

TP N°2

POMPE CENTIFUGE ET COURBES DE RESEAU

1. Paramètre d'exploitation des pompes centrifuges

Le fonctionnement d'une pompe centrifuge est caractérisé par les paramètres suivants :

- débit c'est la quantité (volume) du liquide refoulée par la pompe par unité de temps
- hauteur manométrique : c'est la quantité de l'énergie spécifique transmise par la pompe à l'unité de poids du liquide ;
- puissance effective : c'est la quantité de l'énergie transformée dans la pompe ou consommée par cette dernière par unité de temps ;
- rendement : c'est le rapport de la quantité de l'énergie (ou de la puissance) transmise au liquide par la pompe à celle effective ou consommée.

Les pompes centrifuges, comme toutes les machines hydrauliques, possèdent une capacité d'autorégulation, c-à-d, elles ont la possibilité de changer ses paramètres caractéristiques en dépendance des conditions d'exploitation concrètes. L'ensemble des valeurs instantanées des paramètres en question exprime un certain régime de fonctionnement d'une pompe.

Le constructeur fournit à l'utilisateur (H-Q), (W-Q), (η -Q) pour une pompe donnée (D fixé) et pour une vitesse de rotation donnée (n fixé) le problème qui se pose est de déterminer les nouvelles caractéristiques quand on modifie la vitesse de rotation.

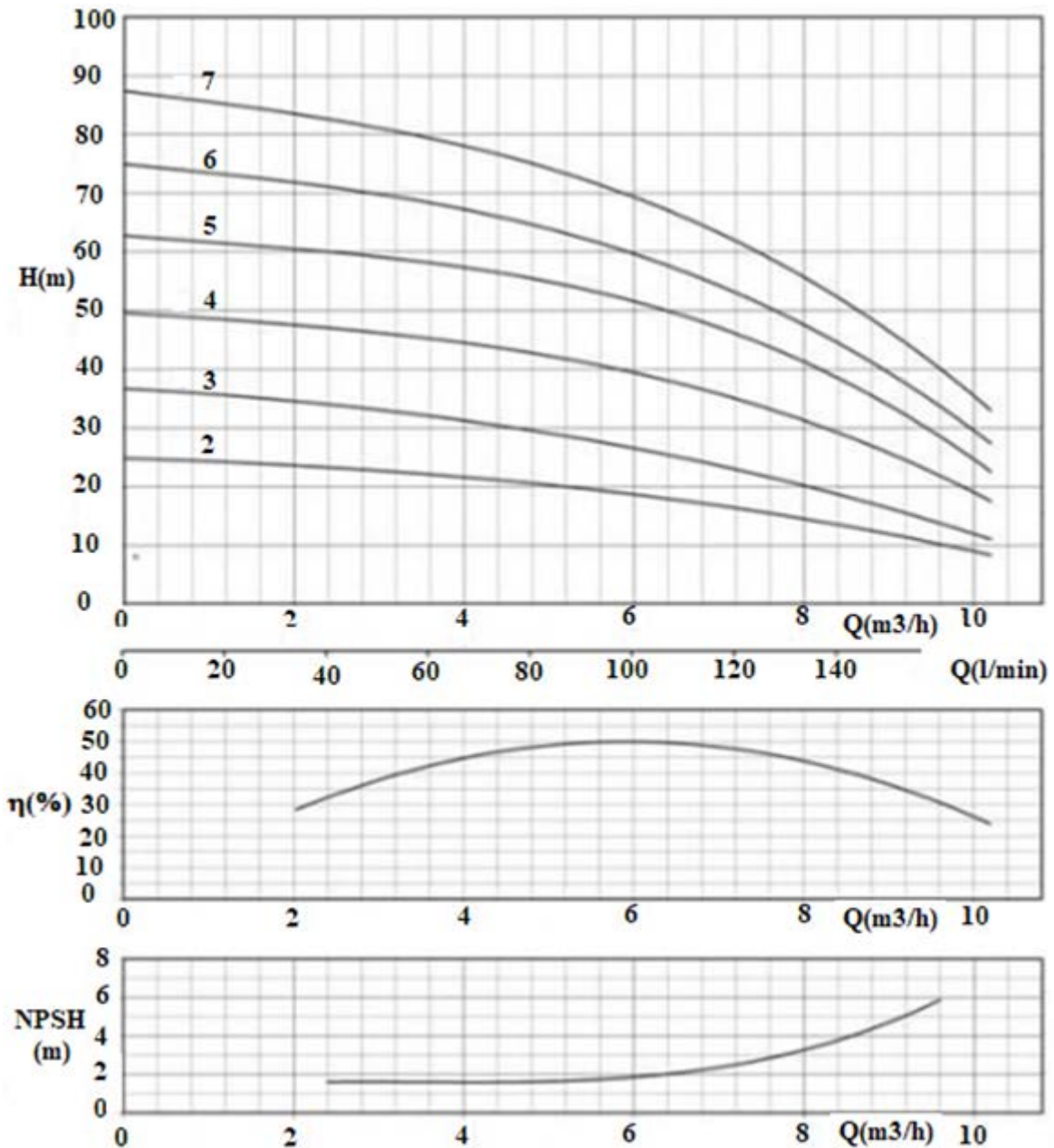
Les lois de similitude sont issues de l'analyse dimensionnelle avec D=cte

$$Q_n = Q \left(\frac{n_n}{n} \right) \quad H_n = H \left(\frac{n_n}{n} \right)^2 \quad \dot{W}_n = \dot{W} \left(\frac{n_n}{n} \right)^3$$

Caractéristique de la pompe : marque - **Pentax**, type - **U7-300/6T**

Q=40-170(l/min) ,H=27-147.6m, 7etage, n=2800tr/min , cos=0,89, U= 400v, I=5A, f=50Hz

Pentax	P2 (kW)	P1 (kW)	courant	Q (m3/h •L/min)								
Type	Pompe 2800 (tr/min)	3x400 V 50 Hz moteur	I(A)	0	2,4	3,6	4.8	6	7,2	8,4	9,6	10,2
				0	40	60	80	100	120	140	160	170
				H (m)								
U7-300/6 T	2,2	2,63	5	74,8	71.5	68.3	64,5	59,3	53	44,6	34,5	26.7



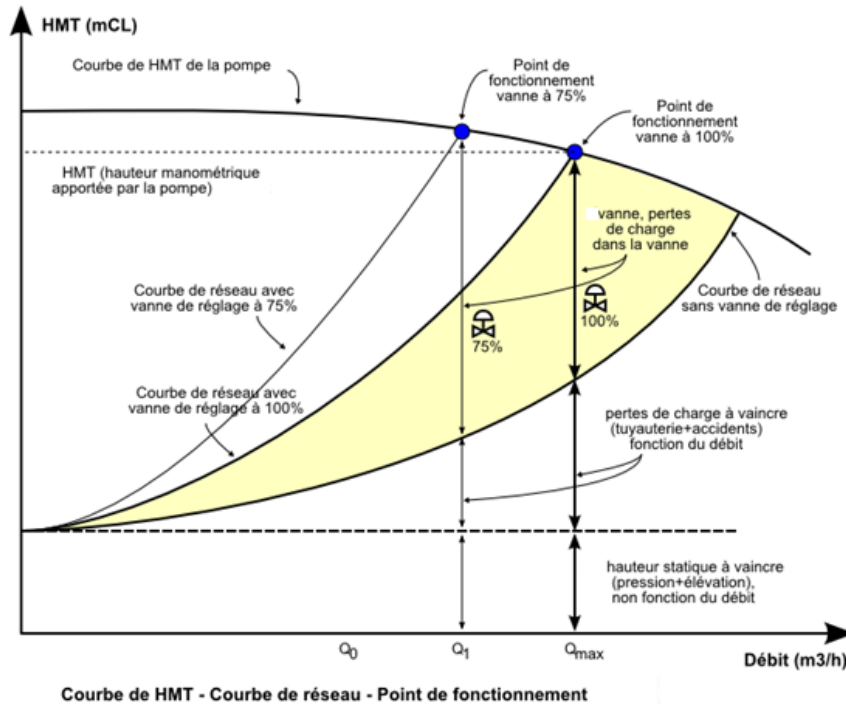
2. Calcul des courbes de réseau :

On appelle courbe de réseau le tracé de la pression (exprimée en hauteur de fluide) que la pompe doit vaincre pour faire circuler le fluide en fonction du débit volumique Q_v . Elle se calcule par la différence de pression statique entre les bacs de refoulement P_{ref} et d'aspiration P_{asp} divisée par ρg (terme indépendant de Q_v), plus la différence de hauteur entre ces bacs (également indépendant de Q_v), plus la perte de charge en mCL des lignes aspiration et refoulement (fonction de Q_v), plus la perte de charge en mCL créée dans la vanne pour régler le débit, soit :

$$H_{réseau} = (P_{ref} - P_{asp}) / \rho g + (z_{ref} - z_{asp}) + \Sigma (\xi \rho v_m^2 / 2) + \Sigma \left[f \left(\rho v_m^2 / 2 \right) (L / D) \right] + \Delta p_{vanne} / \rho g$$

Avec $v_m = \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2$

La H_{MT} (hauteur manométrique totale de la pompe), Plusieurs courbes peuvent être tracées sans vanne et avec vanne ouverte à 100% et 75%



Les pertes de charge des lignes et des accidents :

$$h_l = f \left(\rho v_m^2 / 2 \right) (L / D), \text{ et } h_s = \xi \left(\rho v_m^2 / 2 \right)$$

Le coefficient de perte de charge f est calculé par la formule de Colebrook suivante ou le graphe de Moody :

$$1 / f^{0.5} = -2 \cdot \log \left(\varepsilon / 3.7D + 2.51 / \text{Re} f^{0.5} \right)$$

Avec ε/D : La rugosité relative

3. Le NPSH disponible :

Le NPSH disponible, ou Hauteur Positive Nette à l'Aspiration, se calcule par la pression totale à l'aspiration ôtée de la pression de vapeur saturante du liquide, exprimée en hauteur de fluide soit :

$$NPSH_{dispo} = \left(p_{asp} - \Delta p_{asp} - p_{vap}^o \right) / \rho g + z_{asp} - z_{pmp} + v_m^2 / 2g$$

avec P_{asp} pression du bac d'aspiration, ou

$$NPSH_{dispo} = \left(p_{asp} - p_{vap}^o \right) / \rho g + v_m^2 / 2g$$

avec P_{asp} statique à l'aspiration de la pompe.

Si le **NPSH disponible** est inférieur ou égal au **NPSH requis** par la pompe à ce débit, il y a cavitation de la pompe.

4. les puissances et rendement

$$\dot{W}_{hyd} = Q_v \times \rho g H_{MT}$$

$$\dot{W}_{ele} = UI \times \cos\Phi$$

$$U=400V$$

$$\cos\Phi = 0.89$$

$$\eta = \dot{W}_{hyd} / \dot{W}_{elec}$$

5. Essais de la pompe centrifuge

Tracer sur un même graphe en fonction du débit volumique (Q_v), les valeurs de la hauteur manométrique totale ($H_{(m)}$), de la puissance hydraulique et du rendement de la pompe $\eta(\%)$ et comparer avec la caractéristique fournit par le constructeur

Q, (m ³ /s)							
H (m)							
\dot{W}_{hyd} (kW)							
\dot{W}_{elec} (kW)							
$\eta(\%)$							
NPSH (m)							

5. Questionnaire de contrôle

1. Quels sont les paramètres qui caractérisent le régime de fonctionnement d'une pompe ?
2. Comment peut-on mesurer et calculer la hauteur manométrique de la pompe ?
3. Qu'est-ce que c'est la zone des régimes rentables de la pompe ?
4. Expliquez par un schéma la construction et le principe de fonctionnement de l'installation de laboratoire.
5. Comment mesure-t-on le débit de la pompe ?
6. Comment peut-on passer d'un régime de fonctionnement de la pompe à un autre ?
7. Comment fixe-t-on la frontière des régimes de cavitation de la pompe ?

ANNEXE

Unités	pascal (Pa)	1 hPa	1 MPa	bar (b)	atmosphère (atm*)	kgf/cm ²	m CE	mm Hg (torr)
1 pascal (Pa)	1	10 ⁻²	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	9,8692.10 ⁻⁶	1,0197.10 ⁻⁵	1,0197.10 ⁻⁴	7,5006.10 ⁻³
1 hPa	100	1	10 ⁻⁴	10 ⁻³	9,8692.10 ⁻⁴	1,0197.10 ⁻³	1,0197.10 ⁻²	0,75006
1 MPa	10 ⁶	10000	1	10	9,8692	10,197	101,99	7506,1
1 bar (b)	100 000	1000	0,1	1	0,98692	1,019716	10,19716	750,06
1 atmosphère (atm*)	101 325	1013,25	0,10133	1,01325	1	1,03323	10,3323	760
1 kgf/cm ²	98066,5	980,665	9,806.10 ⁻²	0,98067	0,96784	1	10	735,56
1 m CE **	9806,4	98,064	9,8064.10 ⁻³	9,8064.10 ⁻²	0,096781	9,9997.10 ⁻²	1	73,554
1 mm Hg (Torr)	133,322	1,3332	1,3332.10 ⁻⁴	1,3332.10 ⁻³	1,31579.10 ⁻³	1,3595.10 ⁻³	0,0135955	1

(*) atmosphère physique dite "normale" - (**) à T = 4°C [277 K] - (*) eau douce.

Unités	m ³ /s	m ³ /min	m ³ /h	m ³ /jour	L/s	L/min	L/h	L/jour
1 m ³ /s	1	60	3600	86400	1000	60 000	3,6.10 ⁶	86,4.10 ⁶
1 m ³ /min	0,01667	1	60	1440	16,67	1000	60 000	1 440 000
1 m ³ /h	2,778.10 ⁻⁴	0,01667	1	24	0,2778	16,67	1000	24 000
1 m ³ /jour	1,157.10 ⁻⁵	6,945.10 ⁻⁴	0,04167	1	0,01157	0,06945	41,67	1000
1 L/s	0,001	0,06	3,6	86,4	1	60	3600	86400
1 L/min	1,667.10 ⁻⁵	0,001	0,06	1,44	0,01667	1	60	1440
1 L/h	2,778.10 ⁻⁷	1,667.10 ⁻⁵	0,001	0,024	2,778.10 ⁻⁴	0,01667	1	24
1 L/jour	1,157.10 ⁻⁸	6,945.10 ⁻⁷	4,167.10 ⁻⁵	1000	1,157.10 ⁻⁵	6,945.10 ⁻⁴	0,04167	1

Nota : sens de lecture > 1 unité colonne y = n fois unité colonne x > ex : 1 m³/s = 60 m³/mn ou 1000 L/s.
[1 jour = 24 h = 1440 min = 86 400 s]

Table de conversion (unités françaises courantes)

PRESSION DE VAPEUR DE L'EAU			
t°C	densité	bar	mètre
10	1	0.012	0.13
20	0.998	0.023	0.24
30	0.996	0.042	0.43