit être donnée en particulier aux valeurs de débits. Débits transitant à considérer :

- ✓ le débit minimum, correspondants aux consommations nocturnes
- ✓ le débit maximum correspondant aux consommations de pointes usuelles
- ✓ le débit exceptionnel correspondant à des tirages très importants et inhabituels (défense incendie en particulier) qui peuvent s'additionner aux pointes de consommation habituelles.

4.8 Mise en service et réglage des appareils de régulation

- Installer des manomètres en amont et en aval de l'appareil-prévoir des robinets d'isolement.
- Comprimer ou décompresser le ressort du pilote afin d'assurer sa fermeture
- Ouvrir les robinets du circuit pilote
- Ouvrir légèrement la vanne aval
- Ouvrir progressivement la vanne amont pour une mise en eau de l'appareil
- Manœuvrer la purge située au sommet de l'indicateur de course
- Utiliser une vanne de vidange ou un hydrant pour simuler un débit de consommation
- Manœuvrer la vis de réglage progressivement en observant simultanément la variation de pression sur le manomètre amont ou aval.

- Après la première mise en service effectuer une vérification journalière puis hebdomadaire de l'appareil :
 - ✓ vérification des pressions (isoler les manomètres entre deux lectures).
 - ✓ contrôle de la boîte à crépine.
 - ✓ contrôle du filtre sur le circuit pilote.

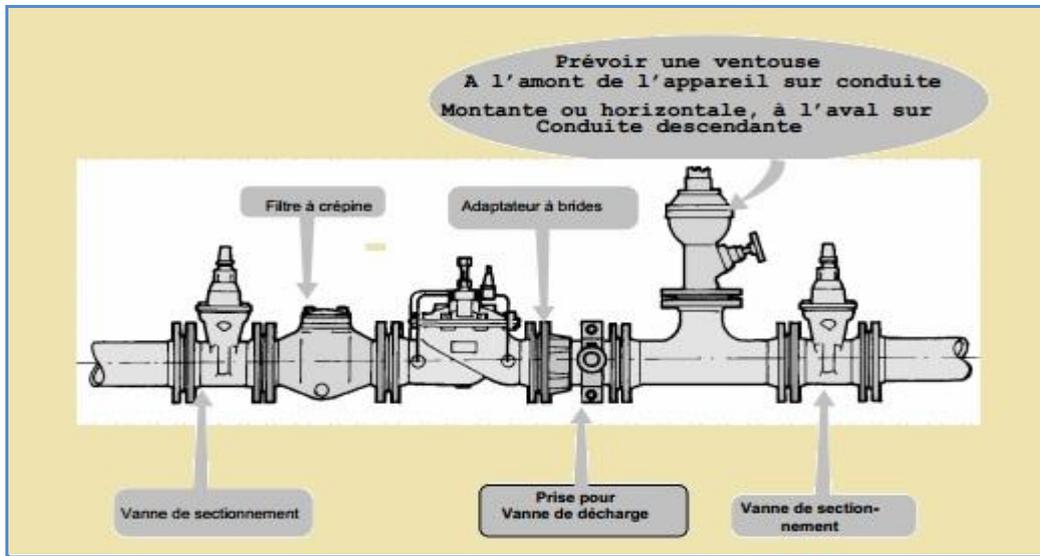


Figure 4.7 Installation type des vannes de régulation [18]

5.1 Introduction

Les compteurs normalement utilisés pour la facturation de l'eau sont de type mécanique, où l'on distingue deux grandes familles, compteurs d'eau et débitmètres électromagnétiques. Le compteur d'eau et les débitmètres se composent de quatre éléments de base : (i) un capteur pour détecter le débit, (ii) un transducteur pour transmettre le signal de débit, (iii) un compteur pour suivre le volume total d'eau écoulé, et (iv) un indicateur pour afficher la lecture du compteur.

Les points suivants indiquent en quoi le compteur d'eau est différent du débitmètre : [19]

- (i) Il s'agit d'un compteur de quantité et non d'un débitmètre ;
- (ii) Un compteur d'eau est toujours spécifié avec deux précisions, à savoir une plage inférieure et une plage supérieure, alors qu'un débitmètre est spécifié avec une précision à une seule plage ;
- (iii) Les précisions de la plage supérieure et de la plage inférieure sont respectivement de 2 % et 5 % de la quantité réelle pour le compteur d'eau, alors qu'elles sont variables pour le débitmètre, c'est-à-dire $\pm 0,5$ % et ± 5 % selon les exigences du client ; et
- (iv) L'importance n'est pas accordée à la répétabilité et à la linéarité dans le cas du compteur d'eau, alors que l'importance est accordée dans le cas du débitmètre car la précision des performances du débitmètre est liée à la linéarité et à la répétabilité.

5.1.1 Dimensionnement des compteurs d'eau

Les dimensions nominales des compteurs d'eau domestiques varient de 15 mm à 50 mm et les compteurs d'eau en vrac mesurent 50 mm et plus. Le dimensionnement du compteur d'eau est effectué en tenant compte des directives données dans la norme indienne {IS 2401 : 1973} et {ISO 4064 Part-II : 2014}.

En général, les principales considérations sont les suivantes :

- (i) Le compteur d'eau doit être sélectionné en fonction du débit et ne doit pas nécessairement correspondre à la taille de la conduite principale ;
- (ii) Le débit maximum ne doit pas dépasser le maximum nominal ; de la taille du compteur sélectionné.
- (iii) Le débit minimum doit être plus proche du débit nominal ;
- (iv) Le débit minimum mesuré doit être compris dans le débit minimum démarrage du débit du compteur ;
- (v) Faible perte de charge, longue plage de débit de fonctionnement, moins encombrant et un compteur robuste doit être préféré.

5.1.2 Classement des compteurs d'eau

1. Les compteurs d'eau sont classés en fonction de l'usage pour lequel ils sont utilisés.

a. Compteur d'eau : mesure de la quantité d'eau pour la facturation

b. Débitmètre : mesure du débit et de la quantité d'eau pour la surveillance et la

gestion du système d'approvisionnement en eau.
 2. Les compteurs d'eau sont classés en fonction de la technologie de mesure utilisée, les plus courantes sont :

- Mécaniques
 - Compteur volumétrique, de calibres couverts (mm) : 15-60/65
 - Compteur à turbine à jet unique, de calibres couverts (mm) : 15-100

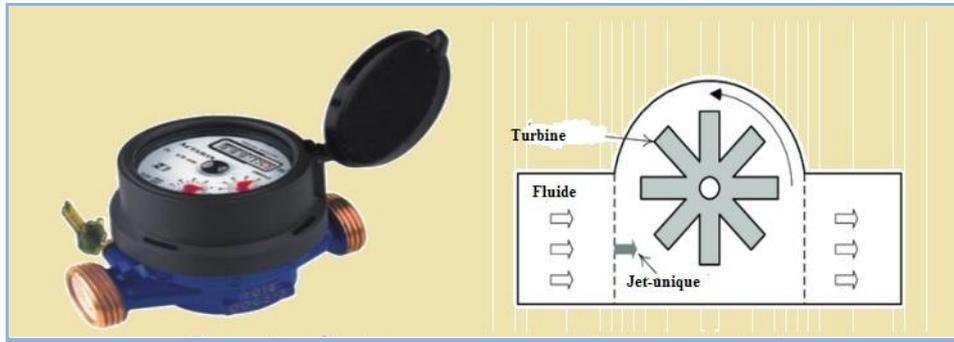


Figure 5.1 Compteur d'eau à jet unique et sa vue en coupe [19]

- Compteur à turbine à jets multiples, de calibres couverts (mm) : 40

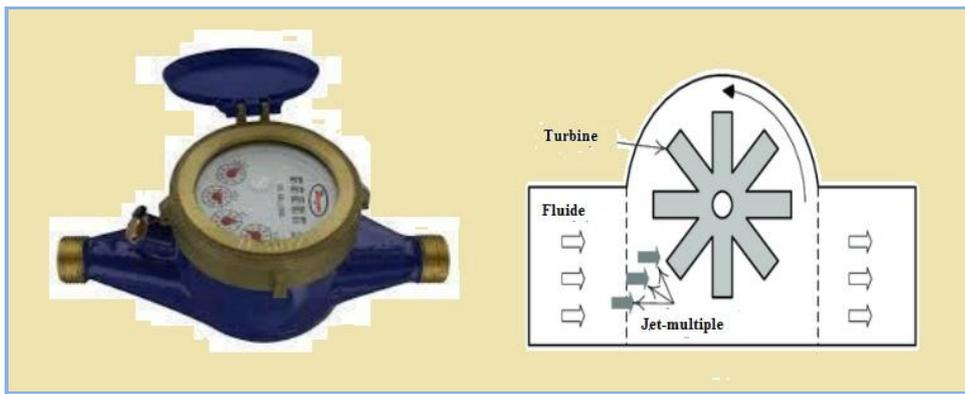


Figure 5.2 Compteur d'eau à jet- multiple et sa vue en coupe [19]

- Compteur Woltmann hélice verticale, de calibres couverts (mm) : 50-100
- Compteur Woltmann hélice axiale, de calibres couverts (mm) : 50-500

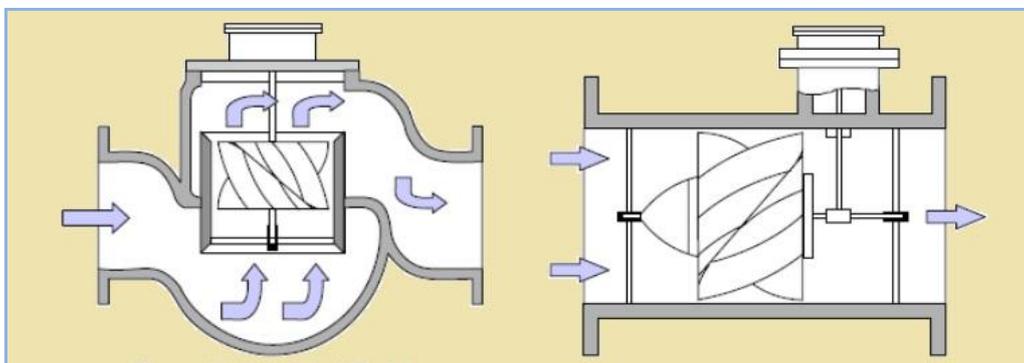


Figure 5.3 Compteur d'eau Woltmann hélices verticale et horizontale [19]

➤ Compteur combiné, de calibres couverts (mm) : 50-150

Compteur	DN _{compteur} (mm)	Branchement en tuyau PVC	Remarques	Echantillon
1° Cas : $Q \leq 800$ m ³ /jour				
Compteur classe C à turbine de type jet unique	50 surbridé DN 60	DN 75 mm	Le compteur électromagnétique autonome n'est pas utilisé actuellement, il est réservé uniquement à la sectorisation.	
	60- 65 surbridé DN 80	DN. 90 mm		
	80 surbridé DN 100	DN 110 mm		
	100	DN 160 mm		
	100 surbridé DN 150	DN 225 mm		
	150			
Compteur à hélice	200	DN315 mm		
2° Cas : $Q > 800$ m ³ /jour				
Compteur électromagnétique: <ul style="list-style-type: none"> • autonome, fonctionnant par piles • nécessitant un raccordement au réseau électrique. 				

Figure 5.4 Les fonctionnements des différents compteurs [19]

- Electromagnétique
 - Passage complet
 - Insertion
- Ultrasonique
 - Le débitmètre à ultrasons

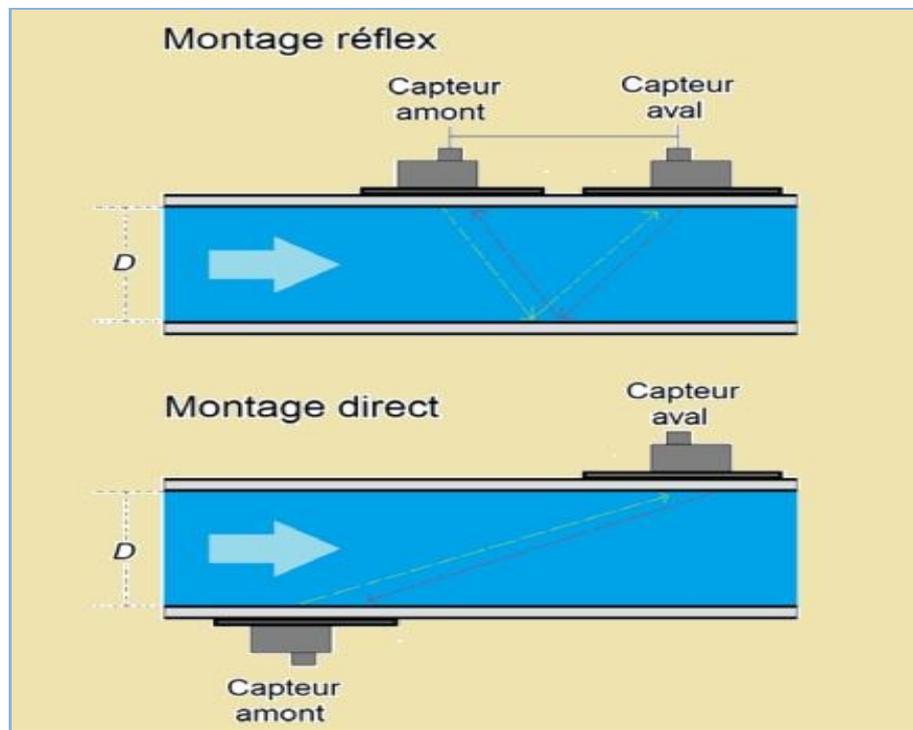


Figure 5.5 Types d'installations d'un débitmètre ultrasonique externe à temps de parcours (clamp-on) [20]



Figure 5.6 Compteur à ultrasonique (a) : DN15-DN40 et (b) : DN50-DN300 [19]

- Insertion
- Passage complet

Tableau 5.1 Classement des compteurs selon la CE [21]

Classe		$Q_n < 15\text{m}^3/\text{h}$	$Q_n > 15\text{m}^3/\text{h}$
A	Q_{\min}	$0.04 Q_n$	$0.08 Q_n$
	Q_t	$0.10 Q_n$	$0.30 Q_n$
B	Q_{\min}	$0.02 Q_n$	$0.03 Q_n$
	Q_t	$0.08 Q_n$	$0.20 Q_n$
C	Q_{\min}	$0.01 Q_n$	$0.006 Q_n$
	Q_t	$0.015 Q_n$	$0.015 Q_n$
	Q_n débit nominal	Q_t débit de transition	

3. Description détaillée des compteurs et des applications

Les compteurs mécaniques comportent des pièces mobiles qui détectent le débit, comme un piston ou une roue.

Ils constituent la grande majorité des compteurs utilisés dans les systèmes de distribution d'eau, notamment pour mesurer la consommation et la facturation au niveau domestique. Les compteurs électromagnétiques et ultrasoniques n'ont pas de pièces mobiles mais détectent le débit à travers le compteur à l'aide d'ondes électromagnétiques et d'ondes ultrasoniques, respectivement.

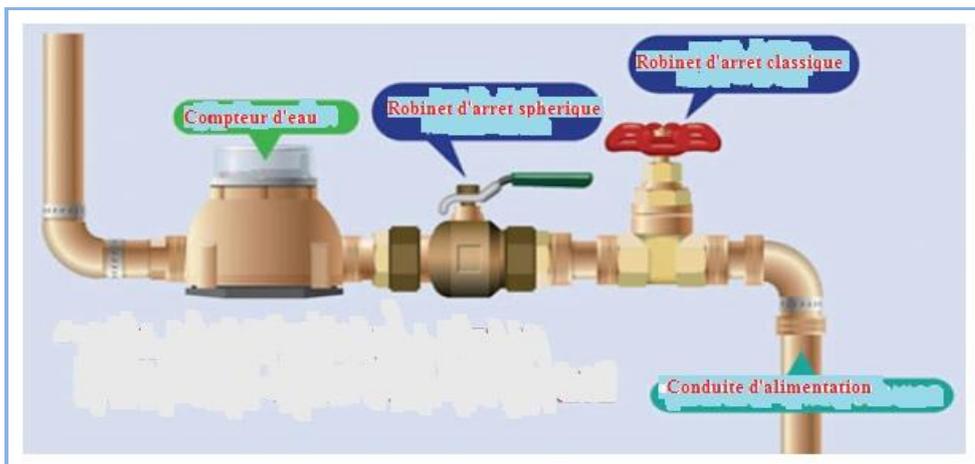


Figure 5.7 Mode d'installation d'un compteur d'eau domestique [21]

Les compteurs d'eau mécaniques tels que les compteurs à jet unique, à jets multiples, à piston et les compteurs électromagnétiques et à ultrasons sont utilisés à des fins domestiques. Le

diamètre préféré pour le comptage domestique est de 15 mm à 40 mm en fonction du débit vers le consommateur.

Les compteurs d'eau en vrac sont utilisés pour mesurer une consommation d'eau élevée à des fins de facturation/audit de l'eau par des consommateurs en vrac tels que des complexes commerciaux, des industries, etc. Généralement, les compteurs d'eau Woltman (type mécanique), les compteurs d'eau électromagnétiques et à ultrasons sont utilisés pour la mesure du débit du système.

5.2 Compteurs d'eau

5.2.1 Compteurs volumétriques

Le compteur d'eau est un appareil qui permet de mesurer la consommation d'eau d'une installation. Il en existe différents modèles et chacun présente ses propres avantages dans son utilisation quotidienne. Comme son nom l'indique, le compteur d'eau volumétrique permet de mesurer le volume d'eau qui passe par les canalisations. C'est le type de compteur le plus fiable et très précis.

Les compteurs volumétriques dont l'organe de mesure, un piston à mouvement rotatif, se déplace sous l'effet d'une différence de pression dans le dispositif refoulant périodiquement un volume déterminé d'eau. Le nombre de refoulements donne donc une mesure du volume d'eau écoulé.

Les compteurs de volume sont les plus sensibles (un compteur de 15mm a un débit de démarrage de 1l/h environ) mais ils peuvent être détériorés par des coups de bélier ou des accumulations d'impuretés ; ils ne doivent être employés qu'avec de l'eau parfaitement claire.

Le montage peut s'effectuer indifféremment sur une conduite horizontale, verticale ou oblique. La position du compteur n'influence pas sa classe C (position horizontale) et de classe B pour toute position.

- Dimensionnement : de classe C. DN (15, 20 30 et 40) mm.

5.2.1.1 Fonctionnement

A l'inverse du compteur d'eau à turbine qui calcule la vitesse du débit d'eau, le compteur volumétrique mesure le volume d'eau qui passe par les canalisations, c'est à dire le volume d'eau potable consommé par les différentes installations. L'eau qui arrive au compteur passe par un cylindre qui bascule pour alimenter le réseau particulier. A chaque rotation du cylindre correspond un certain volume d'eau et permet ainsi de comptabiliser le volume d'eau consommé. Le compteur d'eau volumétrique présente de nombreux avantages et vous apporte un certain confort dans son utilisation. Vous apprécierez tout particulièrement le fait qu'il puisse être installé à l'horizontale ou à la verticale sans perdre en précision. Cette précision fait de lui un précieux allié pour enregistrer les faibles débits et donc détecter une éventuelle fuite d'eau.

5.2.2 Compteurs de vitesse

Les compteurs de vitesse dont l'organe mesurant est un rotor (turbine ou hélice) qui tourne sous l'effet de la poussée hydrodynamique de l'eau qui y transite. Le principe de mesure est la proportionnalité entre la vitesse angulaire du rotor et le débit de l'eau. C'est le nombre de tours du rotor sur une période de temps donnée qui indique le débit intégré, c'est-à-dire le volume d'eau écoulé.

Leur sensibilité est moins bonne que celle des compteurs volumétriques (un compteur de 15mm à un débit de démarrage de 3l/h environ) mais leur détérioration est moins fréquente. Ils sont insensibles aux coups de bélier et les impuretés les traversent plus aisément. Ils doivent

obligatoirement être posés à l'horizontale. En effet, ils perdent au moins une classe de mesure s'ils ne sont pas horizontaux (un compteur de classe C devient de facto au mieux un compteur de classe B).

- Dimensionnement : de classe C de turbine de type jet unique. DN (30 et 40) mm.

5.2.3 Etalonnage et entretien des compteurs

Les compteurs sont des instruments de mesure de précision, et l'on sait combien la métrologie est un facteur important dans les démarches d'assurance qualité. Les compteurs neufs font l'objet de vérifications draconiennes, mais si le zéro défaut est bien l'objectif, on sait qu'il ne peut être atteint de 100%. De plus, dès que le compteur est posé, il n'est plus neuf et les risques d'anomalies augmentent. A mesure qu'il vieillit, le compteur évolue. Les principales anomalies rencontrées sont : blocage du compteur, sous comptage, problème de lecture et, parfois, saut d'un ou plusieurs crans d'un roulant (qui passe par exemple de 200 à 400 500m³). Il faut donc étalonner et entretenir les compteurs.

5.3 Débitmètres électromagnétiques

5.3.1 Définitions

Les compteurs d'eau électromagnétiques ou Magflow fonctionnent selon le principe de l'électromagnétisme, appelé loi d'induction de Faraday, pour mesurer la vitesse de l'eau qui le traverse. Dans un compteur électromagnétique, un champ magnétique est créé à travers la tuyau. Lorsque l'eau, qui est un conducteur électrique, se déplace à travers le champ magnétique, une tension est induite et détectée par les électrodes situées dans le corps du compteur. La tension est directement proportionnelle à la vitesse d'écoulement, ce qui permet de calculer le débit.

La tension est mesurée par deux électrodes placées perpendiculairement au champ magnétique. La mesure du capteur est transmise via un signal électrique à un compteur électronique, qui convertit les lectures de vitesse en volume. Le volume de consommation et/ou le débit est normalement affiché sur un écran LCD, mais peut également être obtenu sous forme de signal électronique vers un système de télémétrie ou un enregistreur de débit.

Les compteurs électromagnétiques sont précis dans leur plage de mesure. Les débitmètres électromagnétiques ont généralement une précision comprise entre 0,3 m/s et 10 m/s et leur précision est normalement indiquée comme la somme du pourcentage de la lecture et pourcentage de la valeur à pleine échelle. La plupart des débitmètres électromagnétiques sont configurés pour une plage de vitesse d'écoulement fixe, généralement comprise entre 0,5 m/s et 10 m/s. Ce compteur ne peut que mesurer le débit dans la plage de vitesse définie, il est donc important de sélectionner le compteur approprié pour une situation donnée.

5.3.2 Avantage du compteur électromagnétique

- Aucune obstruction à l'écoulement ;
- Aucune perte de pression ;
- Aucune pièce mobile sujette à l'usure, donc peu d'entretien
- Très précis et insensible aux variations de densité, de pression, de viscosité ou de température du fluide ;
- Mesure uniquement l'eau, pas l'air ;
- Aucune dérive de précision au cours de la durée de vie du produit ;
- Corps composite, non sujette au vol ;

- Très bon faible débit ; et
- Durée de vie du compteur supérieure à 10 ans Compteurs de classe D de métrologie R800.
- Pas besoin de crépines ou de bacs à poussière.

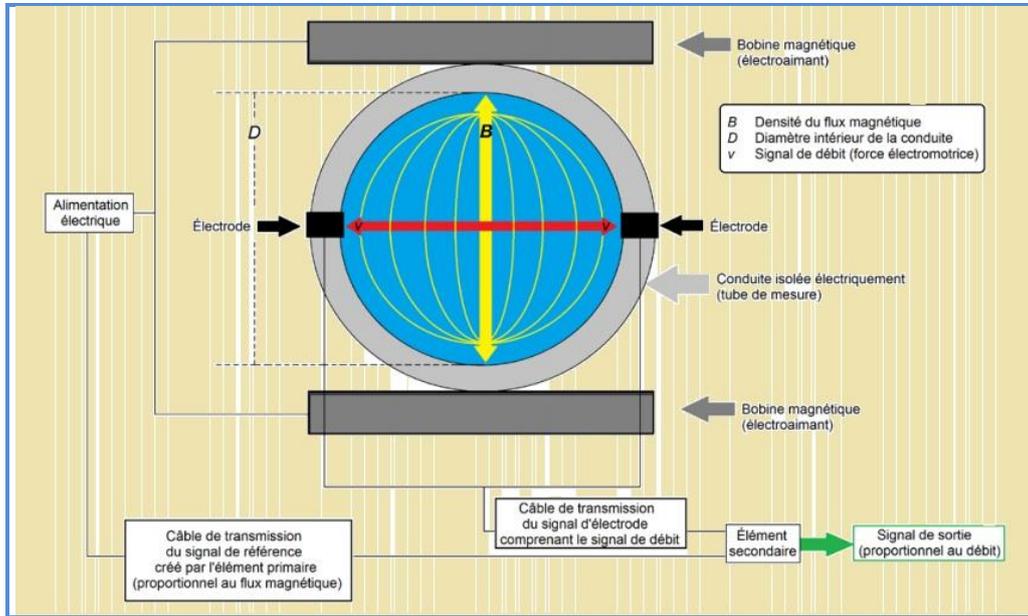


Figure 5.8 Coupe transversale et fonctionnement d'un débitmètre électromagnétique non intrusif [20]

Bibliographie.

Chapitre 1

- [1] Tuyaux pour l'adduction de l'eau potable : fonte ductile, pe, pvc-u SAINTE-GOBAIN PIPE SYSTEMS.
- [2] SPREAD, l'eau en mouvement)
- [3] www.materiaux-simc.fr
- [4] www.materiaux-simc.fr
- [5] Caractéristiques, fabrication, stockage, transport ; Tuyaux en Fonte
- [6] Guide technique VEOLIA Environnement (année 2009) **Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau** », Fascicule 71 (Avril 2003).
- [7] GUIDE TECHNIQUE EAU. 2009, **VEOLIA ENVIRONNEMENT**.
- [8] Guide technique VEOLIA Environnement (année 2009), **Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau** », Fascicule 71 (Avril 2003).
- [9] Extrait du référentiel technique national EPA, République d'Haïti : Fascicule technique/ directives techniques/ etc. 2.5.1 DIT1 (projet DINEPA OIEau-UNICEF 2012/2013).
- [10] Avantages d'un robinet à papillon (www.larobinetique.fr).
- [11] HOBAS : Mise en œuvre des tuyaux PRV par méthodes sans tranchées pour des réseaux d'égouts et d'eau potable neufs. Philippe FISCHER Vice-président développement et stratégie HOBAS Québec.
- [12] **SUPERLIT** : GUIDE DE MONTAGE DES TUYAUX EN POLYESTER RENFORCE DE FIBRE DE VERRE (PRV) ET PIECES DE RACCORD.

Chapitre 2

- [13] La maîtrise de la distribution de l'eau, **Socla sas**, <http://www.socla.com>

Chapitre 3

- [14] DINEPA, Direction Nationale de l'Eau Potable se de l'Assainissement Fiche technique – Equipements de fontainerie REPUBLIQUE D'HAÏTI, version jeudi 12 septembre 2013.
- [15] Engineering Manuel. Section 1 : Air Valves pp. 4-34 Val-Matic Valve and Manufacturing Corp. 905 Riverside Drive, Elmhurst, IL 60126 www.valmatic.com.
- [16] Instrumentation CIRA. Vannes de régulation, 2005/2006
- [17] **CPH HYDRAULIQUE**: est une entreprise algérienne active depuis 1985, dans les études et les solutions techniques hydrauliques.
- [18] DINEPA, Direction Nationale de l'Eau Potable se de l'Assainissement Fiche technique – Equipements de fontainerie REPUBLIQUE D'HAÏTI, version jeudi 12 septembre 2013.
- [19] Part A: Engineering Design, Water Meters,-Chapter 13. pp (1-55)
- [20] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Cahier 7 Méthodes de mesure du débit, 3^e Edition, l'adresse suivante : www.ceaeq.gouv.qc.ca
- [21] Techniques de l'Ingénieur, traite Construction-Adduction et Distribution d'Eau C5 195-29.