Chapitre II :

Conception et construction des ouvrages hydrauliques

II.1.Introduction :

Le réseau de distribution est un système de conduites connectées entre elles. L'eau est distribuée à partir de ce réseau qui doit être dimensionné de telle façon à assurer le débit et la pression nécessaires à chaque consommateur.

L'eau qui arrive de la station de pompage est distribuée dans un réseau de canalisation dans les quelles les branchements servent piquages en vue de satisfaire L'alimentation des abonnés [7].

II.2. Les réseaux de distribution

II.2.1. Les types de réseaux

a) Réseau de distribution ramifié :

Composé de conduites qui vont toujours en se divisant à partir du point d'alimentation sans jamais se refermer pour former une boucle [9].

- Linéaire réduit des canalisations, nombre moins important des équipements hydrauliques (avantage économique)
- Minimisation des vannes à manœuvrer en cas de coupure

Principal inconvénient :

- Absence d'alimentation en retour
- Risque de dégradation de la qualité d'eau (en cas de faibles consommations)

b) Réseau de distribution maillé :

Composé de conduites suivant des contours fermés formant ainsi plusieurs mailles.

Avantage : Souplesse en exploitation Inconvénient : Coût élevé

c)Réseau de distribution étagé :

Cette conception est recommandée dans le cas d'agglomérations présentant des différences de dénivelée importantes

Avantage :

- Éviter les problèmes énormes posés par les fortes pressions
- Assurer une pression de service acceptable

Inconvénient :

- Maintenance fréquente des équipements de sectionnement
- Plusieurs points de mesures en cas d'alimentation à partir de plus d'un réservoir

II.2.2.Les prescriptions techniques dans les réseaux de distribution

Les pressions de service dans les réseaux de distribution devront être inférieures à 7 bars.

Les canalisations les plus fiables sont en PEHD avec une bonne résistance à la corrosion interne et externe et une tenue aux chocs en cas de séisme.

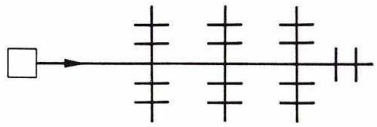
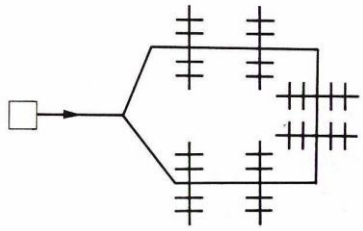
Le maintien d'une pression < 7bars peut nécessiter l'installation de réducteur de pression dans le cas d'une pression trop grande à partir du réservoir.

Pour certains immeubles à plus de 15 étages, le recours au suppresseur est requis pour assurer une pression minimale suffisante au dernier étage.

Dans le cas d'une zone très plate , le recours à la réalisation de réservoir surélevé couplé avec suppresseurs permet de distribuer l'eau avec une pression qui assure aussi la protection incendie.

II.2.3.Configuration du réseau de distribution :

La vitesse de l'eau recommandée est située entre 0,5 et 2,0 mètres par seconde

Type de réseau	Qualitatif	Quantitatif	Fiabilité	Financier
Ramifié Verästelungsnetz 	+ renouvellement moindre fiabilité assuré + sens unique d'écoulement	– pertes de charges élevées	– moindre fiabilité	-Faible cout d'investissement
Mixte 1maille avec plusieurs ramifiés Ringnetz 	+ renouvellement assuré – changement du sens d'écoulement	+ faibles pertes de charge	+ bonne fiabilité	+ faibles coûts d'investissement

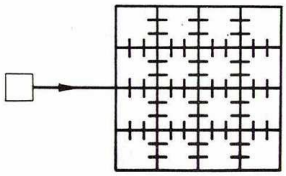
Maillé Vermaschtes Ringnetz 	– zones de stagnation – changement du sens d'écoulement	+ faibles pertes de charge	+ fiabilité élevée	– coûts d'investissement élevés

Tableau II.1: Comparaison entre le déférent type des réseaux

II.3.Équipement du réseau de distribution :

a) Type de canalisation :

Le réseau de distribution sera constitué d'un assemblage de canalisation en fonte ou PEHD.

Calcul des diamètres :

En fonction du débit Q_p(*l/s*) à transiter, on peut calculer Les pertes de charge correspondant à un diamètre D avec une rugosité k , et ceci selon la formule de Colebrook .

Les vitesses dans les conduites devront être comprise entre une valeur minimale de 0.5 *m/s* et 1.5 *m/s.*

Pour **V < 0.5** ***m/s*** : il y'a risque de dépôt et acheminement de l'air difficilement vers les points hauts.

Et pour **V > 1.5** ***m/s*** : l'augmentation des pertes de charges, il y aura accroissement la HMT et donc de la puissance du groupe électropompes avec une forte consommation d'énergie électrique et un risque élevé de coup de bélier.

La conduite sera dimensionnée pour transiter le débit de pointe journalière Qp avec une vitesse moyenne comprise entre 1,0 et 2 *m/s.*

Le diamètre de cette conduite doit faire l'objet d'un calcul économique, puisque à un diamètre donné correspond une perte de charge à vaincre et donc une puissance du groupe de pompage dont le coût est proportionnel à sa puissance.

b) Appareils et accessoires du réseau :

Les accessoires qui devront être utilisé pour l'équipement du réseau de distribution sont les suivants :

*** Robinets vannes :**

Ils sont placés au niveau de chaque nœud, et permettent l'isolement des différents tronçons du réseau lors d'une réparation sur l'un d'entre eux.

Ils permettent ainsi de régler les débits, leur manœuvre s'effectue à partir du sol au moyen d'une clé dite « béquille »

Celle ci est introduite dans une bouche a clé placée sur le trottoir (facilement accessible).

*** Bouches ou poteau d'incendie :**

Les bouches ou les poteaux d'incendie doivent être raccordés sur les conduites capables d'assurer un débit minimum 17(l/s) avec une pression de 10 m (1 bar).

Ces derniers seront installés en bordure des trottoirs espacés de 50à 200 m et répartis suivant l'importance des risques imprévus.

*** Ventouses ou purgeurs :**

Les ventouses sont des organes qui sont placés aux points le plus hauts du réseau pour réduire la formation du vide dans les installations hydraulique. Les ventouses ont pour rôle la purge lors de la formation des poches d'air introduites dans la canalisation en cas de vidange.

*** Robinets de vidange :**

Ce sont des robinets placés aux endroits des points les plus bas du réseau de distribution pour permettre la vidange qui sera posé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie.

***Bouche d'arrosage :**

Ce sont des bouches situées aux alentours des jardins.

*** pièces spéciales de raccord :**

- **les Tés** : utilisés pour le raccordement des canalisation secondaires sur la canalisation principale.
- **les coudes** : utilisés en cas de changement de direction.
- **les cônes de réduction :** ce sont des organes de raccord en cas de changement de diamètre.
- **Les joints de démontage :** ils servent au montage des vannes situées dans les regards étroits.

II.4.La sectorisation des réseaux de distribution :

a) Principe

Le principe de la sectorisation consiste à subdiviser en plusieurs zones distinctes de par leur implantation géographique et la configuration de la distribution.

Ces zones devront êtres les plus homogènes que possibles et hydrauliquement isolées les unes des autres. La précision des plans du réseau et la connaissance de son fonctionnement ainsi que l'étanchéité des vannes d'isolement sont d'autant d'éléments qui conditionnent le suivi et le contrôle de la gestion de ce réseau dans l'objet d'optimiser son exploitation par la maitrise des consommations en minimisant les pertes. (indice de perte linéaire ILP).

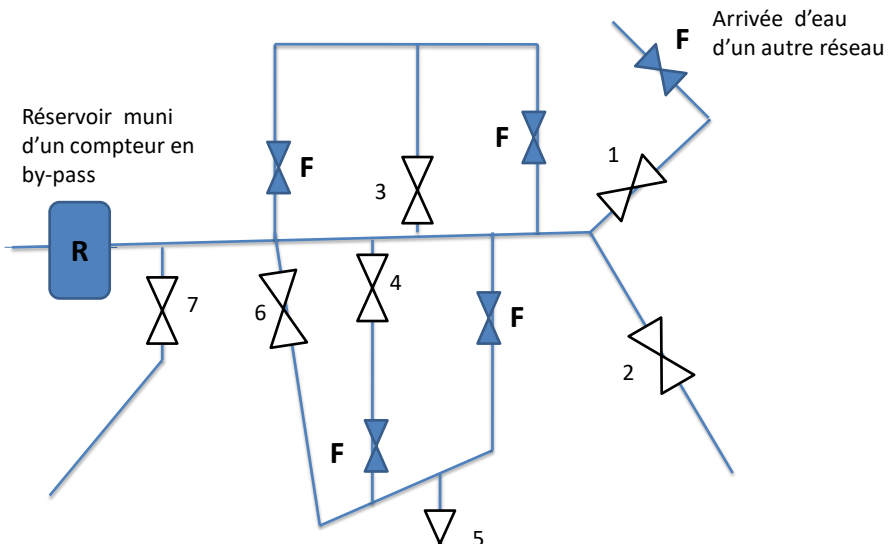


Figure II.1: Schéma de vannage par tronçon

II.5. Les réservoirs de distribution

II.5.1. Rôle des réservoirs :

Leur rôle est de réguler la fourniture de l'eau aux consommateurs en ayant un volume de stockage pour répondre aux débits de pointe des villes. Le volume du réservoir Vr est calculé sur la base du besoin journalier futur de pointe. [7]

Vr = besoins futurs en M3/jour + réserve incendie

Une réserve incendie est maintenue avec un dispositif de vannes et ouvert lors d'un sinistre : son volume sera au minimum de 120 m3 soit un débit de 60m^3/H durant 2 heures.

II.5.2. Le réservoir assure les fonctions suivantes :

- Régulation du pompage (par niveau et ou par débitmètre) en fonction de la demande du réseau de distribution.
- Assurer les pressions en tout point du réseau.
- Maintenir l'eau d'une température constante et préserver des contaminations.
- Jouer le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée.
- Jouer le rôle de bâche de reprise de pompage (relais)

II.5.3. Les type de réservoirs

Les réservoirs au sol :

***Les réservoirs surélevés** : ils sont souvent installés dans des zones très plates, leur volume est en général réduit par rapport au besoin journalier

***Les réservoirs semi-enterrés** : permet de limiter l'influence de la température extérieure avec une isolation de la partie non enterrées. Leur volume est important

***Les réservoirs enterrés** : sont recommandés pour maintenir la température de l'eau (éviter son réchauffement ou son refroidissement excessif). Leur volume peut être très grand (plus de la moitié des besoins journaliers)

La distribution directe par le forage avec un réservoir en équilibre est à éviter ! à cause des risques de pollution et un temps de contact du réactif de désinfection < 30 minutes.

II.5.3. Type d'emplacement de réservoir

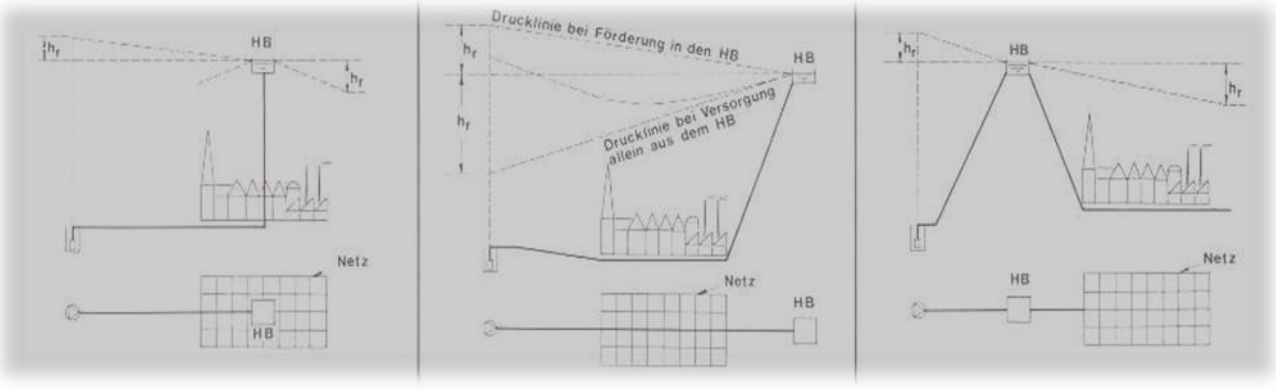


Figure II.2 : Type d'emplacement de réservoir

Configuration à privilégie

• le renouvellement du volume d'eau n'est pas assuré

• ne permet ni le contrôle de la qualité de l'eau délivrée, ni son traitement en cas de pollution

II.5.4. Emplacement des réservoirs :

L'emplacement du réservoir tient compte du relief permettant d'obtenir des dépenses minimales des frais d'investissement et l'exploitation.

Donc on est amené à prendre en considération les facteurs suivants :

- Le point de plus bas à alimenter.

- La hauteur maximale des immeubles (bâtiment).
- Les pertes de charge à partir du réservoir jusqu'au point le plus défavorable de la ville en question.
- L'état du relief de la ville qui pourra favoriser la construction d'un réservoir au sol qu'aux propriétés technico-économique suivant :
- Simplicité de réalisation du coffrage.
- Etanchéité plus facile à réaliser.

II.5.5. Principe de fonctionnement :

La régularisation des débits (demande et apport), est basée sur les points suivants :

- Les installations et accessoires d'adduction permettant d'amener l'eau avec une régularisation importante.
- Le réservoir permet de stoker pendant les heures de faible consommation les différences entre les débits (adduction distribution) ce pendant lors des heures de consommation maximum (heure de pointe) le déficit transitera du réservoir vers le réseau de distribution.

II.5.6. Détermination de la capacité :

Le calcul du volume du réservoir se fait à partir du débit rentrant et du débit sortant pour les différentes heures de la journée.

La détermination de cette capacité, tient compte de la répartition journalière maximale du débit consommé caractérisé par le coefficient horaire.

II.5.7. équipements des réservoirs :

a) Conduite d'adduction : L'arrivée de la conduite d'adduction du réservoir peut être placée soit au fond de celui-ci, soit à la partie supérieure, d'où oxygénation de l'eau [7] .

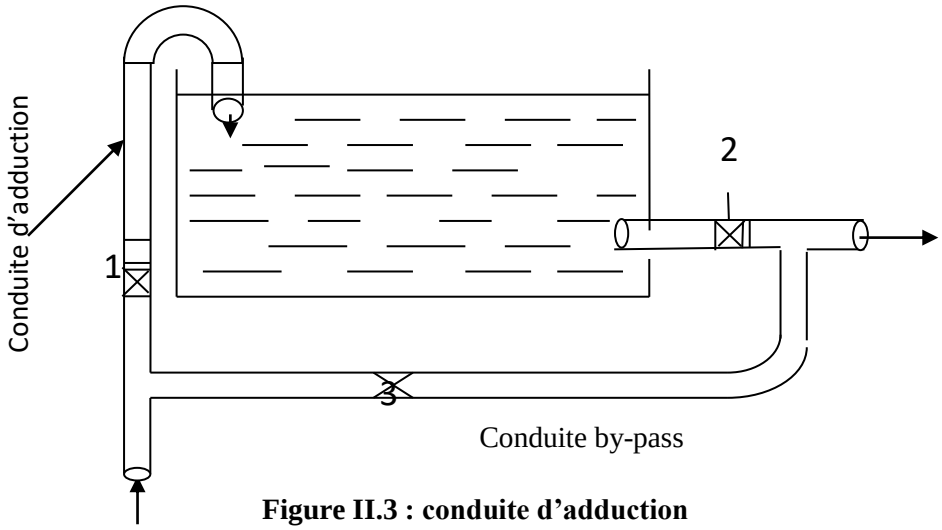


Figure II.3 : conduite d'adduction

A son débouche dans le réservoir, la conduite s'obture quand l'eau atteint son niveau maximum.

L'obturation est assurée par un robinet flotteur si l'adduction est gravitaire, par un dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

b) Conduite de distribution :

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.20 m au dessus du radier afin d'éviter l'introduction des matières et sables décantés dans la cuve .

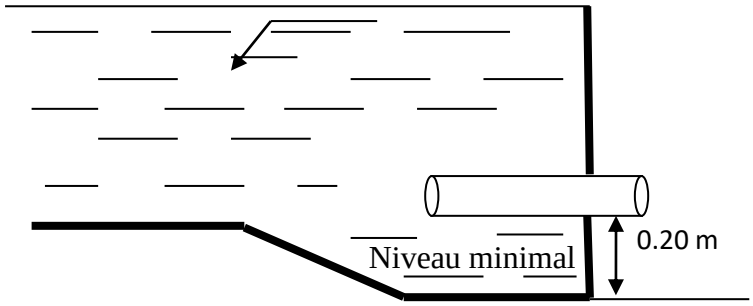


Figure II.4: position conduite de distribution

c) Conduite du trop-plein :

La conduite du trop-plein est destinée à empêcher l'eau de dépasser le niveau maximal, elle se termine par un système simple bout à emboîtement.

L'extrémité de cette conduite doit être en forme de siphon afin d'éviter l'introduction de certains corps nocifs dans la cuve.

d) Conduite de vidange :

La conduite de vidange se trouve au point le plus bas du réservoir, elle permet la vidange du réservoir, à cet effet, le radier du réservoir est réglé en pente vers son origine.

Elle est raccordée à la conduite de trop-plein et comporte un robinet-vanne.Les vannes d'arrivée, de départ et de vidange sont situées dans une chambre attenante au réservoir (chambre de vannes) avec un regard de sortie sur le lequel est branchée la conduite des eaux de vidange.

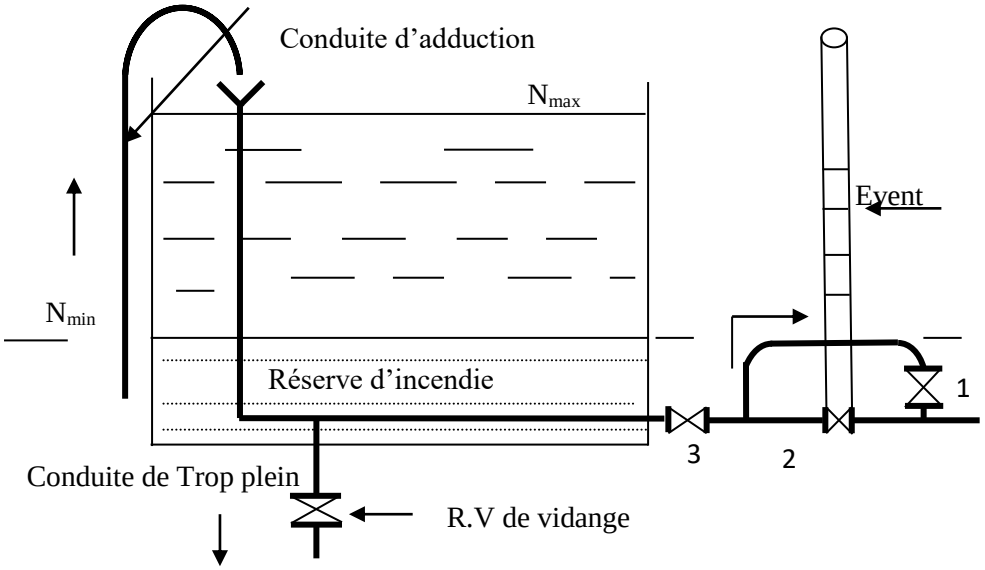


Figure II.5 : Matérialisation de la réserve d'incendie

e) Matérialisation de la réserve d'incendie :

L'évent d'un siphon interdit l'utilisation du réservoir au dessous du niveau N-N tant que la vanne 2 est fermée (vanne d'incendie)

Son fonctionnement est le suivant : normal : 3 et 1 ouverts, le 2 est fermé. Incendie : il suffit d'ouvrir 1 et 2.

Après leur réalisation, les tests de l'étanchéité des réservoirs est réalisée comme suit : remplissage du réservoir au trop plein et après 72 Heures, le niveau ne doit pas baissé de plus de 1,5 cm.

II.6. Accessoires :

Le long d'une canalisation, différents organes et accessoires sont installés pour :

- ✓ Assurer un bon écoulement ;
- ✓ Régulariser les pressions et mesurer les débits ;
- ✓ Protéger les canalisations ;
- ✓ Changer la direction ;
- ✓ Raccorder deux conduites ;
- ✓ Changer le diamètre ;
- ✓ Soutirer les débits.

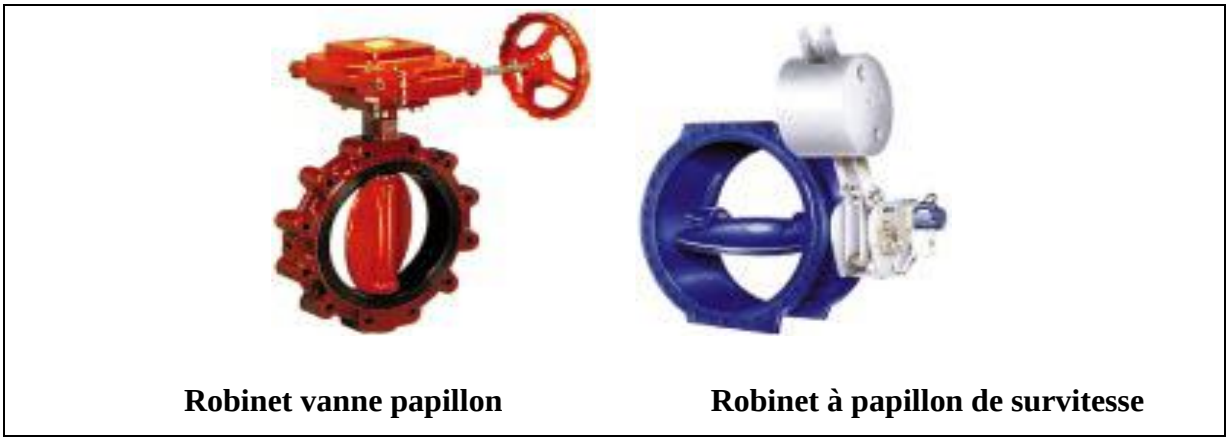
II.6.1. Robinets vannes :

Ce sont des appareils de sectionnement utilisés pour le cas de manœuvres lentes pour les gros diamètres. L'obturation est obtenue pour une rotation de 90° de la partie tronconique.

On distingue les robinets vannes à coin (à opercule) et les robinets vannes papillon :

II.6.2. Vannes papillons :

Les vannes papillon peuvent aussi bien servir pour le sectionnement que pour le réglage des débits. Ils sont d'un encombrement réduit, légers, le couple de manœuvre est faible. Elle occasionne une faible perte de charge [16].



Robinet vanne papillon **Robinet à papillon de survitesse**

Figure II.6 : Robinets vanne papillon (D'après document Pont-à-Mousson)

- Des robinets vanne papillon sur chaque conduite de départ du réservoir.

II.6. 3. Clapets anti retour :

Le clapet anti retour est, en apparence, un appareil simple. Schématiquement, il fonctionne comme une porte. C'est un accessoire permettant l'écoulement du liquide dans un seul sens.

Dans la réalité, le clapet doit s'adapter à de nombreux fluides, à des installations très variées présentant à chaque fois des contraintes mécaniques, hydrauliques, physiques ou chimiques différentes.

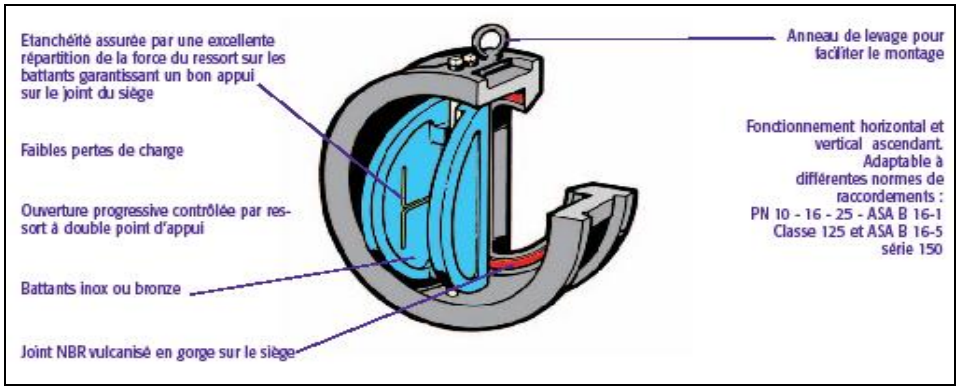


Figure II.7 : Clapet à double battant (D'après document Danfoss Socla)

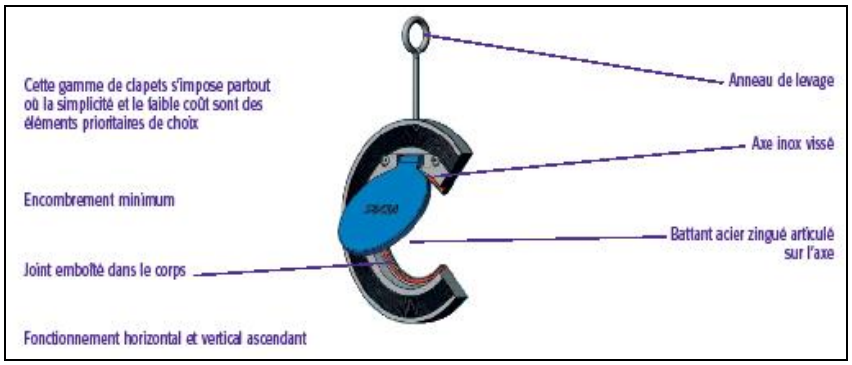


Figure II.8: Clapet à simple battant (D'après document Danfoss Socla)

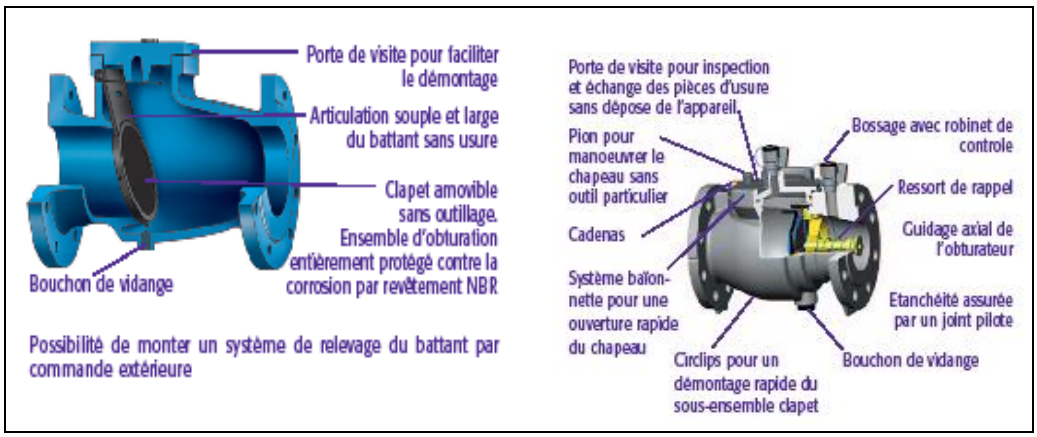


Figure II.9: Clapet à simple battant (à brides) (D'après document Danfoss Socla)

II.6. 4. Ventouses :

Une accumulation d'air peut se faire aux points hauts d'une conduite. La poche d'air provoque des perturbations qu'il s'agit d'éviter : diminution de la section, arrêt complet des débits diminution de la pression, coups de bélier.

L'évacuation de l'air se fait par l'intermédiaire d'une ventouse qui peut être manuelle ou automatique

Une ventouse manuelle est un simple robinet que l'on manœuvre périodiquement.

Les ventouses automatiques sont des pièces évacuant l'air dès qu'il se forme une poche notable (figure II.10).

Toutes ces ventouses sont disposées dans des regards visitables et leur bon fonctionnement doit être vérifié périodiquement.

Ces ventouses automatiques, en dehors de la suppression des poches d'air en fonctionnement normal, permettent également l'évacuation de l'air lors de la mise en eau de la canalisation et, réciproquement, l'admission de l'air lors de la vidange provoquée de la canalisation, ce qui permet d'éviter la mise en dépression de cette dernière [16].

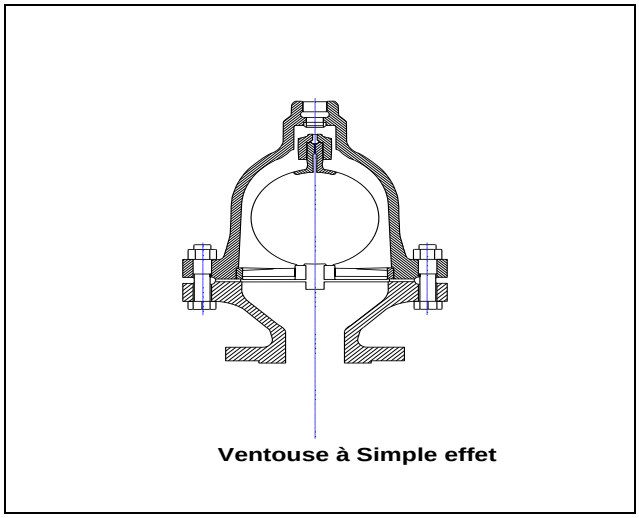


Figure II.10: Ventouse (D'après document Pont-à-Mousson)

II.6. 5. Vannes de décharge :

C'est un robinet disposé au point bas du tracé en vue de la vidange de la conduite. La vidange se fait soit dans un égout (cas d'un réseau urbain), soit dans une fossé ou en plein air (cas d'une conduite compagne). Ce robinet sera posé dans un regard en maçonnerie facilement accessible.

II.6. 6. Moyens de protection contre le coup de bélier:

Ils existent différents moyens de protection des installations contre le coup de bélier :

II.6. 6.1. Cheminée d'équilibre :

Elle protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, elle ne peut l'établir économiquement que si la hauteur géométrique est faible. A cause de son encombrement, elle est déconseillée en AEP.

II.6. 6.2.Volant d'inertie :

Couplé au moteur, il constitue un moyen permettant d'allonger le temps d'arrêt du moteur et cela protège les installations contre les dépressions.

II.6. 6.3.Soupape de décharge :

Elle ne lutte que contre les surpressions, elle est munie d'un ressort qui avec le temps devient raide et n'accomplit pas son rôle. La protection des installations contre les surpressions est accompagnée de perte d'eau par éjection en cas de gonflement.

II.6.6.4.Réservoirs d'air :

Il protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, il est le meilleur remède contre le coup de bélier (figure II.11).

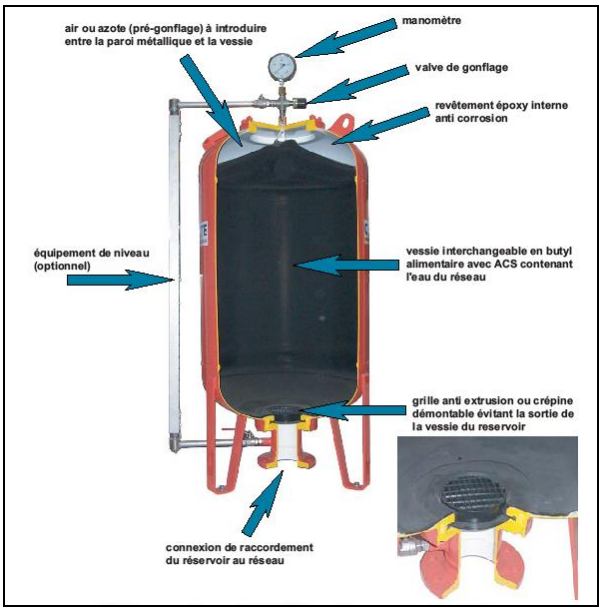


Figure II.11: Réservoir anti bélier à vessie butyle

II.6.7.By-pass :

Le by passe est utilisé pour :

- ✓ Faciliter la manœuvre de la vanne à fermeture lente ;
- ✓ Remplir à débit réduit, la conduite avant sa mise en service ;
- ✓ Relier la conduite d'arrivée à la conduite de départ du réservoir.

Dans notre cas, les by passe sont placés parallèlement aux vannes de sectionnement se trouvant le long de la conduite gravitaire et de refoulement pour remplir les deux premiers rôles, et à l'intérieur de chambre de vannes pour remplir le troisième rôle.

II.6. 8. Poteaux d'incendie :

Les poteaux d'incendie sont plus nombreux et rapprochés lorsque les débits d'incendie sont plus élevés. Les poteaux d'incendie doivent comporter au moins deux prises latérales de 65mm de diamètre auxquelles on ajoute une prise frontale de 100 mm si le débit d'incendie dépasse 500 l/min ou si la pression de l'eau est faible.

Dans notre cas, on prévoit l'installation de deux poteaux d'incendie au niveau de chaque station de pompage.

II.6.9.Crépines :

La crépine évite l'entrée accidentelle de corps solides dans la pompe, elle est constituée par un cylindre perforé qui refuse le passage à des objets.

Il est à noter qu'une crépine doit toujours être entièrement immergée pour éviter les rentrées d'air (une marge suffisante doit être prévue pour le vortex) et éloignée d'environ 0,5 m du fond du puisard.

II.6.10. Déversoirs de trop plein :

Dans certains cas lorsque le débit d'apport est important, on a intérêt à transformer l'extrémité supérieur de la conduite de trop plein en forme d'entonnoir dimensionné.

II.6.11. Joints de raccordement :

Les longueurs de tuyaux sont assemblées par des joints non verrouillés, verrouillés ou à brides. Les joints verrouillés permettent une auto butée des canalisations, évitant des massifs en béton lourds, encombrants et longs à réaliser. Les joints les plus couramment utilisés sont:

Le joint express (verrouillé ou non) ;

- ✓ le joint standard (verrouillé ou non) ;
- ✓ les joints automatiques verrouillés ;
- ✓ le joint à brides (fixe ou orientable).

Les joints modernes sont verrouillés grâce à des bagues de joint en élastomère comportant des inserts métalliques. De même, le joint proprement dit, qui se place entre les brides, est actuellement en élastomère garni d'inserts métalliques pour éviter le fluage à la compression lors du serrage.

II.6.12.Organes de mesure :

II.6.12.1.Mesure de débit :

Les appareils les plus utilisés au niveau des installations sont :

- ➢ Le diaphragme ;
- ➢ Le venturi ;
- ➢ La tuyère.

On crée une contraction de la section d'écoulement. Cette contraction entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement au droit de l'appareil se traduisant par une diminution de la pression (figure II.12). La mesure s'effectue avec un capteur de pression différentielle.

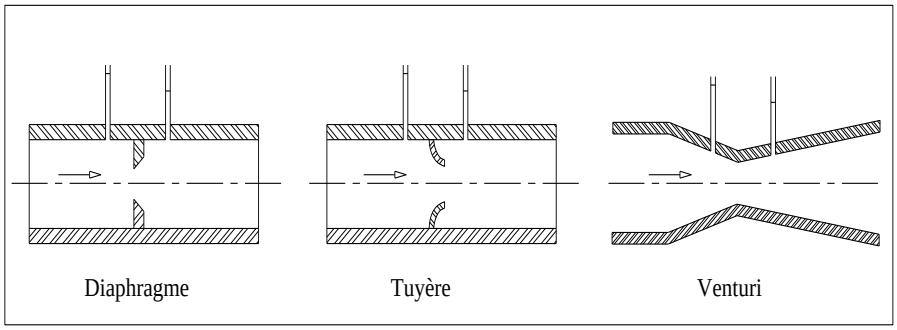


Figure II.12 : Débitmètres déprimogènes

II.6.12.2. Mesure de pression :

Les appareils les plus utilisés sont :

- **manomètres à aiguilles :**

Dans les manomètres à aiguille, le mouvement est transmis à l'aiguille soit par un secteur denté soit par un levier soit par une membrane. L'avantage de cette transmission est la facilité d'étalonnage et son inconvénient réside dans usure rapide de la denture surtout si le manomètre subit des vibrations.

- **manomètres à soufflet :**

Ce sont des manomètres dont l'organe actif est un élément élastique en forme de soufflet. Sous l'effet de la pression, le soufflet se déforme dans la direction axiale. Les manomètres à soufflet présentent l'avantage d'éliminer le danger de gel et leur inconvénient réside dans leur sensibilité aux vibrations et au sur chauffage.



Figure II.13 : Manomètre (d'après document BAMO)

II.6.13. Organes de raccordement :

Les organes de raccordement sont nécessaires pour :

- ✓ La déviation d'une partie d'écoulement ;
- ✓ L'introduction dans la conduite d'un débit supplémentaire ou son soutirage ;
- ✓ Le changement de diamètre de la conduite ;
- ✓ Le montage et le démontage des accessoires ;
- ✓ Le changement de direction de la conduite.

II.6.13. 1.coudes :

Les coudes sont des accessoires utiles surtout pour les réseaux maillé et ramifié, lorsque la conduite change de direction. Généralement, les coudes sont maintenus par des massifs de butées, convenablement dimensionnés.

On y distingue des coudes à deux emboîtements ou bien à emboîtements et à bout lisse ; les deux types de coude se présentent avec un angle α de : $\frac{1}{4}(90°)$, $\frac{1}{8}(45°)$, $\frac{1}{16}(22°30')$, $\frac{1}{32}(11°15')$.

II.6.13. 2.Cônes :

Les cônes sont utilisés pour relier deux conduites de diamètres différents comme on les rencontre aussi à l'entrée et à la sortie des pompes. On distingue :

- ✓ Les cônes à deux emboîtements ;
- ✓ Les cônes à deux brides ;
- ✓ Les cônes à emboîtement et bride.

II.6.13. 3.Tes :

Les tés sont utilisés dans le but de soutirer un débit d'une canalisation ou d'ajouter un débit complémentaire. Ils sont rencontrés au niveau des réseaux maillés, ramifiés et des canalisations d'adduction en cas de piquage.

Les tés se présentent soit à trois emboîtements, soit à deux emboîtements et brides.

II.6.13. 4.Joints de démontage :

En pratique, on rencontre des manchons à bouts lisses des deux extrémités, à deux emboîtements, à emboîtement et bout lisse, à deux brides, à bride et bout lisse, à emboîtement et bride, on les rencontre surtout au niveau des montages des appareils accessoires (vannes, clapet…) et au niveau de certains joints.