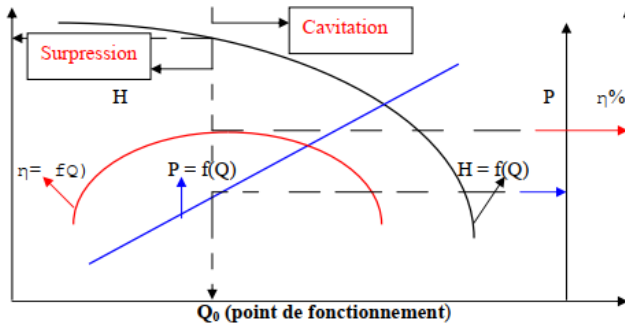
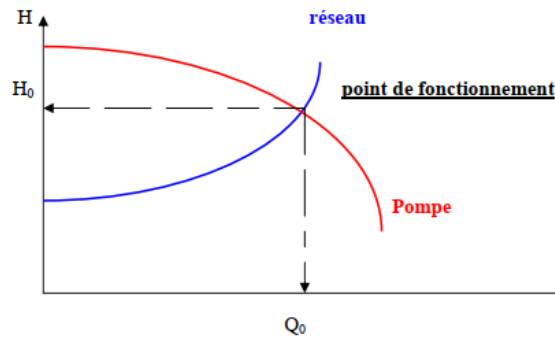


Hydraulique urbaine

- **Une pompe hydraulique** est une machine constituée d'un ensemble d'organes électromécaniques aspirant l'eau au niveau d'un point pour le refouler vers un autre.
- Dans le choix technico-économique d'une pompe, on doit tenir compte des aspects suivants :
 - ✓ *Il faut que l'eau arrive jusqu'à l'utilisateur en débit et pression demandés.*
 - ✓ *Assurer un bon rapport qualité/prix.*
 - ✓ *Bonne qualité des matériels.*
- **Les pompes centrifuges** : sont les pompes les plus utilisées en pratique. Ces pompes donnent des débits qui varient en raison inverse des hauteurs de refoulements.
- Les types des pompes centrifuges :
 - ✓ *Pompe mécanique à axe vertical (très utilisées en milieu rural Marocain pour l'irrigation)*
 - ✓ *Pompe mécanique à axe horizontal (souvent pour pomper dans une rivière...)*
 - ✓ *Pompe immergée*
- **HMT** est la somme de la hauteur géométrique et la perte de charge.
- Une pompe centrifuge est toujours caractérisée par le couple (Q, HMT).
- Protection de la pompe :
 - ✓ **Clapet anti-retour** : il faut l'installer juste à la sortie de la station de pompage pour éviter le retour des eaux de la canalisation.
 - ✓ **Vannage** : le démarrage de la pompe doit être lent et progressif, ainsi la vanne installée à la sortie de la pompe doit être fermée lors de la mise en marche.
 - ✓ **Compteur** : il permet le suivi quantitatif des volumes d'eau produits.
 - ✓ **Manomètre** : il permet de contrôler la pression de l'eau au moment du démarrage.
 - ✓ **Dispositif anti-bélier** : les pompes doivent être généralement protégées contre les coups de bélier (augmentation ou diminution brutale de la pression) qui sont provoqués par les arrêts ou mise en marche brutaux.
- **La cavitation** est une formation de bulles de vapeur due à une baisse de pression lors de l'aspiration, ceci occasionne une détérioration du matériel.
- Il faut toujours respecter le point de fonctionnement optimal d'une pompe, sinon on a soit un risque de surpression, soit un risque de cavitation.
- Critères de choix d'une pompe :
 - ✓ *Profondeur de l'eau*
 - ✓ *Energie de pompage*
 - ✓ *Débit désiré*
 - ✓ *Rendement du pompage*
- **Le rendement d'une pompe** est le rapport entre la puissance efficace réellement fournie par la pompe et la puissance fournie au moteur de la pompe.
- Le rendement varie entre 60 et 80% en fonction du diamètre du corps et de la qualité.
- **La puissance nécessaire au pompage** est donnée par la formule suivante :
$$P \text{ (KW)} = 9,8 \times \text{HMT (m)} \times Q \text{ (m}^3/\text{s)} / \eta$$
- Courbes caractéristiques d'une pompe :
 - ✓ *Une courbe des hauteurs manométriques en fonction des débits, $\text{HMT} = f(Q)$*
 - ✓ *Une courbe des puissances absorbées en fonction des débits, $P = f(Q)$*
 - ✓ *Une courbe des rendements globaux (pompe et moteur) en fonction des débits $\eta = f(Q)$*



- Couplage d'une pompe et d'un réseau :



- Quelques défauts de fonctionnement et causes probables :
 - ✓ La pompe ne fonctionne pas (pièces oxydés ; absence de jeu entre turbine et diffuseur ; voltage très bas ; fusible ; problème du moteur ; problème électrique)
 - ✓ La pompe ne débite pas (immersion ; clapet ou crépine bouchée ; vitesse de rotation très basse ; rotation en sens contraire ; HMT élevé ; Arbre brisé ; Tuyaux obturés)
 - ✓ Débit insuffisant (diamètre de la tuyauterie ; vitesse de rotation très basse ; turbine libre sur l'arbre (serrage) ; HMT élevée / capacité de la pompe ; Immersion insuffisante)
 - ✓ Pression insuffisante (air ou gaz dans l'eau ; viscosité supérieure à la normale)
 - ✓ La pompe débite puis coupe (niveau d'eau inférieur à la première turbine ; cavitation ; $NPSH < NPSH_d$; immersion insuffisante)
- Caractéristiques à préciser pour le choix des conduits d'eaux : nature, longueur, diamètre, pression de service.
- Le dimensionnement d'une conduite doit être conçu de manière à minimiser les pertes de charges.
- Sur le plan économique, le calcul d'une conduite doit tenir compte des paramètres suivants :
 - ✓ *L'investissement initial*
 - ✓ *Le phasage de réalisation (chronologie de réalisation)*
 - ✓ *Les frais d'exploitation*
 - ✓ *Les frais d'entretien et de renouvellement*
- Une conduite doit être généralement enterrée et posée sur une couche de sable (10 à 20 cm) puis remblayée par un tout venant sélectionné.
- En terrain meuble, le lit de pose sera constitué par du sable fin, en terrain rocheux par de la gravette.

- La conduite doit être aussi protégée contre la corrosion par un revêtement protecteur tel que les peintures.
- Lorsqu'un écoulement est conçu d'être gravitaire au sein d'une conduite, il faut que les pertes de charges totales soient inférieures à la hauteur géométrique disponible.
- **La pression de service** est la pression maximale à laquelle peut résister une conduite donnée sans éclatement ou fissuration.
- La pression de service est donnée par le constructeur et peut être testée avec des essais de pression en tranchée.
- L'essai en tranchée à une durée minimale d'une demi-heure et ne devra en aucun cas excéder 2 heures.
- PN6 : pression nominale de 6 bars.
- **La classe d'une conduite** est la pression à laquelle elle est éprouvée en usine. Il est recommandé d'utiliser des conduites dont la classe est le double de la pression de service.
- En augmentant le diamètre, on augmente le prix de la conduite, on diminue très vite les pertes de charges et par suite les dépenses en énergie pour faire circuler l'eau.
- En diminuant le diamètre, on augmente les pertes de charge et on crée des surpressions sur les parois de la conduite mais en contrepartie, on diminue le coût.
- Les contraintes à respecter lors du choix du diamètre :
 - ✓ La vitesse doit être de l'ordre de 1 m/s
 - ✓ La vitesse minimale est de l'ordre de 0,5 m/s pour éviter les dépôts
 - ✓ Le maximum est de l'ordre de 1,5 m/s pour éviter les bruits et les coups de bélier
 - ✓ Les pertes de charges doivent être minimales
 - ✓ La pression demandée au niveau de l'utilisation doit être assurée
- Quelques approches pour le calcul du diamètre optimal :
 - ✓ Il y a lieu de faire un certain nombre de simulations avec des diamètres donnés et choisir celui qui répond le mieux :

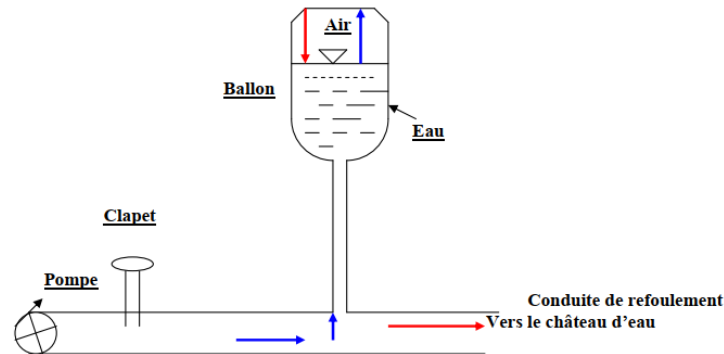
D (pouces)	Q (l/s)	V (m/s)	Re (Nombre de Reynolds)	λ	Longueur de la conduite (m)	ΔH (m)
1,5	1	0,88	29329	0,065	18	1,3
2	1	0,5	21997	0,058	18	0,28
2,5	1	0,32	17598	0,054	18	0,08
3	1	0,22	14665	0,051	18	0,03

D= 2 pouces (diamètre minimisant les pertes de charges et permettant une vitesse acceptable).

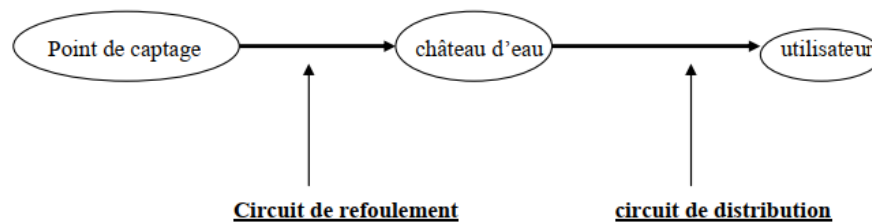
- ✓ Cas du pompage :
On adopte directement $V = 1\text{ m/s}$, $Q = VS = V\pi d^2 / 4$ soit $d \text{ (m)} = 2 \sqrt{Q/\pi}$
- ✓ Cas du gravitaire :
Pour que l'eau arrive du point A pour alimenter le robinet de la maison située au point B, il faut adopter un diamètre d tel que : $\Delta H_{AB} < h$
- Le débit unitaire d'un robinet est en moyenne de 6 litres/minute = 0,1 l/s.
- Logiciels informatiques : Piccolo, Epanet, Loop...

- Suivant les diamètres, les pressions supportées et les conditions d'installation, on est amené à réaliser les conduites en charge avec des matériaux de nature et de types différents :
- **Tuyaux en fonte :**
 - ✓ Ils sont couramment utilisés pour la distribution comme pour l'assainissement.
 - ✓ Ils supportent une pression de service atteignant 50 bars pour les tuyaux ne dépassant pas 0,60 m de diamètre.
- **Tuyaux en acier :**
 - ✓ L'inconvénient de ces conduites est qu'elles sont sensibles à la corrosion, pour remédier à ce problème on a recours à l'acier galvanisé.
 - ✓ 60 bars jusqu'à 150 mm de diamètre (Ø 150)
 - ✓ 50 bars jusqu'à 275 mm de diamètre (Ø 275)
 - ✓ 40 bars jusqu'à 275 mm de diamètre (Ø 400)
- **Tuyaux en béton :**
 - ✓ Fréquemment utilisé à cause de son prix bon marché par rapport au métal.
 - ✓ Les faibles effets dus à la pression dans les tuyaux usuels en béton.
 - ✓ Les tuyaux doivent bien entendu résister à l'écrasement dû à ces charges.
 - ✓ On définit pour estimer cette résistance, une charge de fissuration F et une charge de rupture R.
 - ✓ La charge de fissuration est celle qui développe dans la conduite une fissure de 0,2 mm de largeur et de 1,30 m de longueur.
- **Tuyaux en plastique :**
 - ✓ Ils sont utilisés pour la distribution (plastique dur ou mi souple) comme pour l'assainissement (plastique dur).
 - ✓ Ces tuyaux beaucoup moins rugueux ont donc l'avantage de diminuer les pertes de charge.
 - ✓ Les joints sont facilement réalisés soit par collage, soit par soudure à l'air chaud (PVC).
 - ✓ Les conduites en plastique les plus utilisés sont polyéthylène haute densité (PEHD).
 - ✓ Son grand avantage réside dans le fait qu'il épouse facilement la topographie du terrain puisqu'il est livré en rouleau.
- Il est fréquent de trouver plusieurs natures de conduites sur un même tracé et également avec des variations dans le diamètre.
- En tenant compte de la topographie et du tracé de la conduite, il faut équiper les points hauts et les points bas, surtout lorsqu'il s'agit d'un linéaire de conduite très important.
- **Equipement du point haut :** Le problème est souvent l'accumulation de l'air aux points hauts, on installe souvent des ventouses à double effet pour le dégazage et l'évacuation de l'air.
- **Equipement du point bas :** Ce sont les points où la pression d'eau est maximale, on installe souvent des vidanges, Le diamètre de la vidange doit être au minimum égal au ¼ du diamètre de la conduite.
- **Le coup de Bélier** dans une conduite apparaît au moment de variation brusque de la vitesse d'écoulement par suite d'une fermeture ou ouverture rapide de la vanne, soit d'un brusque arrêt de la pompe.
- Ce phénomène peut conduire à des surpressions pouvant endommager la conduite et les équipements accessoires, soit à des dépressions pouvant occasionner une cavitation donnant naissance à des gaz.

- **Dispositifs anti-bélier (DAB) :** dispositifs qu'on installe entre la pompe et le château d'eau, Il s'agit principalement de ballons d'air sous pression, la dilatation ou la compression de cet air permet d'amortir les coups de bélier jusqu'à des valeurs acceptables et supportables par le matériel.



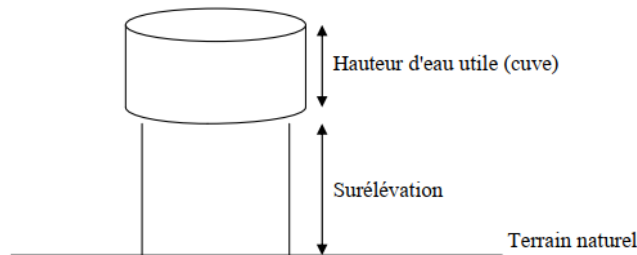
- **Les châteaux d'eau :**



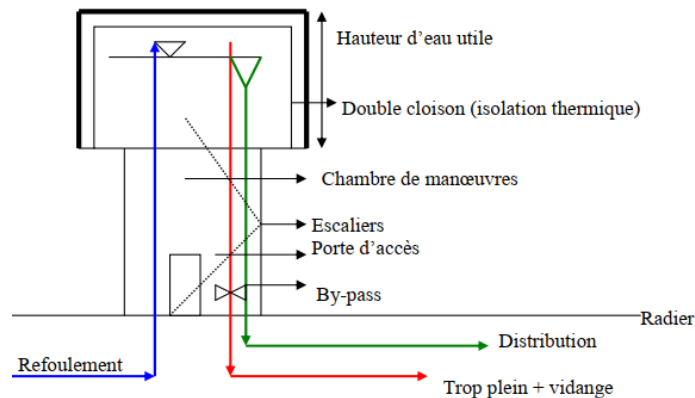
- Au cours d'une même journée, le débit de la conduite d'adduction est constant alors que celui de la distribution est essentiellement variable dans le temps. Les châteaux d'eau jouent un rôle régulateur entre les deux régimes.
- Les rôles à jouer par un château d'eau sont comme suit :
 - ✓ Régulariser le fonctionnement des pompes
 - ✓ Assurer le débit nécessaire pendant les heures de pointe
 - ✓ Assurer la mise en pression du réseau de desserte.
 - ✓ Réserve de 120 m³ pour les grandes villes
 - ✓ Assurer l'alimentation en cas d'incidents sur les ouvrages de production (pannes de pompe par exemple)
- Lorsqu'il s'agit de capacités relativement faibles (10 m³ à 15 m³), on parle également de bâches.
- L'emplacement du réservoir :
 - ✓ Proche du point de captage pour éviter des linéaires de conduites très importants.
 - ✓ Soit plus élevé par rapport à la côte maximale des localités à desservir pour pouvoir les alimenter par simple gravité.
 - ✓ Compte tenu de la topographie, les réservoirs peuvent être soit enterrés, semi-enterrés, ou surélevés. Le premier type est satisfaisant sur le plan esthétique, le deuxième est le plus économique. Les réservoirs surélevés sont le seul mode de construction possible en plaine.
- Capacité du réservoir :

- ✓ La capacité théorique d'un réservoir dépend des variations en matière de consommation d'eau durant la journée.
- ✓ La capacité d'un réservoir est calculée pour une durée d'autonomie de 24 heures.
- ✓ Pour les petites villes, on peut adopter une autonomie de 10 à 12 heures.
- ✓ Pour les petites et moyennes installations, le planning de pompage est de 8 à 10 heures/24 h.
- ✓ Pour les grandes villes, on peut atteindre 24 h/24 h.
- Forme du réservoir :
 - ✓ La section en plan des réservoirs est le plus souvent circulaire, notamment pour des raisons de coût.
 - ✓ La hauteur d'eau pour les agglomérations d'importance petite ou moyenne se situe le plus souvent vers 4 à 5m.
 - ✓ Pour les réservoirs de grande importance (grandes villes), la hauteur d'eau peut atteindre 7 à 10m.

Château d'eau surélevé



- Organes et accessoires d'un château d'eau :



- ✓ Trop plein : conduite permettant d'évacuer la totalité du débit arrivant au réservoir (souvent en acier galvanisé).
- ✓ Vidange : conduite partant du point bas du réservoir et se raccordant sur la canalisation de trop plein (souvent en acier galvanisé), cette conduite est indispensable pour les réparations éventuelles et nettoyages périodiques.
- ✓ Conduite de refoulement : c'est la conduite qui doit permettre l'alimentation du réservoir.

- ✓ Conduite de distribution : c'est la conduite permettant d'alimenter les utilisateurs.
- ✓ By-pass : en cas de travaux sur le réservoir, il y a lieu de prévoir une communication entre la conduite de refoulement et celle de distribution. Le système by-pass permet de faire cette liaison.
- ✓ Chambre de manœuvres : elle se trouve au pied de la tour, les différentes vannes s'y trouvent.
- ✓ Double cloison : il est intéressant, voire impératif de prévoir une double cloison au niveau de la cuve afin d'assurer une isolation thermique.
- ✓ Un tampon de visite : (ou capot regard) pour des visites périodiques de l'ouvrage.
- Les matériaux de construction du réservoir :
 - ✓ L'hérissongage constitué de moellons calcaires de 20 cm d'épaisseur
 - ✓ Le béton de propreté B5 dosé à 150 Kg/m³
 - ✓ Le béton armé B2 dosé à 350 Kg/m³ pour l'ossature principale du réservoir (radier, parois verticales) avec un hydrofuge de masse type SIKA pour assurer l'étanchéité
 - ✓ Le béton armé B2 dosé à 350 Kg/m³ pour la dalle supérieure, la coupole....
 - ✓ Les enduits constitués de mortier de ciment
- Critères à satisfaire :
 - ✓ Résistance mécanique aux différents efforts et pressions auxquels il est soumis et notamment la charge de l'eau lorsque la cuve est pleine.
 - ✓ Etanchéité, c'est-à-dire qu'il ne doit y avoir aucune fuite dans l'ossature de l'ouvrage.
 - ✓ Durabilité en ce sens que le béton doit conserver ses propriétés mécaniques en contact avec l'eau.
- Entretien des réservoirs :
 - ✓ Désinfection à l'aide de produits chlorés pour l'élimination des bactéries
 - ✓ Vidange et traitement des dépôts sur les parois
 - ✓ Auscultation générale en matière de fuites et suintements
 - ✓ Diagnostic des équipements vétustes (vannes, robinets, conduites)
- **Les réseaux de distribution** : est un ensemble de canalisations et d'équipements destinés à desservir les utilisateurs ou abonnés à partir d'un réservoir de stockage.
- Dans un réseau de distribution, on distingue trois sortes de conduites :
 - ✓ Conduites principales ou réseau primaire (juste à la sortie du réservoir).
 - ✓ Conduites de transit ou réseau secondaires (desservant les quartiers et grandes agglomérations).
 - ✓ Conduites d'alimentation ou réseau tertiaire (desservants les maisons, administrations).
- Les différents types de réseau :
 - ✓ Réseau ramifié : (structure d'arbre)
 - ✓ Réseau maillé : (qui présente des mailles)
 - ✓ Réseau mixte
 - ✓ Réseau étagé : (pour les zones à topographie accidentée)
- Caractéristiques d'un réseau de distribution :
 - ✓ Assurer le débit maximal demandé en période de pointe horaire.

- ✓ Les conduites doivent être enterrées au minimum de 80 cm par rapport à la génératrice supérieure.
- ✓ Doivent se situer obligatoirement plus haut que les conduites d'assainissement afin d'éviter toute contamination.
- ✓ La vitesse de l'eau doit être de l'ordre de 0,6 à 1,2 m/s.
- ✓ Une vitesse inférieure à 0,6 m/s favorise les dépôts.
- ✓ Une vitesse supérieure à 1,2 m/s favorise les bruits.
- ✓ La pression maximale dans un réseau de distribution doit être de 40 m (4 bars).
- ✓ La pression minimale au point de puisage le plus élevé doit être de 3 m (0,3 bars).
- ✓ Le réseau doit être bien géré et contrôlé en matière de fuites pour permettre une économie sur la ressource.
- Les paramètres hydrauliques d'un réseau de distribution :
 - ✓ Le débit de pointe horaire : C'est le débit de l'heure la plus chargée.
 - ✓ Les diamètres : Le calcul d'un réseau maillé est similaire à celui d'un réseau électrique.
 - ✓ Pression nécessaire
- Dans un réseau maillé la somme algébrique des pertes de charges est nulle (loi de maille).
- Dans un réseau maillé la loi des nœuds exprime la conservation des débits au niveau de chaque nœud.
- Les durées de vie techniques moyennes des matériels sont comme suit :
 - ✓ *Génie- Civil, canalisations* : m = 40 ans
 - ✓ *Equipement de refoulement* : m = 13 ans
 - ✓ *Pièces spéciales* : m = 20 ans
- **PAGER** : programme d'alimentation groupé en eau rurale (1995)
- Problématique de l'eau potable du monde rural :
 - ✓ Le plan technique : les besoins sont trop faibles ; l'habitat est très dispersé
 - ✓ Le plan financier : enveloppes budgétaires importantes ; prix de revient de l'eau élevé.
 - ✓ Le plan institutionnel : Il faut qu'il y ait un organisme capable de gérer sur le plan technique et financier les SAEP réalisés.
- Pour les douars, les besoins sont calculés sur la base de 20 à 25 l/j/habitant en cas de desserte par borne fontaine BF, elle devient 40 à 45 l/j/habitant en cas de desserte par branchements individuels.