

CH5 : dimensionnement d'une pompe

Enjeu :

Installation d'un centre de lavage auto.

Problématique :

Dans un centre de lavage pour voiture à jet haute pression, pour nettoyer correctement les carrosseries sans abimer la peinture, la pression de service en sortie d'embout doit être de l'ordre de 80 bars avec un débit minimum de $1\text{m}^3/\text{h}$. Quelle pompe choisir pour permettre ce fonctionnement ?



Rapport au programme :

A.3 Solide et fluide en mouvement :

A.3.4. dynamique des fluides :

Objectifs :

A l'issue de la leçon, l'étudiant doit :

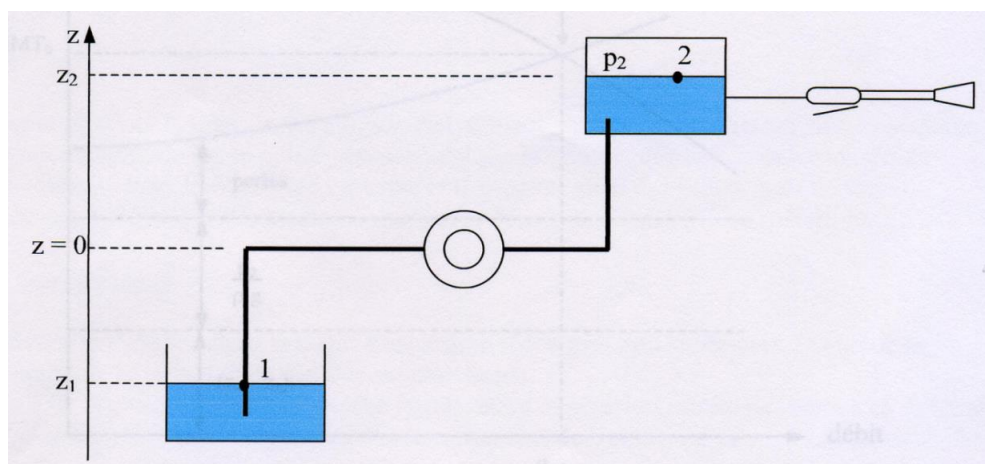
5.1	Savoir calculer la HMT d'un circuit hydraulique ; la relation étant donnée.		
5.2	Savoir choisir une pompe à partir de la HMT du circuit hydraulique auquel elle sera connectée et du débit souhaité.		
5.3	Savoir convertir en m^3/s un débit exprimé en m^3/h .		
5.4	Savoir calculer la puissance hydraulique fournie par une pompe à partir de la hauteur manométrique et du débit ; la relation étant donnée.		
5.5	Savoir associer des pompes pour augmenter la hauteur manométrique ou le débit disponibles en sortie du groupement de pompes.		

Travail à effectuer :

⇒ Lire attentivement l'annexe (en essayant de le comprendre).

⇒ Répondre à la problématique au travers des questions suivantes (au brouillon) :

Le schéma de l'installation hydraulique de la station de lavage est donné ci-dessous :



La pression de service doit être de 80 bars avec un débit minimum de $1\text{m}^3/\text{h}$.

La hauteur entre l'aspiration et le refoulement est de 2 mètres.

En raison de la faible longueur du circuit et de la faible valeur du débit, les pertes en charges du circuit hydraulique peuvent être négligées.

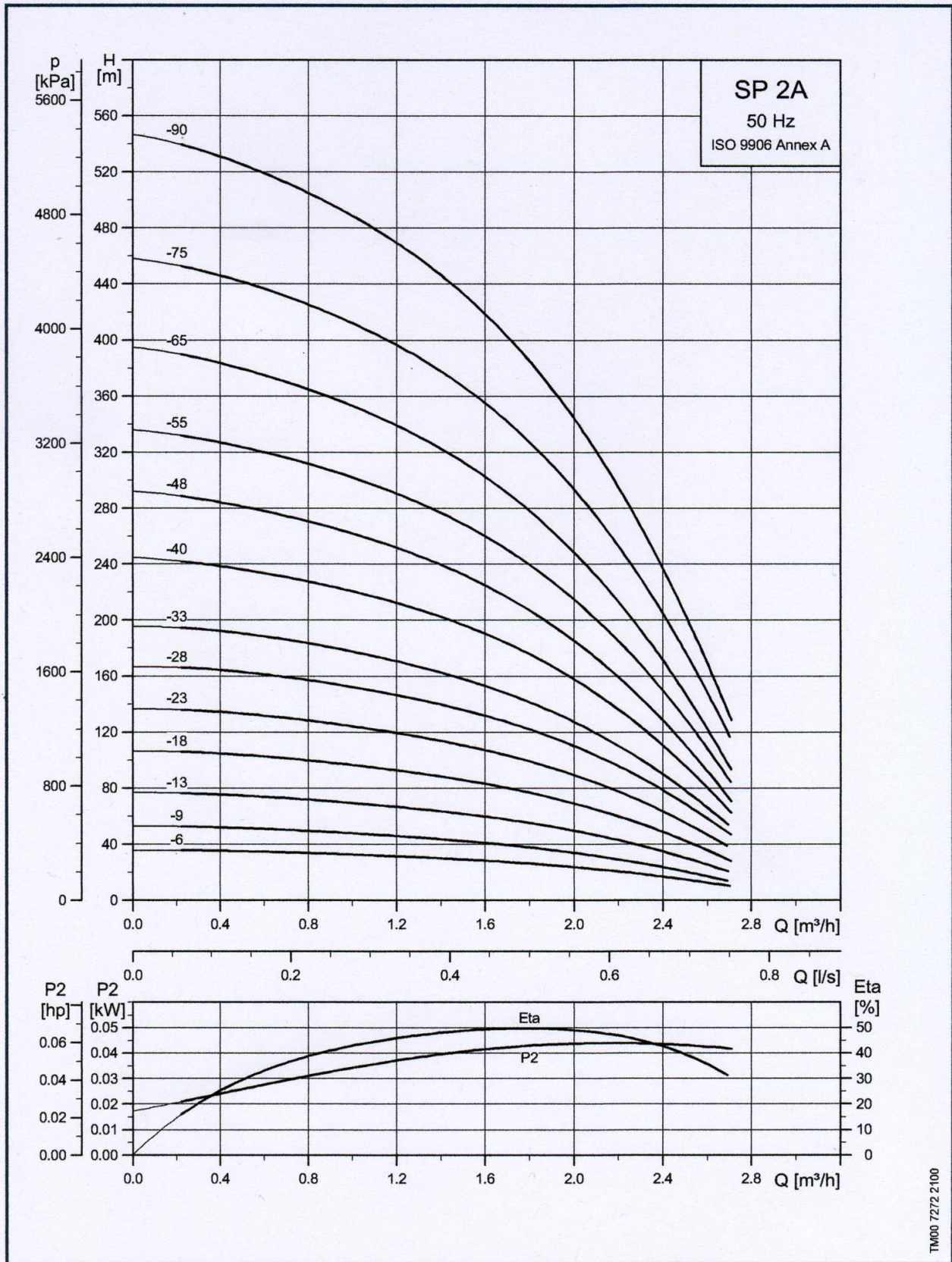
La pression en début de circuit est $p_1=p_{\text{atm}}=1\text{bar}$. On prendra $g=9.81\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

On souhaite utiliser une pompe de type SP2A. On dispose pour cela des caractéristiques $H=f(q_v)$ données par le constructeur (voir page suivante)

1. Calculer la HMT du circuit hydraulique.
2. Peut-on obtenir le point de fonctionnement avec une seule pompe de type SP2A ? Justifier.
3. Peut-on obtenir le point de fonctionnement avec 2 pompes identiques de type SP2A ? Si oui, comment les associer ?
4. Quelle hauteur manométrique et quel débit devront fournir chacune des pompes ?
5. Déterminer parmi les pompes SP2A, le modèle qui permettra ce point de fonctionnement.
6. Quel sera alors environ le rendement obtenu pour chacune des pompes ?

Courbes de performances

Pompes immergées
SP 2A



Annexe du CH5 : Les pompes

1. Qu'est-ce qu'une pompe ?

Les pompes sont des appareils permettant un transfert d'énergie entre le fluide et un dispositif mécanique. Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide soit principalement de l'énergie potentielle par accroissement de la pression en aval, soit principalement de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide.

Une pompe permet ainsi de vaincre entre les deux extrémités d'un circuit :

- ✓ Une différence de pression
- ✓ Une différence d'altitude
- ✓ Une perte de charge due à la longueur de la canalisation et à ses divers accidents (coudes, vannes, turbines, etc.)

2. Quelles sont les caractéristiques importantes des pompes ?

□ Le débit :

Le débit q_v fourni par une pompe centrifuge est le **volume refoulé pendant l'unité de temps**. Il s'exprime en mètres cubes par seconde (m^3/s) ou plus pratiquement en mètres cubes par heure (m^3/h).

□ La hauteur manométrique :

On appelle **hauteur manométrique H** d'une pompe, **l'énergie fournie par la pompe par unité de poids du liquide qui la traverse. Elle s'exprime en mètre (m)**.

La Hauteur manométrique varie avec le débit et est représentée par la courbe caractéristique $H=f(q_v)$ de la pompe considérée (donnée constructeur).

□ La puissance hydraulique :

La puissance hydraulique communiquée au liquide pompé est liée au 2 grandeurs précédentes. Si q_v est le débit volume du fluide, ρ sa masse volumique et H la hauteur manométrique de la pompe, la puissance hydraulique P est donnée par :

$$P = q_v \rho g H$$

[W] [m^3/s] [m]



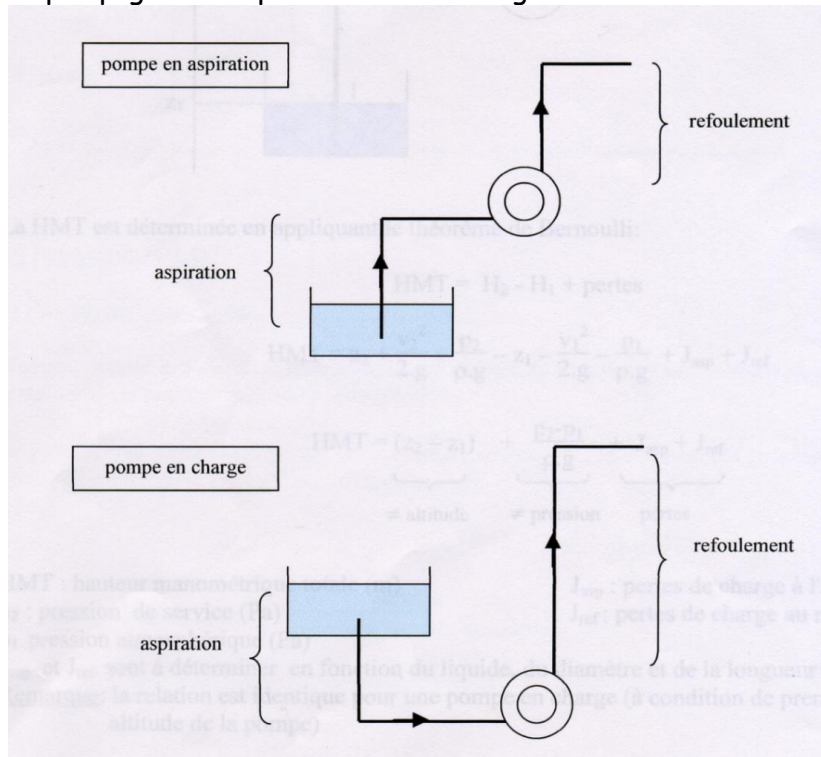
Le débit d'une pompe est souvent donné en m^3/h . Il faut donc le convertir en m^3/s avant de l'utiliser dans le calcul de puissance :

$$q_v \text{ en } m^3/s = \frac{q_v \text{ en } m^3/h}{3600}$$

Remarque : le rendement de la pompe varie avec le débit et passe par un maximum pour le débit nominal autour duquel la pompe doit être utilisée

3. Quels sont les différents types de pompage ?

Il existe deux types de pompage : en aspiration ou en charge.



4. Comment choisir une pompe ?

La pompe est choisie en fonction des caractéristiques du circuit de circulation et du débit de liquide dans ce circuit. Pour traduire numériquement les caractéristiques d'un circuit, on calcule sa hauteur manométrique totale (HMT).

5. Qu'est-ce que la hauteur manométrique totale (HMT) d'un circuit ?

La charge d'un liquide en un point représente la quantité d'énergie « contenue » par le liquide en ce point. Lorsqu'elle est exprimée en mètre de liquide, on l'appelle « hauteur manométrique ».

La hauteur manométrique totale d'un circuit est donc la différence de charge entre l'entrée et la sortie du circuit.

La HMT est liée à la puissance hydraulique que la pompe doit fournir : $P = q_V \rho g HMT$

Ce qui donne : $HMT = \frac{P}{q_V \rho g}$

La HMT est déterminée en appliquant le théorème de Bernoulli :

$$\frac{P}{q_V} - \Delta p = (p_2 - p_1) + \rho g(z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

En divisant les deux membres de l'équation par ρg , on fait apparaître la HMT :

$$HMT - \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

Avec : $\frac{\Delta p}{\rho g} = \Delta h$ (pertes en charge exprimées en mètre)

Si on considère le fluide parfait et incompressible et que la conduite est de section identique en amont et en aval de la pompe, alors $v_1 = v_2$. La relation devient alors :

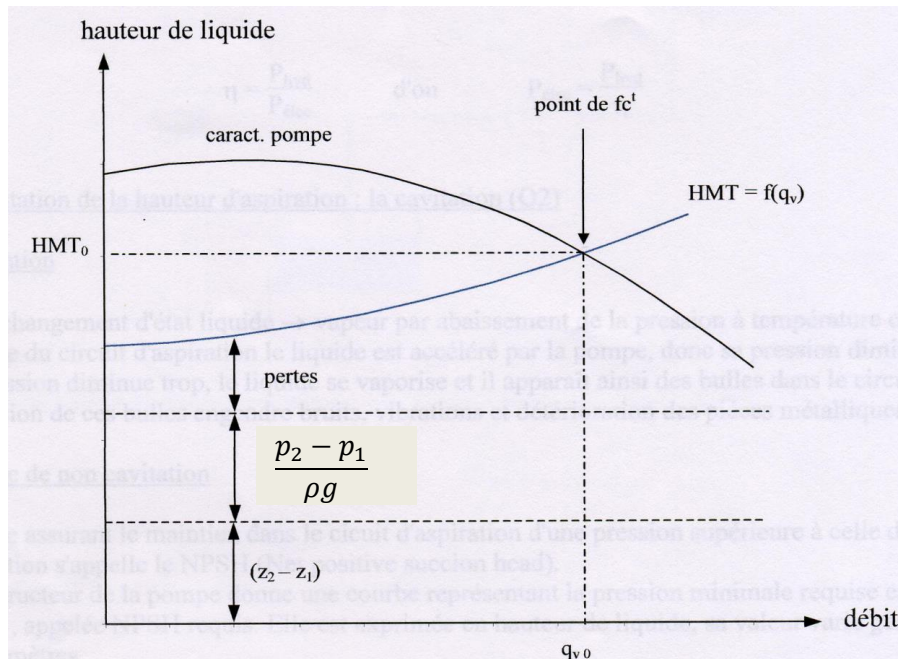
$$HMT = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \Delta h$$

Remarque : la relation est identique pour une pompe en charge à condition de toujours prendre $z=0$ pour l'altitude de la pompe.

7. Comment déterminer le point de fonctionnement d'une pompe avec un circuit hydraulique :

Les pertes en charge Δh du circuit hydraulique étant environ proportionnelles à q_v^2 , l'allure de la courbe $HMT=f(q_v)$ du circuit hydraulique est **parabolique**.

En superposant le tracé de cette caractéristique à celui de $H=f(q_v)$ de la pompe donné par le constructeur, on obtient le point de fonctionnement à l'intersection des deux courbes :



8. Comment choisir un modèle de pompe pour un fonctionnement voulu ?

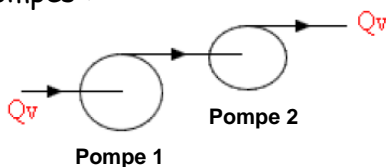
Les constructeurs fournissent des abaques où figurent les caractéristiques $H=f(q_v)$ des différents modèles de pompe d'une même série (voir abaque des pompes SP 2A de la problématique).

Pour déterminer le modèle correspondant à un point de fonctionnement, il faut placer ce point (q_v ; HMT) sur l'abaque et choisir la pompe dont la caractéristique se situe immédiatement au-dessus de ce point.

Remarque : certaines pompes fonctionnent à vitesse variable. Le constructeur donne alors un abaque avec les caractéristiques $H=f(q_v)$ de la pompe pour plusieurs vitesses. On procède alors de la même façon, mais au lieu de choisir un modèle de pompe, on choisit une vitesse de fonctionnement.

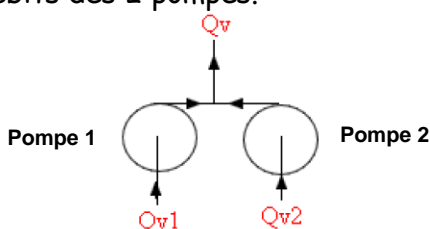
9. Peut-on utiliser plusieurs pompes pour obtenir un point de fonctionnement ?

En plaçant 2 pompes en série, la HMT du point de fonctionnement sera égale à la somme des HMT des 2 pompes :



$$H_{mt}(\text{ensemble}) = H_{mt}(\text{pompe1}) + H_{mt}(\text{pompe2})$$

En les plaçant en parallèle c'est le débit du point de fonctionnement qui sera égale à la somme des débits des 2 pompes.



$$Q_v = Q_{v1} + Q_{v2}$$