



Département : Hydraulique

Polycopié pédagogique

Dossier numéro (à remplir par l'administration) :

Titre

Technologie des conduites et équipements des réseaux

Cours destiné aux étudiants de

Licence (spécialité et niveau) : Hydraulique

Année : 2023 / 2024

PRÉFACE

PRÉFACE

En tant qu'introduction à ce cours crucial de Technologie des conduites et équipements des réseaux, permettez-moi de souligner l'importance capitale de ce domaine dans notre société moderne. Ce cours constitue une exploration profonde et indispensable des composants fondamentaux qui composent les réseaux hydrauliques, des conduites d'eau aux équipements de régulation, et de leur rôle vital dans la distribution efficace et sécurisée des ressources hydriques.

Les réseaux de distribution d'eau représentent l'infrastructure essentielle sur laquelle repose notre vie quotidienne. Comprendre les technologies qui sous-tendent ces réseaux, ainsi que les équipements qui les composent, est donc crucial pour garantir un approvisionnement en eau fiable, sûr et durable à travers les villes et les communautés.

Ce cours vise à plonger les étudiants dans le monde complexe des conduites et équipements des réseaux, en mettant l'accent sur les principes techniques, les innovations, les meilleures pratiques de conception et de maintenance, ainsi que sur les défis actuels et futurs rencontrés dans ce domaine.

En explorant en détail les différentes technologies de canalisations, les procédés de régulation de la pression, les équipements de mesure et de contrôle, ce cours offre une perspective complète sur la manière dont ces éléments interagissent pour assurer la distribution efficace et durable de l'eau.

Au-delà des aspects techniques, ce cours encourage également une réflexion sur l'importance de la durabilité, de la gestion efficace des ressources et de l'innovation technologique dans la conception et l'exploitation des réseaux hydrauliques.

En somme, ce cours de Technologie des conduites et équipements des réseaux s'adresse à tous ceux qui aspirent à comprendre les rouages essentiels des infrastructures de distribution d'eau modernes. Il offre une base solide de connaissances et de compétences nécessaires pour contribuer à l'amélioration continue, à la résilience et à la durabilité des réseaux hydrauliques qui sont au cœur de nos sociétés contemporaines.

TABLE DES MATIERES

PRÉFACE	
INTRODUCTION GENERALE	I
CHAPITRE 1 : NATURE DES CANALISATIONS	
Introduction.....	1
1. Composants d'un réseau d'eau.....	2
1.1. Constraintes techniques et réglementaires.....	3
1.1.1. <i>Contraintes techniques</i>	3
1.1.2. <i>Contraintes physiques</i>	3
1.1.3. <i>Comportement hydraulique</i>	3
1.1.4. <i>Contraintes chimiques</i>	3
1.1.5. <i>Contraintes biologiques</i>	3
1.2. constraintes relative a la partie extérieure des conduites	4
1.2.1. <i>Contraintes chimiques</i>	4
1.2.2. <i>Contraintes chimiques</i>	4
1.2.3. <i>Contraintes électriques</i>	4
1.2.4. <i>Contraintes réglementaires</i>	4
II. TUYAUX ET RACCORDS	4
II.1. Tuyaux en Fonte ductile et fonte grise.....	4
II.1.1 <i>Tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600</i>	4
II.1.2 <i>Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000</i>	5
II.1.3. <i>Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700</i>	5
III. Tuyau Béton précontraint.....	14
III.1. <i>Tuyau en béton précontraint sans âme tôle</i>	15
III.2. <i>Tuyau en béton précontraint avec âme tôle</i>	15
III.3. <i>Assemblages des tuyaux en béton précontraint</i>	15
IV. Tuyau Acier	16
IV.1. Assemblages des tuyaux en acier	17
V. Tuyau en polychlorures de vinyle non plastifié PVC-U et raccords.....	18
V.1. <i>Caractéristiques générales du tuyau "PVC"</i>	18
VI. Tube en polyéthylène PEHD	18
VI.1. <i>Caractéristiques</i>	19

VII. Conditionnement et stockage des tuyaux.....	20
XI. Transport des tuyaux.....	21
CONCLUSION	24
CHAPITRE II. PIECES SPECIALES ET ROBINETTERIE	
INTRODUCTION	1
1. Robinet -Vanne a opercule.....	2
1.1. <i>Les spécifications techniques particulières d'une vanne à opercule</i>	2
1.2. <i>Avantages et inconvénients d'un robinet à opercule</i>	2
2. Vanne à papillon	4
2.1. <i>Avantages et inconvénients d'un robinet à papillon</i>	5
3. Coudes, Tés, Réductions	5
4. Comment choisir ses raccords à souder	7
CONCLUSION	9
CHAPITRE 3 : EQUIPEMENTS DE PROTECTION DES RESEAUX	
INTRODUCTION	1
1. Ventouses, Purgeurs, Van-Air	2
1.1. <i>Les purgeurs</i>	2
1.2. <i>Les Ventouses</i>	4
2. Clapets de retenue.....	7
CONCLUSION	8
CHAPITRE4 : EQUIPEMENT DE REGULATION	
1. INTRODUCTION	1
2. Vannes de régulation hydraulique.....	2
1.1. <i>Régulation de pression aval</i>	2
1.2. <i>Régulation de pression amont</i>	2
1.3. <i>Régulation de pression amont par vanne de décharge</i>	2
1.4. <i>Limiteur de débit</i>	3
1.5. <i>Remplissage de réservoir par régulation de niveau tout ou rien avec flotteur mécanique</i>	3
1.6. <i>Remplissage de réservoir par maintien de niveau avec pilote altimétrique hydraulique</i>	3

3.	Dimensionnement.....	5
4.	Détermination des paramètres de fonctionnement.....	6
4.1.	<i>Définition des débits transitant.....</i>	6
4.2.	<i>Détermination de ces valeurs.....</i>	6
4.3.	<i>Estimation du débit minimum.....</i>	6
4.4.	<i>Estimation du débit maximum</i>	7
4.5.	<i>Estimation du débit exceptionnel.....</i>	7
5.	Régulateurs et stabilisateur	8
5.1.	<i>Le Régulateur.....</i>	8
5.2.	<i>Le Stabilisateur.....</i>	8
5.3.	<i>Points communs entre les deux types d'appareils.....</i>	9
5.4.	<i>Différences entre ces deux types d'appareils</i>	10
6.	CONCLUSION	11

CHAPITRE V. EQUIPEMENTS DE MESURE

1.	INTRODUCTION	1
2.	Généralités.....	2
3.	Compteurs.....	2
3.1.	<i>Différents types.....</i>	2
3.2.	<i>Classement des compteurs.....</i>	3
4.	Problème du décomptage.....	4
5.	Compteurs de volume.....	5
6.	Compteurs de vitesse.....	6
7.	Compteurs à hélice (Woltmann).....	7
8.	Compteurs combinés.....	9
9.	Détermination du rendement.....	10
9.1.	<i>Comptage à l'amont.....</i>	10
9.2.	<i>Principe du débitmètre électromagnétique.....</i>	10
10.	CONCLUSION.....	11
	CONCLUSION GENERALE	II

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Les propriétés chimiques de la Fonte ductile et fonte grise.....	4
Tableau 2. Fiche technique des tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600	7
Tableau 3. Fiche technique des Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000.....	10
Tableau 4. Fiche technique des Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700.....	13
Tableau 5. Exemples d'utilisation des Coudes, Tés, Réductions	42
Tableau 6. Classement des compteurs selon la CE.....	74

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 1 : NATURE DES CANALISATIONS

Figure 1. Tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600	5
Figure 2. Revêtement extérieur des tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600.....	5
Figure 3. Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000.....	8
Figure 4. Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700.....	11
Figure 5. Revêtement intérieur des tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700.....	12
Fig.06 : Tuyau en béton précontraint sans âme tôle	14
Fig.07 : Assemblages des tuyaux en béton précontraint	16
Fig.08 : Assemblages des tuyaux en acier	17
Fig.09 : Tube en polyéthylène PEHD.....	19
Fig.10 : Assemblage des tuyaux en PEHD.....	20
Fig.11 : Conditionnement et stockage des tuyaux.....	21
Fig.12 : Transport des tuyaux	23

Chapitre II. Pièces spéciales et robinetterie

Fig.01 : Vanne à opercule	1
Fig.02 : Vanne à papillon.....	4
Fig.03 : Coudes, Tés, Réductions	7

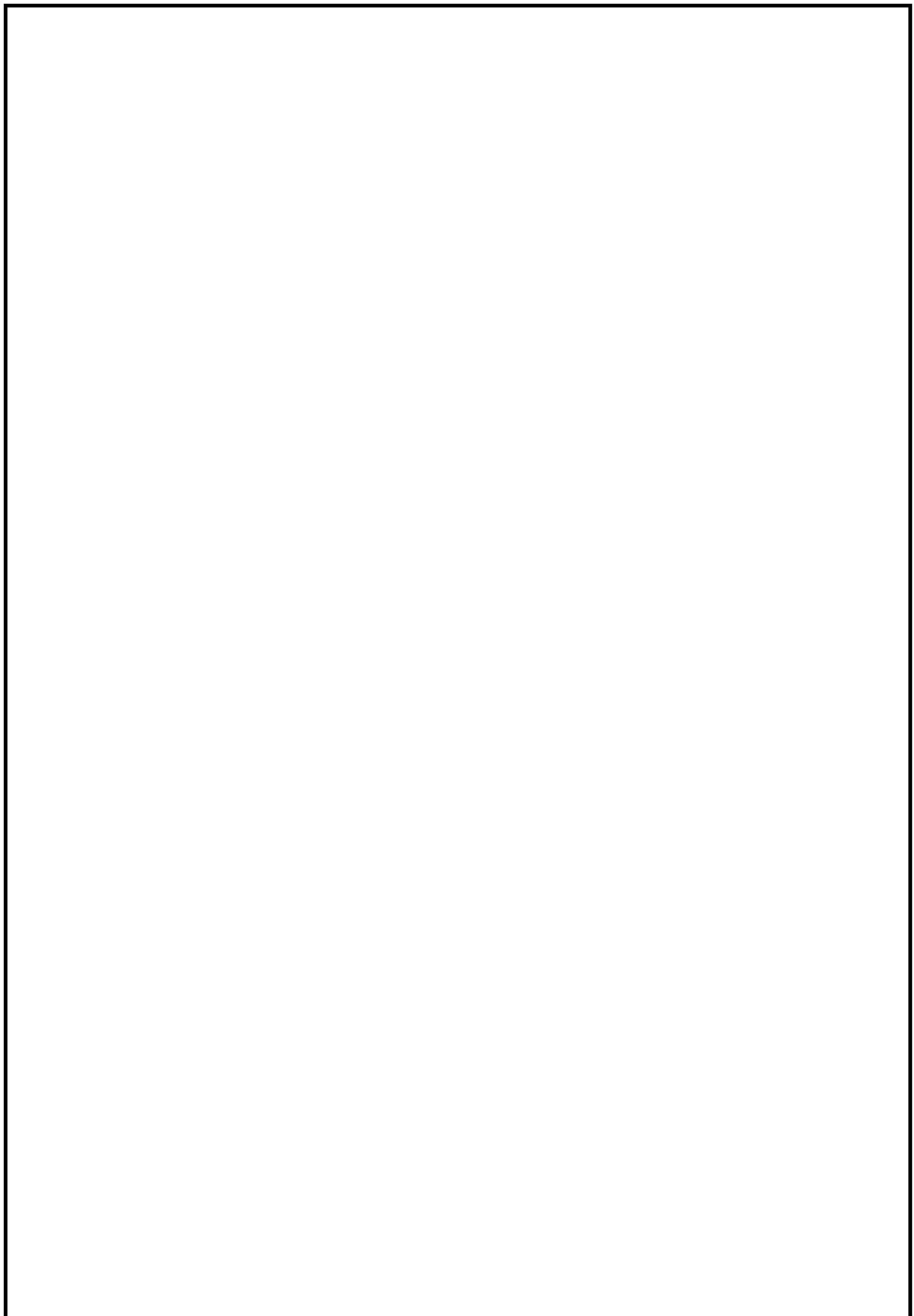
CHAPITRE 3. Equipements de protection des réseaux

Fig.01.a Ventouses à trois fonctions (purge des poches, entrée rapide d'aire, sortie rapide d'air).....	6
Fig. 01.b : Ventouses à fonction unique (évacuation des poches d'aire).....	6
Fig.02 : Clapets de retenue.....	8

Chapitre V. Equipements de mesure

Fig.1 – Différentes technologies de compteurs	3
Fig2 – Différents types de totalisateurs.....	3
Fig. 03 – Compteur volumétrique.....	5
Fig.4 – Compteur de vitesse	6
Fig.5 – Compteur Woltmann à hélice verticale.....	7
Fig. 6 – Compteur Woltmann à hélice axiale.....	8
Fig. 7 – Commutateur de compteur combiné.....	9
Fig. 8 – Principe du débitmètre électromagnétique.....	10

INTRODUCTION GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

Le cours de Technologie des conduites et équipements des réseaux constitue une exploration approfondie des principes fondamentaux, des composants et des systèmes qui composent les réseaux de distribution d'eau et d'autres réseaux hydrauliques. Ce cours vise à fournir une compréhension approfondie des technologies et des équipements utilisés dans la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance des infrastructures de distribution d'eau.

Au cœur de ce cours se trouvent les conduites, les canalisations et une gamme d'équipements essentiels qui garantissent le bon fonctionnement des réseaux hydrauliques. Il aborde également les différentes technologies et techniques utilisées pour contrôler, surveiller et réguler les paramètres hydrauliques, tels que le débit, la pression, la qualité de l'eau et d'autres variables pertinentes.

Ce cours offre une perspective pratique sur la sélection, l'installation et l'utilisation appropriée des équipements de distribution d'eau, des vannes aux régulateurs de pression en passant par les pompes, les clapets de retenue et les dispositifs de mesure. Il met l'accent sur les normes de qualité, la durabilité des infrastructures, ainsi que sur les bonnes pratiques en matière de gestion et de maintenance des réseaux hydrauliques.

En combinant des concepts théoriques avec des applications pratiques, ce cours vise à fournir aux étudiants une base solide de connaissances pour comprendre, analyser et résoudre des problèmes liés aux réseaux de distribution d'eau, tout en mettant l'accent sur les avancées technologiques et les innovations dans le domaine.

Au fil de ce parcours éducatif, les étudiants auront l'opportunité d'explorer les défis actuels et futurs auxquels sont confrontés les réseaux hydrauliques, ainsi que les solutions innovantes visant à améliorer l'efficacité, la durabilité et la résilience de ces infrastructures essentielles pour nos sociétés modernes.

Chapitre 1 : Nature des canalisations

1. INTRODUCTION

Les canalisations jouent un rôle fondamental dans la distribution et le transport de l'eau, assurant un approvisionnement fiable en eau potable et en eau utilisée dans divers domaines tels que l'industrie, l'agriculture, et les services municipaux. La nature des canalisations d'un réseau d'eau revêt une importance capitale pour garantir un fonctionnement efficace et durable de ce réseau.

La sélection des matériaux pour les canalisations est cruciale, car elle détermine la résistance, la durabilité, la qualité de l'eau distribuée et l'entretien requis pour maintenir le système en bon état. Les diverses options de matériaux, tels que la fonte ductile, le PVC, le polyéthylène, le cuivre, l'acier et les matériaux composites, offrent des caractéristiques spécifiques adaptées à différentes conditions et applications.

Les canalisations en fonte ductile, par exemple, sont réputées pour leur résistance à la corrosion et leur durabilité, en faisant un choix privilégié pour les réseaux d'eau potable. Le PVC, quant à lui, est largement utilisé pour sa légèreté, sa facilité d'installation et sa résistance chimique, particulièrement dans les réseaux d'assainissement et d'eau potable.

Outre la sélection des matériaux, d'autres facteurs entrent en jeu, tels que la pression de l'eau, la topographie du terrain, les conditions environnementales locales, les exigences de débit et la qualité de l'eau. Ces éléments influencent le dimensionnement, la disposition et la maintenance du réseau de canalisations.

En outre, la durabilité environnementale des matériaux utilisés est devenue une préoccupation majeure, incitant à privilégier des matériaux recyclables, à faible empreinte carbone et résilients aux changements climatiques.

En somme, la nature des canalisations dans un réseau d'eau est le fruit d'une sélection minutieuse des matériaux et de la conception du système pour répondre aux exigences spécifiques de la distribution d'eau, tout en assurant l'efficacité opérationnelle, la sécurité sanitaire et la pérennité du réseau.

2. Composants d'un réseau d'eau

Aucun composant du réseau en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine ne doit altérer les caractéristiques physiques, chimiques, bactériologiques et organoleptiques de l'eau. Si le contact de l'eau avec les composants se produit à travers une protection, celle-ci comme le matériel protégé du composant doivent respecter les critères d'alimentarité (Diallo;2010).

2.1. Contraintes techniques et réglementaires

2.1.1. Contraintes techniques

Les **contraintes concernant la partie intérieure de la conduite** sont d'ordre : physique, chimique et biologique.

2.1.2. Contraintes physiques

Pressions relativement élevées, jusqu'à 16 bar pour des canalisations standardisées.

2.1.3. Comportement hydraulique :

On entend par là la facilité d'écoulement de l'eau. Celle-ci peut être obtenue par la nature même du produit constituant la structure du tuyau, ou par des revêtements internes le plus souvent en mortier de ciment, voire en résine époxy. On obtient ainsi des coefficients de rugosité faibles, ce qui entraîne des pertes de charge minimisées et des dépenses énergétiques optimisées, en pompage notamment. Avec certaines eaux, mal débarrassées des matières en suspension ou de nature incrustante, cette rugosité peut faciliter avec le temps des dépôts allant jusqu'à une obstruction quasi totale de la section du tuyau (Frat, 2020).

2.1.4. Contraintes chimiques

Les revêtements précédents, comme les natures inertes de certains tuyaux, ont également pour but de limiter les phénomènes de corrosion induits par la qualité de certaines eaux véhiculées (pH acide, faible pouvoir tampon...). Cette optimisation chimique évite certains dépôts sanitaires indésirables ainsi que la formation de couche interne rugueuse (Bougon, & Ferréol, 2011).

2.1.5. *Contraintes biologiques*

La nature de la couche interne ne doit pas faciliter les développements ou reviviscences de micro-organismes susceptibles d'être pathogènes.

2.2. Contraintes relative a la partie extérieure des conduites:

2.2.1. *Contraintes chimiques:*

La nature des terrains et en particulier leur humidité et leur agressivité, sont des facteurs de corrosion (Nguyen, 2012) ;

2.2.2. *Contraintes mécaniques:*

La stabilité des terrains, les variations brusques de température, les poinçonnements accidentels, les vibrations, etc., sont des facteurs de casse. L'épaisseur des conduites en fonction du matériau constitutif répond également à des contraintes mécaniques, en particulier de pression et de dépression éventuelles ;

2.2.3. *Contraintes électriques:*

Selon les types de conduites, cette contrainte concerne plus ou moins directement l'extérieur du tuyau ; les courants dits « vagabonds » rencontrés dans les sols ont des origines très diverses : courants telluriques un peu mystérieux, courants liés à des protections cathodiques de tiers, courants liés à des rails, etc.

2.2.4. *Contraintes réglementaires*

Les canalisations utilisées pour la distribution de l'eau potable doivent satisfaire à des contraintes réglementaires liées essentiellement à la nature alimentaire du produit véhiculé : « les matériaux utilisés dans les systèmes de production ou de distribution et qui sont au contact de l'eau destinée à la consommation humaine ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau ».

II. TUYAUX ET RACCORDS :

Les tuyaux sont unis successivement avec l'intercalation d'autres éléments qui permettent l'installation et l'exploitation d'un système facile et économique. Le système employé pour la jonction des tuyaux entre eux, dépend du matériau de base. La jonction peut être effectuée au moyen de : joint, éléments électro soudables et soudures. Comme pour les joints, les accessoires et les pièces spéciales dépendent aussi du matériau de base de la conduite. Pour les différents matériaux considérés

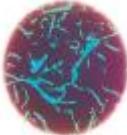
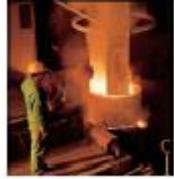
dans la suite, Il est indispensable de connaître les étapes de conception et processus de fabrication ainsi que les caractéristiques de chacun de leurs composants : Normes, Certifications, recommandations d'installation, contrôles de qualité et essais effectués à l'usine. Dans l'objectif de normalisation, de maintenance, etc., les matériaux admis dans la conception et la construction des réseaux d'alimentation en eau potable sont ceux exposés ci-après (Ajuste, Berland, & Celerier 2004).

II.1 Tuyaux en Fonte ductile et fonte grise

L'ajout d'une certaine quantité de magnésium à la fonte grise provoque la cristallisation du carbone sous forme de sphères également appelées 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. (Marchal, 1975). La fonte ductile présente les propriétés mécaniques suivantes :

- Une élasticité de Re (limite élastique) ≥ 270 Mpa (Méga pascal)
- Une résistance à la traction de Rm ≥ 420 Mpa (Méga pascal)
- Une excellente résistance aux chocs une capacité importante d'allongement supérieure 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 (Miloudi, Tis, & Elmohri, 2022).

Tab.01 : Les propriétés chimiques de la Fonte ductile et fonte grise

Dans la fonte grise, le carbone se présente sous forme de lamelles qui rendent ce matériau cassant. 	La cristallisation du graphite sous forme de sphères est due à l'introduction de magnésium dans une fonte de base d'excellente qualité. 	Dans la fonte ductile, les particules de graphite apparaissent comme de petites sphères qui éliminent tout risque de propagation des ruptures. Elle est « ductile » et résistante. 
--	--	---

II.1.1 Tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600

Grâce à sa durabilité et à son coefficient de sécurité élevé, la fonte ductile a démontré depuis plusieurs dizaines d'années son adaptabilité à tous les types de terrains. Se basant sur des études poussées ainsi que sur sa connaissance approfondie des interactions souterraines et sa compétence au niveau des alliages. La protection des tuyaux NATURAL est compatible avec plus de 95% des terrains communément rencontrés et dispense des études de sols systématiques. La canalisation peut traverser sans risque des terrains corrosifs sans nécessiter de protection complémentaire, ce qui simplifie la gestion des stocks des canalisations.

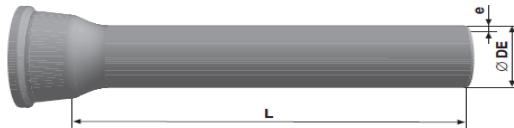


Fig.01 : Tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600

II.1.1.1. Revêtement extérieur

Le revêtement extérieur des tuyaux dit (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.

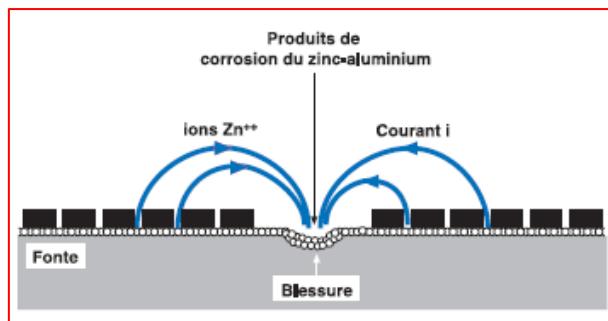


Fig.02 : Revêtement extérieur des tuyaux en fonte ductile, DN 60 - 600

II.1.1.2. Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliqué par centrifugation assurant : Une excellente condition d'écoulement hydraulique, le maintien de la qualité de l'eau potable transportée, une protection efficace de la paroi du tuyau.

II.1.1.3. Fiche technique des tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600

Matériau :

Matériau : Fonte ductile conformément aux normes et spécifications en vigueur (par exemple, EN 545, ISO 2531).

Revêtement extérieur : Revêtement protecteur externe en zinc, bitume ou polyéthylène.

Revêtement intérieur : Revêtement interne en ciment ou résine époxy pour résister à la corrosion et améliorer le flux hydraulique.

Caractéristiques principales :

Résistance à la pression : Conçu pour résister à des pressions nominales allant jusqu'à [indiquer la pression nominale en bars ou Méga pascals (MPa)].

Joint : Joints flexibles en caoutchouc pour une installation étanche et fiable.

Compatibilité : Convient pour le transport d'eau potable, d'eaux usées, d'eaux pluviales, etc.

Longévité : Durée de vie utile estimée de plus de [indiquer la durée de vie approximative] sous des conditions d'utilisation normales.

Plage de Dimensions :

Diamètres nominaux (DN) : De 60 mm à 600 mm (d'autres diamètres peuvent être disponibles selon les fabricants).

Longueur standard : Généralement disponibles en longueurs standard de [indiquer la longueur standard] pour une manipulation et une installation aisées.

Avantage :

Résistance : Grande résistance aux charges externes et à la pression interne.

Durabilité : Longue durée de vie et faible entretien requis.

Flexibilité : Capacité de résister à des conditions de sol variables et à des mouvements du sol.

Applications :

Réseaux d'eau potable : Distribution d'eau potable pour les municipalités, les villes, les zones résidentielles, etc.

Assainissement : Évacuation des eaux usées et pluviales.

Applications industrielles : Utilisation dans les installations industrielles pour le transport de fluides divers.

Normes de Qualité :

Conformité : Conforme aux normes nationales et internationales en matière de qualité des tuyaux en fonte ductile.

Tab.02 : Fiche technique des tuyaux en fonte ductile, DN 60 – 600

DN mm	L m	DE mm	é 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

II.1.2 Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 - 2000

Les tuyaux classiques revêtus extérieurement de zinc et d'une couche de peinture bitumineuse ont prouvé leur efficacité pendant de nombreuses années. Ils offrent la solution pour les grands diamètres. Ces tuyaux sont principalement utilisés pour des applications dans le domaine de l'eau potable.

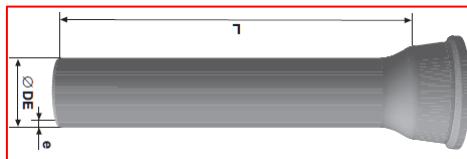
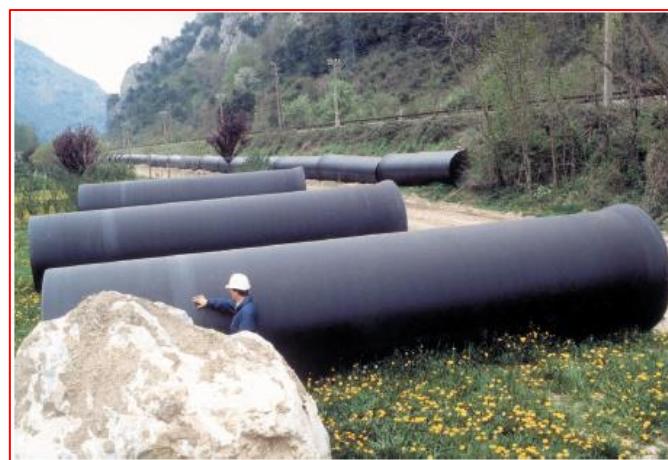


Fig.03: Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000

II.1.2.1. Revêtement extérieur

Le revêtement Zinc est constitué d'une couche de zinc métallique de minimum 200 g/m² appliquée par projection, ce qui représente une amélioration de 50 % par rapport aux exigences de la norme **NBN EN 545**. Il s'agit d'une protection active grâce à l'action galvanique de la pile fer-zinc.

D'une couche de finition de peinture bitumineuse. En contact du terrain environnant, le zinc se transforme lentement en une couche protectrice dense, adhérente, imperméable et continue de sels de zinc insolubles. Le bouche-pores favorise la formation d'une couche stable et insoluble. Des mesures peuvent être effectuées in situ pour déterminer la protection adéquate.

II.1.2.2. 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 (SIMC Catalogue).

II.1.2.3. Fiche technique des Tuyaux en fonte ductile, Zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000

Matériau :

Matériau : Fonte ductile conforme aux normes et spécifications en vigueur (par exemple, EN 545, ISO 2531).

Revêtement extérieur : Revêtement protecteur externe en zinc métallique, suivi d'une couche de peinture bitumineuse.

Caractéristiques principales :

Résistance à la pression : Conçu pour résister à des pressions nominales allant jusqu'à [indiquer la pression nominale en bars ou Méga pascals (MPa)].

Joint : Joints flexibles en caoutchouc pour une installation étanche et fiable.

Revêtement externe : Revêtement en zinc pour une meilleure résistance à la corrosion, suivi d'une couche de peinture bitumineuse pour une protection supplémentaire contre la corrosion et les dommages extérieurs.

Plage de Dimensions :

Diamètres nominaux (DN) : De 60 mm à 2000 mm (d'autres diamètres peuvent être disponibles selon les fabricants).

Longueur standard : Généralement disponibles en longueurs standard de [indiquer la longueur standard] pour une manipulation et une installation aisées.

Avantage :

Protection anticorrosion : Revêtements zinc et peinture bitumineuse offrant une excellente protection contre la corrosion externe.

Résistance : Grande résistance aux charges externes et à la pression interne.

Durabilité : Longue durée de vie et faible entretien requis.

Flexibilité : Capacité de résister à des conditions de sol variables et à des mouvements du sol.

Applications :

Réseaux d'eau potable : Distribution d'eau potable pour les municipalités, les villes, les zones résidentielles, etc.

Assainissement : Évacuation des eaux usées et pluviales.

Applications industrielles : Utilisation dans les installations industrielles pour le transport de fluides divers.

Normes de Qualité :

Conformité : Conforme aux normes nationales et internationales en matière de qualité des tuyaux en fonte ductile avec revêtement zinc et peinture bitumineuse.

Tab.03 : Fiche technique des Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000

DN mm	L m	DE mm	e fonte mm	Masse moy. par tuyau kg	Masse moy. métrique m
60	6,00	77	6,0	60,1	10,0
80	6,00	98	6,0	78,2	13,0
100	6,00	118	6,1	95,4	15,9
125	6,00	144	6,2	118,0	19,7
150	6,00	170	6,3	145,0	24,2
200	6,00	222	6,4	203,0	33,8
250	6,00	274	6,8	267,0	44,5
300	6,00	326	7,2	337,0	56,2
350	6,00	378	7,7	480,0	80,0
400	6,00	429	8,1	567,0	94,5
450	6,00	480	8,6	671,0	111,8
500	6,00	532	9,0	775,0	129,2
600	6,00	635	9,9	1007,0	167,8
700	7,00*	738	10,8	1515,0	216,4
800	7,00*	842	11,7	1856,0	265,1
900	7,00*	945	12,6	2223,0	317,6
1000	7,00*	1048	13,5	2621,0	374,4
1000	8,27*	1048	13,5	3085,0	373,0
1100	8,27*	1151	14,4	3604,0	435,8
1200	8,26*	1255	15,3	4153,0	502,8
1400	8,19	1462	17,1	5543,0	676,8
1500	8,18	1565	18,0	6236,0	762,3
1600	8,18	1668	18,9	6942,0	848,7
1800	8,17	1875	20,7	8430,0	1031,8
2000	8,13	2082	22,5	10093,0	1241,5

II.1.3. Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700

Les tuyaux TT revêtus extérieurement de polyéthylène co-extrudé sont adaptés aux sols corrosifs (sols marins, tourbeux, ...) ou présentant un risque de courants vagabonds.



Fig.04 : Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700

II.1.3.1. Revêtement extérieur

Le revêtement en polyéthylène est appliqué en usine sur la surface extérieure du fût en fonte par l'intermédiaire d'une couche d'adhésif thermo-fusible selon une technique de co-extrusion. Le polyéthylène extrudé isole le tuyau du sous-sol corrosif. Une manchette protège les jonctions. Le revêtement est conforme à la norme NBN EN 14628.

L'épaisseur minimale du polyéthylène est de :

1,8 mm pour DN 80 – 100.

2,0 mm pour DN 125 – 250

2,2 mm pour DN 300 – 700

Le revêtement extérieur du tuyau est composé :

De polyéthylène co-extrudé (min. 1,8 mm)

D'une couche d'adhésif

D'une couche de zinc métallisé

II.1.3.2. Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliquée 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 (AEP le guide 2022-2023)

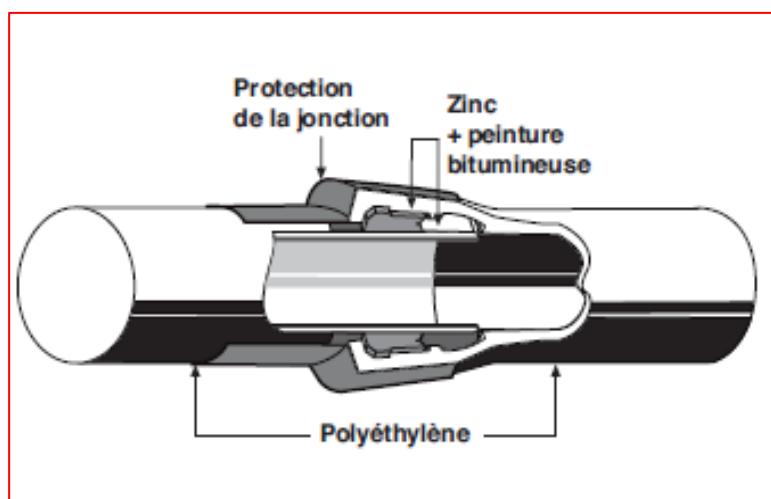


Fig.05 : Revêtement intérieur des tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700

II.1.3.3. Fiche technique des Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700

Matériaux :

Matériaux : Fonte ductile conforme aux normes et spécifications en vigueur (par exemple, EN 545, ISO 2531).

Revêtement extérieur : Revêtement spécial TT, tel que le revêtement en polyuréthane, offrant une protection supplémentaire contre la corrosion et une meilleure résistance aux dommages.

Caractéristiques principales :

Résistance à la pression : Conçu pour résister à des pressions nominales allant jusqu'à [indiquer la pression nominale en bars ou mégapascals (MPa)].

Joint : Joints flexibles en caoutchouc pour une installation étanche et fiable.

Revêtement externe spécial TT : Revêtement en polyuréthane pour une protection supplémentaire contre la corrosion, l'abrasion et les dommages mécaniques.

Plage de Dimensions :

Diamètres nominaux (DN) : De 80 mm à 700 mm (d'autres diamètres peuvent être disponibles selon les fabricants).

Longueur standard : Généralement disponibles en longueurs standard de [indiquer la longueur standard] pour une manipulation et une installation aisées.

Avantage :

Protection avancée contre la corrosion : Revêtement spécial TT en polyuréthane offrant une protection supérieure contre la corrosion.

Résistance aux dommages : Grande résistance aux dommages mécaniques, à l'abrasion et à d'autres agressions extérieures.

Résistance : Grande résistance aux charges externes et à la pression interne.

Durabilité : Longue durée de vie et faible entretien requis.

Applications :

Réseaux d'eau potable : Distribution d'eau potable pour les municipalités, les villes, les zones résidentielles, etc.

Assainissement : Évacuation des eaux usées et pluviales.

Applications industrielles : Utilisation dans les installations industrielles pour le transport de fluides divers.

Normes de Qualité :

Conformité : Conforme aux normes nationales et internationales en matière de qualité des tuyaux en fonte ductile avec revêtement spécial TT.

Tab.04 : Fiche technique des Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 - 700

DN mm	L m	DE mm	K9 mm	e fonte C40 mm	e fonte C30 mm	Masse moy. par tuyau kg	Masse moy. métrique kg
80	6	98	6,0	4,8	-	93,3	15,6
100	6	118	6,0	4,8	-	114,1	19,0
125	6	144	6,3	4,8	-	145,1	24,2
150	6	170	6,0	5,0	-	169,7	28,3
200	6	222	6,3	5,4	-	232,1	38,7
250	6	274	6,8	5,8	-	306,5	51,1
300	6	326	7,2	6,2	-	388,6	64,8
350	6	378	7,7	-	6,3	489,9	81,7
400	6	429	8,1	-	6,4	581,7	97,0
450				-	6,9		
500	6	532	9,0	-	7,4	796,6	132,8
600	6	635	9,9	-	8,6	1019,0	169,9
700	6	738	10,8	-	-	1343,0	223,8

NB : Ces spécifications sont générales et peuvent varier en fonction des fabricants ou des régions. Il est recommandé de se référer aux fiches techniques spécifiques fournies par les fabricants pour des détails plus précis sur les produits disponibles.

III. Tuyau Béton précontraint

On utilise les tuyaux en béton précontraint avec ou sans âme tôle, dans des diamètres supérieur ou égal 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.

III.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.



Fig.06 : Tuyau en béton précontraint sans âme tôle

La précontrainte longitudinale résiste aux efforts de flexion et permet au tuyau de résister aux efforts du frettage. La précontrainte transversale résiste à la pression et à l'ovalisation. Fabriqués par du ciment « portland CPJ45 » dosé au moins à 350 kg/m³. Le rapport eau/ciment du béton est adapté au procédé de mise en place du mortier et ne doit pas dépasser 0.45 après serrage. 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/cm 2/h. Coefficient de diffusion des ions chlorure : 9.10-12 m²/s.

III.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, ils sont conformes à la norme NF EN 642. 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 raccordements des pièces se font sur âme tôle par soudure. Afin de permettre ces raccordements, les tuyaux sont être sectionnés avec une meule spéciale.

La tolérance en moins d'épaisseur de paroi est fixée comme suit :

- Revêtement intérieur : $2\text{mm}+0,02 \cdot ei$ (ei =épaisseur nominale du revêtement intérieur) ;
- Revêtement extérieur : $2\text{mm}+0,02 \cdot ee$ (ee =épaisseur nominale du revêtement extérieur) ;
- Ame tôle : 0,10 et par rapport à l'épaisseur nominale et de l'âme tôle.

Les diamètres intérieurs réels ne sont, en principe, pas inférieurs aux diamètres nominaux. La tolérance sur le diamètre réel D est fixée à $\pm 1 \%$. 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 5Ohms-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 (Bonna Travaux Pression, 2021).

III.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 selon ce qui est indiqué dans la norme EN 288:1993, 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 emboitement de l'about lisse dans la tulipe. 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. (Bonna Travaux Pression, 2021).

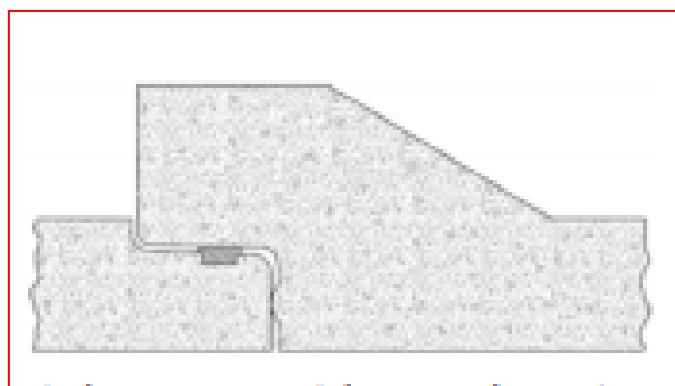


Fig.07 : Assemblages des tuyaux en béton précontraint

IV. Tuyau Acier

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. Application spécialement dans le cas des hautes pressions, $PN \geq 1,6$ MPa. Sur tronçons autoportés et dans les galeries, les tuyauteries d'acier sont soutenues ou appuyées sur des plots. En zones urbaines, aménageables, les tuyaux d'acier doivent être enrobés d'une couche de béton de section carrée de côté $\geq (D_{ext} + 50\text{cm})$. La couche protectrice en béton, renforcée d'acier sur les quatre côtés, est calculée pour résister aux charges roulantes et au poids et poussées des terres. Les tuyaux acier non revêtus extérieurement doivent être protégés par un système de protection cathodique. La relation épaisseur/diamètre dépasse en tout cas la valeur de huit pour mille (8 %). L'acier employé dans la fabrication est du type non allié, selon les indications de la norme **EN 10020 :2001**. Les tuyaux sont fabriqués, par la minassions et soudés, à partir de tôles d'acier doux qu'on cintre longitudinalement, avec des soudures électriques ou bien à partir de

feuillards sous forme de bandes continues, hélicoïdalement enroulées. Les tubes sont parachevés en extrémités, soit par :

- deux bouts lisses pour assemblages par soudure bout à bout;
- Ou un bout lisse et un bout tulipe pour assemblage par slip joint et soudure à clin ;
- Ou un bout lisse et un bout équipé d'une emboîture avec joint élastomère ou assemblage automatique.

Les dimensions normalisées dans les tuyaux d'acier (diamètres et épaisseurs) sont variables selon la norme qui régit le produit utilisé : EN 10224 :2003, DIN 1626 :1984 OU API 5L : 2000. Pour l'acier nu qui est l'élément le plus exposé à la corrosion, le seuil de protection est porté à 100 Ohms- mètres. Les tuyaux en acier doivent être revêtus intérieurement avec une protection contre la corrosion sous forme d'une couche de 500 microns de peinture époxy de qualité alimentaire, avec une préparation préalable de la surface, de degré SA 2½ selon la norme suédoise SS. 055900-1 (https://www.univ-usto.dz/images/coursesenligne/pha_BH.pdf)

IV.1. Assemblages des tuyaux en acier

Les tubes en acier peuvent être pourvus avec différents types de jonctions, dont les plus fréquentes sont les assemblages rigides : Jonction soudée : la préparation et soudure des jonctions doivent être effectuées conformément à la norme EN 288 :1993, par des soudeurs qualifiés en accord avec la norme EN 287:1992.

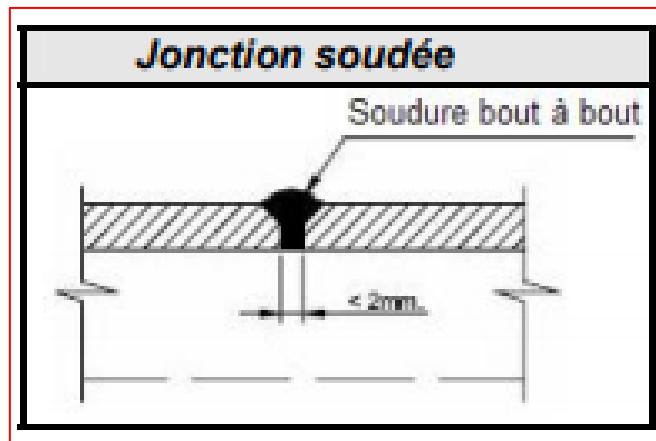


Fig.08 : Assemblages des tuyaux en acier

V. Tuyau en polychlorures de vinyle non plastifié PVC-U et raccords

V.I. Caractéristiques générales du tuyau "PVC"

Les tubes sont fabriqués essentiellement de polychlorure de vinyle, obtenu par polymérisation du chlorure de vinyle non plastifié PVC-U ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$), 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. Les tubes doivent être de couleur grise, bleue ou crème dans toute leur épaisseur. La paroi du tube doit être opaque et ne doit pas transmettre plus de 0,2 % de lumière visible mesurée selon l'EN 578. Les surfaces internes et externes des tubes doivent être lisses, propres et exemptes de rainures, cavités et autres défauts de surface susceptibles d'empêcher de satisfaire à la présente norme. La matière ne doit contenir aucune impureté visible à l'œil nu. Les extrémités du tube doivent être coupées nettement et perpendiculairement à l'axe du tube (Cochard, 1982).

VI. Tube en polyéthylène PEHD

L'éthylène est un produit de la pétrochimie, sous forme de gaz composé de 2 atomes de carbone et 4 atomes d'hydrogène symbolisé par C_2H_4 . Destiné au transport de l'eau potable, les matériaux constitutifs doivent satisfaire à la réglementation en vigueur concernant le cas de l'eau potable : solubilité, saveur et alimentarité.

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

-Légereté et facilité de mise en œuvre grâce aux couronnes. - Insensibilité aux courants vagabonds. - Résistance à la corrosion. - Alimentarité. - Etanchéité et résistance aux coups de bâlier. - Faibles pertes de charge



Fig.09 : Tube en polyéthylène PEHD

VI.1. Caractéristiques

Composition de base

La composition de base doit uniquement contenir la résine polymère et les antioxydants, le noir de carbone et les autres additifs nécessaires à la l'élaboration de la matière et la fabrication et à l'emploi des tubes répondant aux spécifications de la norme **NFT 54.063**.

Composition de repérage

La composition de couleur bleue utilisée pour la réalisation de filets de repérage coextrudés doit être fabriquée à partir de la même résine polyéthylène que celle de la composition de base.

Noir de carbone

Même si les conduites PEHD contiennent du noir de carbone pour les protéger contre les ultraviolets, celles-ci ne doivent pas être exposées au soleil de façon prolongée.

Dimensions

-Les diamètres extérieurs nominaux, épaisseurs nominales et ovalisations absolues mesurées suivant la norme NF114 (révision 23 de janvier 2008):

Dé timbrage

La durabilité du tube PEHD est de 50 années si le système est bien conçu, installé et exploité conformément aux recommandations du fabricant. La durée de vie est divisée par deux quand la température augmente de 5°C au-delà de 20°C. Ainsi :

-à 25°C ce tube durera 23 ans,

- à 30°C son espérance de vie sera inférieure à 12ans,
- à 35°C elle tombe à 6 ans.

Assemblage

Les assemblages et pièces de raccord ne doivent entraîner aucune lésion du tuyau. Les assemblages par filetage et les raccordements par collets battus sont interdits. Les assemblages des tuyaux en PEHD se subdivisent en deux familles :

- Les assemblages par soudage dont le principe général est la fusion ¾
- Les assemblages mécaniques en laiton dont le principe est la compression du joint.

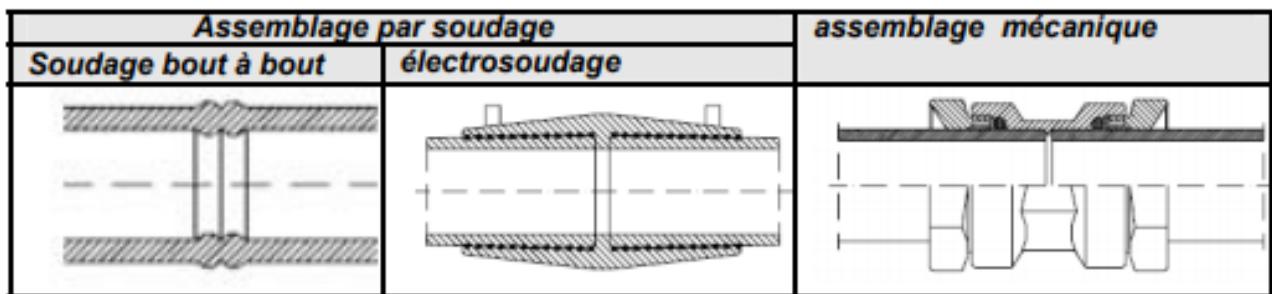


Fig.10 : Assemblage des tuyaux en PEHD

VII. Conditionnement et stockage des tuyaux

Les tuyaux de petit diamètre ($DN \leq 300$) sont obturés par des bouchons et colisées 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.

Il existe plusieurs possibilités de stocker les tuyaux :

Première méthode

Pratiquement, cette méthode est la plus intéressante du point de vue la sécurité, du coût du matériel de calage et du rapport du nombre de tuyaux stockés sur le volume de stockage. Le premier lit repose sur deux madriers placés en deux lignes parallèles. Les emboîtures se touchent et ne sont pas en contact avec le sol. Les lits supérieurs sont alternativement constitués par des tuyaux placés tête-bêche avec les lits inférieurs.

Deuxième méthode

Les tuyaux sont tous alignés verticalement. Chaque lit est séparé par des intercalaires d'une épaisseur légèrement supérieure à la différence des diamètres (fut-emboîture). Cette méthode autorise tous les types de levage.

Troisième méthode

La pose du premier lit est identique à la première méthode, mais les tuyaux sont tête-bêche ; leurs fûts sont en contact. Chaque rangée est constituée de tuyaux parallèles placés tête-bêche comme le premier lit. Les emboîtures dépassent les extrémités unies des tuyaux adjacents de la totalité de l'emboîture de 5 cm. Cette méthode limite au maximum le matériel de calage mais implique, du fait de la constitution des lits, un levage tuyau par tuyau (Bonna Travaux Pression, 2021).

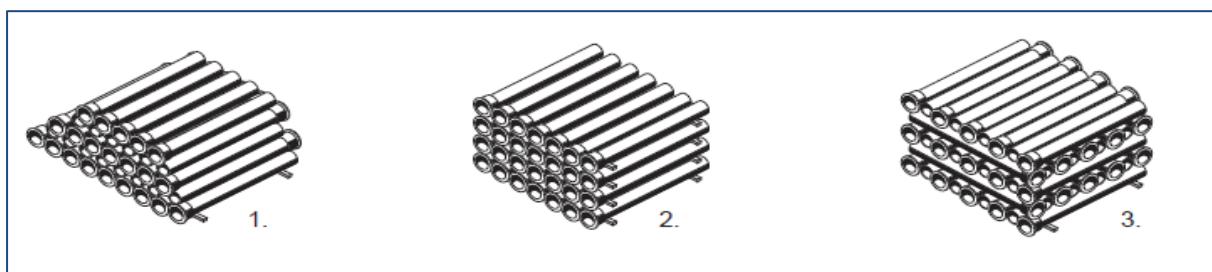


Fig.11 : Conditionnement et stockage des tuyaux

XI. 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.

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. Au moment de leur mise en place, les tuyaux de toutes espèces sont examinés à l'intérieur et soigneusement débarrassés de tout corps étranger qui pourrait y avoir été introduit (Guide ARTPP Fascicule 2, version 2, 2016).

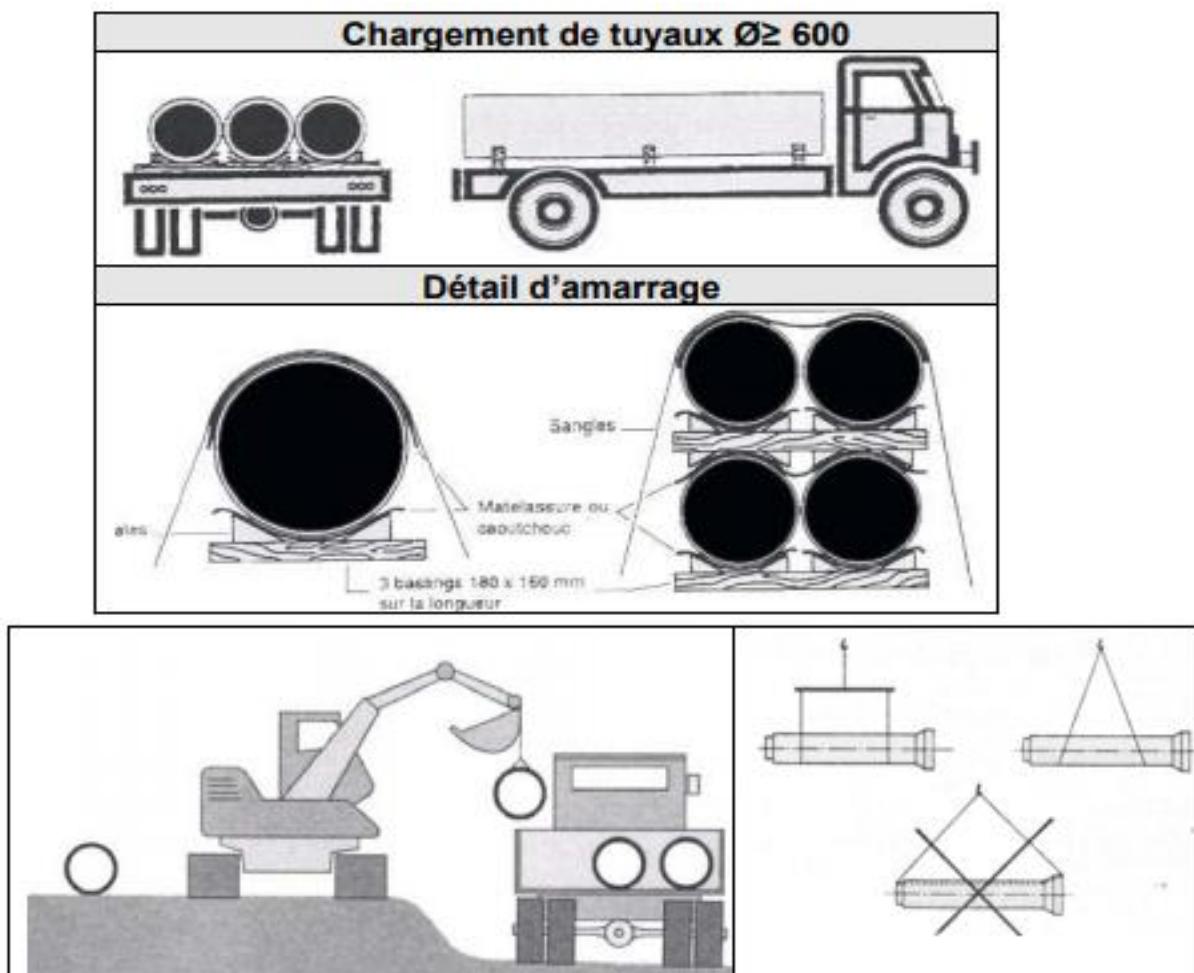


Fig.12 : Transport des tuyaux

CONCLUSION

La nature des canalisations dans un réseau d'eau varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment de l'usage prévu, de la pression de l'eau, de la qualité de l'eau et de la topographie locale.

1. **Canalisations en fonte ductile** : Très courantes, elles sont robustes, durables et résistantes à la corrosion. Elles conviennent à la distribution d'eau potable et aux grands réseaux de distribution.
2. **Canalisations en PVC (Polychlorure de vinyle)** : Légères, faciles à installer et peu coûteuses, elles sont souvent utilisées pour les réseaux d'eau potable et d'assainissement. Elles résistent bien à la corrosion et à la plupart des produits chimiques.
3. **Canalisations en polyéthylène (PE)** : Flexibles et résistantes à la corrosion, ces canalisations sont couramment utilisées pour l'eau potable, l'irrigation et les réseaux d'eau souterrains en raison de leur durabilité et de leur capacité à résister aux contraintes.
4. **Canalisations en cuivre** : Souvent utilisées pour les petites conduites d'eau, elles offrent une grande résistance à la corrosion et sont durables. Cependant, elles sont plus coûteuses que d'autres matériaux et peuvent être sensibles à certains types d'eau.
5. **Canalisations en acier** : Utilisées dans les grands réseaux d'eau, elles sont robustes et peuvent résister à des pressions élevées. Cependant, elles sont sujettes à la corrosion et nécessitent un entretien régulier pour éviter la rouille.
6. **Canalisations en matériaux composites** : Des matériaux tels que le GRP (plastique renforcé de fibre de verre) ou le PEHD (polyéthylène haute densité) sont également utilisés pour leur légèreté, leur résistance à la corrosion et leur durabilité.

Le choix du type de canalisation dépend de nombreux facteurs, notamment la pression de l'eau, la qualité du sol, les conditions climatiques, le coût, la durabilité et l'application spécifique du réseau d'eau. Il est essentiel de sélectionner le matériau approprié pour garantir un fonctionnement efficace et durable du réseau d'eau.

REFERENCES

- DIALLO, Mamoudou. *Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits avant et après traitement à l'hypochlorite de sodium dans le quartier de Niamakoro.* 2010. Thèse de doctorat. Université de Bamako.
- Frat, L. (2020). *Caractérisation des eaux usées d'un réseau d'assainissement pour un diagnostic des pollutions en amont des stations d'épuration: de l'analyse physico-chimique au développement d'un nouveau bioessai toxicologique (Doctoral dissertation, Paris, Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France).*
- Bougon, N., & Ferréol, M. (2011). *Physico-Chimie soutenant la biologie. Typologie chimique nationale des cours d'eau (Doctoral dissertation, irstea).*
- Nguyen, D. D. (2012). *Revêtements polymères sous contraintes environnementales couplées (Doctoral dissertation, Université de La Rochelle).*
- AJUSTE, C., BERLAND, J. M., & CELERIER, J. L. (2004). *Réhabilitation/remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale. Document technique hors série, (10).*
- Marchal, R. (1975). *Comportement à la corrosion des tuyaux en fonte ductile en milieu enterré.*
- MILLOUDI, A., TIS, M., & ELMOHRI, A. (2022). *Fontes grises lamellaire faiblement alliées traitées thermiquement à caractéristiques améliorés pour pièces massives.*
- ADDUCTION EAU POTABLE 2022-2023 https://flipbook.3c-e.com/uploads/catalogs/vmmateriaux/guide_aep_2022/586d3938f8508106e2180047ce5634de4809aa80.pdf
- Fourniture de matériel pour l'adduction d'eau et l'assainissement https://elearning.univ-usto.dz/pluginfile.php/72950/mod_resource/content/1/SIMC_Catalogue.pdf
- Bonna Travaux Pression 2021 <https://bonnatp.com/wp-content/uploads/2021/09/Brochure-Ametole-092021.pdf>
- Samira BABA HAMED, Les systèmes de distribution en eau potable https://www.univ-usto.dz/images/coursesenligne/pha_BH.pdf
- Cochard, J. L. (1982). Rapport IV. 1 Les réseaux d'assainissement-composants et caractéristiques. *Journées de l'hydraulique*, 17(2), 1-8.
- Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux décembre Fascicule 2, version 2, 2016). https://www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr/gupresentation/userfile?path=/fichiers/Guides_techniques/Fascicule2-Guidetechniquedestravaux-v2-2017-04-14.pdf

CHAPITRE II. PIECES SPECIALES ET ROBINETTERIE

1. INTRODUCTION

Les pièces spéciales et la robinetterie sont des éléments essentiels dans la conception, la construction et le bon fonctionnement des réseaux d'eau. Elles jouent un rôle crucial dans la régulation du flux, la sécurité du réseau et la distribution efficace de l'eau dans diverses applications, qu'il s'agisse de réseaux d'eau potable, d'assainissement ou d'irrigation.

Les pièces spéciales comprennent une gamme variée d'éléments tels que les vannes, les raccords, les hydrants, les vannes de régulation, les clapets anti-retour, les réducteurs de pression et les pièces de raccordement spécifiques. Chaque pièce spéciale est conçue pour des fonctions précises afin de permettre la manipulation du débit, la régulation de la pression, la séparation des flux ou encore la protection du réseau contre les variations de pression et les reflux d'eau non désirés.

Les vannes occupent une place centrale parmi les pièces spéciales. Elles permettent de contrôler le flux d'eau dans le réseau en ouvrant, fermant ou régulant le passage de l'eau. Les vannes peuvent être de différents types : vannes à guillotine, vannes papillon, vannes à tournant sphérique, vannes de régulation, etc. Chacune de ces vannes est sélectionnée en fonction des besoins spécifiques du réseau et de la situation où elles seront installées.

La robinetterie, quant à elle, comprend les robinets, les compteurs d'eau, les hydrants et d'autres dispositifs de contrôle et de mesure du flux d'eau. Les robinets sont des dispositifs de contrôle de flux plus petits et plus précis, utilisés dans les foyers, les industries et les bâtiments pour réguler l'écoulement de l'eau à des points spécifiques du réseau.

Ces éléments de robinetterie et de pièces spéciales sont conçus pour assurer la sécurité, la fiabilité et l'efficacité opérationnelle des réseaux d'eau. Ils permettent également de faciliter la maintenance, la réparation et l'extension des réseaux en permettant des interventions ciblées à différents points du système.

En somme, les pièces spéciales et la robinetterie constituent des composants vitaux dans la conception et la gestion des réseaux d'eau, garantissant un contrôle précis du flux et une distribution efficace de l'eau tout en assurant la fiabilité et la sécurité du réseau.

1. Robinet –Vanne à opercule

D'après le règlement de la marque **NF RFH** « Le robinet-vanne 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 ». Le robinet-vanne est appelé également vanne à opercule. 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 (Mays, 2000).

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	
	ISO PN 16	200	
		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	

Fig.01 : Vanne a opercule

1.1. Les spécifications techniques particulières d'une vanne à opercule :

Le corps du robinet est en fonte ductile GS.

- Les robinets vannes à opercule doivent être intégralement conformes au règlement de la marque NF RFH.
- Les matériaux constituants ne présentent pas entre eux de risques d'oxydo-réduction

- Les substances entrant dans la composition des pièces en contact avec l'eau ne doivent communiquer à celle-ci ni mauvais goût, ni mauvaise odeur, ni toxicité à court ou à long terme.
- Ces substances doivent être conformes à l'arrêté du 29 mai 1997 et des circulaires associées relatifs aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine.
- Le perçage des brides selon les normes NFA 48-840, ISO2531, ISO7005.
- Le sens de fermeture sera FSAH (Fermeture Sens Anti Horloge).
- La manœuvre est faite par carré d'ordonnance 30x30mm fonte GS pour la pose en terre et par volant pour la pose en aérien et en chambre.
- Les robinets vannes doivent permettre la transmission des vibrations de la canalisation créées par une fuite d'eau. Cette transmission est assurée par un contact métal-métal entre le point d'ancrage de la vanne sur la canalisation et l'extrémité de l'accessoire de manœuvre sur lequel sera posé le capteur de vibrations. Pour réceptionner au mieux cette vibration, la surface de contact du carré de manœuvre doit permettre la mise en place d'un capteur d'au moins 20mm de diamètre par un contact magnétique direct et franc, sur une surface rigoureusement plane, continue ou non (exemple : trou de fixation du carré). Le carré de manœuvre doit être solidement attaché à la tige de manœuvre de la vanne
- Le perçage des brides de DN 60 et DN 65 sera double avec des trous oblongs.
- Le passage dans le diamètre intérieur doit être continu pour permettre :
 - Le nettoyage des conduites sans détérioration d'un quelconque composant de la vanne,
 - La prise en charge à travers le robinet vanne.
- La tige de manœuvre, en acier inoxydable type 13% Cr, est tournante et non montante.
- L'opercule est entièrement surmoulé en élastomère y compris le passage de la vis de

Mancœuvre.

1.2. Avantages et inconvénients d'un robinet 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 par la norme NF EN 1074 partie 1 et partie 2. Le non usage des vannes les rend difficile à manœuvrer au même titre que la vanne papillon.

2. Vanne 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 conçue pour cela. Des - 48 - appareils spécifiquement conçus pour cela existent et font de la vraie régulation de pression et de débit.

Désignation	ISO PN...	DN... mm	Vue
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	

Fig.02 : Vanne à papillon

2.1. Avantages et inconvénients d'un robinet à papillon

- ⊕ **Avantages :** - 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 - Mancœuvre simple et rapide du papillon - Montage et démontage rapide -Entretien : des manœuvrer régulières.
- ⊕ **Inconvénients :** - Pas de passage intégral - Non adapté pour des fonctionnements à forte pression différentielle - Pertes de charge (Dickenson, 1999).

3. Coudes, Tés, Réductions :

Dans les réseaux d'eau, les coudes, les tés et les réductions constituent des éléments essentiels de la canalisation, permettant de modifier la direction du flux, de créer des bifurcations ou des transitions de diamètre dans les conduites. Ces composants jouent un rôle fondamental dans la conception, la construction et le bon fonctionnement des réseaux de distribution d'eau, qu'il s'agisse d'approvisionnement en eau potable, d'irrigation, d'assainissement ou d'autres applications.

Les coudes sont des pièces courbes permettant de changer la direction du flux d'eau sur un réseau. Ils peuvent être conçus pour des angles de 90 degrés (coudes à angle droit) ou pour des angles variés selon les besoins spécifiques du réseau. Ces éléments sont utilisés pour contourner des obstacles, réaliser des virages, ou orienter le flux dans une direction souhaitée, tout en minimisant les pertes de charge.

Les tés, quant à eux, permettent de créer des embranchements dans le réseau en divisant le flux d'eau en deux directions perpendiculaires. Ils sont utilisés pour distribuer l'eau vers plusieurs destinations, pour connecter des conduites ou pour permettre l'installation d'équipements auxiliaires comme des vannes, des filtres ou des compteurs.

Les réductions sont des composants qui permettent de passer d'un diamètre de conduite à un autre, que ce soit pour augmenter ou diminuer le débit ou pour s'adapter à des exigences spécifiques du réseau. Elles sont conçues pour garantir une transition

fluide entre deux sections de conduites de diamètres différents, minimisant ainsi les perturbations du flux et les pertes d'énergie.

La conception et l'installation de ces éléments, coudes, tés et réductions, nécessitent une attention particulière pour assurer un fonctionnement efficace du réseau. Des considérations telles que la perte de charge, les turbulences du flux, les contraintes hydrauliques et la minimisation des pertes d'énergie sont prises en compte lors de leur intégration dans la conception globale du réseau d'eau.

En somme, les coudes, tés et réductions sont des composants clés dans la structure des réseaux d'eau, offrant la flexibilité nécessaire pour diriger, distribuer et adapter le flux d'eau dans diverses applications, contribuant ainsi à assurer un fonctionnement fluide et efficace du système de distribution. (Clark, Hakim, & Ostfeld, 2011)



Fig.03 : Coudes, Tés, Réductions

Tab.01 : Exemples d'utilisation des Coudes, Tés, Réductions

Types de raccords	Utilisation	Vue
Manchon	Un manchon permet de raccorder deux tuyaux en union droite ; les deux tuyaux seront de même diamètre sinon le raccord se nomme réducteur, ou réduction.	
Coude	Il existe des coudes de différents angles dont les plus communs sont 27°, 45° et 90°.	
Réducteur	Un réducteur est exactement comme un manchon à l'exception qui permet d'assembler deux tuyaux de diamètres différents.	
Té	Un té est un raccord en forme de T qui permet d'assembler trois tuyaux ou éléments ensemble. Les tés peuvent présenter trois entrées de même diamètre ou combiner une réduction.	

4. Comment choisir ses raccords à souder

Le choix des raccords à souder dépend de plusieurs facteurs importants pour garantir une connexion robuste et durable dans un réseau de canalisation. Voici quelques éléments à considérer lors du choix de raccords à souder :

 **Matériau des conduites** : Assurez-vous que le matériau des raccords corresponde à celui des conduites à souder. Les matériaux courants incluent le cuivre, l'acier inoxydable, le PVC, le CPVC, le PEX, entre autres. La compatibilité des matériaux est essentielle pour assurer une liaison solide.

- ⊕ *Type de soudure* : Il existe plusieurs méthodes de soudure, comme la soudure au chalumeau pour les raccords en cuivre, la soudure à la flamme pour les raccords en acier, ou la soudure par fusion pour les raccords en plastique. Choisissez des raccords compatibles avec la méthode de soudure que vous prévoyez d'utiliser.
- ⊕ *Normes et certifications* : Optez pour des raccords qui respectent les normes et certifications de l'industrie pour garantir leur qualité et leur conformité aux exigences de sécurité. Recherchez des marques ou des labels de certification pertinents pour votre région.
- ⊕ *Pression et température* : Vérifiez les spécifications des raccords pour vous assurer qu'ils peuvent supporter la pression et la température auxquelles ils seront soumis dans votre système de canalisation. Certains raccords sont conçus pour des applications spécifiques à haute pression ou à haute température.
- ⊕ *Taille et configuration* : Assurez-vous que les raccords correspondent aux dimensions et à la configuration nécessaire pour votre système de canalisation. Les tailles, les angles (coudes, tés) et les configurations doivent être compatibles avec votre réseau.
- ⊕ *Facilité d'installation* : Choisissez des raccords qui sont faciles à manipuler et à installer. Certains raccords comportent des caractéristiques spéciales facilitant leur installation, tels que des raccords à joint rapide ou des systèmes de verrouillage pour une connexion aisée.
- ⊕ *Durabilité et résistance à la corrosion* : Priorisez des raccords durables et résistants à la corrosion, en particulier si votre système de canalisation est exposé à des environnements agressifs ou à des conditions corrosives.

Le choix des raccords à souder pour un système de canalisation implique une attention particulière à la compatibilité des matériaux, à la méthode de soudure, aux spécifications de pression/température, à la taille/configuration, à la qualité, à la facilité d'installation et à la durabilité. Consulter les spécifications des fabricants et faire appel à des professionnels qualifiés peut être utile pour prendre la meilleure décision en fonction des besoins spécifiques de votre réseau de canalisation (Christodoulou et al. 2017).

5. CONCLUSION

En conclusion, les pièces spéciales et la robinetterie sont des éléments cruciaux dans la construction, la gestion et le maintien des réseaux d'eau. Leur rôle central réside dans la régulation précise du flux, la sécurité opérationnelle et la gestion efficace des réseaux, qu'il s'agisse d'approvisionnement en eau potable, d'assainissement ou d'irrigation. Ces composants offrent une diversité de fonctions, des vannes aux robinets en passant par les compteurs d'eau et les dispositifs de contrôle. Les vannes assurent le contrôle du débit et de la pression, permettant ainsi d'isoler des sections du réseau pour les opérations de maintenance ou en cas d'urgence. Les robinets, quant à eux, régulent le flux à des points spécifiques du réseau, offrant un contrôle précis pour les usagers finaux. La conception et le choix des pièces spéciales et de la robinetterie dépendent des besoins spécifiques du réseau, de la pression de l'eau, du type d'eau transportée et des exigences opérationnelles. Leur installation adéquate et leur entretien régulier sont essentiels pour garantir le bon fonctionnement du réseau, assurer la distribution fiable de l'eau, minimiser les pertes et maintenir la qualité de l'eau. Par ailleurs, l'innovation technologique a conduit au développement de pièces spéciales et de robinetterie plus sophistiquées, intégrant des capteurs, des systèmes de contrôle à distance et des dispositifs intelligents, améliorant ainsi l'efficacité opérationnelle et la gestion des réseaux d'eau. En somme, les pièces spéciales et la robinetterie constituent des éléments essentiels pour assurer la fiabilité, la sécurité et l'efficacité des réseaux d'eau. Leur évolution continue et leur adaptation aux besoins changeants des réseaux modernes sont essentielles pour répondre aux défis croissants liés à la distribution de l'eau dans le monde contemporain.

REFERENCES

- Christodoulou, S., Fragiadakis, M., Agathokleous, A., & Xanthos, S. (2017). Urban water distribution networks: assessing systems vulnerabilities, failures, and risks. Butterworth-Heinemann.*
- Clark, R. M., Hakim, S., & Ostfeld, A. (2011). Handbook of water and wastewater systems protection (Vol. 2). New York: Springer.*
- Dickenson, T. C. (1999). Valves, piping, and pipelines handbook. Elsevier.*
- Mays, L. W. (2000). Water distribution system handbook. McGraw-Hill Education.*

CHAPITRE 3. Equipements de protection des réseaux

1. INTRODUCTION

Les équipements de protection des réseaux d'eau (Ventouses, purgeurs, Van-air, Clapet de retenue ; obturateur automatique ; vanne de survitesse ; soupape de décharge) représentent un élément essentiel dans la préservation de la qualité, de la fiabilité et de la sécurité des systèmes de distribution d'eau potable, d'assainissement et d'irrigation. Ces équipements sont conçus pour garantir la protection du réseau contre les impuretés, les surpressions, les reflux, les contaminations et d'autres risques potentiels qui pourraient compromettre l'intégrité du système et la qualité de l'eau distribuée.

Les systèmes de distribution d'eau exigent une protection adéquate pour maintenir la qualité de l'eau, respecter les normes de santé publique et assurer la pérennité des infrastructures. Ainsi, les équipements de protection sont variés et couvrent un large éventail de dispositifs et de technologies, notamment :

Filtres : Utilisés pour éliminer les particules, les sédiments et d'autres impuretés présentes dans l'eau, assurant ainsi une qualité de l'eau conforme aux normes réglementaires.

Clapets anti-retour : Empêchent le retour de l'eau vers le réseau afin d'éviter la contamination en cas de reflux ou de changements de pression.

Suppresseurs/déverseurs de pression : Contrôlent les fluctuations de pression dans le réseau, minimisant les risques de dommages aux canalisations et de surpressions pouvant entraîner des fuites ou des ruptures.

Vannes de régulation : Permettent de contrôler et de réguler le débit d'eau dans le réseau, assurant une distribution uniforme et contrôlée.

Systèmes de désinfection : Comme les stations de traitement, les unités de chloration ou d'ozonation, garantissent la désinfection de l'eau afin d'éliminer les bactéries et les agents pathogènes.

Dispositifs de mesure et de surveillance : Comme les compteurs d'eau, les capteurs de qualité de l'eau, les systèmes de surveillance à distance, fournissent des données cruciales pour évaluer la performance du réseau et détecter toute anomalie.

La conception et l'installation de ces équipements de protection sont cruciales pour garantir l'efficacité, la fiabilité et la conformité aux normes réglementaires des réseaux d'eau. Ces dispositifs sont souvent intégrés à différents points du réseau, des stations de traitement aux points de distribution, pour assurer une protection optimale et un contrôle efficace.

En résumé, les équipements de protection des réseaux d'eau jouent un rôle vital dans la préservation de la qualité de l'eau, la sécurité du système et la conformité aux normes sanitaires, assurant ainsi un approvisionnement en eau fiable, sain et durable pour les communautés et les utilisateurs finaux (Sayre, 1988).

2. VENTOUSES, PURGEURS, VAN-AIR

Les **purgeurs** et **ventouses** protègent les **canalisations** des effets néfastes engendrés par l'accumulation d'air dans les points hauts ou les points singuliers des réseaux :

- Interruption totale ou partielle du débit par la présence d'une poche d'air dans un point haut du réseau ;
- Coups de bâlier dus à la détente de la poche d'air ou à son déplacement dans les canalisations ;
- Désamorçage des pompes et des siphons.

a. Les Purgeurs :

Les purgeurs sont des dispositifs utilisés dans les réseaux de distribution d'eau pour éliminer l'air, les gaz non condensables ou les condensats des systèmes de canalisations, de chaudières ou d'autres équipements. Leur objectif principal est d'évacuer les poches d'air ou les gaz accumulés qui pourraient entraver le bon fonctionnement du réseau ou des équipements.

Il existe différents types de purgeurs, chacun ayant sa propre méthode de fonctionnement et son application spécifique :

Purgeurs automatiques à flotteur : Ces purgeurs fonctionnent en utilisant un flotteur qui se déplace avec le niveau d'eau. Lorsque de l'air ou des gaz s'accumulent,

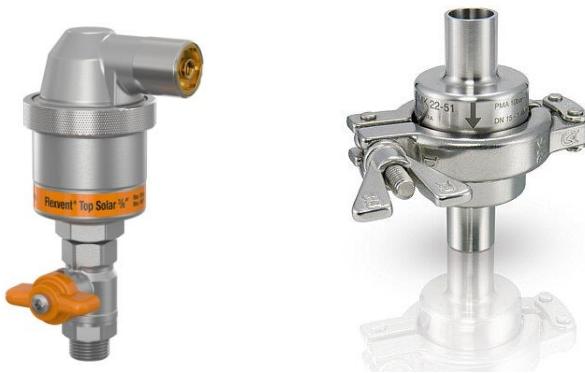
le flotteur s'abaisse, ouvrant ainsi une vanne pour évacuer l'air. Une fois que l'eau atteint un niveau prédéfini, le flotteur se soulève et ferme la vanne.

Purgeurs à balancier : Ils utilisent un mécanisme de balancier pour détecter la présence d'air ou de gaz. Lorsque l'air s'accumule, le balancier s'incline, permettant à l'air de s'échapper du système.

Purgeurs à membrane : Ces purgeurs utilisent une membrane souple pour détecter la présence d'air ou de gaz. Lorsque de l'air est présent, la pression change et la membrane s'ouvre pour évacuer l'air.

Purgeurs manuels : Ils nécessitent une intervention manuelle pour être actionnés. Ces purgeurs sont utilisés dans certains systèmes où l'accumulation d'air est peu fréquente ou pour des opérations d'entretien spécifiques.

Les purgeurs sont utilisés dans diverses applications, notamment dans les systèmes de chauffage central, les réseaux de distribution d'eau potable, les réseaux d'irrigation, les systèmes de climatisation, les chaudières, etc. Ils sont essentiels pour garantir l'efficacité opérationnelle, prévenir les dommages causés par la présence d'air ou de gaz dans les conduites, et maintenir un bon fonctionnement des équipements. Le choix du type de purgeur dépend des caractéristiques du système, de la pression, du débit, de la taille du réseau et des besoins spécifiques en termes d'évacuation d'air ou de gaz. Une maintenance régulière est également nécessaire pour assurer le bon fonctionnement des purgeurs et éviter toute défaillance pouvant affecter le réseau d'eau.



Purgeurs automatiques à flotteur Purgeurs à membrane



Purgeurs manuels

Purgeurs à balancier

b. Les ventouses :

Les ventouses, également connues sous le nom de dégazeurs ou d'éliminateurs d'air, sont des dispositifs utilisés dans les réseaux de distribution d'eau pour évacuer l'air présent dans les conduites ou les équipements hydrauliques. Elles sont spécialement conçues pour éliminer les poches d'air accumulées qui pourraient compromettre le bon fonctionnement du système.

Ces dispositifs qui peuvent être manuelle ou automatique (**Figure 1.a et b**) fonctionnent en utilisant le principe de l'évacuation de l'air présent dans les conduites ou les systèmes hydrauliques. L'air piégé est évacué grâce à l'action d'une valve spéciale qui s'ouvre automatiquement pour libérer l'air en excès, tout en empêchant le reflux de l'eau. Cela permet de maintenir le réseau exempt d'air, favorisant ainsi une circulation continue et un fonctionnement optimal de l'eau dans les conduites.

Les ventouses ont une triple fonction :

- Évacuation d'air à haut débit lors de la mise en eau des canalisations
- Admission d'air à grand débit lors de la vidange des canalisations (protection du réseau contre la mise en dépression des canalisations en cas de rupture de conduite)
- Dégazage à faible débit en exploitation

Il existe différents types de ventouses, chacun adapté à des besoins spécifiques

Ventouses simples à flotteur : Ces ventouses utilisent un flotteur qui monte lorsque de l'air est présent dans la conduite, ouvrant ainsi une valve pour permettre à l'air de s'échapper. Une fois que l'air est évacué, la valve se ferme automatiquement.

Ventouses à effet vortex : Elles utilisent la force centrifuge pour séparer l'air de l'eau, permettant ainsi à l'air de s'échapper par le sommet de la ventouse tandis que l'eau continue de circuler dans la conduite.

Ventouses combinées : Elles combinent les fonctionnalités des ventouses simples à flotteur et des ventouses à effet vortex pour une efficacité accrue dans l'élimination de l'air.

Les ventouses sont placées à des points stratégiques du réseau où l'accumulation d'air est plus susceptible de se produire, comme dans les points hauts des conduites, les extrémités fermées des tuyauteries, ou près des pompes et des zones où des surpressions ou des changements de débit peuvent entraîner la formation de poches d'air. L'utilisation de ventouses dans un réseau d'eau contribue à garantir un fonctionnement continu, à réduire les risques de cavitation dans les équipements hydrauliques, à minimiser les pertes de charge et à prévenir les dommages potentiels causés par la présence d'air dans les conduites.

La sélection et l'installation appropriées des ventouses dépendent des caractéristiques spécifiques du réseau, de la pression, du débit, de la taille du système et des points où l'air est susceptible de s'accumuler. Une maintenance régulière est également recommandée pour assurer le bon fonctionnement des ventouses et maintenir l'efficacité du réseau d'eau (Olson, 2020).

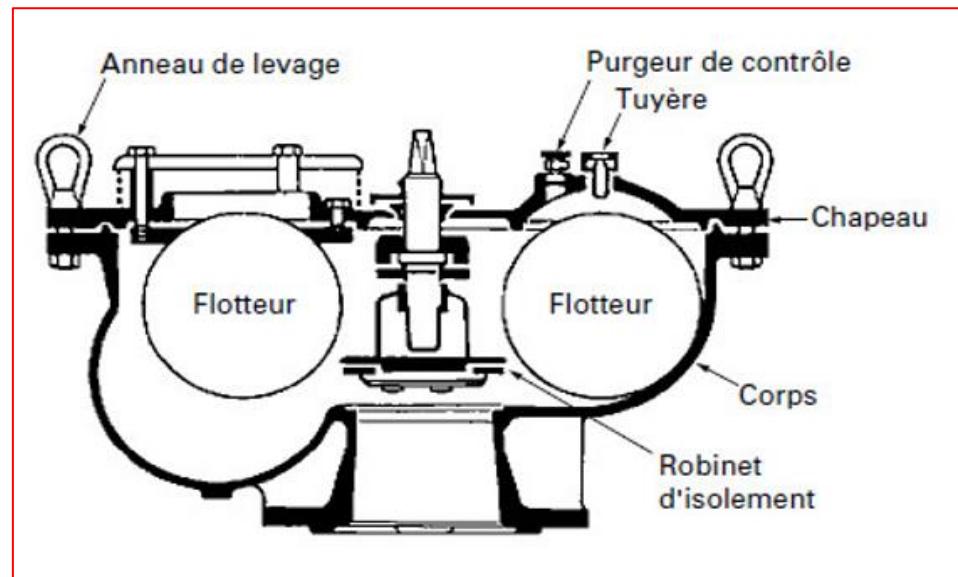


Fig.01.a : Ventouses à trois fonctions (purge des poches, entrée rapide d'aire, sortie rapide d'air)

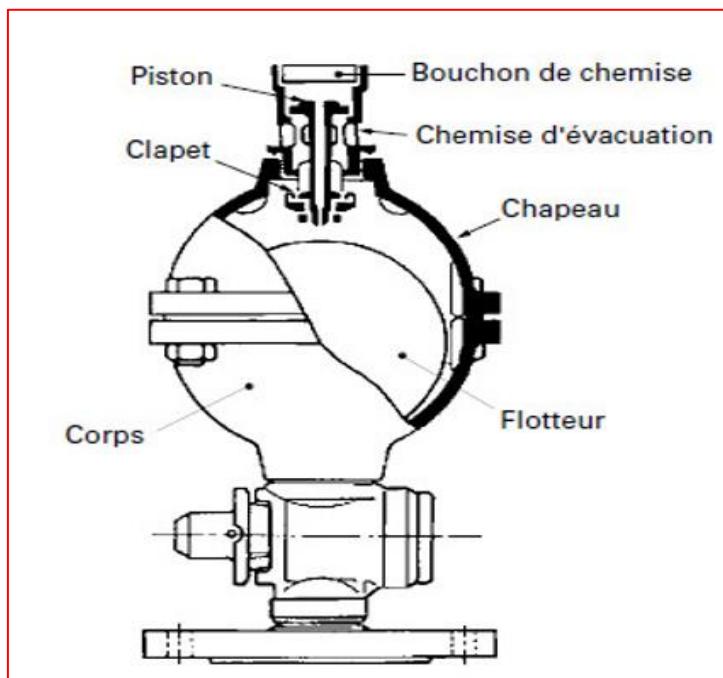


Fig. 01.b : Ventouses à fonction unique (évacuation des poches d'aire)

3. CLAPETS DE RETENUE

Les clapets de retenue, également appelés clapets anti-retour, sont des dispositifs mécaniques conçus pour permettre le flux unidirectionnel d'un fluide (liquide ou gaz) à travers une canalisation ou un système, tout en empêchant ce fluide de retourner en arrière.

Ces clapets sont utilisés dans les réseaux de distribution d'eau et dans de nombreux autres systèmes pour différentes raisons, notamment :

Prévention du reflux : Les clapets de retenue empêchent le reflux de l'eau ou d'autres fluides dans une direction non désirée. Par exemple, dans les systèmes de plomberie domestique, les clapets anti-retour installés dans les canalisations évitent que l'eau usée ne remonte dans les canalisations d'eau potable.

Sécurité des équipements : Ils protègent les pompes, les compresseurs et d'autres équipements en empêchant le fluide de refluer et de causer des dommages à ces équipements.

Maintien de la pression : En empêchant le reflux, les clapets de retenue contribuent à maintenir la pression dans les systèmes, ce qui est particulièrement important dans les réseaux de distribution d'eau et d'autres systèmes hydrauliques.

Sécurité sanitaire : Dans les applications liées à l'eau potable, les clapets anti-retour aident à prévenir la contamination de l'eau en empêchant les retours d'eau contaminée dans le réseau d'eau potable.

Il existe différents types de clapets de retenue, chacun adapté à des conditions de fonctionnement spécifiques. Certains exemples courants incluent les clapets battants, les clapets à ressort, les clapets à boule, les clapets à piston, etc. Chaque type de clapet a ses propres caractéristiques de fonctionnement et avantages pour des applications spécifiques.

La sélection du type approprié de clapet de retenue dépend des besoins du système, de la pression, du débit, du diamètre de la canalisation et d'autres facteurs spécifiques à l'application. Ces clapets doivent être correctement installés et entretenus pour assurer

leur bon fonctionnement et leur efficacité à long terme dans le réseau d'eau ou d'autres systèmes où ils sont utilisés (DeZuane, 1997).

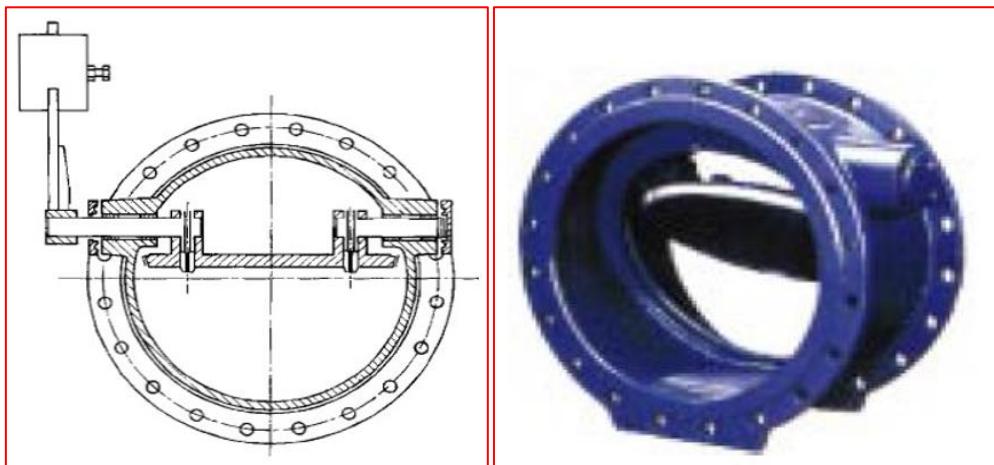


Fig.02 : Clapets de retenue

4. CONCLUSION

En conclusion, les équipements de protection des réseaux d'eau sont des composants fondamentaux pour assurer la fiabilité opérationnelle, la sécurité sanitaire et la qualité de l'eau dans les systèmes de distribution, d'assainissement et d'irrigation.

Ces équipements remplissent une multitude de fonctions essentielles, allant de la filtration des impuretés à la régulation de la pression, en passant par la prévention des reflux et la désinfection de l'eau. Leur présence dans les réseaux d'eau vise à prévenir les risques potentiels de contamination, de dégradation du système et à maintenir la qualité de l'eau conforme aux normes sanitaires et environnementales.

L'efficacité des équipements de protection dépend de leur conception appropriée, de leur installation correcte, ainsi que d'une maintenance régulière et adéquate. Une surveillance continue et des inspections périodiques sont également cruciales pour détecter toute défaillance potentielle et assurer le bon fonctionnement des équipements.

Dans un contexte où la qualité de l'eau et la sécurité sanitaire sont des préoccupations majeures, ces équipements de protection jouent un rôle central pour garantir un

approvisionnement en eau fiable, sûr et de qualité pour les populations, les industries et l'environnement.

En somme, les équipements de protection des réseaux d'eau représentent un investissement indispensable pour assurer la sécurité, la santé publique et la durabilité des systèmes de distribution d'eau, contribuant ainsi à répondre aux besoins essentiels en eau tout en préservant l'intégrité des réseaux de distribution à long terme.

REFERENCES

- DeZuane, J. (1997). *Handbook of drinking water quality*. John Wiley & Sons.
- Olson, P. J. (2020). AWWA Standards for Water Reuse. Journal: American Water Works Association, 112(9).
- Sayre, I. M. (1988). International standards for drinking water. Journal-American Water Works Association, 80(1), 53-60.

CHAPITRE4 : Equipement de régulation

1. INTRODUCTION

L'équipement de régulation joue un rôle crucial dans les réseaux de distribution d'eau, permettant de contrôler, de réguler et de maintenir les paramètres hydrauliques essentiels pour assurer un fonctionnement efficace et sûr du système. Cette catégorie d'équipements comprend divers dispositifs et instruments conçus pour ajuster le débit, la pression, la température ou d'autres paramètres liés à la circulation de l'eau dans les réseaux de distribution.

L'objectif principal de l'équipement de régulation est d'optimiser les performances du réseau en garantissant une distribution équilibrée de l'eau, en minimisant les pertes de pression, en contrôlant le débit et en assurant la stabilité opérationnelle. Ces équipements sont également essentiels pour répondre aux variations de la demande en eau, aux fluctuations de pression, et pour maintenir la qualité de l'eau conforme aux normes réglementaires.

Parmi les équipements de régulation les plus couramment utilisés dans les réseaux d'eau, on retrouve :

Vannes de régulation : Elles contrôlent le débit d'eau dans les conduites en permettant de moduler l'ouverture pour ajuster le débit en fonction des besoins.

Régulateurs de pression : Ces équipements maintiennent la pression de l'eau dans le réseau à des niveaux constants, en réduisant ou en augmentant la pression lorsque cela est nécessaire.

Débitmètres : Ils mesurent la quantité d'eau qui passe à travers une canalisation, fournissant des données précises sur le débit et permettant un contrôle précis du flux.

Systèmes de contrôle automatisé : Ils utilisent des technologies avancées pour surveiller et ajuster automatiquement les paramètres hydrauliques du réseau en temps réel.

Dispositifs de régulation de température : Utilisés dans certains systèmes pour contrôler et maintenir la température de l'eau distribuée.

L'utilisation appropriée de ces équipements de régulation est cruciale pour assurer la stabilité, la fiabilité et l'efficacité des réseaux de distribution d'eau. La conception,

l'installation, la programmation et la maintenance de ces dispositifs sont des éléments clés pour garantir leur bon fonctionnement et leur capacité à répondre aux besoins dynamiques des réseaux d'eau modernes (Moulay Brahim, 2017).

2. Vannes de régulation hydraulique

Les différentes fonctions les plus couramment utilisées sont :

2.1. Régulation de pression aval

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.

2.2. Régulation de pression amont

Maintien 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.

2.3. Régulation de pression amont par vanne de décharge

Décharge d'une pression excessive ou d'une surpression hors phénomènes transitoires.

Limiter la pression d'un réseau amont par ouverture à la pression de consigne et évacuation des excédents vers un réseau de plus faible pression ou un réservoir. Cette vanne se referme dès que la pression dans le réseau amont revient à sa valeur de consigne.

Supprime et canalise les sauts de pression du réseau.

2.4. Limiteur de débit

Limitation des débits quelles que soient les variations de pression dans le réseau amont et dans le réseau aval

2.5. Remplissage de réservoir par régulation de niveau tout ou rien avec flotteur mécanique

- 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).

2.6. Remplissage de réservoir par maintien de niveau avec pilote altimétrique hydraulique

- 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.
- Travail sur une tranche d'eau limitée située sous le niveau de fermeture d'environ 40-50 cm.

 D'autres fonctions peuvent être réalisées par ce type d'appareils, telles que :

- La protection des stations de pompage contre les sur-débits,
- La protection des stations de pompage contre la surpression,
- La protection générale des réseaux contre les phénomènes transitoires (coup de bâlier..),
- Les fonctions multiples complexes,
- Les vannes de survitesse,

Ces fonctions doivent également faire l'objet d'études spécifiques par le concepteur du réseau et / ou fabricant. Celui-ci sera à même de demander les conditions exactes de fonctionnement et d'installation pour déterminer le type et le modèle d'appareil de régulation à installer.

Le concepteur du réseau et / ou le fabricant choisit un stabilisateur de pression adapté aux besoins en fonction du différentiel de pression, des vitesses de passage de l'eau dans l'appareil pour les 3 débits mentionnés pour avoir un fonctionnement optimum de la régulation.

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.

Les mécanismes et les ajutages des tubulures sont conçus de sorte que les appareils soient fidèles et n'engendrent par leur fonctionnement propre, aucun coup de bâlier supérieur à 100 kPa.

Les appareils sont munis de couvercle et chapeaux démontables donnant accès au mécanisme intérieur, et éventuellement d'un robinet de purge ou bouchon.

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.

Les corps des appareils, les plaques de vidange, chapeaux et couvercles sont en fonte ou en acier, les ressorts en acier inoxydable et les parties mobiles, flottantes ou coulissantes, ainsi que les organes d'étanchéité en matériaux appropriés.

Les appareils sont pourvus, à l'amont et à l'aval, de prises de pression conformément aux normes NF E 15-024 et NF E 15-025.

En stabilisant la pression dans le réseau à une valeur déterminée, le volume des pertes par fuites diminue considérablement. Mais ce gain peut être amélioré si durant les heures creuses, de nuit par exemple, il y a une modulation de la pression de consigne. Cet objectif est atteint dans le cas d'un grand réseau par le biais d'un stabilisateur à modulation de pression dont les caractéristiques sont fixées après une étude préalable basée sur des relevés de débit nécessité par la zone de desserte et de pression au niveau d'une sonde installée à l'extrémité et au point le plus haut du réseau. Vu la complexité de cette étude, réalisée généralement par un BET spécialisé, nous nous limitons dans ce guide aux vannes de régulation classiques.

3. 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. Le dimensionnement des appareils est à valider par le fabricant lui-même qui en prend ainsi la responsabilité.

Dans le cas de fonctionnements particuliers en limite de plage de performance ou lorsque la section de passage de certains appareils de régulation est inférieure à leur diamètre nominal de raccordement, ne permet pas le débit réglementaire des poteaux incendie, le fournisseur prendra contact avec vous.

4. 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.

4.1. Définition des débits transitant

Trois débits sont 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.

4.2. Détermination de ces valeurs

Ces valeurs peuvent provenir soit :

- de mesures faites à partir de compteurs placés sur la canalisation
- d'estimations faites à partir du nombre et du type d'abonnés situés sur le réseau concerné.

4.3. Estimation du débit minimum

Il correspond généralement au débit minimum nocturne. Dans une zone d'habitations individuelles ou collectives, il est très faible, voire nul sauf en cas de fuite sur le réseau.

En cas de présence d'artisans ou de gros consommateurs, isolés, dans les zones d'activité et dans les zones industrielles, des mesures ponctuelles doivent être faites.

4.4. Estimation du débit maximum

Il correspond aux pointes de consommation. Il faut distinguer les pointes de consommation des particuliers qui peuvent être estimées et celles des gros abonnés, industriels, artisans qui doivent être mesurées. En l'absence de mesure de débit, il faut estimer la valeur du débit de pointe en fonction du nombre d'abonnés particuliers desservis par l'appareil de régulation et du rendement du réseau concerné. Dans les zones où la population varie très fortement à certaines périodes de l'année des mesures de débit doivent être réalisées pour connaître ces variations de manière précise. Pour les gros consommateurs, artisans, industriels, une mesure du débit de pointe ainsi que la détermination de sa période dans la journée doivent être faite de manière individuelle.

Ces débits seront alors additionnés au débit de pointe des particuliers, en fonction de l'heure de la journée. A ces débits (estimation du débit des particuliers, des mesures de débit chez les gros consommateurs) il faut ajouter une estimation du débit de fuite du réseau concerné (cette valeur ne varie pas en fonction de la journée, elle ne varie que selon l'apparition ou la réparation des fuites).

4.5. Estimation du débit exceptionnel

Ce débit correspond à une sollicitation exceptionnelle du réseau de distribution comme par exemple des tirages sur poteau ou borne incendie ; ces débits peuvent s'ajouter aux pointes de consommation. Il est nécessaire de connaître le nombre de poteaux/ bornes incendie pouvant être ouverts de manière simultanée.

Rappel : le débit nominal de chaque poteau incendie Ø100est de 60 m³/h sous 1 bar de pression.

5. Régulateurs et Stabilisateur :

5.1. Le Régulateur

Le régulateur de pression fonctionne en utilisant un ressort interne pour contrôler la pression de sortie de l'eau. Voici comment cela fonctionne généralement :

Réduction de la pression : L'eau sous pression pénètre dans le régulateur par l'entrée. À l'intérieur du régulateur, un ressort calibré est utilisé pour exercer une force de contre-pression.

Réglage du ressort : La force exercée par le ressort est réglée initialement selon le niveau de pression souhaité en aval. Plus la force du ressort est grande, plus la pression de sortie sera basse.

Contrôle de la pression : Lorsque la pression d'entrée dépasse le niveau défini par le ressort, celui-ci se comprime, ouvrant ainsi une vanne ou un clapet interne pour permettre à l'eau de s'écouler à un débit contrôlé et à une pression inférieure.

Maintien de la pression constante : Le régulateur maintient la pression de sortie à un niveau constant en ajustant automatiquement la vanne interne pour réguler le débit d'eau.

Les régulateurs de pression sont utilisés dans de nombreux contextes, y compris les réseaux de distribution d'eau potable, les installations industrielles, les systèmes d'irrigation et les systèmes de chauffage, où il est nécessaire de maintenir une pression d'eau stable et contrôlée pour garantir le bon fonctionnement du système.

Ces dispositifs sont disponibles dans une gamme de tailles et de capacités pour s'adapter à différentes applications et conditions de pression spécifiques à chaque système. Ils sont un élément essentiel pour contrôler et maintenir des conditions hydrauliques optimales dans les réseaux d'eau.

5.2. Le Stabilisateur

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

Il est conçu pour maintenir une pression constante à un niveau spécifique dans un système hydraulique. Lorsqu'il est combiné avec un circuit piloté, cela signifie généralement qu'il utilise un système de contrôle ou un mécanisme pour réguler et maintenir la pression souhaitée de manière plus précise et automatique.

Contrôle piloté de la pression : Le circuit piloté peut être un système de contrôle électronique, pneumatique ou hydraulique qui surveille en permanence la pression dans le système et ajuste automatiquement le stabilisateur pour maintenir la pression à un niveau spécifique.

Fonctions combinées : Le stabilisateur peut être combiné avec d'autres dispositifs ou fonctions, par exemple, il pourrait être équipé d'une valve ou d'un système de dérivation pour ajuster le débit en plus de réguler la pression.

Utilisation en amont ou en aval : Il peut être installé en amont ou en aval du système en fonction des besoins spécifiques du réseau hydraulique pour maintenir la pression requise.

Ce type d'appareil est couramment utilisé dans les réseaux d'eau, les installations industrielles et d'autres systèmes où le maintien d'une pression stable est crucial pour assurer un fonctionnement fiable et efficace du système. L'utilisation d'un circuit piloté permet généralement une plus grande précision dans le contrôle et la régulation de la pression, en optimisant ainsi les performances du réseau hydraulique.

5.3. Points communs entre les deux types d'appareils

- Ces deux appareils sont étanches à débit nul ;
- Ces deux appareils assurent la même fonction de réduction de la pression aval (95 % des appareils installés contrôlent la pression aval) ;
- Ces deux appareils ont des réactions identiques aux vitesses maximales autorisées.

5.4. Différences entre ces deux types d'appareils

- Le régulateur a un DN maximum de 200 mm, le stabilisateur va au-delà.
- Le régulateur fonctionne avec un ressort, il est plus simple que le stabilisateur qui possède un circuit piloté ;
- Le régulateur demande moins d'entretien. Il pourra être préféré en réseau simple.
- Le stabilisateur, grâce à son circuit piloté, peut évoluer au cours du temps en recevant des fonctions complémentaires, (par exemple deux valeurs de pression aval pour le jour et la nuit, une fonction amont sur une fonction aval existante, une fonction limiteur de débit....), le régulateur ne peut pas évoluer.
- Le régulateur a un Kv plus important à diamètre équivalent ; à débit identique, il aura donc moins de pertes de charge.
- Le régulateur supporte mieux les sur débits que le stabilisateur.
- Le stabilisateur, à DN équivalent, est plus performant, et plus précis.

NB : Dans la plus part des cas de fonction aval simple, le régulateur peut être préféré au stabilisateur.

6. CONCLUSION

En conclusion, l'équipement de régulation représente une composante essentielle dans les réseaux de distribution d'eau, offrant des moyens précis et efficaces pour contrôler et maintenir les paramètres hydrauliques nécessaires à un fonctionnement optimal du système.

L'utilisation appropriée de cet équipement permet de répondre à plusieurs objectifs importants :

Optimisation des performances du réseau : Les dispositifs de régulation permettent d'ajuster le débit, la pression et d'autres paramètres pour assurer une distribution équilibrée de l'eau, minimiser les pertes énergétiques et garantir une efficacité opérationnelle maximale.

Gestion des variations de demande : Ils permettent de s'adapter aux fluctuations de la demande en eau, assurant ainsi une disponibilité suffisante d'eau en fonction des besoins changeants.

Maintien de la qualité de l'eau : Certains équipements de régulation contribuent à maintenir la qualité de l'eau en contrôlant des paramètres tels que la température, ce qui est crucial dans les systèmes où la qualité de l'eau est critique.

Réduction des pertes : En contrôlant les paramètres hydrauliques, l'équipement de régulation contribue à minimiser les pertes de pression, les fuites et les gaspillages d'eau dans le réseau.

Sécurité et fiabilité du réseau : Ces dispositifs contribuent à assurer la stabilité opérationnelle du réseau, à prévenir les surpressions ou les sous-pressions, et à maintenir un fonctionnement sûr et fiable des infrastructures hydrauliques.

Pour tirer pleinement parti de l'équipement de régulation, il est crucial de sélectionner les dispositifs appropriés, de les installer correctement, de les entretenir régulièrement et de les surveiller pour détecter tout problème potentiel. En intégrant judicieusement ces équipements dans la conception et la gestion des réseaux d'eau, il est possible d'optimiser l'efficacité, la durabilité et la fiabilité des systèmes de distribution d'eau pour répondre aux besoins actuels et futurs des collectivités et des utilisateurs finaux.

REFERENCES

ADDUCTION EAU POTABLE 2022-2023 https://flipbook.3c-e.com/uploads/catalogs/vm-materiaux/guide_aep_2022/586d3938f8508106e2180047ce5634de4809aa80.pdf

AJUSTE, C., BERLAND, J. M., & CELERIER, J. L. (2004). *Réhabilitation/remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale. Document technique hors série, (10).*

Marchal, R. (1975). *Comportement à la corrosion des tuyaux en fonte ductile en milieu enterré.*

MILOUDI, A., TIS, M., & ELMOHRI, A. (2022). *Fontes grises lamellaire faiblement alliéées traités thermiquement à caractéristiques améliorées pour pièces massives.*

Moulay Brahim, T. (2017). *Etude et amélioration du réseau de distribution et de stockage de l'eau potable* (Doctoral dissertation).

CHAPITRE V. EQUIPEMENTS DE MESURE

1. INTRODUCTION

Dans un contexte lié aux réseaux hydrauliques et aux systèmes de distribution d'eau, les équipements de mesure jouent un rôle crucial en permettant de quantifier et d'évaluer divers paramètres et caractéristiques du fluide, tels que le débit, la pression, la température, la qualité de l'eau, entre autres. Ces équipements sont essentiels pour surveiller, contrôler et optimiser le fonctionnement des réseaux hydrauliques.

Les équipements de mesure sont conçus pour fournir des données précises et fiables sur les variables hydrauliques clés, permettant ainsi aux opérateurs et aux gestionnaires des réseaux d'eau de prendre des décisions éclairées et de garantir un fonctionnement efficace et sûr du système.

Quelques-uns des équipements de mesure couramment utilisés dans les réseaux hydrauliques comprennent :

Débitmètres : Ces dispositifs mesurent la quantité de fluide (eau) traversant une section spécifique d'une canalisation par unité de temps. Ils sont essentiels pour évaluer et contrôler le débit dans les réseaux de distribution d'eau.

Manomètres : Ils mesurent la pression du fluide à un point spécifique du réseau. Les manomètres sont utilisés pour surveiller la pression dans les canalisations, les réservoirs, les pompes et autres équipements hydrauliques.

Thermomètres : Ils permettent de mesurer la température de l'eau. Ces mesures sont importantes pour contrôler les processus de chauffage ou de refroidissement dans certains systèmes hydrauliques.

Analyseurs de qualité de l'eau : Ces équipements mesurent différents paramètres physico-chimiques ou biologiques de l'eau, tels que le pH, la conductivité, la turbidité, les contaminants, etc., pour évaluer la qualité de l'eau distribuée.

Capteurs de niveau : Utilisés pour mesurer le niveau d'eau dans les réservoirs, les puits ou les bassins de stockage.

Ces équipements de mesure permettent une surveillance continue des performances du système hydraulique, facilitant ainsi la détection précoce des problèmes potentiels,

l'optimisation de l'efficacité opérationnelle, la gestion des ressources et la maintenance préventive des infrastructures.

Dans l'ensemble, les équipements de mesure constituent une composante fondamentale des réseaux hydrauliques, offrant des informations vitales pour assurer un fonctionnement fiable, efficace et durable des systèmes de distribution d'eau.

2. Généralités

Il faut distinguer les mesures des débits dans les écoulements à surface libre et celles des débits dans les conduites en charge.

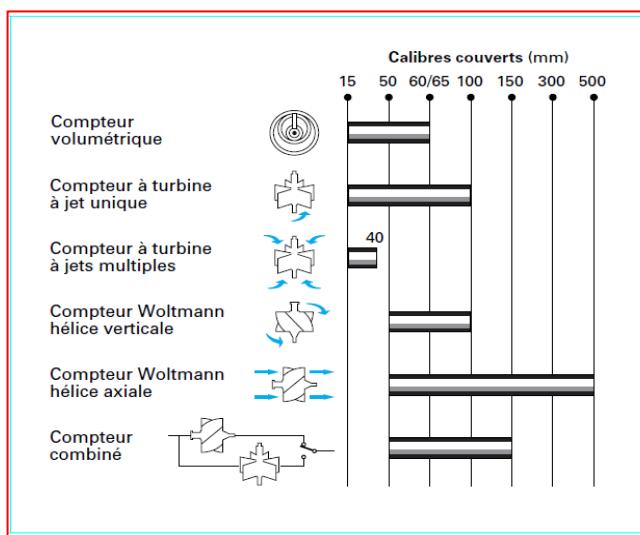
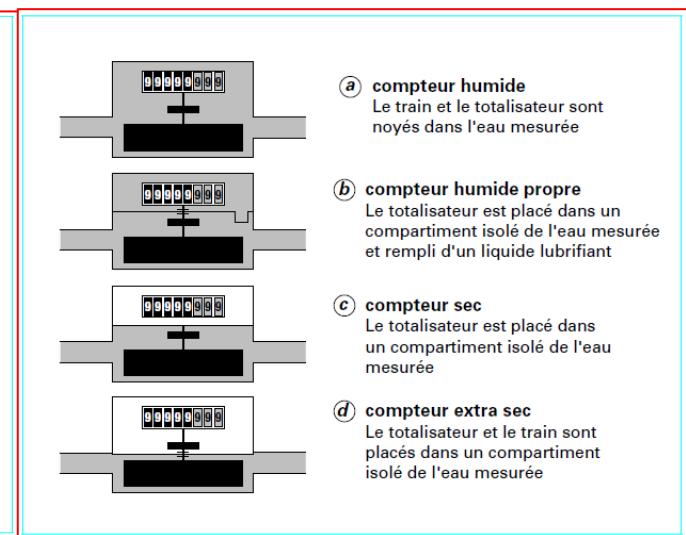
Pour les premières, on se reportera à l'article Débit des liquides à l'air libre dans le traité Mesures et Contrôle. Dans la pratique courante, ce sont des déversoirs ou des dispositifs à étranglement (Venturi canal), où le niveau amont détermine la valeur du débit (Kadi, 1997).

Mesures et Contrôle, et les compteurs proprement dits qui, pratiquement, couvrent la grande masse des appareils de débits, enregistreur sou non, utilisés par les distributeurs d'eau.

3. Compteurs

3.1. Différents types

La figure 1 donne les différents types de compteurs et les calibres usuellement couverts, variables selon les constructeurs, en fonction du média de comptage. Une autre typologie correspond au totalisateur. Si les totalisateurs à aiguilles ne sont plus proposés par les grands fabricants, on trouve un choix de totalisateurs secs ou noyés (figure 2).

**Fig.1** – Différentes technologies de compteurs**Fig2** – Différents types de totalisateurs

3.2. Classement des compteurs

Un compteur est caractérisé par sa courbe de réponse aux débits transitant, comparée aux valeurs mesurées par un dispositif étalon. On définit ainsi **un canal de tolérance et des erreurs maximales tolérées** en fonction des débits nominaux, de transitions, minimales, et maximales. Pour un compteur neuf, l'erreur maximale admise entre Q_{min} et Q_t est de $\pm 5\%$; elle est de $\pm 2\%$ entre Q_t et Q_{max} . On tolère que ces valeurs soient doublées pour un compteur en service.

Le tableau 1 résume le classement. Pour toutes les classes uniformément, le débit maximal est fixé au double du débit nominal : $Q_{max} = 2 Q_n$. À de rares exceptions près, les services d'eau occidentaux font appel à des compteurs de classe C (Chesneau, 2006).

Tableau 1 : Classement des compteurs selon la CE

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 normal ou nominal.
 Q_t débit du transition.

4. Problème du décomptage

Il ne se pose pas pour les compteurs placés sur les branchements de fourniture d'eau aux usagers où il ne doit pas y avoir de retour d'eau. Par contre, au sein des réseaux maillés (entre des conduites de distribution), lors des études de ces derniers et surtout dans le cas de vente d'eau entre deux services différents, il est important que les retours soient décomptés.

Les compteurs volumétriques sont réversibles par construction, les compteurs à hélices ou de vitesse ont une précision moins bonne en sens inverse du sens normal. Le compteur à jet unique accuse la plus grande différence de précision entre les deux sens (Moulay Brahim, 2017).

5. Compteurs de volume

Un récipient d'un volume connu se remplit et se vide alternativement ; le mouvement est transmis par un train mécanique réducteur ou par un dispositif magnétique vers un totalisateur généralement à huit tambours chiffrés (figure 3). Les compteurs de volume sont les plus sensibles (un compteur de 15 mm a un débit de démarrage de 1 L/h environ) mais ils peuvent être détériorés par des coups de bâton ou des accumulations d'impuretés ; ils ne doivent être employés qu'avec de l'eau parfaitement claire. Ils peuvent être disposés dans n'importe quelle position, mais il est souhaitable de les fixer à l'horizontale.

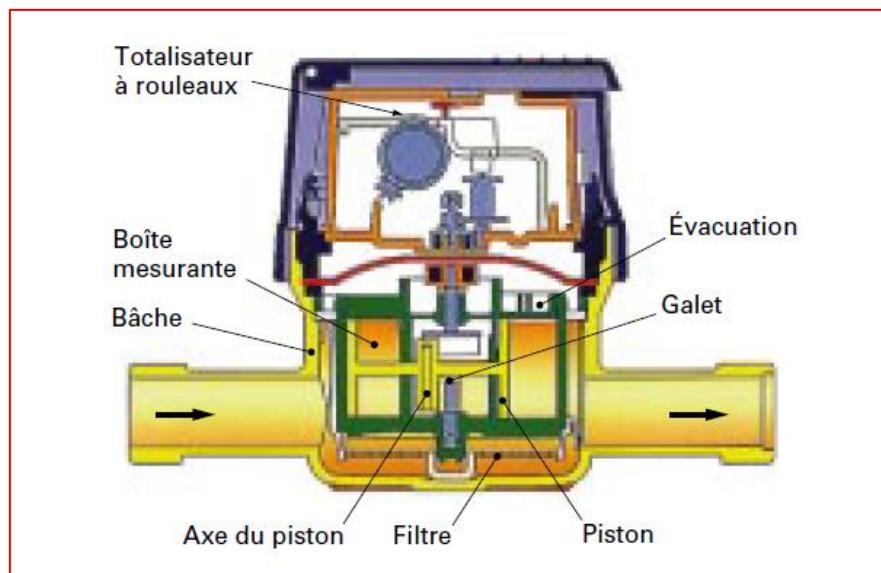


Fig. 03 – Compteur volumétrique

6. Compteurs de vitesse

L'eau y traverse un ou plusieurs orifices de section précise dont le jet de sortie met en mouvement une turbine dont le nombre de tours est enregistré. Le comptage se fait par un train mécanique et un totalisateur (figure 4). Leur sensibilité est moins bonne que celle des compteurs volumétriques (un compteur de 15 mm a un débit de démarrage de 3 L/h environ) mais leur détérioration est moins fréquente. Ils sont insensibles aux coups de bâlier 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).

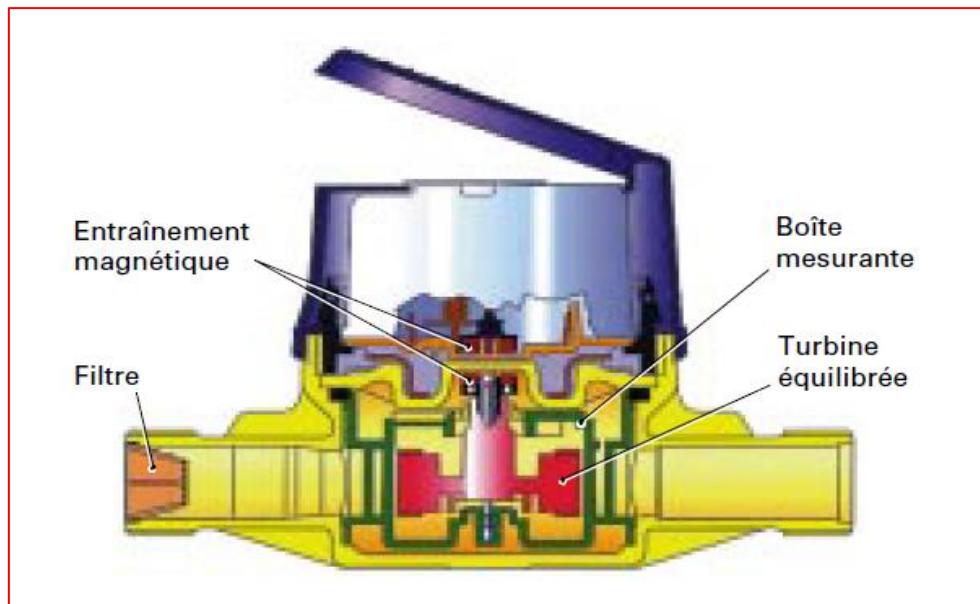


Fig.4 – Compteur de vitesse

7. Compteurs à hélice (Woltmann)

Ils sont à hélice verticale ou à hélice axiale. Dans les **compteurs à hélice verticale** se trouve un cylindre abritant une hélice (figure 5). L'eau arrive par la partie inférieure à travers un diviseur adapté au nombre de pales de l'hélice. Le mouvement ascendant de l'eau entraîne l'hélice à une vitesse correspondant au débit et le nombre de tours est transmis par train réducteur au comptage. Ces compteurs sont très robustes ; insensibles aux remous, ils sont bien adaptés pour le comptage à la sortie des pompes ; ils engendrent une perte de charge sensiblement inférieure à celle des compteurs de volume. Ces compteurs doivent être disposés horizontalement. Les **compteurs à hélice axiale** comportent une hélice et un diviseur (figure 6) ; ils peuvent être de grande dimension (jusqu'à 800 mm). Ils sont, par contre, sensibles aux remous et doivent être précédés soit d'une certaine longueur droite horizontale, soit d'un stabilisateur d'écoulement.

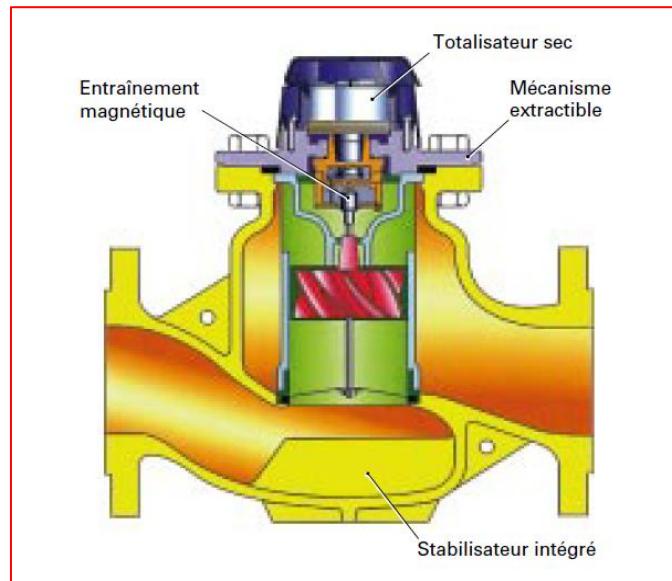


Fig.5 – Compteur Woltmann à hélice verticale

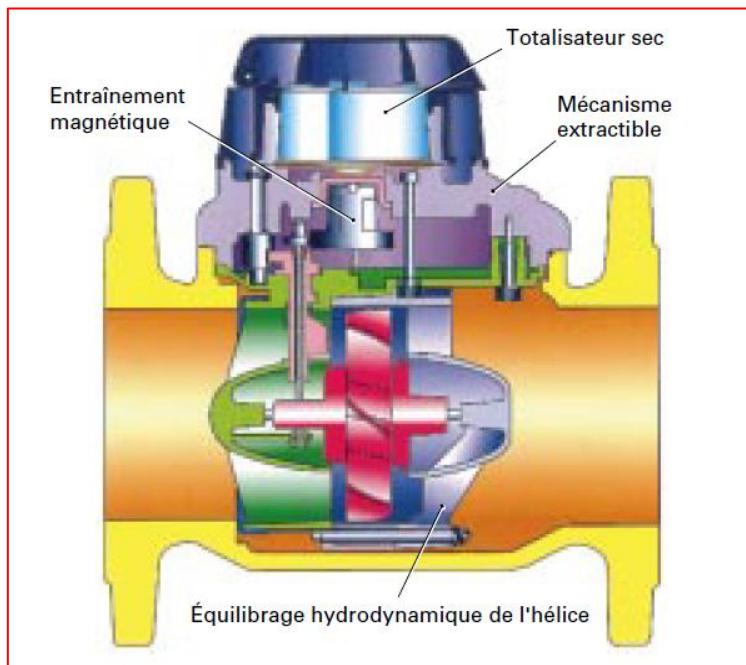


Fig. 6 – Compteur Woltmann à hélice axiale

8. Compteurs combinés

Suivant la dimension de la canalisation, ils comprennent :

- pour des **diamètres de 50 à 100 mm** : un compteur principal à hélice verticale, un compteur secondaire de vitesse ou de volume, un commutateur ;
- b) - pour des **diamètres supérieurs à 100 mm** :

Un compteur principal à hélice axiale, un compteur secondaire de vitesse, un commutateur.

À faible débit, la valve de commutation (figure 7) est fermée, seul le compteur secondaire fonctionne.

Un accroissement de débit entraîne une augmentation de pression dans le circuit principal du compteur.

Quand la force résultant de cette pression devient supérieure à la force de résistance exercée par le ressort du commutateur, la valve s'ouvre.

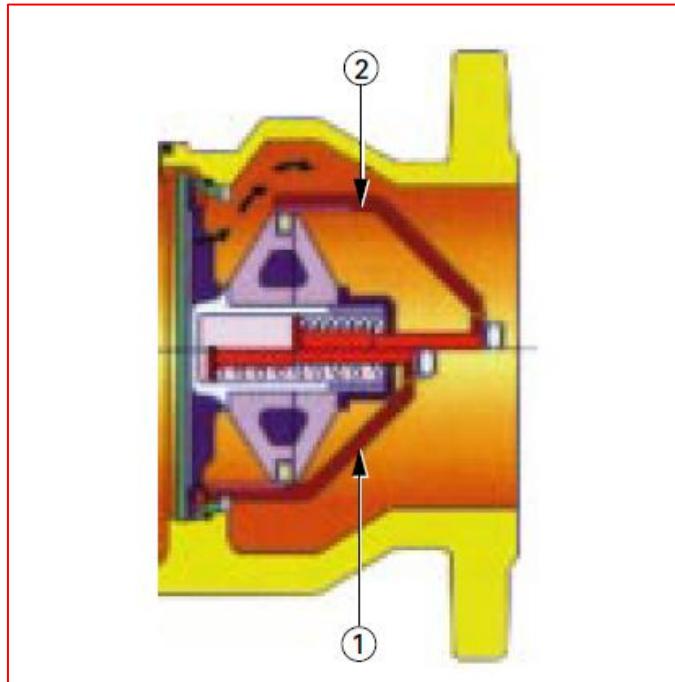


Fig. 7 – Commutateur de compteur combiné

9. Détermination du rendement

9.1. Comptage à l'amont

Plus les débits sont élevés et plus les ouvrages d'admission sont de grande dimension, plus les erreurs peuvent être importantes, en valeur absolue bien sûr, mais également en pourcentage. Lorsque l'on quitte le domaine de la métrologie par comptage, c'est-à-dire au-delà des plus gros compteurs Woltmann, on entre dans le domaine de la débitmètre élevée. On fait alors appel aux organes déprimogènes, aux débitmètres à ultrasons ou électromagnétiques. Ces appareils ont à présent une grande précision (erreur inférieure à $\pm 5\%$) et une bonne fiabilité ; ils nécessitent toutefois plus de vérifications et de réétalonnages que les compteurs classiques (Bobée et al., 1973).

9.2. Principe du débitmètre électromagnétique

Le principe de fonctionnement découle de la loi de Faraday. La tension induite dans un conducteur qui se déplace perpendiculairement à un champ magnétique est directement proportionnelle à la vitesse de déplacement du conducteur. Dans le débitmètre (figure 8), deux bobines (B1 et B2), disposées perpendiculairement au tube de mesure et parcourues par un courant continu, produisent un champ magnétique B.

Les deux électrodes E1 et E2, diamétralement opposées et perpendiculaires à la fois au tube de mesure et au champ magnétique, recueillent une tension « E » lorsqu'un liquide conducteur y circule à la vitesse moyenne V (Canneva, & Guérin-Schneide, 2011).

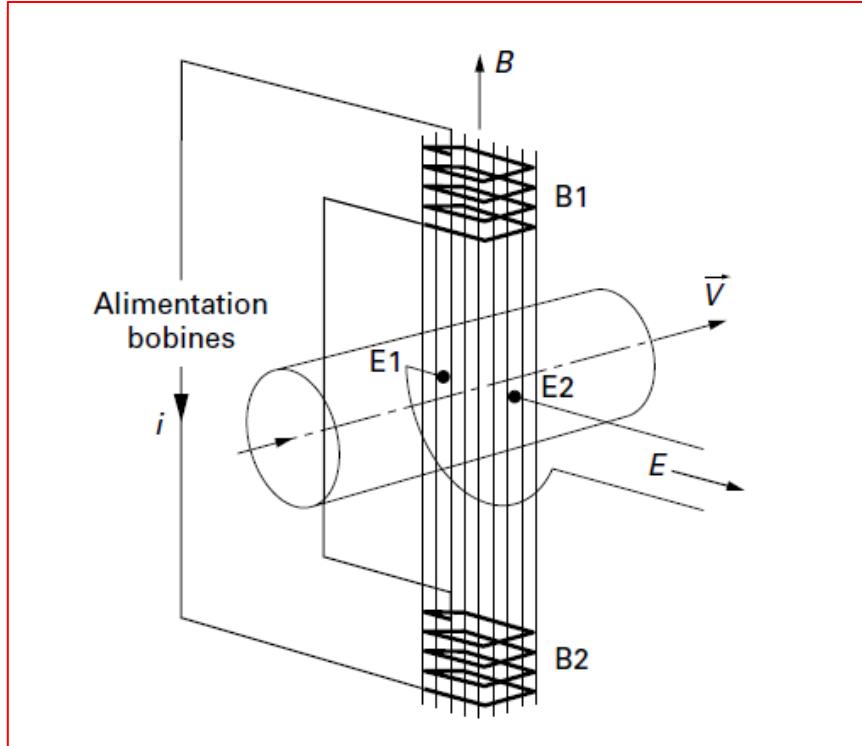


Fig. 8 – Principe du débitmètre électromagnétique

NB : La loi de Faraday donne : $E = kV$ (Avec k une constante pour un appareil donné)

10. CONCLUSION

En conclusion, les équipements de mesure occupent une place primordiale dans le bon fonctionnement et la gestion efficace des réseaux hydrauliques et des systèmes de distribution d'eau. Leur rôle essentiel réside dans la collecte précise et continue des données sur divers paramètres hydrauliques, fournissant ainsi des informations cruciales pour la surveillance, le contrôle et l'optimisation des réseaux.

L'utilisation appropriée de ces équipements offre plusieurs avantages :

Surveillance et contrôle précis : Les équipements de mesure fournissent des données précises sur des variables telles que le débit, la pression, la température et la qualité de l'eau, permettant une surveillance constante et un contrôle précis des réseaux hydrauliques.

Détection précoce des problèmes : Ils permettent d'identifier rapidement les variations anormales ou les problèmes potentiels dans le système, ce qui facilite la prise de mesures correctives avant que les problèmes ne deviennent critiques.

Optimisation des performances : En fournissant des informations en temps réel, ces équipements aident à optimiser les performances des réseaux hydrauliques en ajustant les opérations pour répondre aux variations de la demande et maintenir des conditions optimales.

Gestion efficace des ressources : Les données recueillies par ces équipements aident à une meilleure gestion des ressources en eau, en identifiant les zones de fuite, en surveillant la consommation et en optimisant l'utilisation des ressources disponibles.

Maintenance préventive : Les informations collectées peuvent faciliter la planification de la maintenance préventive, en permettant de cibler les zones nécessitant des interventions pour éviter les pannes ou les dysfonctionnements.

En somme, les équipements de mesure constituent un pilier fondamental pour assurer la fiabilité, l'efficacité opérationnelle et la durabilité des réseaux hydrauliques et des systèmes de distribution d'eau. Leur utilisation adéquate et leur entretien régulier sont essentiels pour garantir des données précises et fiables, permettant ainsi une gestion efficace et proactive des ressources hydrauliques.

REFERENCES

- Bobée, B., Coudert, J. F., Couillard, D., Demand, H., Leclerc, M., Mascolo, D., ... & Villeneuve, J. P. (1973). Systèmes urbains de distribution d'eau: étude du système et de la demande.
- Canneva, G., & Guérin-Schneider, L. (2011). La construction des indicateurs de performance des services d'eau en France: mesurer le développement durable?. *Nature Sciences Sociétés*, 19(3), 213-223.
- Chesneau, O. (2006). *Un outil d'aide à la maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable: la modélisation dynamique de différentes composantes du débit de fuite* (Doctoral dissertation, PhD thesis, Université Louis Pasteur Strasbourg 1).
- Kadi, A. (1997). La gestion de l'eau en Algérie. *Hydrological sciences journal*, 42(2), 191-197.
- Moulay Brahim, T. (2017). *Etude et amélioration du réseau de distribution et de stockage de l'eau potable* (Doctoral dissertation).

CONCLUSION GENERALE

La technologie des conduites et équipements des réseaux est un domaine crucial pour la gestion, le développement et la maintenance des infrastructures de distribution d'énergie, d'eau, de gaz, de télécommunications et d'autres services essentiels. Ce cours aborde divers aspects liés à la conception, à la construction, à l'exploitation et à la réparation des réseaux, en mettant l'accent sur plusieurs concepts clés.

Conception et Planification : Ce cours examine les principes de base de la conception des réseaux, y compris la sélection des matériaux, la topographie, la capacité de charge, et la modélisation pour assurer l'efficacité et la durabilité des réseaux.

Matériaux et Équipements : Il explore également les différents types de matériaux utilisés dans la construction des conduites et équipements des réseaux, en mettant en évidence leurs propriétés, leurs avantages et inconvénients, ainsi que les normes de sécurité.

Technologies Émergentes : Avec l'avancée technologique, le cours peut également couvrir les dernières innovations telles que les capteurs intelligents, l'IoT (Internet des objets) pour la surveillance en temps réel, l'utilisation de matériaux plus durables et écologiques, etc.

Entretien et Réparation : Il est important d'apprendre les méthodes d'entretien préventif et curatif pour assurer le bon fonctionnement des réseaux, ainsi que les procédures de réparation en cas de défaillance.

Normes de Sécurité et Environnement : Les réglementations de sécurité et les normes environnementales sont des éléments fondamentaux abordés dans ce cours, car la fiabilité des réseaux et la protection de l'environnement sont des préoccupations majeures.

En conclusion, ce cours de technologie des conduites et équipements des réseaux offre une compréhension approfondie des fondamentaux nécessaires à la planification, à la construction et à la gestion efficace des réseaux d'infrastructures. Il sensibilise également aux défis actuels et futurs de ce domaine en constante évolution, encourageant ainsi l'innovation et l'adaptation aux nouvelles technologies et normes pour des réseaux plus performants, durables et sûrs.

