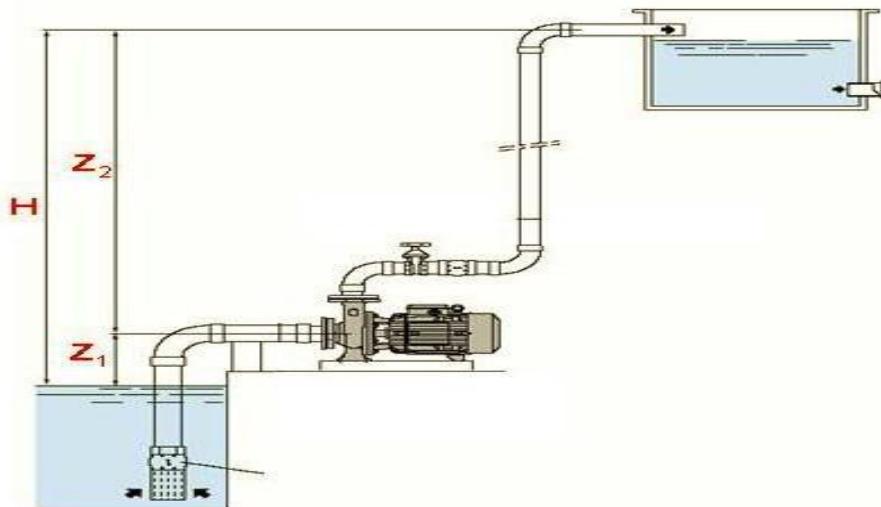


## Exercice 1



Sur l'installation ci-dessus ou 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 mCe** et **7,2 mCe** au refoulement.

On cherche à sélectionner une pompe permettant un débit de **42 m<sup>3</sup>/h d'eau**.

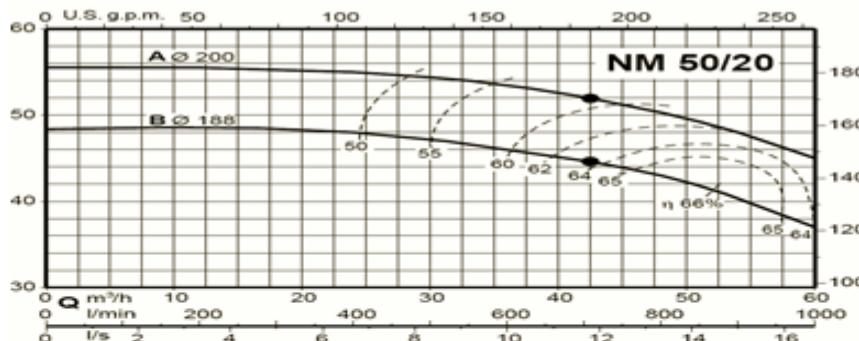


Figure 14: HMT en fonction du débit (pompe A et pompe B)

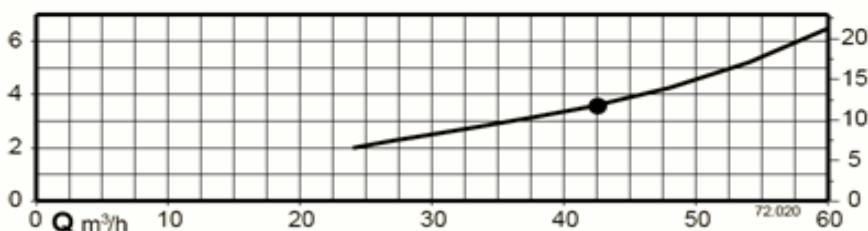


Figure 15: NPSH requis en fonction du débit pour les deux pompes

Le bilan d'énergie exprimé en charge :

$$ht1 + HMT - Pdc = ht2$$

$$HMT = ht2 - ht1 + Pdc = (P2 / \rho \cdot g) + (\frac{1}{2} u2^2 / g) + z2 - (P1 / \rho \cdot g)$$

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

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.

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

(mCe).

On voit que la **pompe courbe B** n'a pas la capacité suffisante car pour un **débit de  $42 \text{ m}^3/\text{h}$**  elle ne fournit qu'une **HMT de  $45 \text{ mCe}$** .

La **pompe courbe A** qui peut fournir jusqu'à  **$57 \text{ mCe}$**  sera

prise **si la condition NPSH est respectée**

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

Pour cette pompe, à ce débit le **NPSH<sub>r</sub>** (requis) est de

**3,5 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 :

**$NPSH_d > NPSH_r + 0,5$**

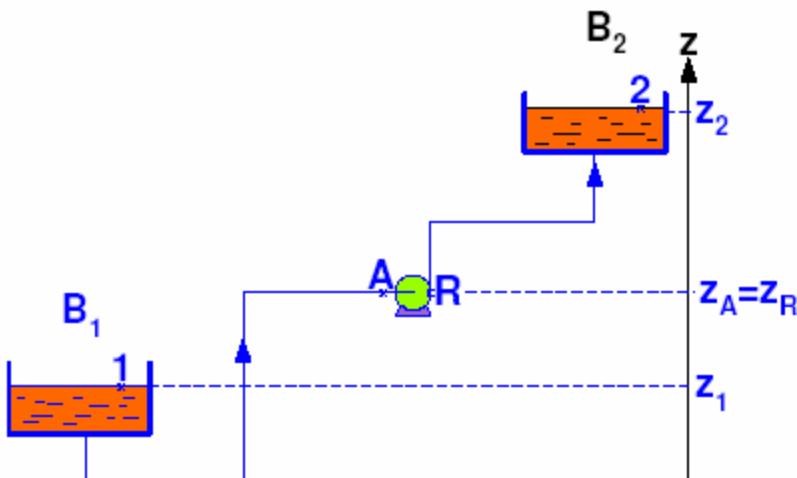
## Exercice 2

**Exemple pratique de vérification de NPSH disponible:** Le liquide pompé est de l'eau à  $20^\circ\text{C}$ . 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 mm.



1/ Calculer le NPSH disponible de cette pompe.

2/ Déduire les pertes de charges à la conduite d'aspiration, si ; Za= 5m.

### Solution

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

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

On peut calculer la vitesse uA 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 :

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

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

Le NPSH disponible sur cette installation est donc de

9,27 mCE.

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

2/  $NPSH = P_a - T_v - J - Z_a$

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

**J =**

## Exercice 3

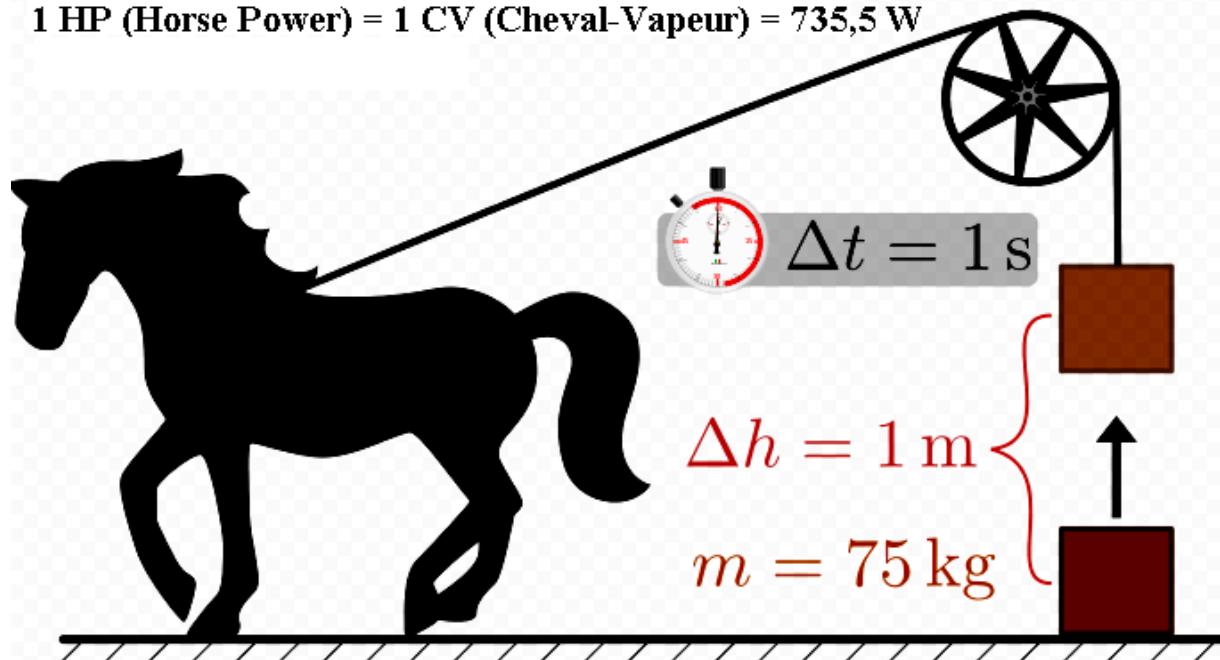
### Exercice 01 :

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/cm<sup>2</sup> et sur le manomètre situé à l'aspiration est de 0,3995 Kg/cm<sup>2</sup> 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 :

- la puissance utile en CV,
- la puissance consommée et le rendement de la pompe ;
- 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:  $\rho$ : masse volumique du liquide (eau)= 1000 Kg/m<sup>3</sup>

g: Accélération de la pesanteur =9.81 m.s<sup>-2</sup>

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

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

dont : $(\text{m/s}}^2\text{)$  représente l'accélération de la pesanteur

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

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

*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.

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

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

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

$$PHyd[\text{en CV}] = PHyd[\text{en W}]/736 = 2,69 \text{ CV}$$

□ *Puissance mécanique consommée par la pompe :*

$$Pu = Tu \cdot \square = 45,62 \cdot 83,79 = 3822,5 \text{ W} = 5,19 \text{ CV}$$

□ *Rendement de la pompe :*

$$\square = PHyd/Pu = 2,69/5,19 = 0,5183 = 51,83 \%$$

□ *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

$$N1 = N \text{ devient } N2 = 2 \cdot N \text{ avec : } \square 1 = \square 2$$

On cherche : Q2, Pu2 et H2

Par la loi de similitude ;  $Q1/Q2 = N1/N2$  et  $H1/H2 = (N1/N2)^2$  et  $Pu1/Pu2 = (N1/N2)^3$

$$Q2 = Q1 \cdot N2/N1 = 0,0065 \cdot 2 \cdot N/N = 0,013 \text{ m}^3/\text{s} = 13 \text{ L/s}$$

$$H2 = H1 \cdot N2$$

$$2/N1$$

$$2 = (Pout - Pin) / (\square \cdot g) \cdot 4 \cdot N2/N1 = (343350 - 39190,95) / (1000 \cdot 9,81) \cdot 4 = 124,02 \text{ m}$$

$$Pu2 = Pu1 \cdot N2$$

$$3/N1$$

$$3 = 3822,5 \cdot 8 \cdot N3/N1 = 30580 \text{ W} = 41,55 \text{ CV}$$