

## **Chapitre N° 4 : Canalisations hydrauliques**

### **1- Type de canalisations (rigides et souples)**

Les matériaux utilisés pour la fabrication des canalisations sont variés et diffèrent sensiblement les uns des autres dans leur nature, leur mode de fabrication leurs caractéristiques physiques, leur mode de pose et leur prix. On résume dans ce qui suit les types de canalisations utilisées dans le transfert d'eau potable.

#### **1.1. Acier**

Destinés aux réseaux d'adduction d'eau potable, aux canalisations de transfert d'eau brute et d'eaux usées.

L'acier est le matériau permettant de répondre économiquement aux contraintes techniques les plus fortes. Les performances du tube en acier, sa résistance aux pressions et aux sollicitations mécaniques varient selon l'épaisseur et la nuance d'acier utilisé. Le revêtement intérieur en mortier de ciment appliqué par centrifugation offre d'excellentes qualités de résistance à la corrosion chimique et d'hydraulicité. Le revêtement extérieur réalisé par application d'un polyéthylène ou polypropylène tri-couche, reprend en bonnes conditions les charges intérieures et extérieures illimitées. (S1, S2).

Son revêtement supporte moins bien la corrosion, ce qui les destine exclusivement aux eaux non agressives. Les longueurs peuvent aller jusqu'à 21 mètres. La durée de service garantie de ces tuyaux se limite à 70 ans.

Les tubes sont fournis en longueurs de 6 à 16 m. Les diamètres disponibles sont de 0,150 m à 2,00 m avec des épaisseurs de 3 à 9 mm. La pression de service varie de 40 à 60 bars. Les tuyaux en acier reçoivent également un revêtement intérieur en mortier de ciment centrifugé, conforme pour l'eau potable.

- Une couche de résine époxy.
- Un adhésif polymère appliqué.
- Une troisième couche en polyéthylène.

#### **1.2. Béton**

Concerne des canalisations de grand diamètre, généralement supérieur à 300 mm, utilisé pour des diamètres de 400 à 4000 mm, il a une bonne résistance mécanique, bonne résistance à la corrosion extérieure et intérieure, durabilité de 100 ans. (L'eau, l'industrie, les nuisances, 2014) Jusqu'au diamètre 1 250 mm, la longueur des tuyaux est le plus souvent de 6 m. Elle est de 5 m jusqu'au diamètre 1 800 mm et diminue en fonction du diamètre jusqu'à 2 m pour le diamètre 4 000 mm.

#### **1.3. Béton précontraint**

Les tuyaux en béton précontraint sont plus utilisés pour les réseaux d'eau potable. On en rencontre encore en service dans le cas de pressions assez faibles. Leur emboîtement mâle et femelle avec joint d'étanchéité est conçu pour des pressions de 02 à 20 bars.

La précontrainte est appliquée au béton grâce à des câbles de précontrainte en acier de haute résistance. Résistant mieux en compression qu'en traction, le béton précontraint est plus cher que les autres matériaux. De plus le béton précontraint est plus rigide que le béton armé.

#### **1.4. Béton précontraint à âme tôle**

Ces tuyaux sont utilisés pour l'adduction d'eau potable. Les diamètres varient de 200 mm à 4000 mm, les longueurs varient de 2,34 m à 6,15 m.

La canalisation comprend:

- Une âme en tôle munie de bagues d'about soudées à ses extrémités,
- Un revêtement intérieur (centrifugé ou moulé) et un revêtement extérieur (moulé) protégeant l'âme en tôle et formant le primaire,
- Une armature à haute résistance à la traction obtenue par enroulement hélicoïdal d'un fil d'acier, sous tension contrôlée, autour du primaire, assurant une précontrainte circonférentielle.

Le pas et le diamètre du fil sont adaptés aux conditions d'utilisation.

- Un revêtement en béton vibré de forte compacité.

### **1.5. Fonte grise**

L'ajout d'une certaine quantité de magnésium à la fonte grise provoque la cristallisation du carbone sous forme de sphères également appelés nodules. Dans la fonte grise, le carbone se présente sous forme de lamelles qui rendent ce matériau cassant.

Sont les plus répandus dans le monde pour véhiculer l'eau de distribution publique, leur longévité peut dépasser 100 ans, Leur inconvénient principal réside dans leur fragilité vis-à-vis des mouvements de terrain, des coups de bélier et des surcharges occasionnées par les transports routiers dans les voies où elles sont posées. La longueur utile des tuyaux est de 6 m. Les diamètres varient de 0,060 m jusqu'à 1,250 m. La pression de service varie de 40 à 60 bars. Ces tuyaux ont une rugosité (ks) de l'ordre 0,1 mm.

La fonte grise possède les caractéristiques suivantes:

- Résistance à la compression,
- Aptitude au moulage,
- Résistance à l'abrasion,
- Usinabilité,
- Résistance à la fatigue.

### **1.6. Fonte ductile**

Constitue le matériau moderne actuel, elle élimine totalement les défauts de la fonte grise. Le matériau n'est plus fragile, mais « ductile » et résistant. La cristallisation du graphite sous forme de sphères est due à l'introduction de magnésium dans une fonte de base de haute qualité.

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

- Haute limite élastique.
- Résistance à la traction.
- Résistance aux chocs.
- Allongement important.

La fonte ductile présente les propriétés mécaniques suivantes:

- Une élasticité de  $R_e \geq 270$  Mpa,
- Une résistance à la traction de  $R_m \geq 420$  Mpa,
- Une excellente résistance aux chocs,
- Une capacité importante d'allongement supérieure à 10 %.

Ces propriétés extraordinaires permettent une durée de vie pouvant dépasser largement les 50 voire 100 ans à condition que les instructions de mise en œuvre soient respectées.

### **1.7. Le Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV)**

Ces tuyaux sont utilisés en eau potable, sont adoptés au changement de direction, faible poids, est un matériau réputé excellent dont la durabilité est estimée à plus de 100 ans. Il possède une grande résistance à la corrosion intérieure et extérieure, et une résistance mécanique alliée à une certaine flexibilité.

Les principales matières premières utilisées pour la fabrication des canalisations en PRV sont la résine polyester, la fibre de verre renforcée, et le sable de silice.

Les diamètres vont de 300 mm à 3000 mm, module d'élasticité instantané 10MPa, longueur de 3.6m jusqu'à 12m. Il est possible de produire des longueurs allant de 0,3 mètre jusqu'à 15 mètres ou selon les exigences du client, pour une pression nominale (PN) de 1 bar à 32 bars et pour une classe de rigidité de 2500 N/m<sup>2</sup>, 5000 N/m<sup>2</sup> et 10000 N/m<sup>2</sup>.

### **1.8. Polychlorure de vinyle (PVC)**

Ces tuyaux présentent une bonne résistance aux produits chimiques corrosifs, une plage d'utilisation allant de -20 °C à 90 °C, et une longévité supérieure à 100 ans.

Les diamètres prévus vont de 20 à 800 mm, on utilise surtout le PVC entre 50 et 400 mm. Il existe plusieurs séries de pressions nominales: 6, 10, 16, et 25 bars. Les réseaux d'eau font le plus souvent appel aux séries 10 et 16 bars.

Le PVC résiste bien à la corrosion, leur longueur usuelle est de 6m.

### **1.9. Polyéthylène (PE)**

Il existe deux qualités des canalisations en polyéthylène :

#### **1.9.1. Polyéthylène haute densité (PEHD)**

Matériaux non cassant, plus ou moins souple, ont une bonne flexibilité, résistant aux chocs, et fortement inerte chimiquement. Les PE existent couramment dans les diamètres allant du 20mm au 800 mm.

Les tubes en polyéthylène haute densité (PE80 ou PE100) sont livrés soit en barres de 5,8m, 6.0m, 11,8m ou 12m soit en couronnes de 50, 100, 200 mètres ou autres longueurs sur demande, leur durée de vie garantie est de 50ansLe tube polyéthylène peut être posé à une température ambiante pouvant aller jusqu'à 50°C.

Il existe deux (02) grands types d'assemblage :

- Les assemblages par soudure qui se subdivisent en assemblage par Electro - soudage et assemblage par soudage bout à bout
- Les assemblages mécaniques.

#### **1.9.2. Polyéthylène basse densité (PEBD)**

Ces tuyaux sont légers, ont une bonne flexibilité, sont résistant à la corrosion et aux conditions climatiques. Faible pertes de charge et bonne résistance aux coups de bélier ; Leurs durée de vie est supérieur à 50 ans.

**Tableau : Avantages et inconvénients des types de canalisations.**

<b>Matériau</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Acier</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Réduction importante du nombre de joints.</li><li>• Etanchéité.</li><li>• Continuité de la résistance mécanique.</li><li>• bonne élasticité.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nécessite une protection cathodique contre la corrosion extérieure.</li><li>• Risque d'ovalisation.</li><li>• prix élevé.</li><li>• le poids élevé.</li></ul>
<b>Béton</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pose continue sans joint</li><li>• Bonne résistance contre les corrosions intérieure et extérieure.</li><li>• Bonne résistance mécanique.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peut affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau.</li><li>• Poids élevé.</li></ul>

<p><b>Fonte ductile</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne résistance mécanique (réduction du risque de fissures).</li> <li>• bonne élasticité.</li> <li>• matériaux flexible.</li> <li>• les conduites sont protégées à l'intérieur avec une couche de mortier traité de point de vue thermique et à l'extérieur avec protection en Zinc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de joints important.</li> <li>• poids élevé.</li> <li>• nécessite une protection cathodique passive.</li> <li>• sensibilité à la corrosion.</li> <li>• prix élevé.</li> <li>• cout de manutention (poids).</li> </ul>
<p><b>Fontegrise</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• résistance à la corrosion.</li> <li>• durabilité élevé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sensibilité au choc et surpression (risque de cassures).</li> <li>• sensibilité à la corrosion car posé sans protection cathodique.</li> <li>• matériaux non résistant aux dynamiques et sismiques.</li> </ul>
<p><b>Polyester renforcé de fibre de verre (PRV)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction des coups de bélier.</li> <li>• Résistance aux corrosions intérieure et extérieure (résistance chimique).</li> <li>• Résistance mécanique.</li> <li>• Facilité de pose.</li> <li>• Etanchéité à long terme (grâce au système d'emboîtement par manchon).</li> <li>• poids réduit (1/4 par rapport aux conduites en fonte).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• le comportement de longue date n'est pas connu (50ans), autant de point de vue de l'influence sur la qualité de l'eau transportée que sur le comportement structurel.</li> </ul>
<p><b>Polyéthylène PE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Souple et flexible.</li> <li>• Résistance à la corrosion.</li> <li>• résistance à la casse.</li> <li>• résiste aux UV.</li> <li>• légèreté facilitant la pose.</li> <li>• prix compétitif.</li> <li>• conditions favorables d'écoulement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque d'ovalisation pour les plus gros diamètres.</li> <li>• Savoir-faire spécifique pour les raccords.</li> <li>• Peut libérer des substances dans l'eau.</li> <li>• perméable aux hydrocarbures.</li> </ul>
<p><b>Polychlorure de vinyl (PVC)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne résistance à la corrosion.</li> <li>• Flexibilité (résistance aux mouvements de terrain).</li> <li>• Facilité de pose.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dégradation à la lumière et au gel</li> <li>• Perméable à certains composés gazeux, solvants et hydrocarbures.</li> </ul>

## 2- Les différents types de pression :

- **PFA, pression de fonctionnement admissible** : est la pression interne en régime permanent. Cette pression varie en fonction du diamètre de la conduite et des pièces de raccordement utilisées, de 16 à 64 bars,

- **PMA, pression maximale admissible** : est la pression supportable de façon sûre en service, y compris le coup de bélier ( $PMA=1.2PFA$ ).

- **PEA, pression d'épreuve admissible** : est la pression hydrostatique maximale supportable par un composant nouvellement mis en œuvre pendant un temps relativement court :

$$PEA = PMA + 5 \text{ bars en général}$$

$$PEA = 1,5PFA \text{ si } PFA = 64 \text{ bars.}$$

## 2-1- Le limiteur de pression ou soupape de sûreté :

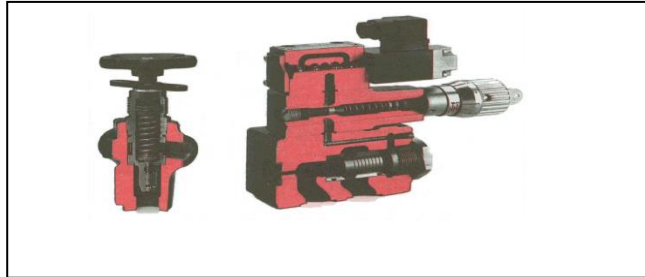
### Fonction :

Il a pour fonction de limiter la pression dans un circuit et de faire retourner au bac le débit excédentaire. Il est monté en dérivation sur la conduite pression. En cas de blocage du débit, la pression va monter dans le circuit jusqu'à éclatement d'une conduite ou d'un appareil.

Le limiteur de pression intervient alors pour retourner au bac la totalité du débit lorsque la pression atteint la valeur de tarage.

Les limiteurs de pression peuvent être :

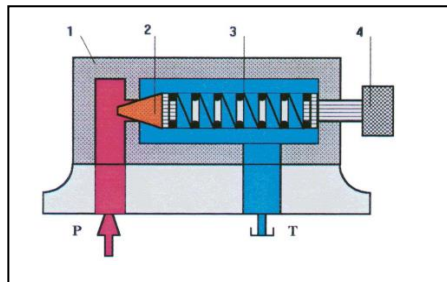
- à action directe.
- à commande indirecte.
- à commande pilotée.



### - Le limiteur de pression à action directe :

Il est constitué d'un clapet 2 poussé sur son siège par un ressort tarable 3 au moyen d'une vis 4.

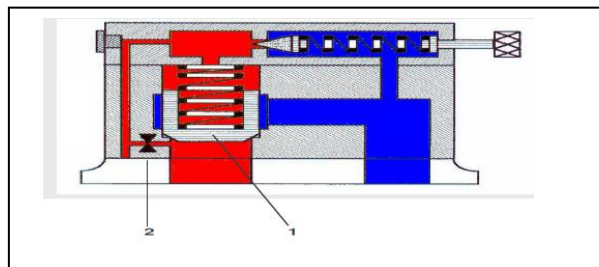
Lorsque la pression régnant dans la conduite produit une force supérieure à la force du ressort 3 il y a décollement du clapet 2 et évacuation de l'huile.



### - Le limiteur de pression à commande indirecte (ou à clapet équilibré) :

Le clapet n'est plus appliqué sur son siège par la seule force d'un ressort. La pression de l'huile s'exerce aussi sur la face supérieure, ce qui permet un équilibrage hydraulique. Il suffit alors d'un faible ressort pour vaincre les frottements et assurer la fermeture du clapet. Le clapet est quelquefois, selon les constructeurs, remplacé par un piston ou un tiroir.

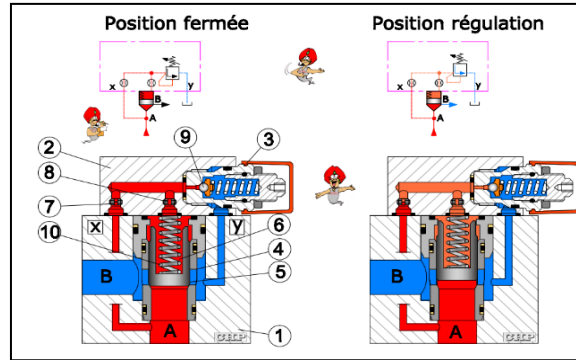
Mais le principe de fonctionnement reste le même.



### - Le limiteur de pression à action pilotée

Pour des débits importants, généralement supérieurs à 100L/min, l'utilisation d'un limiteur de pression à action directe est plus compliquée en raison principalement de la taille et de la raideur du ressort et de la plage d'ouverture trop importante.

Pour cela, il existe des limiteurs de pression avec un étage « puissance » et un étage « pilote » ils sont dits à action pilotée.



### 3- Les limiteurs de débit

Le **limiteur de débit** consiste à contrôler le volume du flux d'huile dans ou hors d'un circuit. Contrôle de débit dans un circuit hydraulique peut être accompli de plusieurs façons. La manière la plus commune est d'installer un **orifice**. Quand un **orifice** est installé, l'**orifice** présente une plus grande restriction au débit de normal de la pompe. La plus grande restriction augmente la pression d'huile. L'augmentation de la pression d'huile fait dévier une partie d'huile dans un autre chemin. Le chemin peut être un autre circuit ou une soupape de sécurité. En outre, ce titre expliquera les **limiteurs de débit** à pression non compensés et les **limiteurs de débit** à pression compensés.

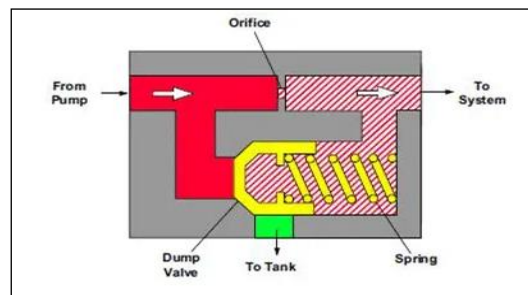
#### - Orifice :

Un orifice est une petite ouverture dans le passage d'écoulement d'huile. L'écoulement à travers un orifice est affecté par plusieurs facteurs. Trois des plus courants sont:

1. La température de l'huile.
2. La taille de l'orifice.
3. Le différentiel de pression à travers l'orifice.

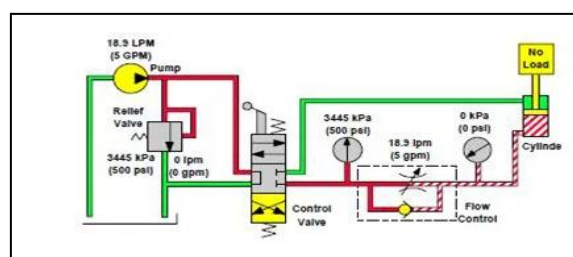
#### a- Circuit de limiteur de débit à pression compensée :

Dans un circuit de **limiteur de débit** à pression compensé, la pression différentielle à travers l'**orifice** n'est pas affectée par un changement de la charge. La pression différentielle constante à travers l'**orifice** produira un débit constant à travers l'**orifice**.



La dernière figure montre une illustration d'un Limiteur de débit à pression compensée de type avec **By-pass**. Ce type de Limiteur de débit compense automatiquement les variations du débit et de la charge.

#### b- Limiteur de débit à pression Non-Compensé :



Le schéma sur la dernière figure est composé d'une pompe à cylindre positif, d'une soupape de sécurité, d'un Vérin, d'un **limiteur de débit** à pression Non-Compensé, de deux indicateurs de pression (manomètres), et d'un distributeur trois positions, quatre voies, centre à tandem-, à commande manuelle (levier). Le **limiteur de débit** à pression Non-Compensé se compose d'un **orifice** variable et d'un clapet anti retour. Lorsque le débit d'huile passe dans côté fond du vérin, clapet anti-retour reste maintenu sur son siège. L'**orifice** variable limite (contrôle) l'huile dans le côté fond. Lorsque l'huile sort du côté fond du vérin, le clapet anti-retour s'ouvre, l'huile suit le chemin de moindre résistance et passe sans restriction à travers le clapet anti-retour. Dans un circuit de **limiteur de débit** à pression non-compensé, tout changement de pression différentielle à travers l'**orifice** produira un changement correspondant du débit à travers l'**orifice**. La soupape de sécurité est réglée à 3445kPa (500 psi). L'**orifice** est ajusté sur un débit de 5 gal/mn à 3445kPa (500 psi) sans la charge sur le vérin. La pression différentielle à travers l'**orifice** est de 3445kPa (500 psi). L'huile totale de pompe traverse l'**orifice** vers le vérin.