

Chapitre 5

Les pompes

Objectifs

A la fin de ce chapitre, l'étudiant doit être capable de :

- Connaître le principe de fonctionnement d'une pompe
- Connaître les différents types de pompes
- Appliquer l'équation de Bernoulli dans un circuit hydraulique comportant une pompe

I. Généralités

Les pompes sont des machines qui réalisent l'écoulement d'un fluide (liquide ou gaz) dans un réseau. L'énergie fournie au moteur de la pompe (électrique ou thermique) est transformée en énergie mécanique qui est transmise au fluide.

1. Classification des pompes

On distingue principalement deux types de pompes : les pompes centrifuges et les pompes volumétriques.

- Les pompes centrifuges fonctionnent suivant le principe d'une mise en rotation du fluide à pomper dans une roue tournant à grande vitesse. Elles ont un domaine d'application de pressions de 0.6 à 20 bars et des débits jusqu'à 50 000 m³/h.

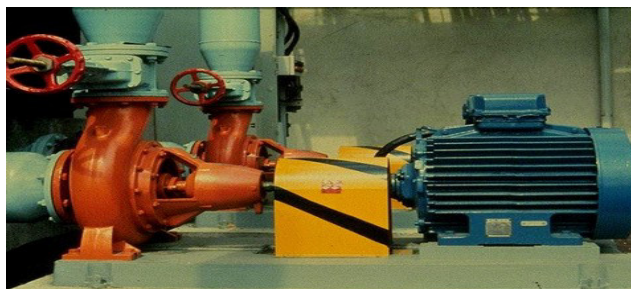

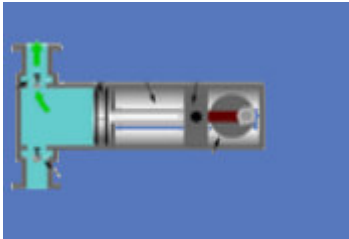
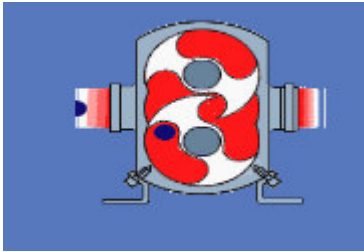
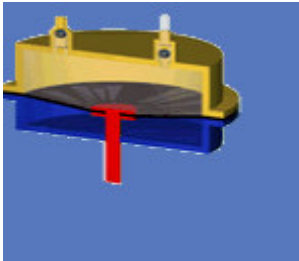
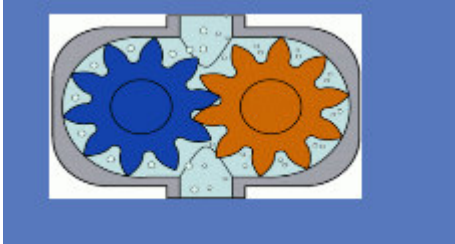
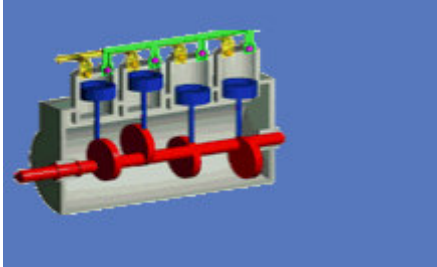


Figure 3: Pompe centrifuge.

- Les pompes volumétriques, qui fonctionnent sur le principe du déplacement d'un volume de fluide. Elles ont un domaine d'application de pression jusqu'à 10000 bars et des débits de 0.1 à 10 m³/h.

Mécanique des fluides

Certaines pompes volumétriques sont dites rotatives (cylindrée et vitesse de rotation fixent le débit pompé). D'autres sont dites alternatives car font appel au mouvement alterné d'un piston ou d'une membrane (cylindrée et course fixent alors le débit pompé).

Types des pompes	
Rotatifs	Alternatifs
A palettes 	A piston 
A lobes 	A membrane 
A engrenages 	A pistons en ligne 

2. Montages des pompes

On distingue le montage d'une **pompe en charge** (réservoir d'aspiration au-dessus de la pompe) et le montage d'une **pompe en aspiration** (réservoir d'aspiration sous la pompe).

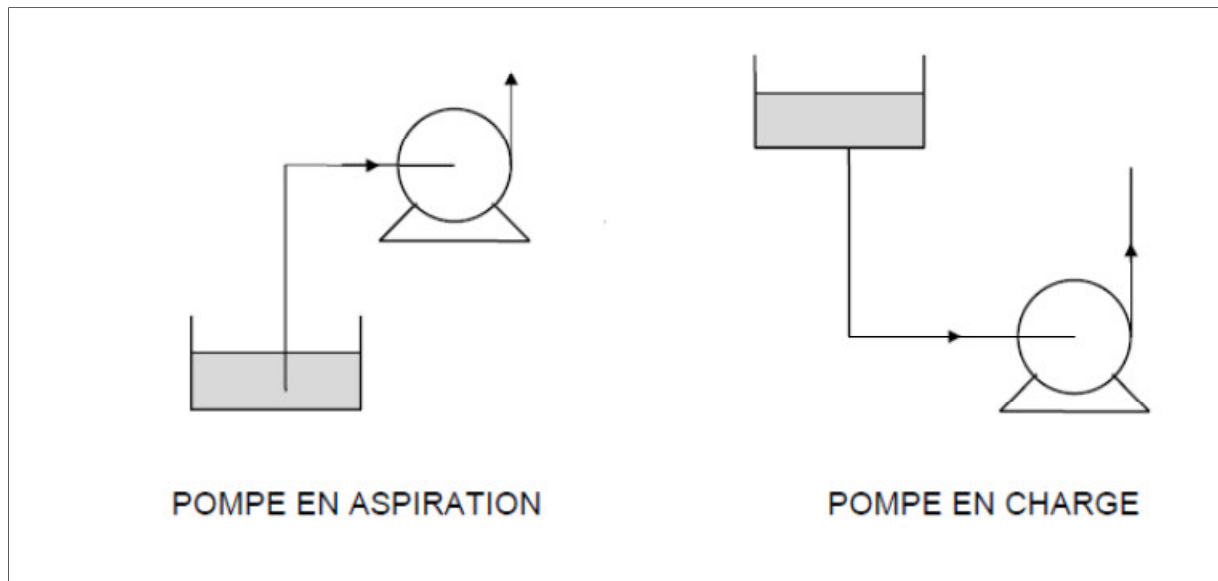


Figure 4: Montages des pompes

3. Caractéristiques

Les principales caractéristiques d'une pompe sont :

- Hauteur manométrique totale
- Puissance absorbée et rendement
- La charge nette à l'aspiration.

a) Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique d'une pompe notée H_{mt} , indique la différence de pression du fluide entre l'entrée de la pompe et la sortie. Elle représente l'énergie nécessaire qui doit transmettre la pompe au fluide pour acheminer le fluide



La HMT est donnée par la formule suivante :

$$H_{mt} = \frac{P_{ref} - P_{asp}}{\rho g} \quad (\text{Exprimée en mètres de colonne de fluide (mCF)}) \quad (46)$$

Avec :

P_{asp} : la pression d'aspiration

Mécanique des fluides

P_{ref} : la pression de refoulement

ρ : Masse volumique du fluide (kg/m^3)

g : accélération de la pesanteur ($g=9.81\text{m/s}^2$)

b) Puissance absorbée

La puissance donnée par la pompe et reçue par le fluide est donnée par la formule suivante :

$$P_{hyd} = \rho \cdot Q_v \cdot g \cdot H_{mt} [\text{W}] \quad (47)$$

Q_v : débit volumique du fluide ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

c) Rendement

Le rendement d'une pompe (noté η) est défini comme étant le rapport entre la puissance hydraulique et la puissance consommée par le moteur (puissance absorbée par le moteur notée P_{abs})

$$\eta = \frac{P_{hyd}}{P_{abs}} \quad (48)$$

d) Charge nette à l'aspiration

▪ Phénomène de la cavitation d'une pompe

La cavitation est la vaporisation du liquide contenu dans la pompe quand il est soumis à une pression inférieure à la pression de vapeur saturante correspondante à sa température.

Des bulles apparaissent dans les zones de faible pression (à l'entrée de la pompe), elles sont transportées aux zones de pression élevée où se produit leur condensation qui crée des surpressions élevées peuvent atteindre des centaines de bar.

Ce phénomène de cavitation est à éviter car il entraîne des graves conséquences :

- Erosion du matériau (création des trous dans les aubes de la pompe).
- Augmentation de bruit et de vibration de l'installation
- Chute de performance de la pompe.



Figure 5: Effet de la cavitation sur la roue d'une pompe centrifuge

- **Expression de charge nette à l'aspiration**

Pour savoir si le risque de cavitation existe dans un circuit donné ou non, on utilise un critère basé sur la charge nette à l'aspiration notée NPSH.

Le NPSH disponible pour un circuit et un débit donné correspond, en mCL, à la marge de pression au-dessus de la pression de vapeur saturante du fluide.

Sa formule est donnée par:

$$NPSH_{dispo} = \frac{P_{asp}}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} - \frac{P^{\circ}_{vap}}{\rho g} \quad (49)$$

Soit encore

$$NPSH_{dispo} = \frac{(P_{asp} - P_{vap} + \frac{1}{2} \rho V_{Asp}^2)}{\rho g} \quad (50)$$

4. Couplage des pompes

Pour parvenir à obtenir certaines conditions de fonctionnement impossibles à réaliser avec une seule pompe, les utilisateurs associent parfois deux pompes dans des montages en série ou en parallèle.

- **Couplage en série**

On considère deux pompes P_1 et P_2 ayant des caractéristiques différentes. Le montage en série de deux pompes est illustré comme suit :

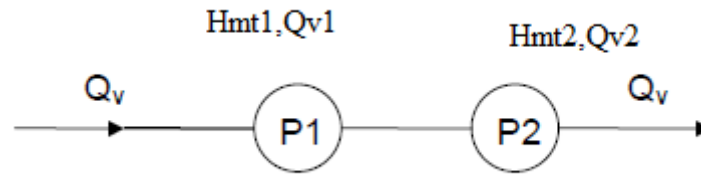


Figure 6: Couplage en série

Les pompes P1 et P2 montées en série sont traversées par le même débit de liquide Q_v .

$$Q_v = Q_{v1} = Q_{v2} \quad (51)$$

La hauteur manométrique totale de cette configuration est la somme des hauteurs manométriques totales H_{mt1} et H_{mt2} des deux pompes.

$$H_{mt,serie} = H_{mt1} + H_{mt2} \quad (52)$$

Le couplage en série permet d'augmenter la hauteur manométrique totale: il convient donc pour un réseau présentant des pertes de charge importantes.

- **Couplage en parallèle**

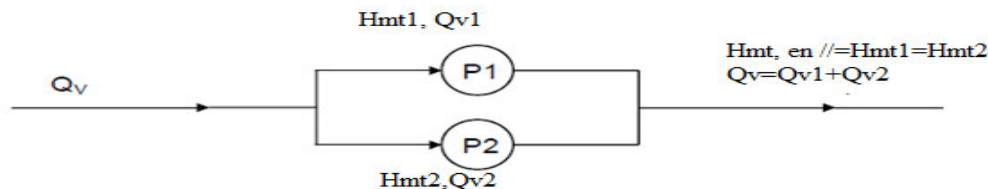


Figure 7: Couplage en parallèle

Les pompes P_1 et P_2 montées en parallèle montrent la même hauteur manométrique totale HMT.

$$H_{mt1} = H_{mt2} = H_{mt, //} \quad (53)$$

Le débit total du montage est la somme des débits des deux pompes pour une même hauteur manométrique totale.

$$Q_v = Q_{v1} + Q_{v2} \quad (54)$$