
Chapitre 7

Machines des Fluides

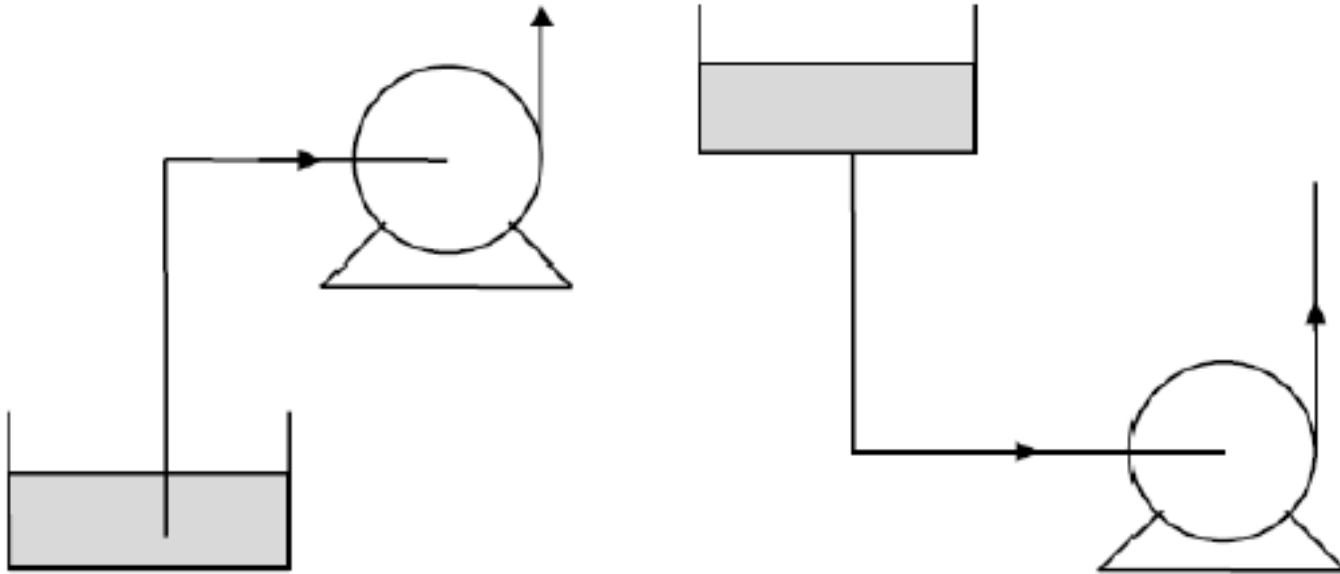
7.1 Généralités

- Pompes & Turbines \Rightarrow Turbomachines
- Pompes : ajoutent énergie au fluide (déplacer/augmenter pression)
- Turbines : extraient énergie du fluide (fluide agit sur elles)
- Fluide = gaz (ventilateur/moteur turbine à gaz ou compresseur)
- Fluide = liquide (pompe/turbine centrale hydro-électrique)
- Principaux domaines d'utilisation des pompes :
 - Distribution & collecte des eaux
 - Irrigation
 - Lutte contre les incendies
 - Inondations
 - Transport des hydrocarbures
- Situations d'utilisation des pompes :
 - Gravité défavorable
 - Gravité favorable mais insuffisante pour fournir un débit nécessaire avec diamètre économique ou raisonnable
 - Pression locale insuffisante

7.1 Généralités

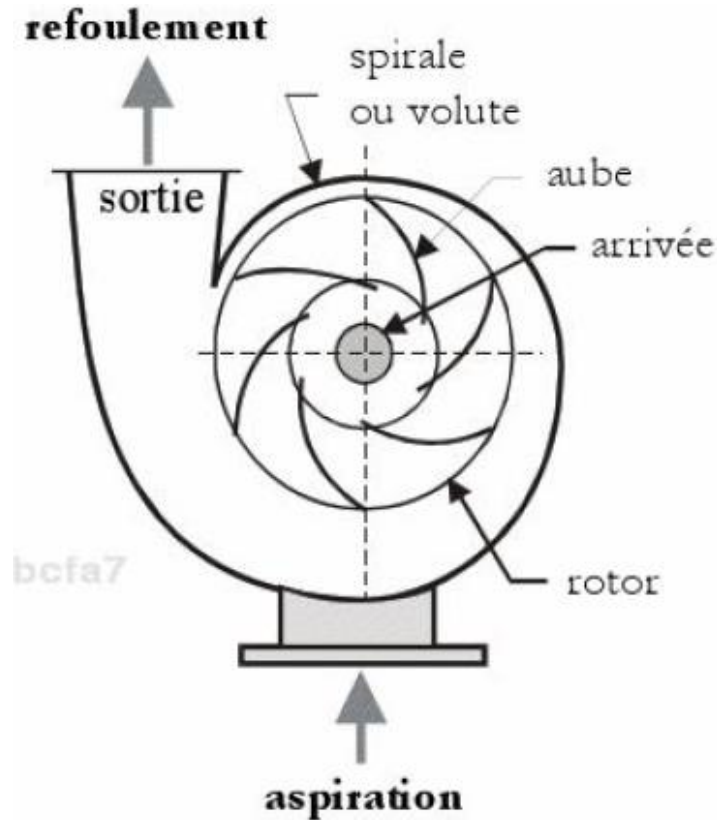
► Montage des pompes :

- En aspiration (réservoir sous la pompe) : pompage en dépression
- En charge (réservoir au-dessus de la pompe) : pompage en surpression



7.1 Généralités

- Pompe centrifuge (turbomachine la plus courante) : pompe à écoulement radial.

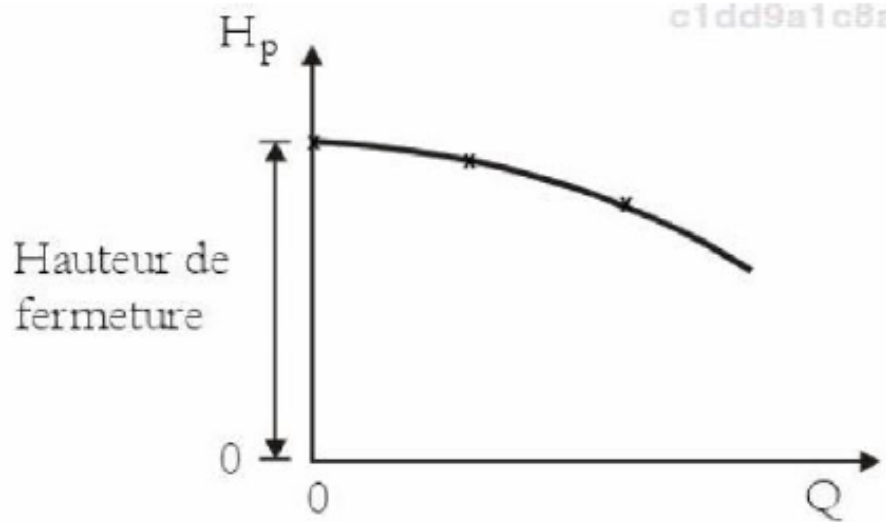


- Rotor (roue à aubes) à l'intérieur de volute/bâche spirale (partie fixe)
- Eau pénétrant radialement par la périphérie au centre du rotor est entraînée par les aubes et repoussée vers l'extérieur par force centrifuge
- Énergie cinétique → énergie de pression à la sortie de pompe

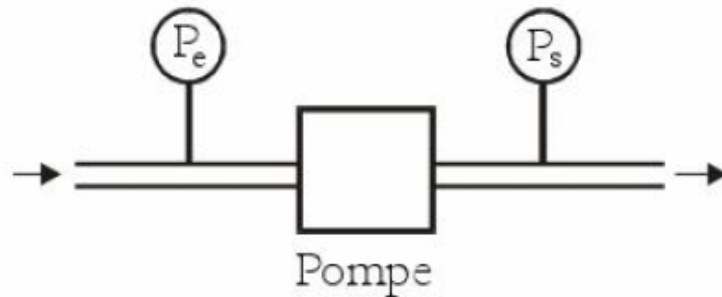
- Il existe aussi des pompes hélico-centrifuge (écoulement mixte) & pompes à hélices (écoulement axial).

7.2 Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge

- Utilisation d'une pompe centrifuge nécessite connaissance de ses courbes caractéristiques : variation hauteur manométrique & rendement en f(x) du débit



- Courbe caractéristique $Q - H_p$
 - H_p diminue avec Q pompé
 - Hauteur de fermeture : vanne de contrôle de Q fermée au complet.
 - Q de fonctionnement : vanne de contrôle de débit complètement ouverte.

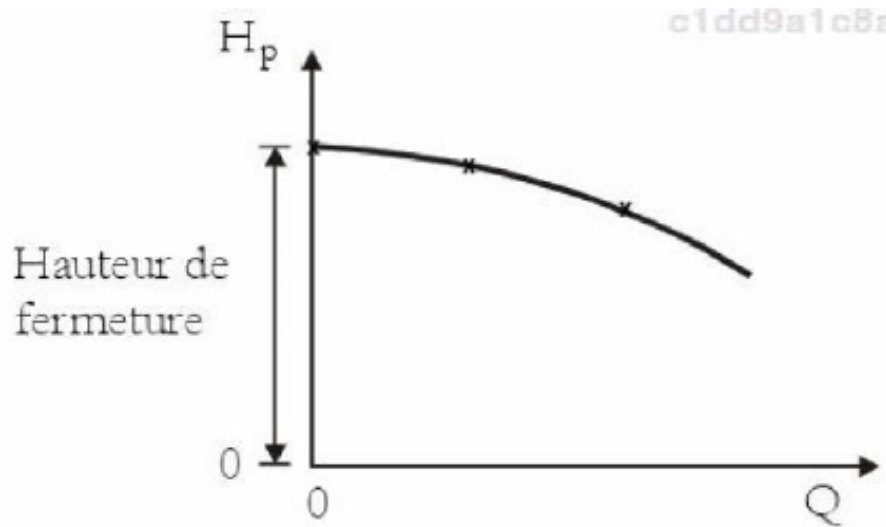


- Courbe H_p peut être calculée au moyen des lectures manométriques :

$$H_p = \frac{P_s - P_e}{\rho g}$$

7.2 Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge

► Pour tracer la courbe $Q - H_p$, on a besoin de :



- Hauteur de fermeture (vanne complètement fermée)
- $\frac{1}{3} Q$ de fonctionnement
- $\frac{2}{3} Q$ de fonctionnement
- Q de fonctionnement

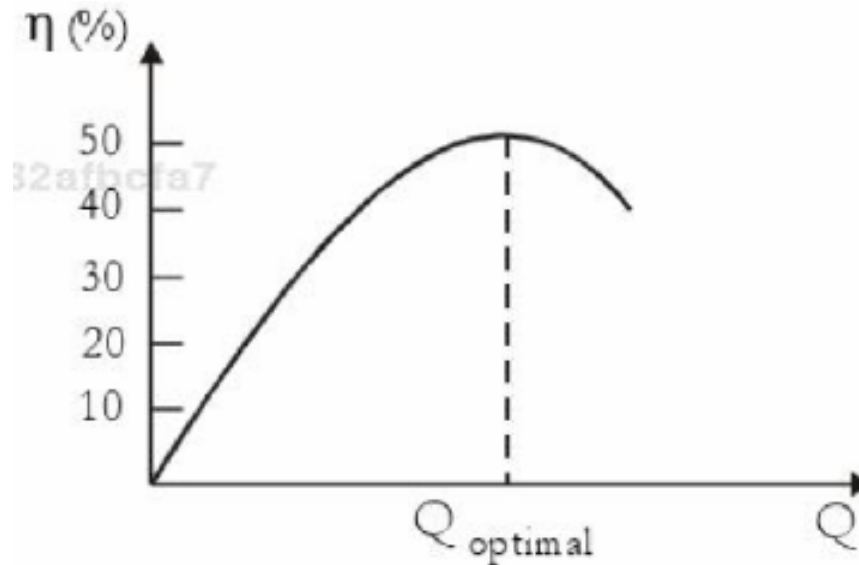
7.2 Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge

- rendement (η) d'une pompe

$$\eta = \frac{\text{Puissance hydraulique fournie}}{\text{Puissance absorbée}}$$

$$\eta = \frac{\rho g Q H_p}{P_{\text{absorbée}}}$$

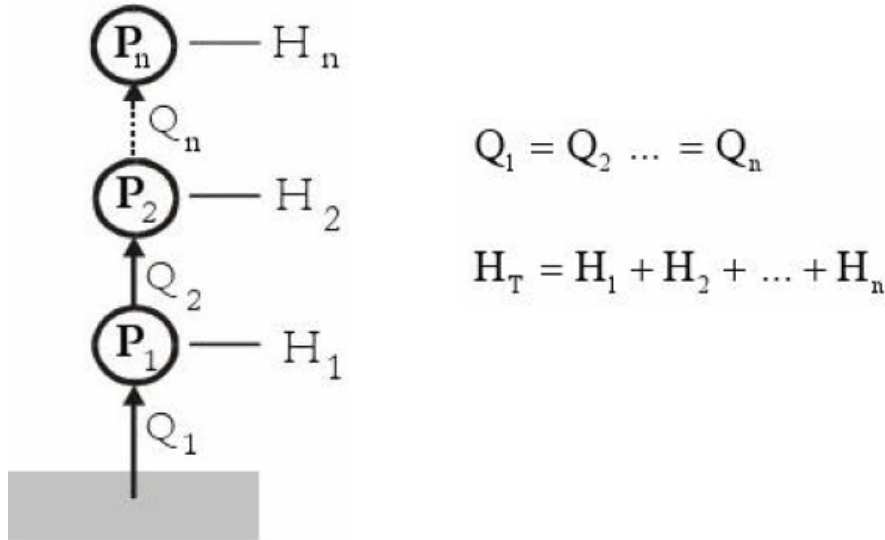
- Courbe de rendement (η)



- Puissance absorbée doit être mesurée & constitue une troisième courbe caractéristique d'une pompe.

7.3 Association ou couplage des pompes

- Pour plusieurs considérations techniques & opérationnelles \Rightarrow pompes peuvent être groupés en série ou en parallèle.
- Pompes en série : même débit dans les pompes \Rightarrow addition des pressions.



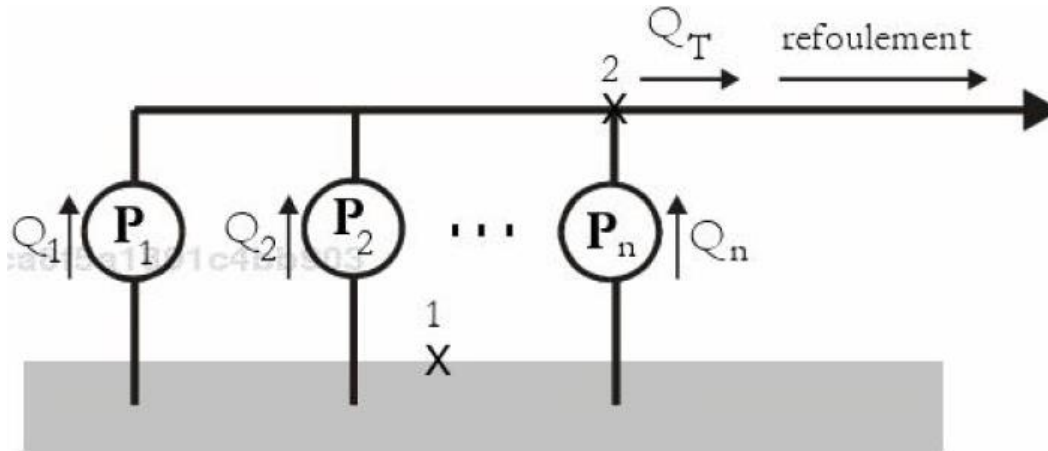
- Association des pompes en série \Rightarrow atteinte de grandes hauteurs d'élévation
- Puissance totale absorbée :

$$P_T = \rho g Q_{\text{fonct}} \left(\frac{H_1}{\eta_1} + \frac{H_2}{\eta_2} + \dots + \frac{H_n}{\eta_n} \right)$$

où $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ sont les rendements respectifs des pompes correspondant aux hauteurs de fonctionnement H_1, H_2, \dots, H_n .

7.3 Association ou couplage des pompes

- Pompes en parallèle : points d'aspiration & de refoulement des pompes sont identiques.



$$H_1 = H_2 = \dots = H_n$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

- Association des pompes en parallèle \Rightarrow augmentation de débit
- Puissance totale absorbée :

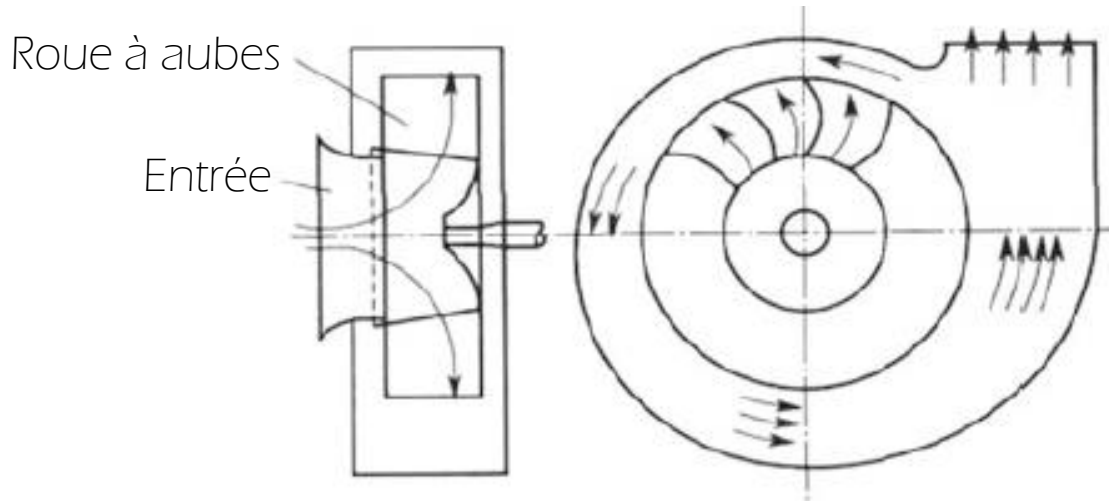
$$P_T = \rho g H_{\text{fonct}} \left(\frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2} + \dots + \frac{Q_n}{\eta_n} \right)$$

où $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ sont les rendements respectifs des pompes correspondant aux débits de fonctionnement Q_1, Q_2, \dots, Q_n .

7.4 Ventilateur centrifuge

► Dispositif mécanique

- pour déplacer air ou autres gaz
- Augmente vitesse & volume du flux d'air
- Utilise énergie cinétique des roues à aubes pour augmenter le volume du flux d'air
- Déplace l'air radialement



► Caractéristiques de performance

- Courbes de performance similaires à celles de pompe centrifuge
- Existence d'un point d'opération
- Détermination du point d'opération est essentielle pour un fonctionnement normal du ventilateur

Exercice

Une pompe à essence de rendement 67,4 % et de débit volumique 0,629 L/s assure le remplissage d'un réservoir d'automobile. La pompe aspire l'essence de masse volumique 750 kg/m^3 à partir d'une grande citerne dont la surface libre située à une altitude z_1 et une pression $p_1 = p_{\text{atm}} = 1 \text{ bar}$. On suppose que le niveau d'essence dans la citerne varie lentement ($v_1 \approx 0$). La pompe refoule l'essence, à une altitude z_2 , sous forme d'un jet cylindrique, en contact avec l'atmosphère à une pression $p_2 = p_{\text{atm}} = 1 \text{ bar}$, se déversant dans le réservoir de l'automobile à une vitesse v_2 . La différence des cotes entre la section de sortie de la conduite et la surface libre de la citerne est $h = z_2 - z_1 = 2 \text{ m}$. La conduite a une longueur de 3,32 m et un diamètre de 2 cm. La viscosité dynamique de l'essence est 0,0006 Pa.s. L'accélération de la pesanteur est $9,8 \text{ m/s}^2$.

- 1) Déterminer la vitesse d'écoulement v_2 de l'essence dans la conduite.
- 2) Calculer le nombre de Reynolds.
- 3) Déterminer la nature de l'écoulement.
- 4) Calculer le coefficient de perte de charge linéaire.
- 5) En déduire la perte de charge linéaire.
- 6) Appliquer le théorème de Bernoulli généralisé et calculer la puissance sur l'arbre de la pompe.