



DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE POMPAGE

1. Définitions

Une station de pompage pour irrigation est constituée d'une ou plusieurs pompes qui aspirent des volumes d'eau et les refoulent sous une certaine pression dans les canalisations du réseau. Ce chapitre définit les principaux paramètres utilisés par la suite.

1.1. Débit : Q (en m³/h]

Le débit fourni par une pompe (ou une station de pompage) est le volume d'eau qu'elle refoule par unité de temps. Il s'exprime en litres par seconds (l/s) ou, plus pratiquement, en mètres cubes par heure (m³/h).

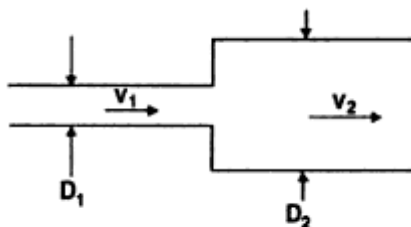
$$1 \text{ l/s} = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit est fonction de la **vitesse** V moyenne d'écoulement du liquide et de la **section** S de la canalisation :

$$Q = V \times S$$

$Q \text{ (m}^3/\text{s)} ; V \text{ (m/s)} ; S \text{ (m}^2)$

Pour les fluides incompressibles, en particulier pour l'eau, le débit est **constant** tout le long de la conduite quel que soit son diamètre. La **vitesse** de l'eau varie en fonction de la **section**.



$$Q = V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$$

Si $S_1 < S_2$ alors $V_1 > V_2$

Fig 1 : Changements de diamètre et de vitesse sur une canalisation

1.2. Pression : P (en Pascal, bar ou mètre de colonne d'eau)

La pression d'un liquide représente l'énergie potentielle par unité de volume de liquide. C'est aussi une force par unité de surface :

$$P = \frac{m \cdot g \cdot H}{V} = \rho \cdot g \cdot H = \frac{F}{S}$$

Avec : P : pression (Pa)
 m : masse (kg)
 g : accélération de la pesanteur (m/s²)
 H : hauteur d'eau (m)

V : volume d'eau (m³)
 ρ : masse volumique (Kg/m³)
 F : force (N)
 S : surface (m²)

Elle s'exprime en **Pascal** (Pa) ou en **bar** :

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Newton par mètre carré (N/m}^2\text{)},$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100\,000 \text{ N / m}^2 \text{ soit } 1 \text{ daN/cm}^2$$

En hydraulique, la pression s'exprime aussi en mètres de hauteur de liquide ; on parle de hauteur manométrique H. Explication pour **l'eau** :

$$P = \rho \cdot g \cdot H = 1000 \times 9,81 \times H = 1000 \times 9,81 \times H$$
$$\Rightarrow H = \frac{P}{9810} = 10,2 \cdot 10^{-5} \times P$$

$$\text{ou } H = 10,2 \times P$$

avec : H en mètres de colonne d'eau (mCE), P en bars.

A une pression de **1 bar** correspond une hauteur manométrique de **10,2 mètres de Colonne d'Eau (mCE)**

La pression atmosphérique ou barométrique Pb au niveau de la mer est : **Pb =10,13 mCE soit =1,013 bar**. Elle varie avec l'altitude et les conditions atmosphériques.

Pression relative :

Sur un manomètre, on lit la pression relative P, au-dessus de la pression atmosphérique (positive)

P relative = P absolue - P atmosphérique.

1.3. Pertes de charge : J (en mCE)

Les pertes de charge sont des pertes d'énergie par **frottement**, changement de **direction** et variation de **vitesse** de la veine liquide à l'intérieur de la tuyauterie et des accessoires. Elles s'expriment en mètres de **colonne** d'eau et varient sensiblement comme le carré de la vitesse d'écoulement (V^2).

Pertes de charges linéaires ou régulières : elles se produisent tout le long d'une canalisation et sont dues aux frottements du fluide sur les parois. Elles se calculent avec la formule :

$$J = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Avec : L : longueur de canalisation en mètres,
g : accélération de la pesanteur en m/s^2 ($g = 9,81 \text{m/s}^2$),
 λ : coefficient qui dépend de la rugosité des parois.
D : diamètre (m)
V : vitesse (m/s)

Ces pertes sont données **en mètres de perte de charge** par mètre de canalisation dans des tableaux ou abaques prenant en compte les matériaux, le diamètre et le débit.

Pertes de charge singulières : elles se produisent dans les singularités (tés, coudes, vannes, élargissement ou rétrécissement de tuyauterie etc).

$$J = k \frac{V^2}{2g}$$

k : coefficient caractéristique de la singularité.

Ces pertes de charge sont données par le constructeur et exprimées soit :

- directement en **mètres de colonne d'eau** en fonction du débit et de la singularité (nature, diamètre) ;

Exemple : pour un clapet droit de diamètre D = 100 mm et pour un débit Q = 40 m³/s, on a J = 0,21 m ;

- en **longueur équivalente de tuyauterie** de même diamètre,

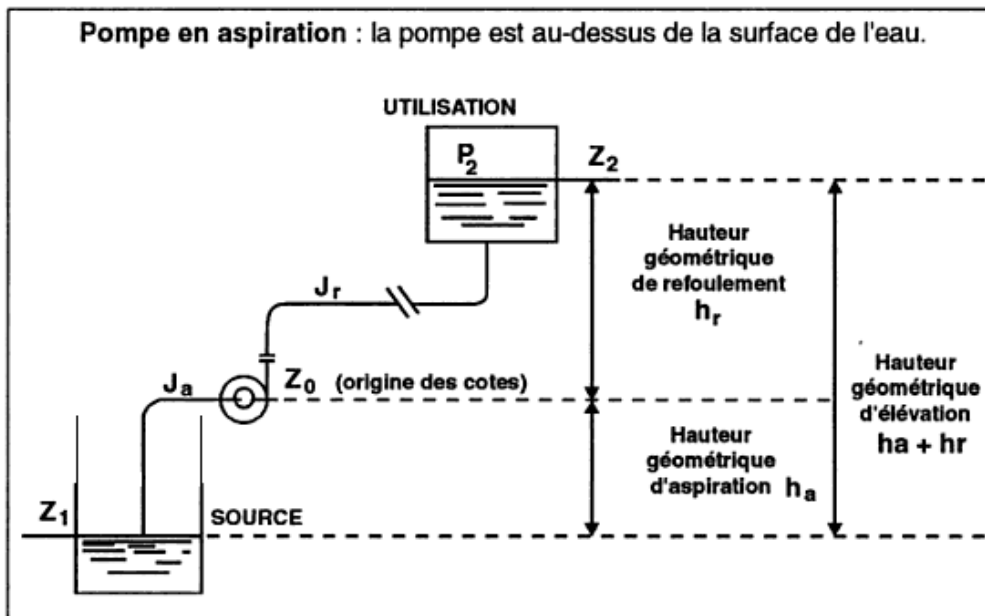
Exemple : Un coude à 90° à visser sur une tuyauterie de D = 100 mm est équivalent à 4 m de tuyauterie en 100 mm : il produit la même perte de charge ;

- **par le coefficient k** caractéristique de la singularité,

Exemple : pour un té, k = 2.

1.4. Hauteur Manométrique Totale : HMT (en mCE)

C'est l'énergie volumique totale que la pompe doit communiquer à l'eau pour la **déplacer** dans l'installation et la livrer au point d'utilisation sous la pression voulue. Elle s'évalue en **mètres de Colonne d'Eau** et est égale à la somme des hauteurs géométriques d'**aspiration** et de **refoulement**, des **pertes de charge** dans les conduites, et de la **pression** de refoulement convertie en mètres d'eau.



$$HMT = h_a + h_r + J_a + J_r + P_2 \times 10,2$$

P_2 (bar) : Pression d'utilisation (P_u) ou Pression résiduelle (P_r)

J_a : pertes de charge à l'aspiration (mCE)

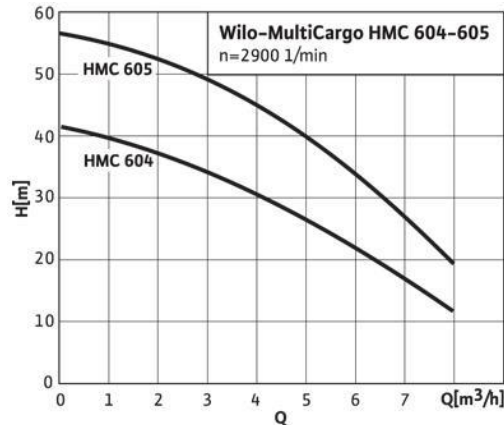
J_r : pertes de charge au refoulement (mCE)

2. Dimensionnement d'une installation de pompage

2.1. Démarche

Pour déterminer la puissance d'une pompe immergée de puits ou de forage ou d'une pompe de surface, il est nécessaire de connaître la **Hauteur Manométrique Totale (HMT)** ainsi que le **débit que l'on souhaite obtenir au robinet en m³/h (Q)**.

Dans d'autres termes, on considère que la pompe immergée ou de surface installée doit fournir une certaine pression appelée aussi Hauteur Manométrique Totale pour amener l'eau d'un point à un autre. Cette pression dépend des conditions d'aspiration et de refoulement.



2.2. Les pertes de charges (précisions)

On tiendra compte également de la pression exercée par la colonne d'eau. Plus la hauteur de refoulement ou d'aspiration est grande, plus le débit en sortie diminue. De même, plus une section de tuyau sera petite, plus il y aura des pertes de charges. C'est pour des raisons économiques, lorsque l'on a de grandes longueurs de canalisations et donc la présence de pertes de charges cumulées, que l'on privilégie les grandes sections de tuyau au départ de la canalisation. Pour des installations de petites tailles et relativement simples, on évalue les pertes de charges égales à 0.1 x longueur (m) de canalisation.

2.3. Exemple de calcul :

Les données :

Un puits a une profondeur totale de 5 m. Le niveau de l'eau se trouve à 3 m en dessous de la surface du sol. On souhaite un débit en sortie de 2 m³/h avec une pression utile (Pu) de 2,5 bars. La pompe sera placée à l'extérieur. La crépine d'aspiration (aspiration) sera placée à 0,15 m du fond du puits considérant que le fond du puits est à 5m de profondeur par rapport à la pompe. Il y aura 4 mètre de dénivelé au refoulement entre la pompe et le jardin potager.

On recommande pour des puits peu profonds, un tuyau de section 1" (26/34). Les pertes de charge dans le tuyau sont évaluées à 100 mm (0,1 m) par mètre de tuyau.

Hauteur d'aspiration (Ha) : **3 m**

Longueur du tuyau à l'aspiration (La) : **5 – 0,15 = 4,75 m**

Hauteur de refoulement (Hr) : **4 m**

Longueur du tuyau au refoulement (Lr) : 35 m

Hauteur manométrique à l'aspiration

$$(HMA) = H_a + J_a \text{ (pertes de charge à l'aspiration)} = 3 \text{ m} + (0,1 \times 4,75 \text{ m}) = 3,47 \text{ mCE}$$

Hauteur manométrique de refoulement

$$(HMR) = H_r + J_r \text{ (pertes de charge au refoul.)} + P_u \text{ (pression utile)}$$

$$= 4 \text{ m} + (0,1 \times 35) + 25 = 32,5 \text{ mCE} \quad (2,5 \text{ bars} \times 10 = 25 \text{ mCE})$$

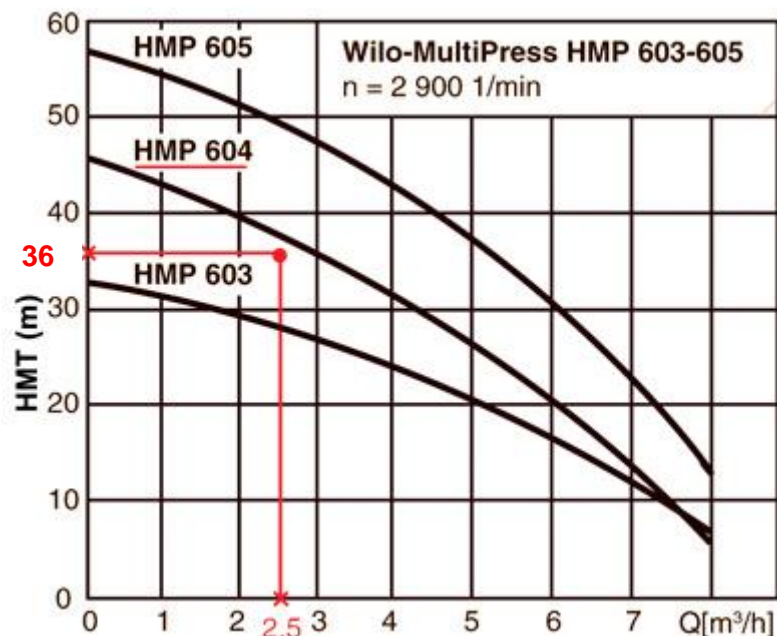
Hauteur manométrique totale :

$$(HMT) = HMA + HMR = 3,47 \text{ m} + 32,5 \text{ m} \cong 36 \text{ mCE}$$

Il faut donc une pompe délivrant un débit de **2,5 m³/h** pour une hauteur manométrique totale (HMT) de **36 mCE**

2.4. Sélection de la pompe

Sur chaque pompe est indiqué un graphique HMT / Débit (m³/h) sur le quel est représenté la courbe de performance de la pompe. On reporte la HMT calculée précédemment et le débit souhaité. Il est nécessaire que ce point soit situé juste en dessous de la courbe de la pompe choisie. Si en revanche le point se situe au dessus de la courbe, les performances de la pompe seront trop faibles par rapport aux caractéristiques de l'installation et des besoins. Dans notre cas, la pompe la plus adaptée sera celle qui porte la référence HMP 604.



2.5. Puissance hydraulique Ph d'une pompe :

$$Ph = Q \cdot \rho \cdot g \cdot HMT, \text{ avec } Q \text{ en m}^3/\text{s}$$

$$HMT \text{ en mCE,}$$

$$Ph \text{ en W.}$$

On prendra $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

➤ Calculer la puissance hydraulique Ph de la pompe précédente.

$$Ph = Q \cdot \rho \cdot g \cdot HMT = 2,5/3600 \times 1000 \times 9,81 \times 36 = 245,2 \text{ W}$$