

3eme partie

III.1. Différentes techniques de la mise en place de la crépine

Les ouvrages de captage dans leur majorité sont de l'un des deux types suivant :

- ouvrage à équipement monolithique (1 seul diamètre), les crépines sont alors descendues au bout des tubages pleins,
- ouvrage télescopé à crépine de diamètre inférieur à celui du tubage d'occultation des niveaux supérieurs.

L'assemblage des crépines se fait soit alors par filetage ou par soudage. La présence de crépines simplement posées en fond de trou est à proscrire dans la mesure du possible car ceci peut être la cause de by-pass par circulation dans l'annulaire.

III.1.1. Choix du matériau

Dans les cas des eaux boisson, qui peuvent présenter une composition hors norme, la plus grande attention sera portée au choix des matériaux et à la taille des ouvertures pour éviter toute corrosion ou colmatage précoce. D'où l'importance de connaître à priori, la physico chimie du fluide capté, mais aussi son comportement hydrochimique en fonction de facteurs de vitesse (turbulence) et pression.

III.1.2. Contrôle au moment de la mise en place

Il faut veiller à ce que :

- le matériel approvisionné corresponde bien aux spécifications choisies et calculées et ne soient pas endommagés au cours des transports et stockages,
- les cotes prévues de pied et de tête de crépine soient respectées,
- l'assemblage par vissage ou soudage soit fait dans les règles de l'art ; (couple de rotation, présence de gaz neutre et technique de soudure appropriée),
- l'ensemble soit nettoyé (décapé et passivé pour les aciers inox) et désinfecté avant d'être mis en place

III.1.3. Contrôle à posteriori

Il sera contrôlé : que lors des pompages d'essai après développement, le pourcentage de particules fines reste en dessous des limites fixées au cahier des charges, avec une inspection vidéo, qu'il n'y a pas de défaut apparent, d'erreur de cote.

III.2. Amélioration des débits par l'addition des crépines

Le coefficient d'ouverture doit être tel qui permet d'avoir une vitesse d'entrée de l'eau de l'ordre de 3 cm/s afin de réduire l'érosion, la corrosion, l'incrustation et la perte de charge. Certains recommandent des vitesses entre 3 et 7,5 cm/s. Pour des formations silteuses, la vitesse correcte est de 2 cm/s. Tandis que beaucoup de chercheurs recommandent des vitesses en relation avec la transmissivité de la nappe, et se situent entre 1 et 3 cm/s selon le tableau suivant (selon U.S.Environmental Protection Agency):

Transmissivité (m ² /j)	Vitesse max. d'entrée (cm/s)	Transmissivité (m ² /j)	Vitesse max. d'entrée (cm/s)
> 245	> 3,05	82	2,54
245	3,05	61	2,03
204	3,05	41	2,03
163	3,05	20	1,52
122	3,05	< 20	< 1,02
102	2,54		

Exemple : Une crépine à fente continue de Ø356 mm et de 6 m de longueur doit être placée dans un forage. Le fil utilisé pour ce type de crépine est de 4 mm de largeur ayant une ouverture de fente de 1,5 mm. Le débit attendu est de 7,8 m³ /min.

-la surface par mètre linéaire de crépine = 1,12 m². -la surface totale pour 6 m linéaires = 6,7 m². -le coefficient d'ouverture Co = 1,5 .100 / (1,5 + 4) = 27 %, -la surface totale ouverte = 1,8 m². -la surface ouverte par m² de crépine Sc = 0,3 m². -vitesse d'entrée dans la crépine Q = V.Sc d'où V = Q/Sc = 7 cm/s.

Cette vitesse est nettement supérieure à la vitesse préconisée, il est donc nécessaire soit d'augmenter le diamètre de la crépine, soit d'augmenter la longueur de celle-ci, si l'épaisseur de l'aquifère et le rabattement de la nappe le permettent. Pour obtenir la longueur de crépine nécessaire, on cherchera la surface d'ouverture correspondant à une vitesse de 3 cm/s, soit : $V.Sc = V1.Sc1 \rightarrow Sc1 = V.Sc / V1 = 0,07.1,8/0,03 = 4,2 \text{ m}^2/\text{ml}$. La longueur de la crépine $\varnothing 356 \text{ mm}$ nécessaire serait de : $4,2/0,3 = 14 \text{ m}$.

IV. Caractéristiques d'une pompe

Introduction

Le choix du système de pompage doit être choisi selon les caractéristiques réelles **du circuit hydraulique**. Les données nécessaires pour un dimensionnement d'une pompe sont les suivantes :

- son débit Q : Quantité de liquide débitée par la pompe dans l'unité de temps (souvent exprimée en m^3/h).
- sa hauteur manométrique (HMT(en m CE) : C'est la somme de la hauteur géométrique (Hg) entre les niveaux du liquide et les pertes de charge (Pdc) causées par de frottements intérieurs qui se forment au passage du liquide dans les tuyaux, dans la pompe et les accessoires hydrauliques (exprimes en « mCE » ou, plus court, en « m »).
- son rendement η (%)
- pertes de charge (linéaires et singulières) : dans l'installation calculées selon les éléments suivants : Diamètre, longueur et type de tuyaux d'aspiration et de refoulement, quantité et type des coudes dans la tuyauterie et accessoires hydrauliques, comme clapet de pied avec crépine, vannes, clapet de non-retour, filtres éventuels.

IV.1. La hauteur d'aspiration

La hauteur d'aspiration est théoriquement limitée à 10,33 m, ce qui correspond à la dépression maximale nécessaire pour faire le vide exprimée en hauteur de colonne d'eau sous une pression atmosphérique normale (1013 mbar). Sous cette dépression, l'eau montera dans le tube d'aspiration.

Cependant dans la pratique cette hauteur est bien moins élevée car une partie de la pression est nécessaire pour communiquer à l'eau la vitesse désirable et compte tenu des pertes de charge dans la conduite d'aspiration. D'autres part, la pression d'aspiration dans la conduite ne doit pas descendre en dessous de laquelle la tension de vapeur d'eau est atteinte (évaporation de l'eau). Pour les pompes d'eau potable (température inférieure à 20°C) la tension de vapeur d'eau se situe autour de 0,20 mètres de pression. Au-delà, le pompage risque d'entraîner une évaporation de l'eau. Les bulles de vapeur d'eau ainsi formées dans le tube d'aspiration seront re-comprimées dans la partie hydraulique (refoulement) ce qui entraînera une détérioration excessive du rotor (phénomène d'usure). Ce phénomène appelé cavitation, diminue l'efficacité de la pompe et fait un bruit caractéristique provoqué par l'implosion des bulles de vapeur d'eau. En théorie, on aura en faisant abstraction de la pression nécessaire pour mettre en mouvement l'eau (cas de l'eau 20°C) :

$$H_{\text{d'aspiration}} = 10,33 - 0,2 - J \text{ (pertes de charge)} \quad (\text{IV.1})$$

Plus généralement, les possibilités d'aspiration d'une pompe de surface en fonction de ces caractéristiques et de ces conditions d'installation seront déterminées grâce au NPSH (net positif suction head = hauteur de charge nette absolue). Celui ci est donné par le constructeur en fonction du débit de la pompe et des conditions d'installations. La hauteur géométrique d'aspiration ajoutée aux pertes de charges doivent toujours être inférieures au NPSH requis par la pompe.

Le N.P.S.H., est une notion qui permet de contrôler par le calcul, la pression à l'entrée d'une pompe et de vérifier qu'elle est suffisante en tenant compte de la chute de pression complémentaire entre la bride d'aspiration et la pompe.

a/- Hauteur maximale d'aspiration : h_{max}

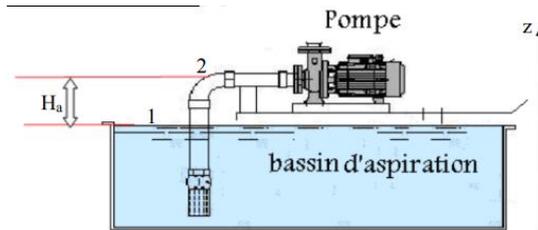


Figure IV.1 : Hauteur d'aspiration

Appliquons le théorème de Bernoulli entre (1) et (2) (Figure IV...) pour déterminer la hauteur maximale d'aspiration :

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \Delta H_{1,2} \quad \text{Avec : } \begin{cases} z_2 - z_1 = h_a \\ v_1 = 0 \\ p_1 = p_{atm} \\ \Delta H_{1,2} = \Delta H_{asp} \end{cases} \Rightarrow h_a = \frac{p_{atm}}{\rho \cdot g} - \left(\frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H_{asp} \right) \quad (IV.2)$$

La hauteur d'aspiration est maximale lorsque :

$$\left(\frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H_{asp} \right) \rightarrow 0 \Rightarrow h_{a \max} = \frac{p_{atm}}{\rho \cdot g}$$

* Exemple : Pour l'eau on a :

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ et on a } g = 9.81 \text{ m/s}^2 \text{ et } P_{atm} = 1.013 \text{ bar} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \rightarrow h_{a \max} \approx 10.33 \text{ m}$$

- Donc l'aspiration de l'eau par une pompe ne sera possible à 20°C qu'à une profondeur maximale de 10.33 m. Il s'agit d'une limite physique qui ne dépend absolument pas de la qualité de la pompe.

* Remarque : Dans la pratique le terme $\left(\frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H_{asp} \right)$ ne peut pas tendre vers 0.

En effet, lorsque la pression d'aspiration se rapproche de la pression du vide absolu $p_2 / \rho \cdot g \rightarrow (0)$, des cavités remplies de vapeur se forment dans le liquide, il se produit un phénomène appelé : CAVITATION.

b/- Phénomène de cavitation : Le phénomène de cavitation correspond à une vaporisation du liquide qui se traduit par l'apparition de bulles de gaz au sein du liquide ou contre les parois. La cavitation apparaîtra dans les zones où la pression est minimale. Ces zones se situent à l'entrée de la roue au voisinage du bord d'attaque des aubes.

* Effets : - Une baisse des performances de la pompe. - Une érosion des pièces métalliques. - Vibrations très élevées qui engendrent la destruction des garnitures d'étanchéité. - Bruit anormal. c/- Condition de non cavitation : La cavitation est caractérisée par le N.P.S.H.

On distingue :

- N.P.S.H.Requis : Il est spécifié par le constructeur pour un débit, une vitesse de rotation et une pompe donnés.

- N.P.S.H.Disponible : Il est obtenu en calculant la pression à l'entrée de la pompe qui, pour le même débit, résulte de l'installation.

- La condition de non-cavitation entraîne :

$$N.P.S.H_{Disponible} > N.P.S.H_{Requis}$$

Avec :

$$N.P.S.H_{disp} = \pm H + \frac{P_r + p_{atm}}{\rho \cdot g} - \frac{P_v}{\rho \cdot g} - \Delta H_{asp}$$

- H [m] : élévation (signe +) ou charge (signe -) depuis le niveau du liquide dans le réservoir d'alimentation jusqu'à l'orifice d'aspiration de la pompe,

- P_r [Pa] : pression effective régnant à la surface libre du réservoir d'alimentation ouvert ou fermé, dans lequel la pompe aspire, ($P_r + P_{atm}$ = Pression absolu).
- P_v [Pa] : pression de vapeur saturante du liquide pompé mesurée par rapport au vide absolu.
- ΔH_{asp} [m] : pertes de charge à l'aspiration entre le niveau libre dans le bassin ou le réservoir d'alimentation et la bride d'entrée de la pompe.

IV.2. Calcul des pertes de charge : $J_1 + J_s$

IV.2.1. Pertes de charge linéaires (J_1) : par mètre de tuyau de diamètre normalisé

IV.2.2. Pertes de charge singulières (J_s : pièces spéciales et coudes) : 10 % des pertes de charges linéaires.

IV.3. Hauteur Manométrique Totale (HMT)

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$HMT = (h_a + h_r) + J + Pr \quad (IV.3)$$

- HMT : hauteur manométrique totale (mCE)
 $h_a + h_r$: hauteur d'aspiration + hauteur de refoulement (m)
 J : perte de charge fonction de la longueur du tuyau, des accessoires (vannes, coudes)
 Pr : pression résiduelle (mCE) pression à la sortie du tube de refoulement.

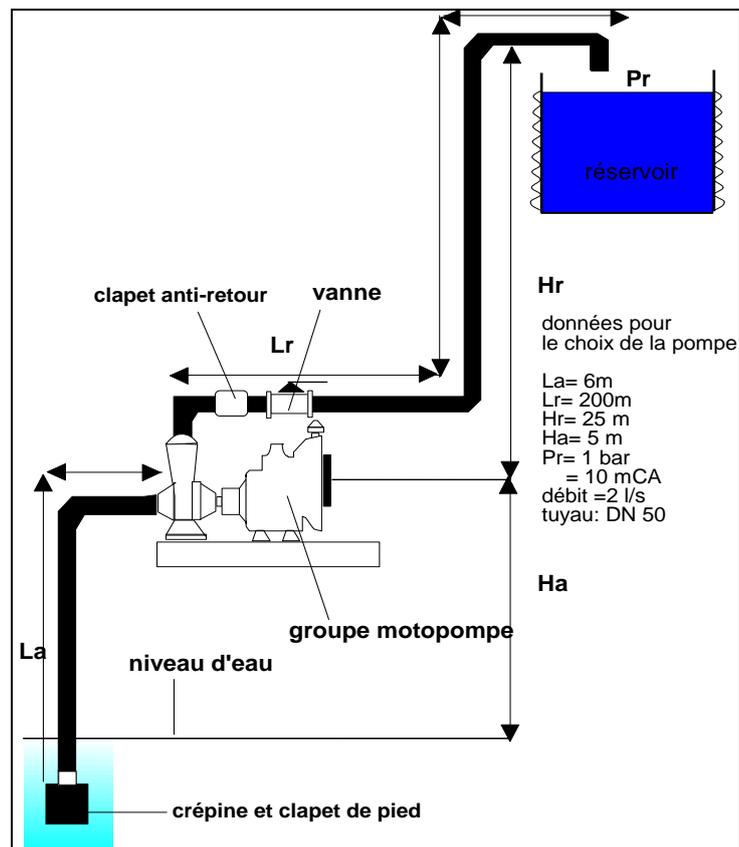


Fig. V.2 : motopompe centrifuge de surface

Exemple

Dans le cas ci-dessus la motopompe doit aspirer de l'eau à 5 m de profondeur et la refouler à 25 mètres de hauteur. La conduite utilisée a un diamètre intérieur de 40,8 mm (DN 50), la longueur totale au sol de la conduite de refoulement est de 200 m et celle de la conduite d'aspiration est de 6 m. Le débit requis est de 2 l/s soit 120 l/mn. On désire une pression résiduelle de 1 bar, soit 10 mètres de colonne d'eau. La hauteur manométrique totale est égale à:

$$\text{HMT} = H_a + H_r + J (\text{linéaires}) + J (\text{singulières}) + P_r$$

$$\text{HMT} = (5 + 25) + (206 \times 5,85 \%) + 10\% \text{ de } J(\text{linéaire}) + 10,33 = 53 \text{ mCE}$$

Avec : 1 bar = 10.33 mCE dans les conditions normales de température et de pression

5.85 % est le coefficient de pertes de charge par m de tuyau pour les conditions énoncées (tuyau de DN 50, débit de 2 l/s)

Le calcul de la HMT permet de déterminer le couple HMT, débit (53m, 120 l/mn) afin de choisir la pompe appropriée par rapport aux courbes caractéristiques des pompes.

Une fiche technique sera réalisée pour éviter les confusions au niveau du traitement de la commande (choix des conduites, marquage, type de carburant etc..).

IV.4. Le rendement de la pompe

Est déterminé par la formule suivante :

$$\eta_g = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{mt} \cdot q_v}{P_m}$$

(IV.3)

H_g [%] = Rendement de la pompe

q_v [m³/h] = Débit

H_{mt} [m] = Hauteur de refoulement

P_m [kW] = Puissance à l'arbre de pompe

g [M2/S] = Accélération de la pesanteur

ρ [kg/m³] = Densité du fluide

Conclusion

Le choix du système de pompage doit être choisi selon les caractéristiques réelles **du circuit hydraulique**.

Les données nécessaires pour un dimensionnement d'une pompe sont les suivantes :

- son débit Q : (m³/h).
- sa hauteur manométrique (HMT(en m CE)) :
- son rendement η (%)

Le type de pompe ; de surface ou immergée dépend du niveau d'eau dans le forage.