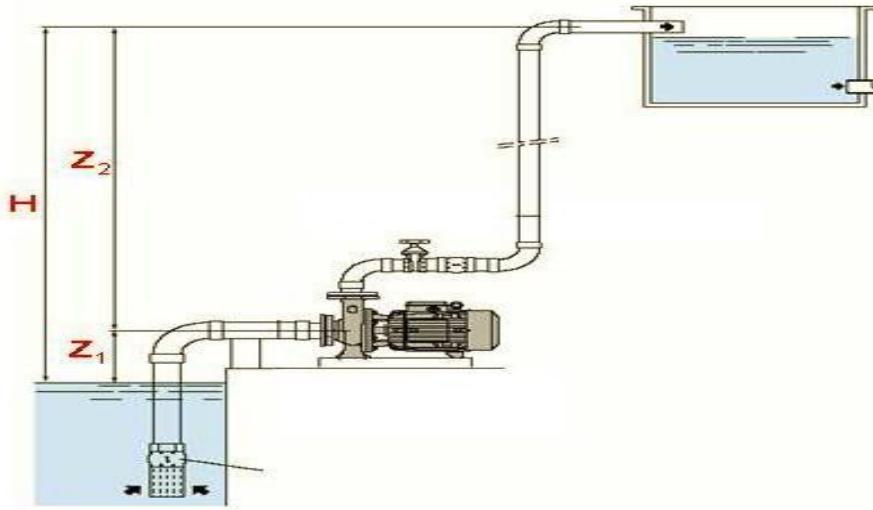


Exercice 1



Sur l'installation ci-dessus on a mesuré par rapport à l'axe de l'aspiration $z_1 = 3,5 \text{ m}$ et $z_2 = 39 \text{ m}$. On a une perte de charge à l'aspiration $0,8 \text{ mCe}$ et $7,2 \text{ mCe}$ au refoulement.

On cherche à sélectionner une pompe permettant un débit de $42 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau.

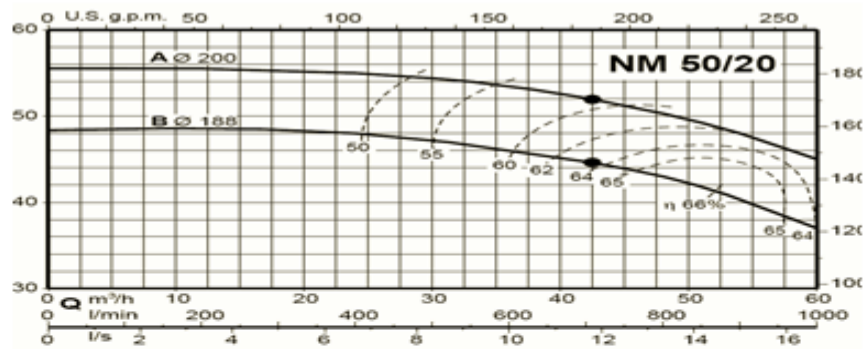


Figure 14: HMT en fonction du débit (pompe A et pompe B)

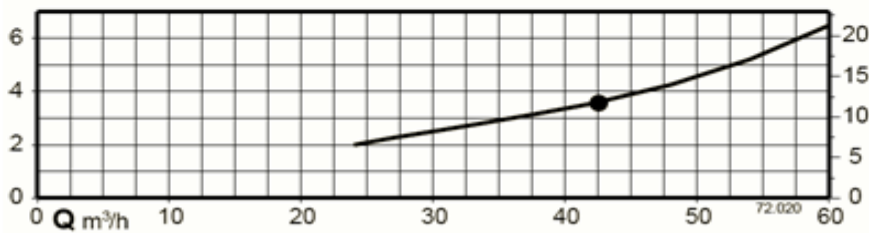


Figure 15: NPSH requis en fonction du débit pour les deux pompes

Le bilan d'énergie exprimé en charge :

$$ht_1 + HMT - P_{dc} = ht_2$$

$$HMT = ht_2 - ht_1 + P_{dc} = \left(\frac{P_2}{\rho \cdot g} \right) + \left(\frac{1}{2} \frac{u^2}{g} \right) + z_2 - \left(\frac{P_1}{\rho \cdot g} \right) + \left(\frac{1}{2} \frac{u^2}{g} \right) + z_1$$

$$\rho \cdot g) + (\frac{1}{2} u_1^2 / g) - z_1 + P_{dc}$$

Avec $P_1 = P_2 = P_{atm}$, $u_1 = u_2 = 0$ (niveau constant), $z_1 = -3,5$ car le niveau de référence est l'axe de la pompe.

Donc **HMT** = $z_2 + z_1 + P_{dc} = 3,5 + 39 + (0,8 + 7,2) = 50,5$
(mCe).

On voit que la **pompe courbe B** n'a pas la capacité suffisante car pour un **débit de 42 m³/h** elle ne fournit qu'une **HMT de 45 mCe**.

La **pompe courbe A** qui peut fournir jusqu'à **57 mCe** sera prise **si la condition NPSH est respectée**

$$(NPSH_d > NPSH_r + 0,5 \text{ mCe}).$$

Pour cette pompe, à ce débit le **NPSH_r** (requis) est de

$$3,5 \text{ mCe}$$

$$NPSH_d = P_{atm} - P_{dc_{asp}} - z_1 = P_{atm} - 0,8 - 3,5$$

$$P_{atm} = 101325 \text{ Pa et } 1 \text{ mCe} = 9810 \text{ Pa donc } P_{atm} = 10,33 \text{ mCe}$$

$$NPSH_d = 10,33 - 4,3 = 6,03 \text{ mCe}$$

Donc on a bien :

$$NPSH_d > NPSH_r + 0,5$$

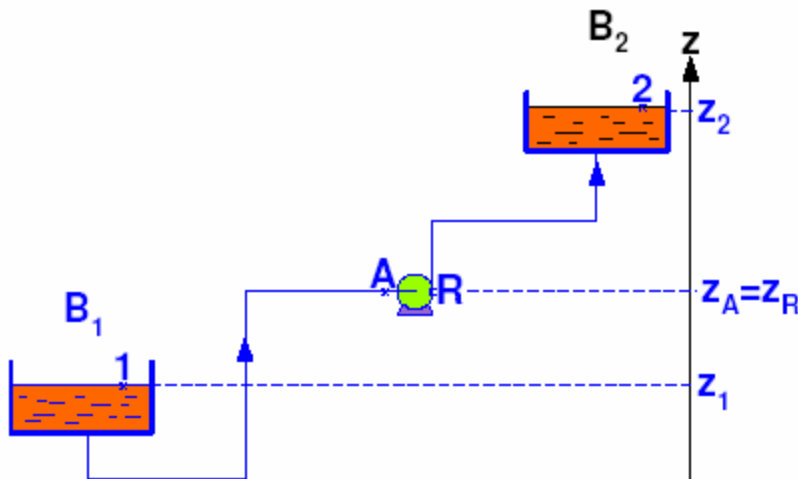
Exercice 2

Exemple pratique de vérification de NPSH disponible: Le liquide pompé est de l'eau à 20 °C. A cette température, la tension de vapeur saturante est

$$T_v = 0,023 \text{ bar.}$$

Une fois la pompe installée, On mesure à l'aspiration une pression $P_A = 0,6 \text{ bar}$ avec un débit $Q_v = 23 \text{ m}^3/\text{h}$.

La conduite d'aspiration à un diamètre $D = 32 \text{ mm}$.



1/ Calculer le NPSH disponible de cette pompe.

2/ Déduire les pertes de charges à la conduite d'aspiration, si ; $Z_a = 5\text{m}$.

Solution

On doit calculer le NPSH disponible à partir de la formule:

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = P_a / \rho \cdot g + U_a^2 / 2 \cdot g - T_v / \rho \cdot g$$

On peut calculer la vitesse u_A à l'aspiration à l'aide du débit

volumique :

$$U_a = QV / \pi \cdot D^2 / 4 = (23 / 3600) / (\pi \cdot 0,032^2 / 4) = 7,9 \text{ m/s}$$

On aura alors :

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = 0,6 \cdot 105 / 1000 \cdot 9,81 + 7,9^2 / 2 \cdot 9,81$$

$$- 0,023 \cdot 105 / 1000 \cdot 9,81 = 9,27 \text{ mCE}$$

Le NPSH disponible sur cette installation est donc de

9,27 mCE.

Il existe donc 2 cas possibles d'installation d'une pompe.

$$2/ \text{NPSH} = P_a - T_v - J - Z_a$$

$$9,27 = (0,6 \cdot 105 / 1000 \cdot 9,81) - (0,023 \cdot 105 / 1000 \cdot 9,81) - J - 5$$

J =

Exercice 3

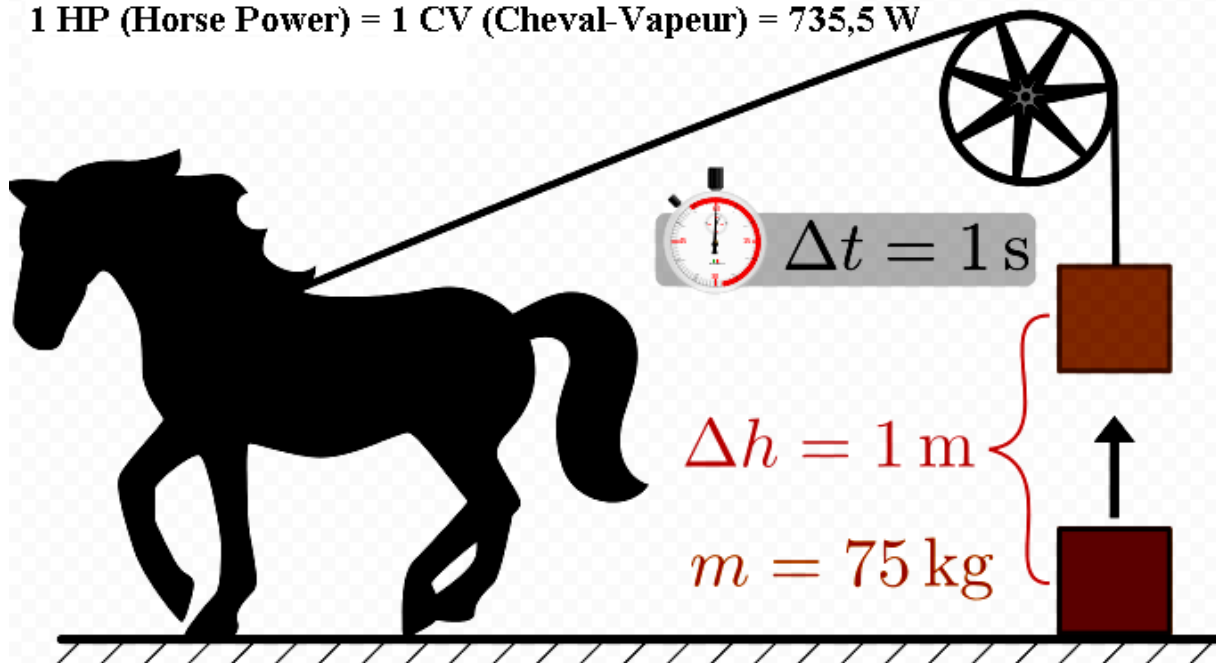
Exercice 01 :

Une pompe centrifuge refoule un débit de 6.5 L/s, les diamètres des conduites de refoulement et d'aspiration sont égaux. La lecture de la pression exercée en refoulement est de: 3,5 Kg/cm² et sur le manomètre situé à l'aspiration est de 0,3995 Kg/cm² en colonne de mercure.

Cette pompe est entraînée par un moteur électrique, son couple est de : 4.65 m.kg qui tourne à une vitesse de rotation de 800 tr/min.

$$1 \text{ HP} = 1 \text{ CV} = 75 \text{ [kg Masse]} \times 1 \text{ [mètre Hauteur]} / 1 \text{ [seconde Durée]} = 75 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$1 \text{ HP (Horse Power)} = 1 \text{ CV (Cheval-Vapeur)} = 735,5 \text{ W}$$



Déterminer :

- a- la puissance utile en CV,
- b- la puissance consommée et le rendement de la pompe ;
- c- le débit, la puissance pour le moteur, et la hauteur manométrique acquise par la pompe si le nombre de tours/min est doublé, en conservant le même rendement.

Avec: ρ : masse volumique du liquide (eau)= 1000 Kg/m³

g: Accélération de la pesanteur =9.81 m.s⁻²

Solution

- Décryptons les données de l'exercice :

Grandeur à l'entrée de la pompe : IN

Grandeur à la sortie de la pompe : OUT

Débit refoulé: $Q=6,5 \text{ L/s}$

Diamètres entrée/sortie égale : $D_{in}=D_{out}$

Pression de refoulement (output): $P_{out}=3,5 \text{ Kg/cm}^2$

Pression d'aspiration (input): $P_{in}=0,3995 \text{ Kg/cm}^2$

Couple « utile » délivré par le moteur à la pompe :

$T_u=4,65 \text{ m.Kg}$

Vitesse de rotation : $N=800 \text{ tr/min}$

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Accélération de la pesanteur : $g=9.81 \text{ m.s}^{-2}$

□ *Prenons en charge la conversion des unités*
actuelles vers les unités du Système International.

$Q=6,5 \text{ L/s}=6,5/1000=0,0065 \text{ m}^3/\text{s}$

$P_{out}[\text{en Kg/m}^2]=3,5 \text{ Kg/cm}^2=35000 \text{ Kg/m}^2$

$P_{out}[\text{en Pa}]=35000 \text{ Kg/m}^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2= 343350 \text{ Pa}$

$P_{in}[\text{en Pa}]=0,3995 \text{ Kg/cm}^2=3995 \cdot 9,81= 39190,95 \text{ Pa}$

Car la pression en Pascal veut dire : $1 \text{ Pa}=1 \text{ N/m}^2$.

En plus, $1 \text{ N}=1 \text{ Kg.m/s}^2$ (3ème loi de Newton)

Alors, $1 \text{ Pa}=1 \text{ N/m}^2=1 \text{ Kg.m}/(\text{m}^2.\text{s}^2)$

$=1 (\text{Kg/m}^2).(\text{m/s}^2)$

dont : (m/s^2) représente l'accélération de la pesanteur

$T_u[\text{en N.m}]=4,65 \text{ m.Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2=45,62 \text{ N.m}$

$N=800 \text{ tr/min}$ □ □ $=2 \cdot \pi \cdot 800/60=83,79 \text{ rad/s}$

□ *La puissance utile à calculer est la puissance*
hydraulique acquise par le liquide à la sortie de

Attention ! La puissance utile du système hydraulique globale n'est pas la puissance
mécanique utile

fournie par le moteur. Les noms sont les mêmes mais l'utile du système global • l'utile du
moteur.

$P_{Hyd}[\text{en W}]=\rho \cdot P \cdot Q$

$= (343350 - 39190,95) \cdot 0,0065 = 1977,04 \text{ W}$

$P_{Hyd}=\rho \cdot g \cdot H \cdot Q=\rho \cdot g \cdot (P_{out}-P_{in})/(\rho \cdot g) \cdot Q$

$$P_{Hyd}[en\ CV]= P_{Hyd}[en\ W]/736=2,69\ CV$$

□ *Puissance mécanique consommée par la pompe :*

$$P_u=T_u.\omega = 45,62. 83,79=3822,5\ W=5,19\ CV$$

□ *Rendement de la pompe :*

$$\eta =P_{Hyd}/P_u=2,69/5,19=0.5183=51,83\ \%$$

□ *Débit, puissance du moteur, hauteur manométrique acquise par la pompe si le nombre de tours/min est doublé, en conservant le même rendement.*

X1 : Grandeur avant changement de vitesse et X2 : Même grandeur après changement de vitesse

$$N_1=N\text{ devient }N_2=2.N\text{ avec : } \eta_1=\eta_2$$

On cherche : Q2, Pu2 et H2

Par la loi de similitude ; $Q_1/Q_2=N_1/N_2$ et $H_1/H_2=(N_1/N_2)^2$ et $P_{u1}/P_{u2}=(N_1/N_2)^3$

$$Q_2=Q_1.N_2/N_1=0,0065.2.N/N=0,013\ m^3/s=13\ L/s$$

$$H_2=H_1.N_2^2/N_1^2$$

$$2^2/N_1^2$$

$$2=(P_{out}-P_{in})/(\rho .g).4.N_2^2/N_1^2=(343350-39190,95)/(1000.9,81).4=124,02\ m$$

$$P_{u2}=P_{u1}.N_2^3/N_1^3$$

$$3^3/N_1^3$$

$$3=3822,5.8.N_3^3/N_1^3= 30580\ W=41,55\ CV$$