

Chapitre I : nature des canalisations

I.1. Introduction:

La canalisation sous pression constitue le mode d'adduction actuellement employé.

Elle maintient l'eau à l'abri des contaminations et la préserve de l'évaporation et des variations de température; elle s'établit presque constamment en tranchée, ce qui facilite le tracé et évite de coûteuses acquisitions de terrain. En outre, elle peut présenter de fortes inclinaisons et des contre-pentes, ce qui est irréalisable avec l'écoulement libre.

I.2. La distribution : Elle désigne toute la partie se situant après le réservoir. A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés. Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles. La distribution de l'eau s'effectue à l'aide des réseaux enterrés constitués de conduites et de canalisations sous pression qui comprennent des :

- conduites et pièces spéciales ;
- appareils de robinetterie : vannes, clapets ;
- appareils de mesure : compteurs, débitmètres ;
- appareils de fontainerie : bouches d'incendie.

I.3. Structure du réseau d'Alimentation en eau potable (AEP) :

La structure du réseau d'AEP dépend de la localisation des abonnés, de leur importance et du niveau de demande à assurer. La structure traduit les dimensions des conduites, la capacité des réservoirs, le nombre de pompes et la puissance fournie. La structure du réseau tient compte d'éléments géographiques tels que : la dispersion des abonnés, la présence d'obstacles naturels, la présence de routes, chemin de fer, jardins, d'autres réseaux enterrés. Tous ces éléments vont permettre au service de l'eau de définir des caractéristiques propres à chaque composant du réseau afin d'assurer son bon fonctionnement. Ces caractéristiques sont détaillées dans ce qui suit :

I.4. Les conduites :

Les conduites permettent l'acheminement l'eau d'un point à un autre point du réseau. Une conduite est un segment de tuyau ou canalisation délimitée par deux points de consommation d'eau appelés *noeuds*. Chaque conduite est caractérisée par :

- Un noeud initial et un noeud final.
- Une longueur donnée L .
- Un diamètre d .
- Un coefficient de rugosité C traduisant la perte de charge.
- Un état : ouvert, fermé.

COURS : TECHNOLOGIE DES CONDUITES ET EQUIPEMENTS DES RESEAUX D'AEP

Master 1 conception

Dirigé par :Riguet Ferhat

L'écoulement de l'eau s'effectue du noeud disposant de la pression la plus élevée vers le noeud dont la pression est plus faible. La rugosité traduit la résistance de la conduite à l'écoulement de l'eau. Les parois internes des conduites au contact de l'eau créent un phénomène de friction qui s'accompagne de perte d'énergie due au frottement créant ainsi une perte de charge linéaire.

I.5. Matériaux des conduites d'eau potable:

Une canalisation sous pression est constituée par des tuyaux assemblés les uns aux autres.

Les matériaux pour les conduites d'eau potable peuvent être classés en trois grandes Familles

- Métalliques : fonte ductile, acier ;
- À base de ciment: béton, béton armé;
- Organiques: PVC, PEHD, PRV.

Trois considérations sont essentielles pour le choix du matériau des canalisations :

- la sécurité de service,
- la longévité,
- le facteur économique.

I.5.1. Tuyaux à base de ciment:

D'une façon générale, les tuyaux en béton utilisés sur les réseaux d'eau potable, comportent une épaisseur importante de béton renforcée en son milieu par des armatures d'acier, cette armature peut être constituée :

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

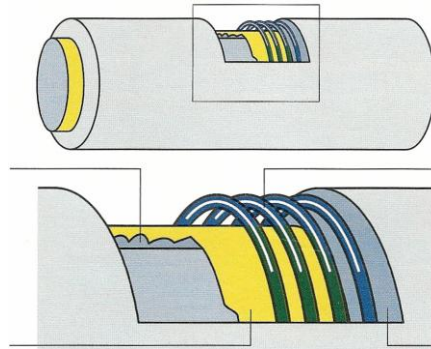
Du fait de la grande porosité de ces matériaux, l'eau retenue dans les pores dissout les bases et la chaux, contenues dans le matériau. De plus, au contact d'eaux très agressives, ces matériaux se dégradent et le sable de surface se détache des parois.

I.5.1.1. Tuyaux à âme en tôle d'acier :

Ils sont constitués par :

- un tube médian en tôle d'acier soudée, terminé à ses extrémités par des pièces d'acier correspondant au type de joint envisagé.
- un revêtement intérieur en béton centrifugé ou vibré, armé ou non.
- un revêtement extérieur constitué par :
 - ♦ Une armature réalisée avec des cerces ou crochets et des génératrices en acier pour béton armé;
 - ♦ Un enrobage en béton moulé ou vibré.

Les diamètres nominaux vont de 200 à 3200 mm avec des longueurs variant de 2,91 à 6,15 m et des épaisseurs des parois, qui varient, sensiblement, entre 50 mm et 260 mm.



I.5.1.2. Tuyaux en béton précontraint :

Ils sont constitués par :

- un corps en béton vibré ou centrifugé réalisé en ciment portland.

Une armature de précontrainte circonférentielle en acier à haute résistance constituée de spires d'un seul tenant et mises en tension lors de la fabrication du tuyau;

- un faisceau de génératrices en acier à haute résistance assurant la précontrainte longitudinale.

Les diamètres intérieurs varient de 500 à 2700 mm pour une épaisseur de paroi de 56 mm avec des longueurs varient de 7,09 à 5,18 m.

Types de joints :

➤ **Joint soudé :** après pose est réglage des tuyaux la soudure du joint est réalisée à l'arc électrique manuellement ou avec un appareil semi automatique les extrémités des tuyaux ou pièces spéciales comportent des dégarnis de béton permettent une soudure :

- Extérieur DN < 800 mm
- Extérieur et intérieure 800mm < DN < 1200mm.
- Intérieure DN > 1200 mm.

Les joints soudés résistent à l'effort de traction longitudinal ce qui permet d'éviter la confection de massifs de butée lorsque les tuyaux les pièces spéciales ont été calculés pour rendre la conduite auto butée.

➤ **Joint en garniture élastomère :**

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

Tenue de la corrosion :

C'est la qualité du béton qui conditionne à la fois sa résistance propre à la corrosion et celle des armatures qui est déterminante dans la résistance de l'ensemble du tuyau.

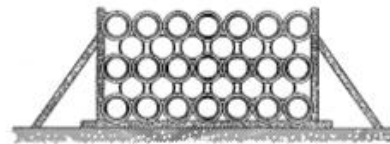
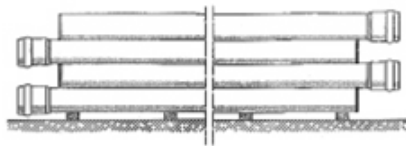
On vérifiera les caractéristiques de résistance à la corrosion indiquées par les fournisseurs en fonction des dosages utilisés et des gammes proposées.

Transport et stockage :

Les tuyaux de canalisation doivent être chargés et déchargés avec précaution.

Les tuyaux doivent être étayés de manière à ce qu'ils ne puissent être pliés ou déformés. Il ne doit pas se produire de déformation permanente ou de détérioration des tuyaux en raison du stockage. Pour cette raison les piles de tuyaux ne doivent pas avoir une hauteur supérieure à 1m.

Il faut éviter de frotter les tuyaux sur le sol. Les éraflures et griffures peuvent occasionner un affaiblissement des parois de tuyaux de même qu'un défaut d'étanchéité dans les manchons de raccordement. Grâce à une disposition en têtebêche des manchons on obtient des couches presque complètement planes. Dans l'empilement avec des intercalaires, les supports de base ou planchettes intermédiaires doivent avoir une largeur d'au moins 7,5 cm et doivent être disposés avec un écart de 1 m à max. 2 m. Les étais extérieurs ou étais intermédiaires doivent être disposés de 0,5 à 1 mètre par rapport à l'extrémité de l'empilement.



I.5.2. Tuyaux métalliques :

I.5.2.1. Tuyaux en acier :

L'acier est constitué de fer combiné au carbone, le pourcentage de carbone étant compris entre 0.1 et 1.5 %. Les tubes sont fabriqués à partir de tôle d'acier de nuance comprise dans la gamme TSE 235 à TSE 360.

L'acier est le matériau permettant de répondre économiquement aux contraintes techniques les plus fortes. Les performances du tube en acier, sa résistance aux pressions et aux sollicitations mécaniques varient selon l'épaisseur et la nuance d'acier utilisé.

○ **Mode de fabrication :**

_ À partir de tôles ou de feuillards pour les tuyaux soudés ;

_ À partir de tiges ronds pour les tuyaux sans soudure.

● **Le soudage longitudinal par induction à haute fréquence (ERW-HFI) :**

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

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

- **Le soudage hélicoïdal à l'arc (SAW) :**

À partir de tôles d'acier formées à froid hélicoïdalement, le soudage s'opère intérieurement et extérieurement l'arc électrique immergé sous flux avec apport de métal. Le cordon de soudure fait l'objet d'un contrôle intégral par ultrasons.

Ce procédé est le mieux adapté à la fabrication de tubes d'un diamètre supérieur à 500 mm.

La fabrication des tuyaux sans soudure comporte les opérations suivantes :

- _ Perçage des blocs en acier ;
- _ Laminage de l'ébauche ;
- _ Calibrage.

Ce procédé ne s'applique qu'aux tuyaux de diamètres inférieurs ou égaux à 400 mm.

Caractéristiques :

1- Tenue à la corrosion :

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

✓ **revêtement extérieure**

Pour les canalisations enterrées, le revêtement extérieur des tubes est :

- soit le revêtement polyéthylène tri-couches,
- soit le revêtement polypropylène tri-couches.
- soit le revêtement C.

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

La première couche est constituée d'un film de résine époxydique en poudre d'une épaisseur de 50 microns, dotée d'excellentes propriétés de résistance chimique.

La deuxième couche est un copolymère d'une épaisseur d'environ 250 microns, destiné à assurer une parfaite adhérence entre la première et la troisième couche.

La troisième couche est constituée d'un revêtement en polyéthylène ou polypropylène extrudé, dont l'épaisseur dépend du diamètre du tube.

Le revêtement tri-couche ainsi réalisé confère aux tubes :

- Une très bonne résistance aux chocs et au poinçonnement
- Une inertie chimique élevée
- Une très grande rigidité diélectrique, particulièrement appréciable en présence de courants vagabonds et/ou de sols corrosifs
- Une importante stabilité dans le temps

Le revêtement le plus utilisé pour la protection des conduites enterrées est le revêtement C qui ce compose :

- d'une couche d'email bitumeux dérivé de la houille ;
- d'un voile de verre noyé dans la couche d'email et qui en constitue l'armature interne.

L'épaisseur totale du revêtement doit être, au minimum, de 3 mm.

Le revêtement réalisé par un complexe bitumeux sous gaine en polyéthylène, ce type étant réservé aux canalisations enterrées de petit diamètre.

✓ **revêtement intérieure**

La protection à réaliser doit être liée aux caractéristiques chimiques de l'eau transportée et divers modes de revêtements sont mis en œuvre.

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

Pour les diamètres de 80 à 600 mm inclus, l'intérieur de l'emboiture n'étant pas revêtu de ciment mais recouvert d'une peinture appropriée.

Pour les diamètres supérieurs il peut être appliqué soit en usine, soit sur conduites en place, par d'autres procédés.

Un revêtement en email bitumeux peut être exécuté pour les diamètres allant de 200 à 1750mm inclus; son épaisseur doit être supérieure à 1 mm.

✓ **Protection cathodique :**

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

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

2- Caractéristiques dimensionnelles (gamme de tuyaux) :

Diamètre nominaux : 80 a 1750 mm

Longueur utile : 10 a 12 m

Pression nominale maximum : 64 bars.

Les tuyaux sont, pour les diamètres de 80 mm à 1200 mm, en général, livrés en longueurs courantes de 12m, environ, avec possibilité de livraison de 10 %, de la commande en longueurs plus courtes de 6 à 10m.

3- Système d'assemblage

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

Trois systèmes d'assemblage existent et sont utilisés selon le diamètre des tubes.

➤ Joint soudé bout à bout

Le revêtement intérieur est arrêté en usine à 10 mm de chaque extrémité chanfreinée. Après soudure, il convient d'effectuer une reprise éventuelle du revêtement intérieur sur une longueur de 20 mm et de procéder à l'application d'un manchon thermo-rétractable à l'endroit de la soudure sur le pourtour du tube.

➤ Joint "S" ou slip-joint

Il est préconisé pour des tubes à revêtement intérieur ciment dont le DN est inférieur ou égal à 1200 mm et pour des tubes à revêtement intérieur époxy dont le diamètre est supérieur à 700 mm. Ce système de jonction facilite le mode d'assemblage sur chantier dans la mesure où le centrage des tubes par introduction du bout male d'un tube dans l'emboîtement femelle du tube suivant s'opère sans aucune difficulté. Côté femelle, le revêtement intérieur en mortier de ciment s'arrête dans la doucine de la tulipe contre un anneau de butée en caoutchouc EPDM de profil spécialement étudié; cet anneau assure la continuité de la protection intérieure, évitant ainsi toute détérioration du mortier de ciment lors de l'emboîtement.

➤ Joint "E" à manchette isotherme

Il est préconisé pour des tubes à revêtement intérieur époxy dont le DN est inférieur à 700 mm. Il se présente comme un slip joint dans lequel une manchette isotherme est rapportée par soudage sur la paroi interne du bout male du tube ; cette manchette isotherme en acier évite la détérioration thermique du revêtement époxy interne lors de la réalisation de la soudure des tubes entre eux.

4- Avantages et inconvénients

Les tuyaux en acier présentent les avantages suivants :

- ils sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où économie sur le transport, mais plus lourds que les tuyaux en matière plastique;
- leur résistance aux contraintes (chocs, écrasements, déplacements de terrains) est supérieure à celle des tuyaux en matière plastique et en fontes;
- par la possibilité de jouer, à volonté, sur la nuance de l'acier ou l'épaisseur de la tôle, ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service, si dures soit-elles;

- ils sont plus long que les tuyaux en fonte, ce qui diminue le nombre de raccords et rend la pose plus rapide.

Par contre :

- leur résistance à la corrosion est due à la qualité de ses revêtements intérieur et extérieur mais le passage au balai électrique permet la détection, suivie d'une réparation, des éventuelles détériorations du revêtement extérieur au moment de la pose ;
- les revêtements sont une sujétion en cas de raccords de prise en charge, sauf pour le revêtement intérieur au mortier de ciment qui résiste parfaitement à toutes les opérations de piquages, coupe, soudures, etc.

Le choix à faire est donc un cas d'espèce en fonction des conditions locales.

I.4.2.2. Tuyaux en fonte ductile :

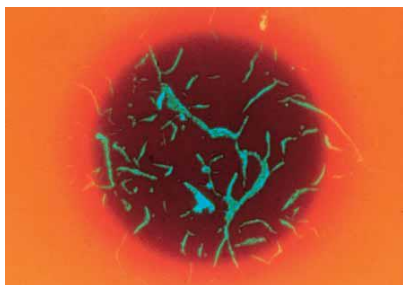
Tout comme l'acier, la fonte est un produit obtenu par l'alliage de deux éléments essentiels : le fer et le carbone.

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

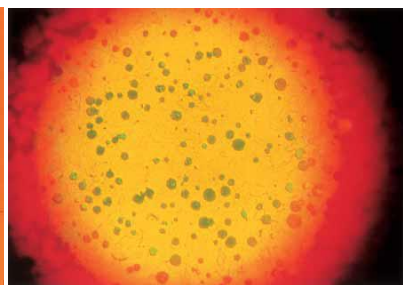
Dans la fonte nodulaire (ductile (malléable), fonte G.S (graphite sphéroïdal)), le carbone forme des boules (nodules) en se figent.

Trois nouvelles caractéristiques mécaniques :

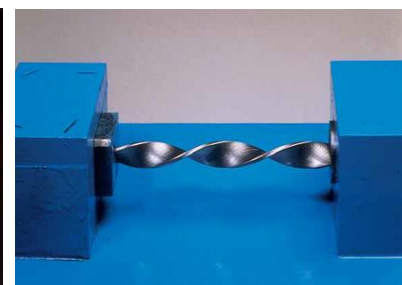
- résistance à la traction et aux chocs ;
- allongement important ;
- haute limite élastique.



Fonte grise



Fonte nodulaire (ductile)



o **Mode de fabrication :**

Depuis 1927, la technique utilisée est la technique de la centrifugation pour couler les tuyaux en fonte.

La rapidité de la rotation du moule et/ou l'avancement de la rigole de coulée influencent l'épaisseur de la paroi du tuyau.

Au sortir de la poche de coulée et de la rigole de coulée, la fonte en fusion (à 1 400 °C) est projetée par la force centrifuge contre la paroi refroidie du moule de coulée. Le refroidissement brutal à 600 °C crée des tensions.

Pour neutraliser ces tensions, on recuit la fonte au four durant environ 1/2 heure jusqu'à 960 °c, puis on ramène sa température à 300 °c pendant 1/2 heure.

Ensuite, les tuyaux sont revêtus, a l'intérieur, de mortier de ciment et, a l'extérieur, de zinc et de peinture bitumineuse (ou autre).

Caractéristiques :

1- Tenue à la corrosion :

a- revêtement intérieurs :

Les eaux potables peuvent se révéler agressives pour les canalisations, soit par leur composition minérale, soit par les produits de traitement, comme les désinfectants.

C'est pourquoi les canalisations en fonte ductile disposent d'un revêtement intérieur.

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

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

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

- ciment portland réservé aux eaux non agressives,
- ciment alumineux eaux très déminéralisées,
- revêtement polyuréthane eaux douces ou agressives (inhibition corrosion et amélioration hydraulique).

b- revêtement extérieurs :

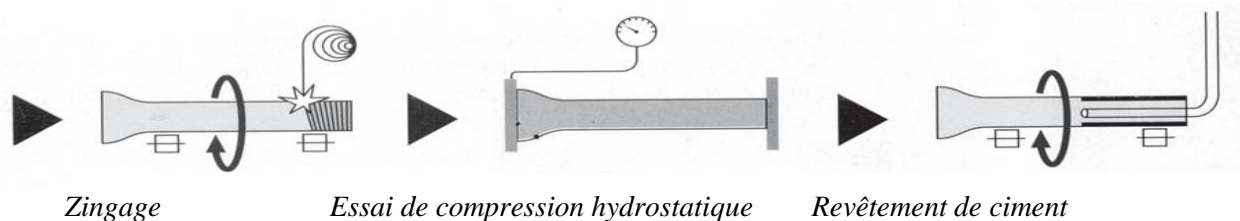
De par sa composition et en particulier grâce au Carbone qu'elle contient, la fonte ductile résiste aux agents corrosifs.

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

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

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

La paroi extérieure des tuyaux doit être revêtue d'une couche de bitume d'une épaisseur minimale de 25µg (doit sécher rapidement, doit être homogène, doit adhérer a tout la surface et ne doit pas être cassant au froid, ni collant a la chaleur.



2- Caractéristiques dimensionnelles (gamme de tuyaux) :

Diamètre nominaux : 60 a 2000 mm

Longueur utile : 6 a 8 m

Pression nominale maximum : 64 bars.

3- Système d'assemblage :

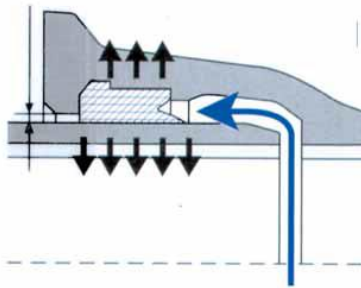
➤ **Joint soudé bout à bout :**

➤ **Par joint automatique :**

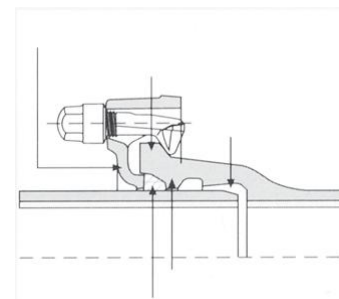
Au moment ou le bout uni est introduit dans le manchon, la bague de joint en élastomère est automatiquement comprimée entre le manchon et la paroi du bout uni.

➤ **Par joint mécanique :**

Le joint d'étanchéité en élastomère est comprime a l'aide d'une contre bride et de boulons.



Système d'étanchéité automatique



Système d'étanchéité mécanique

Avantage des tuyaux en fontes :

- Résistance à la compression ;
- Bonne résistance à l'abrasion et à la corrosion;
- Résistance à la fatigue ;
- malléable et résistante aux chocs;
- Résistance à la traction ;
- Allongement important.
- facile à travailler
- Soudable

Transport - manutention – stockage :

Les tuyaux et raccords en fonte ductile sont transportés, manutentionnés et stockés de façon à ne pas détériorer leurs caractéristiques. Sont notamment interdits :

- tout choc ou contact du revêtement avec des pièces métalliques ;
- le frottement des tuyaux entre eux ;
- l'emploi d'élingues ou de chaînes métalliques ;
- la flexion prolongée des tuyaux pendant le transport et le stockage ;

- le déchargement des tuyaux et raccords par basculement ;
- le roulement des tuyaux sur sols pierreux ou rocheux.

I.5.3. Tuyaux organique (en matière thermoplastiques) :

On dit qu'une substance est plastique lorsqu'elle peut se déformer sous l'action d'une force extérieure, puis conserver la forme ainsi obtenue lorsque l'action est interrompue.

Les principaux procédés de transformation sont le moulage par injection, le moulage par compression. Pour cette dernière technique on dispose d'une machine comportant, essentiellement, un fourneau cylindrique chauffé dans lequel tourne une vis qui pousse, de façon continue la pâte à travers l'orifice de sortie que constitue la filière.

En ce qui concerne les tuyaux, il y a lieu, du point de vue de la nature du matériau, de distinguer trois catégories :

- les tuyaux en polychlorure de vinyle non plastifié (P.V.C) ;
- les tuyaux en polyéthylène haute densité, ou P.E.H.D ;
- les tuyaux en stratifié verre-résine(P.R.V).

➤ les tuyaux en polychlorure de vinyle non plastifié (P.V.C) :

Qualité de la matière des canalisations :

La matière de base pour la fabrication des tubes doit être de la résine en polychlorure de vinyle non plastifié (PVC) à laquelle s'ajoutent les additifs nécessaires à leur fabrication. Aucun de ces additifs ne doit constituer un risque toxique, organoleptique ou microbiologique ni affecter la résistance mécanique à long terme.

Les tubes PVC, destinés à l'adduction d'eau potable, sont équipés à une extrémité d'une emboîture à joint ou à coller et à l'autre extrémité, d'un chanfrein, ce qui permet d'assurer l'assemblage des tubes entre eux.

Ils sont livrés habituellement en longueur de 6m, d'autres longueurs peuvent être fabriqués sur demande, leurs diamètres extérieurs nominaux sont de 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900 et 1000 mm. Les épaisseurs minimales varient de 1,8 à 30,6 mm pour des pressions maximales de service de 16, 10 et 6,3 bars.

Avantages des tubes PVC

- une parfaite résistance à la pression et à la dépression ;
- une excellente résistance à la corrosion et à la fissuration ;
- une mise en œuvre aisée grâce à la légèreté et à la rigidité du matériau ;
- un produit adaptable à tous les sols ;
- une excellente résistance aux agressions chimiques externes ;
- un produit léger à transporter ;
- propre, rapide et facile à installer ;
- durée de vie supérieure à 50 ans.

Technique d'assemblage :

Il existe deux procédés :

- **Assemblage par collage :**

Ce type d'assemblage est particulièrement adapté pour la pose réalisée en aérien (comme a l'intérieur de bâtiments). Elle est aisée jusqu'au DN 110 et peut être mise en œuvre dans des conditions particulières (assemblages tubes/raccords) jusqu'à des diamètres 250mm voir 315mm. L'assemblage est effectué par application d'une colle spécifique qui permet de réaliser une véritable soudure à froid des éléments.

- **Assemblage par bague d'étanchéité :**

Ce type d'assemblages est recommandé pour la pose en enterré.

Ces assemblages de gros diamètres font l'objet de nombreuses sollicitations qui peuvent être dues :

- _ a l'environnement (tassement différentiel des remblais),
- _ aux charges roulantes éventuelles,
- _ aux variations thermiques au moment de la pose,
- _ au remblaiement,
- _ a la mise en eau,
- _ a d'éventuelles pressions alternées.



Transport et stockage :

Lors des opérations de chargement ou de déchargement, les tubes doivent être manutentionnés un à un. Ils ne devront pas être jetés à terre ou tirés.

Le déchargement des tubes conditionnés en fardeaux requiert l'utilisation d'un engin mécanique approprié. On utilisera exclusivement un cordage, des sangles ou des élingues non métalliques.

L'emploi de câbles ou d'élingues métalliques est strictement interdit.

Lors du déchargement des tubes à emboîture, il convient d'empiler les tubes sur les camions ou wagons en alternant les emboîtures tout en laissant celles-ci dépasser la pile de façon à ce que les tubes reposent les uns sur les autres sur toute leur longueur.

Les tubes de plus grande rigidité devront être placés au bas du chargement.

Si les tubes dépassent la longueur du véhicule, il faudra veiller à ne pas dépasser un mètre de porte à faux.

COURS : TECHNOLOGIE DES CONDUITES ET EQUIPEMENTS DES RESEAUX D'AEP

Master 1 conception

Dirigé par :Riguet Ferhat

Lorsque les tubes sont fournis avec des chapeaux, des bouchons ou dans des emballages, il est recommandé de ne pas enlever ces protections avant la mise en œuvre des tubes.

L'aire de stockage des tubes devra être plane et débarrassée de tout objet saillant ou tranchant de nature à endommager les tubes.

L'exposition prolongée des tubes aux rayons solaires peut entraîner une baisse de leur résistance aux chocs et provoquer leur décoloration. Aussi, il est recommandé de protéger les tubes avec une couverture opaque avec ventilation libre.

Les tubes de diamètres et d'épaisseurs différents devront être empilés séparément dans la mesure du possible. Sinon, il convient de placer à la partie inférieure les tubes de plus grand diamètre et de plus forte épaisseur.

La hauteur d'empilement des tubes est limitée à 1,50 mètre.

➤ les tuyaux en polyéthylène haute densité ou P.E. H.D :

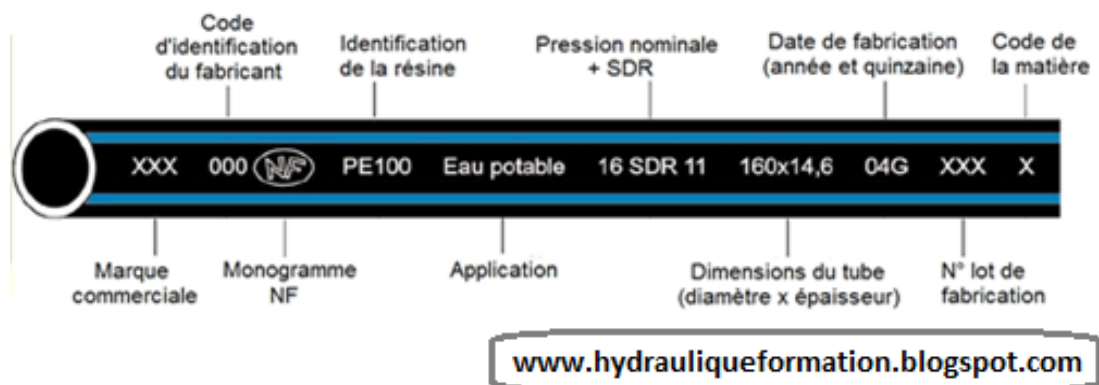
Le matériau doit être constitué de :

- polyéthylène pur ;
- noir de carbone, finement dispersé dans une proportion de 2,3 %;
- 0,3 % au maximum d'adjuvants sous réserve que ces matières soient admises au contact des produits alimentaires par le service de la répression des fraudes.

Couleur :

PEHD 80: noir à traits bleus

PEHD 100: bleu



Avantages du PE :

- flexibilité : aptitude à suivre les mouvements du terrain
- soudabilité : réseau continu étanche et homogène
- longévité : coûts d'exploitation réduits
- inertie chimique et électrique : pas de corrosion, stabilité du réseau en milieu agressif
- excellentes propriétés mécaniques : résistance aux chocs, gel, tenue aux U.V.
- légèreté et grande longueur : mise en œuvre facile et mécanisable
- faible coefficient de rugosité : pertes de charge réduites

- fiabilité des réseaux : jonctions adaptées à l'application
- respect de l'environnement : recyclage.

Le conditionnement de différentes longueurs de 25 ml, 50 ml et 100 ml en couronnes ou tourets, facilite l'installation

Caractéristiques :

Les tuyaux sont classés en trois séries : 4, 10, et 16 bars. Les diamètres extérieurs nominaux sont de 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1100,1200, 1400 et 1600 mm avec des épaisseurs variant de 2 à 65,4 mm.

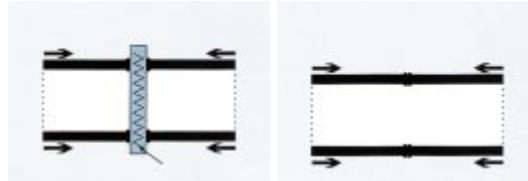
Technique d'assemblage :

Il existe deux procédés d'assemblage :

- les assemblages par soudure qui se subdivisent en assemblage par électro-soudage et assemblage par soudage bout à bout ;
- les assemblages mécaniques

- raccord par soudage :

Le soudage s'effectue par rapprochement bout à bout soit de deux tubes entre eux soit d'un tube et d'un raccord à extrémité mâle; les bouts mâles sont chauffés sur une plaque téflonnée, puis rapprochés à une certaine pression.



- raccord par électro-fusion :

Ce procédé s'effectue sans apport de matière à l'aide d'un manchon en polyéthylène P.E. 50 comprenant une résistance électrique incorporée; il suffit une fois les extrémités des tuyaux introduites dans le manchon, de chauffer la résistance pour obtenir par fusion une parfaite homogénéité et l'étanchéité de l'ensemble.

- Assemblages mécaniques :

Ces assemblages sont réalisés avec des raccords mécaniques à base de résine plastique (polypropylène, PVC, polyamide, ABS). Ces raccords peuvent servir à raccorder des tubes en polyéthylène entre eux ou avec d'autres tubes et accessoires métalliques ou plastiques.

Ce type d'assemblage est préconisé pour des tubes dont le diamètre est inférieur ou égal à 63 mm.

Les raccords mécaniques pour la réalisation des assemblages dans les réseaux d'eau potable doivent être homologues.

➤ **les tuyaux (P.R.V) :**

Les composants des tubes en PRV :

Le Polyester Renforcé (**PR**) de fibres de Verre (**V**) est composé au moins de deux différents matériaux. Les bénéfices de chacun des matériaux sont mis en commun pour contribuer à la qualité du produit fini.

Ces tuyaux fabriqués en continu, comportent une âme mince en PVC, des enroulements et des génératrices en fibres de verre imprégnées (mouillées) de polyester.

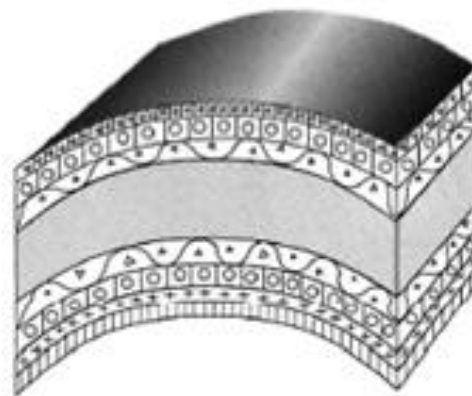
Leur diamètres intérieurs sont de 60-80-100-125-150-175-200-250-300-350...4000 mm. En longueurs normales de 6m (12m sur demande) et en pression de service jusqu'à 32 bars.

Les raccordements s'effectuent soit par emboîtement avec le collage classique PVC sur PVC, soit par joints en élastomère.

Représentation schématique de la paroi d'un tuyau :

La conception des couches est adaptée aux exigences du projet : substance à transporter, pression, rigidité, contraintes externes, méthode de pose...

- 1 - Couche externe de protection
- 2 - Couche externe renforcée (fibre de verre et résine de polyester)
- 3 - Couche de transition (fibre de verre, résine de polyester, sable)
- 4 - Couche centrale (agrégats, résine de polyester, fibre de verre)
- 5 - Couche de transition
- 6 - Couche interne renforcée
- 7 - Couche de protection
- 8 - Couche interne en résine pure (liner)



Constitution d'un tuyau PRV

Les avantages :

- ✓ Résistance à la corrosion élevée
- ✓ Système étanche garantissant un fonctionnement sans perte d'effluent
- ✓ Légèreté des tuyaux et manchons simplement emboîtés permettant des installations rapides même en terrains peu accessibles et contraignants
- ✓ Surface intérieure très lisse minimisant les frottements et les pertes de charge
- ✓ Longueurs variables, les tubes pouvant facilement être recoupés sur le chantier
- ✓ Hautes classes de rigidité disponibles
- ✓ Déviation angulaire possible sur manchon
- ✓ Mise en oeuvre aisée indépendante des conditions météorologiques
- ✓ Tubes, regards et pièces de mêmes caractéristiques
- ✓ Résistance à l'abrasion élevée
- ✓ Résistance aux U.V
- ✓ Haute capacité de reprise de charges
- ✓ Compatibilité avec d'autres matériaux
- ✓ Coûts d'exploitation et de maintenance faibles
- ✓ Durée de vie supérieure à 100 ans.

Chapitre II. Pièces spéciales et robinetteries :

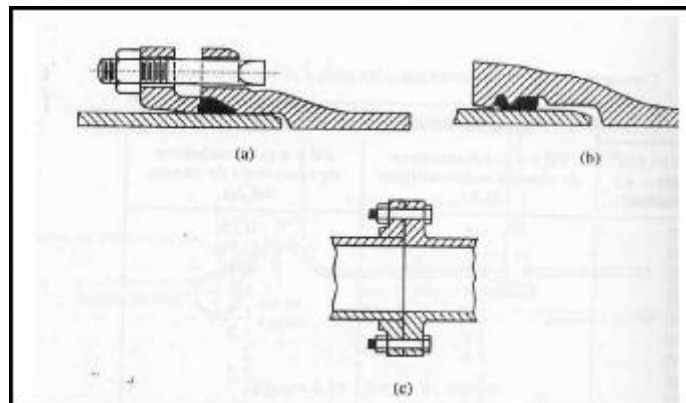
II.1. Pièces spéciales : parmi les pièces spécieux on trouve :

Coudes, tés, réductions, bride-uni, manchon express, joint.....

Les joints :

Ils ont pour fonction d'assurer l'étanchéité des jointures des tuyaux et faire face aux sollicitations mécaniques et chimiques. Pour cela, ils doivent épouser parfaitement la loge qui leur est destinée.

Les joints constituent la partie la plus fragile de la canalisation à cause de leur souplesse ; tout mouvement du tuyau s'articule sur le joint, ce qui provoque en lui des usures mécaniques. L'action des produits chlorés de l'eau et le dessèchement induisent le vieillissement des joints. Il existe trois principaux types de joints : mécaniques, à emboîtement et à bride. Les joints mécaniques ou à emboîtement sont utilisés pour relier les conduites enfouies dans le sol, alors que les joints à bride sont utilisés pour raccorder des tronçons à l'intérieur des constructions (station de pompage, station de traitement, etc.).

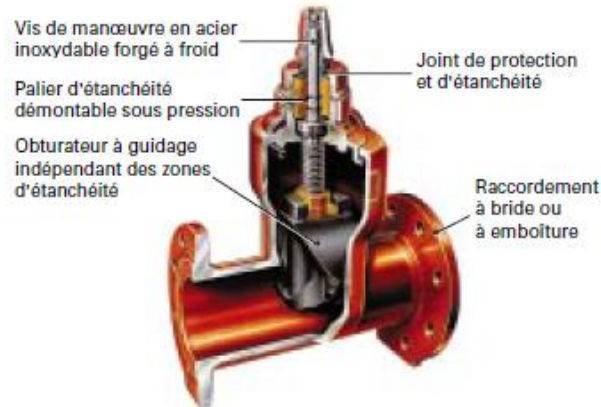


Différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride

III.I. Robinets vannes :

Ont distingue deux types de robinets:

1- Robinets-vannes à opercule : ils sont des appareils de sectionnement fonctionnant soit en ouverture totale, soit en fermeture total. Ils sont généralement constitués par une portion de tuyau à brides, en fonte ductile, surmontée d'une calotte, en fonte ductile, et par une vanne qui est une sorte de lentille épaisse qui s'abaisse ou s'élève verticalement à l'aide d'une vis tournant dans un écrou fixé à la vanne.



2- Vannes papillon : ils sont des appareils de réglage de débit et de sectionnement, et dont l'encombrement est moindre que pour les appareils précédents.

Il s'agit d'un élément de conduite traversé par un axe déporté entraînant, en rotation, un disque obturateur appelé papillon.

L'axe entraînant le déplacement du papillon peut être, soit horizontale, soit verticale.



3- Poteaux d'incendie : Leur diamètre est normalisé à 100 ou 125 mm. Ils doivent être alimentés par des conduites de même diamètre qui doit assurer un débit minimal de 17 L/s sous 1 bar ; la disposition du réseau (réserve d'incendie) doit permettre aux pompiers de disposer de 120 m³.



Poteau d'incendie

Chapitre III. Equipement de protection des réseaux :

III.1. Introduction:

Les réseaux d'eau potable comportent des accessoires qui facilitent la maintenance et l'entretien du réseau, régulent les paramètres de l'écoulement de l'eau (débit, hauteur, pression...), ou permettent de disposer de points de puisage sur le réseau.

III.2. Ventouses

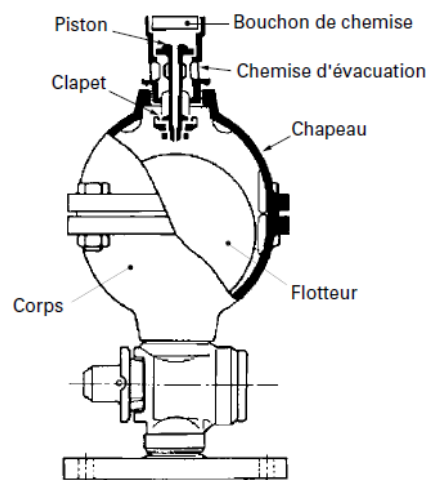
Le rôle d'une ventouse est tout d'abord d'évacuer l'air contenu dans les conduites.

Le cas se présente lorsque la conduite étant vide, on procède à son remplissage. L'eau prend, petit à petit, la place de l'air qui se trouve chassé.

Quand la conduite est en service, il est nécessaire, également, de pouvoir évacuer l'air abandonné par l'eau ou il se trouvait dissout. Cet air se cantonne aux points hauts des canalisations; s'il ne peut s'échapper, il peut contrarier grandement l'écoulement et entraîner parfois la rupture.

Les ventouses seront donc prévues aux points hauts définis, soit par rapport à un plant horizontal, soit par rapport à la ligne piézométrique. Il est souhaitable d'en prévoir aussi aux changements de pente ainsi qu'en cours de tracé d'une longue partie de conduite ascendante ou descendante.

Ces appareils doivent permettre, en outre, l'admission de l'air dans la conduite lorsque l'on procède à sa vidange.



Ventouse à fonction unique

III.3. Purgeurs :

Pour pouvoir remplir d'eau le réseau, il faut que l'air qu'il contient initialement puisse s'évacuer.

C'est le rôle des orifices de purges. Les purges permettent d'évacuer les gaz dissous dans l'eau (air, gaz carbonique), qui se dégagent lors du réchauffement de l'eau. Les purgeurs doivent être situés à tous les points hauts du réseau, ils peuvent être :

Manuels : un simple robinet quart de tour relié au réseau (par l'intermédiaire d'un petit réservoir afin d'espacer les interventions),

Automatiques : un pointeau solidaire d'un flotteur permet l'évacuation de gaz accumulé sur un point haut. Ces éléments étant fragiles, ils doivent être facilement remplaçables et un robinet d'isolement doit être prévu si l'appareil ne possède pas de clapet.

III.4. Clapet de retenu :

Il est destiné à assurer le passage de l'eau dans un certain sens et à l'arrêter dans le sens opposé. Il est constitué soit par un battant unique, soit, quand de fortes pressions sont en jeu, par des battants multiples disposés sur une même plaque inclinée, le tous trouvant place dans un corps en fonte. Le clapet de retenue trouve son utilisation à la station de pompage ou il doit obligatoirement équiper la canalisation de refoulement à la sortie de la pompe. On lui préfère, parfois, un clapet d'un autre genre. Dit soupape de retenue à tuyère, ou la fermeture est accélérée par un ressort et, non, provoquée par le retour de l'eau. Comme dans le clapet à battant. Il en résulte une fermeture rapide et sans choc. Ce qui est précieux pour la protection du matériel.



Clapet antiretour

III.5. Obturateur automatique :

Pour éviter, à la suite d'une rupture, la vidange de trop importante partie d'une réseau ou d'une conduite, et pour diminuer le dégâts résultant de l'évacuation de très grands masses d'eau, il peut être fait appel à des obturateurs automatiques qui, à l'inverse des régulateurs de pression, se ferment quand la pression aval tombe au-dessous d'un certain seuil taré au moyen d'un ressort.

III.6. Les soupapes de décharge:

C'est un ressort à boudin qui, en exploitation normale, par sa compression, ferme un orifice placé sur la conduite au point à protéger. En cas de surpression, il s'ouvre très rapidement pour libérer le débit de retour dans la conduite, il permet ainsi de limiter la valeur de cette surpression. Cette soupape ne s'ouvre que si la pression dans la conduite dépasse de 5 % la pression maximale de fonctionnement normal.

III.7. Les décharge:

Une décharge est un robinet placé au point bas de la canalisation pour en permettre la vidange, l'évacuation s'effectue à l'égout le plus voisin ou si le point bas se trouve hors de la ville, dans le fossé le plus proche. Ce robinet sera placé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie et doit être facilement accessible.

III.8. Vanne de survitesse

Les vannes de survitesse sont destinées à couper le débit dans les canalisations sur lesquelles elles sont installées lorsqu'une rupture se produit à l'aval.

L'accroissement de la vitesse du fluide qui en résulte entraîne la fermeture irréversible de la vanne, évitant ainsi les dégâts d'inondation ou la vidange des réservoirs.



III.9. Les réservoirs d'air:

C'est un réservoir placé sur la conduite et contenant de l'eau et de l'air sous pression. La pression dans l'air, en marche normale, équilibre la pression dans la conduite. En cas de coup de bélier, ce réservoir va alimenter la conduite en eau lors de la dépression (par suite de la dilatation du volume d'air) et récupérer l'eau à partir de la conduite lors de la surpression (par suite de la compression du volume d'air). Ainsi, il permet de limiter aussi bien la dépression que la surpression.air

A cause de sa simplicité et de son efficacité, le réservoir d'air est le moyen de protection contre les coups de bélier le plus utilisé en alimentation en eau.

Chapitre IV. Equipements de régulation :

IV.1. Introduction :

Un réseau se porte bien lorsque les débits et les pressions varient dans des fourchettes raisonnables. Il en va de même pour les installations privées des particuliers et de l'industrie. On a donc imaginé et mis en place divers types de régulateurs, de stabilisateurs, de déchargeurs et de limiteurs.

IV.2. Stabilisateur de débit et de pression :

Nous regroupons dans la même présentation les différents stabilisateurs de débit et de pression. En régime permanent, leur rôle est le suivant :

Pour les stabilisateurs avals : maintenir le débit et la pression en dessous d'une valeur de consigne à l'aval de l'appareil ;

Pour les stabilisateurs amont : maintenir le débit et la pression au-dessus d'une valeur de consigne à l'amont de l'appareil ;

Pour les stabilisateurs amont-aval : combiner les deux fonctions précédentes en un seul appareil.

IV.3. Vannes de régulation de pression amont-aval

Assure une pression amont supérieure ou égale à une valeur minimum souhaitée et délivre une pression aval égale ou inférieure à une valeur maximum souhaitée. Les pressions amont mini et aval maxi sont réglables en service.

Vannes de régulation aval

Assure une pression aval constante et réglable quelles que soient les variations de pression à l'amont et la demande de débit.

FONCTIONNEMENT :

- 1 - La pression aval (chambre B) tend à dépasser la valeur de consigne.
- 2 - Le pilote tend à se fermer.
- 3 - La chambre C est moins désalimentée. La vanne tend à la fermeture.
- 4 - La pression aval tend à descendre en dessous de la valeur de consigne.
- 5 - Le pilote tend à s'ouvrir.
- 6 - La chambre C est davantage désalimentée. La vanne tend à l'ouverture.

Vannes de régulation amont

Maintient une pression amont constante et réglable quelles que soient les variations de pression à l'aval et le débit transité.

FONCTIONNEMENT :

- 1 - La pression amont (chambre A) tend à dépasser la valeur de consigne.
- 2 - Le pilote tend à s'ouvrir.
- 3 - La chambre C est davantage désalimentée. La vanne tend à l'ouverture.
- 4 - La pression amont tend à descendre en dessous de la valeur de consigne.
- 5 - Le pilote tend à se fermer.
- 6 - La chambre C est moins désalimentée. La vanne tend à la fermeture.

IV.4. Vannes de régulation de débit

Limite le débit à une valeur maximum réglable quelles que soient les variations de pression.

Fonctionnement :

- 1 - Le débit tend à dépasser la valeur de consigne.
- 2 - Le pilote tend à se fermer.
- 3 - La chambre C est davantage alimentée. La vanne tend à la fermeture.
- 4 - Le débit tend à descendre en dessous de la valeur de consigne.
- 5 - Le pilote tend à s'ouvrir.
- 6 - La chambre C est davantage dés alimentée. La vanne tend à l'ouverture.

Vannes de régulation amont

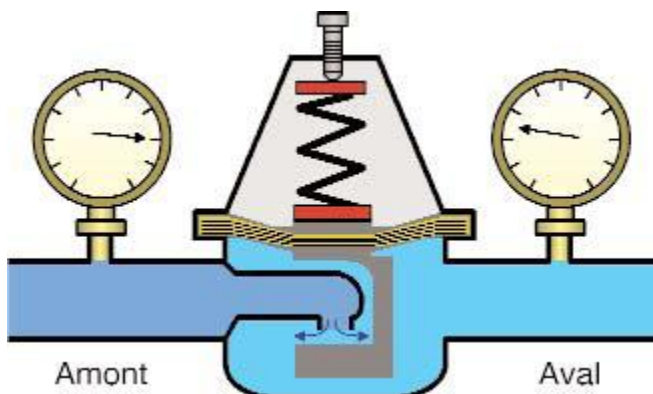
Limite le débit à une valeur maximum réglable et maintient une pression amont minimum réglable.

Vannes de régulation de débit aval

Limite le débit et la pression aval à des valeurs maximum réglables quelles que soient les variations de pression amont.

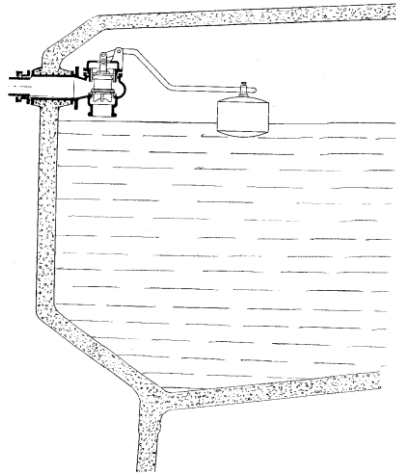
IV.5. Réducteur de pression

Les réducteurs de pression permettent de consommer une part de l'énergie de pression disponible dans les circuits d'eau en créant une perte de charge singulière. Les valeurs de pression de consigne sont essentiellement destinées à limiter les contraintes mécaniques dans les tuyauteries, mais contribuent également à réduire le débit sur les postes utilisateurs d'eau.



IV.6. Robinet à flotteur

Le robinet à flotteur est installé sur la conduite d'alimentation d'un réservoir en position haute afin d'en garantir le remplissage à un niveau pratiquement constant grâce à la progressivité de son fonctionnement induite par le niveau de l'eau dans le réservoir.



CHAPITRE V. Equipements de mesure :

V.1. Les Compteurs :

Définition des compteurs :

Les compteurs sont des appareils qui permettent de mesurer la consommation d'eau des abonnés. Ils sont d'un modèle agréé par la réglementation en vigueur et peuvent être équipés par un module radio permettant une relève à distance.

Règles générales concernant les compteurs :

Les compteurs sont fournis, posés en bon état de fonctionnement et d'étanchéité, vérifiés, entretenus, relevés et renouvelés par l'ADE. Par ailleurs, l'abonné a la garde du compteur et doit immédiatement signaler toute anomalie de fonctionnement de celui-ci à l'ADE. Dans tous les cas, le compteur doit rester facilement accessible en permanence aux agents de l'ADE.

Emplacement des compteurs :

Le compteur doit être placé en domaine public et aussi près que possible des limites de la propriété privée de façon à être accessible facilement et en tout temps aux agents de l'ADE.

Relevé des compteurs :

Toutes facilités doivent être accordées aux agents l'ADE pour le relevé du compteur. Celui-ci aura lieu semestriellement.

Les "petits" compteurs :

(Diamètre de canalisation 15 à 50 mm ou)

Ils sont utilisés pour enregistrer la consommation des abonnés domestiques.

Il existe différentes technologies : les compteurs volumétriques et les compteurs de vitesse à turbine (jet unique ou jet multiple).



Les "gros" compteurs :

(Diamètre de canalisation 50 à 600 mm)

Ils sont installés sur les points de prélèvement, en sortie de station de pompage, sur la distribution des réservoirs, sur le réseau de distribution ou encore sur les branchements des gros consommateurs.

On distingue différentes technologies : volumétrique, vitesse jet multiple et vitesse jet unique.



Les contraintes techniques :

Un compteur doit :

- indiquer avec précision le volume d'eau qui le traverse ;
- être fiable dans le temps avec un entretien restreint ;
- créer le moins possible de perte de pression ;
- résister aux pressions du réseau ;
- être facile à relever.

Différents types de compteur :

En matière de comptage d'eau pour les particuliers, trois technologies coexistent :

• compteur de vitesse à jet unique : le flot frappe directement la turbine de manière tangentielle. Le mouvement des pales de la turbine provoqué par la poussée de l'eau est alors transmis au totalisateur par un jeu d'engrenages.

• compteur de vitesse à jets multiples : le flot frappe par injection en plusieurs points la turbine. Les compteurs vitesse sont peu sensibles à la présence d'éventuelles impuretés dans l'eau et s'avèrent économiques à l'achat comme à la location. Problème : ils ne détectent pas toujours les fuites légères et doivent obligatoirement être posé horizontalement. Par ailleurs, dans le cas de retours d'eau, le totalisateur tourne à l'envers, ce qui fausse les relevés.

• compteur volumétrique : la boîte de mesure dans laquelle se trouve un piston rotatif permet de mesurer le volume d'eau consommé. Un débit même faible peut dans ce cas être enregistré et le compteur peut, au choix, être installé horizontalement ou verticalement. Il est toutefois plus cher, le frottement du piston peut entraîner une légère nuisance sonore et il est plus

sensible aux éventuelles impuretés contenues dans l'eau qui peuvent entraîner des problèmes de fonctionnement.

V.2. Débitmètre électromagnétique :

Le débitmètre électromagnétique est un dispositif destiné à la mesure des débits. il est composé d'un capteur de mesures placé au travers de l'écoulement, raccorder par un câble électrique à un convertisseur de mesures à affichage digital. Selon le diamètre de la conduite, cet appareil admet un débit minimal et un débit maximal.

Le principe de fonctionnement de cet appareil est fondé sur la loi d'induction de faraday.

Le liquide qui traverse le débitmètre constitue un élément conducteur qui génère une tension induite par le champ magnétique créé par les bobines d'induction de cet appareil électromagnétique .Cette tension est linéairement proportionnelle à la vitesse de passage du liquide.

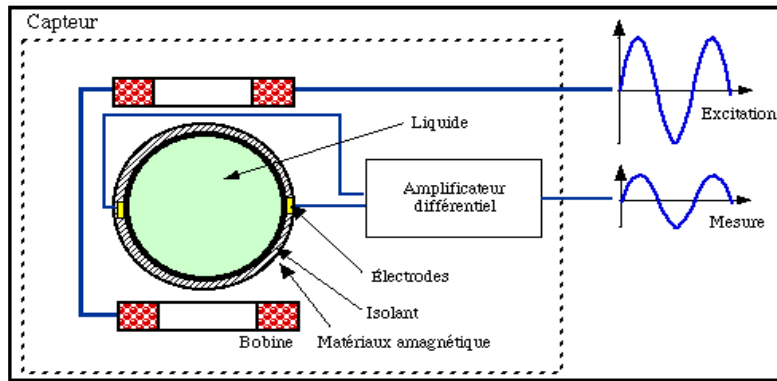


Schéma électrique du capteur du débitmètre électromagnétique

L'induction magnétique, est produite par deux bobines placées de part et d'autre de la conduite de mesure. La conduite est en matériaux amagnétique et est revêtu sur sa surface intérieure d'une couche isolant. Deux électrodes de mesure sont placées aux extrémités du diamètre perpendiculaire au champ. Les bobines sont alimentées par une tension alternative afin d'éviter une polarisation des électrodes.