

Pompes et stations de pompages

Remarque : Pour mieux comprendre le cours, il faut voir les figures dans le support de cours.

Avantages et Inconvénients des pompes centrifuges

Avantages : Les pompes centrifuges sont les plus utilisées et elles couvrent environ 80% des pompes utilisées et présentent les avantages suivants :

- ✓ Machine de construction simple et nécessite peu d'entretien
- ✓ Prix d'achat modéré, cout de maintenance faible
- ✓ Bon rendement (70% à 80%)
- ✓ Adaptées à toute sorte de liquide
- ✓ Vitesse de rotation allant de 750 à 3000trs/min, facilement entraîné par un moteur électrique.
- ✓ les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides

Inconvénients : Elles présentent aussi certains inconvénients :

- Impossible de pomper les liquides trop visqueux (les roues tournent sans entraînés le liquides)
- Ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe pour les liquides « susceptibles » (liquides alimentaires tels que le vin, le lait et la bière).
- utilisation comme pompe doseuse : la nécessité de réaliser des dosages précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.
- Production d'une pression différentielle faible (0,5 à 10bars)
- La pompe ne s'amorce pas d'elle-même
- Utilisation comme pompe doseuse : la nécessité de réaliser des dosages précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.

Les pompes Volumétriques

L'énergie est fournie par les variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement (grand encombrement).

Les pompes volumétriques : l'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide. Elles sont surtout destinées au pompage des fluides visqueux.

Elles élèvent de faibles débits à des pressions élevées. On distingue :

- Les pompes rotatives,
- Les pompes à rotor excentré, à rotor oscillant, à palettes, à engrenages,
- Les pompes à piston (alternatives).

I.2.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET GENERALITES

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant:

- exécution d'un mouvement cyclique
- pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement. On distingue généralement:

- **Les Pompes Volumétriques Rotatives :** Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.
- **Les Pompes Volumétriques Alternatives:** la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire néanmoins d'examiner la notice du fabricant.

Les pompes volumétriques permettent d'obtenir des hauteurs manométriques totales beaucoup plus élevées que les pompes centrifuges. La pression au refoulement est ainsi plus importante. Le débit est par contre généralement plus faible mais il ne dépend pratiquement pas des caractéristiques du réseau.

Le rendement est souvent voisin de 90 %.

Si la canalisation de refoulement est bouchée, Il faut arrêter immédiatement une pompe volumétrique dans cette situation pour éviter les risques d'une augmentation de pression très importante dans la pompe qui pourrait entraîner de graves détériorations.

S'il y a possibilité de fermetures de vannes placées sur le circuit de refoulement, il faut prévoir un dispositif de sécurité à la sortie de la pompe: une dérivation équipée d'une soupape de sûreté et reliée au réservoir d'aspiration constitue une bonne solution.

Le réglage du débit s'effectue en agissant sur la vitesse de rotation du rotor pour les pompes rotatives et sur la fréquence ou la course du piston pour les pompes alternatives.

L'utilisation d'une vanne de réglage sur le circuit de refoulement est bien entendu à proscrire.

POMPES VOLUMETRIQUES ROTATIVES

A / POMPES A PALETTES LIBRES

Caractéristiques et utilisation : ce sont des pompes caractérisées par des débits allant jusqu'à 100 m³.h⁻¹ et des pressions au refoulement de 4 à 8 bars. Elles conviennent aux liquides peu visqueux.

Avantages : pas de brassage, ni d'émulsification du liquide pompé débit régulier marche réversible de la pompe

Inconvénients : usure du corps par frottement des palettes difficile pompage des produits visqueux.

B / POMPES A ENGRENAGES EXTERIEURS

Caractéristiques et utilisation : ce sont des pompes qui peuvent atteindre des pressions au refoulement de l'ordre de 5 à 30 bars. Les débits peuvent atteindre 300 m³.h⁻¹. La hauteur manométrique maximale est de 50 à 200 mce. Elles n'admettent pas le passage de particules solides sous peine de destruction. Elles sont utilisées pour les produits autolubrifiants et alimentaires.

Avantages : débit régulier pas de clapets nécessaires marche de la pompe réversible

Inconvénients : nombreuses pièces d'usure pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs ; la présence de traces de solide ayant pour effet d'accélérer l'usure mécanique des pignons et de diminuer l'étanchéité entre le corps de pompe et les dents.

C / POMPES A ROTOR HELICOÏDAL EXCENTRE

Fonctionnement : elles sont composées de deux engrenages hélicoïdaux : le rotor tourne à l'intérieur du stator. Le mouvement tournant excentré du rotor permet de véhiculer le produit pompé.

Caractéristiques et utilisation : Ces pompes peuvent atteindre des pressions au refoulement de 20 à 60 bars. Le débit est de 500 m³.h⁻¹. Elles sont utilisées notamment pour les produits pétroliers et les produits alimentaires. Son utilisation pour alimenter les filtres-presses est fréquente.

Avantages : passage de particules solides, de produits abrasifs et de boues débit régulier marche de la pompe réversible

Inconvénients : pas de marche à sec de la pompe maintenance assez difficile et coûteuse encombrement important.

D / POMPES PERISTALTIQUES

Fonctionnement : l'effet de pompage est obtenu par la compression d'un tube en élastomère par des galets fixés sur le rotor. Les galets, en se déplaçant, entraînent le liquide jusqu'au refoulement.

Caractéristiques et utilisation : elles permettent de pomper des liquides très abrasifs et chargés à un débit pouvant aller à 50 m³.h⁻¹. La pression au refoulement est de 15 bars. La hauteur manométrique maximale est de 160 m CE. Elles s'utilisent pour les produits chimiques et alimentaires.

Avantages : utilisation comme pompe doseuse possible

Inconvénients : débit limité refoulement très saccadé température d'utilisation assez faible

I.2.2.3. POMPES VOLUMETRIQUES ALTERNATIVES

A/ POMPES A PISTON

Fonctionnement : son principe est d'utiliser les variations de volume occasionné par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces déplacements alternativement dans un sens ou dans l'autre produisent des phases d'aspiration et de refoulement.

Caractéristiques et utilisation: elles ne conviennent que pour des débits moyens de l'ordre de 80 m³.h⁻¹. L'intérêt des membranes est l'utilisation avec des produits chimiques corrosifs, abrasifs ou acides. La pression au refoulement peut aller jusqu'à 25 bars.

Avantages : fonctionnement à sec sans dommage

Bon rendement (> 90%)

Inconvénients : débit limité

Viscosités assez faibles pompage de particules solides impossible: la pompe ne fonctionne bien que si l'étanchéité est parfaite entre le cylindre et le piston.

Il existe des pulsations importantes au refoulement : on peut remédier à ceci en utilisant des dispositifs de pots antibéliers.

B / POMPES DOSEUSES

Elles sont essentiellement à piston et (ou) à membrane. L'introduction d'un débit bien déterminé de liquides est rendu possible grâce à un dispositif précis de réglage de la course du piston et de sa fréquence. Elles ont des débits relativement faibles (de quelques L.h⁻¹ à quelques m³.h⁻¹) et peuvent mettre en œuvre des pressions au refoulement allant jusqu'à 300 bars.

Elles sont auto-amorçantes mais n'acceptent que des viscosités faibles.

Les principales applications sont :

- le dosage fin de produits chimiques
- l'injection de carburant pour les véhicules automobiles

I.2.3 AUTRES POMPES

Les élévateurs à hélice ou vis d'Archimède.

Le pompage par émulsion ou air lift.

I.2.3.1. VIS D'ARCHIMEDE

Elle refoule de très forts débits à une faible hauteur géométrique.

Les eaux peuvent être très chargées, comme par ex. pour une STEP.

I.2.3.2. POMPAGE PAR EMULSION OU AIR-LIFT

Utilisé dans les forages, en particulier quand l'eau transporte des particules solides abrasives.

On insuffle de l'air dans la colonne de refoulement. L'air et l'eau forment une émulsion qui grâce à son poids spécifique moins élevé, monte.

Éléments de base pour le calcul et le choix des pompes (**Voir la figure au cours**)

I.3.1. LA HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE D'ELEVATION HMT

La HMT d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne de liquide (mCL) entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la

pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement (J_{asp} , J_{ref}).

$$HMT = H_{géom.Tot} + J_{asp} + J_{ref}$$

Si les niveaux à l'aspiration et au refoulement sont à des pressions différentes :

$$HMT = H_{géom.Tot} + J_{asp} + J_{ref} + \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) \times 10$$

$$\text{Avec } P_1, P_2 : (\text{Kg/cm}^2) \text{ et } \gamma = (\text{Kg /dm}^3)$$

Profil piézométrique du refoulement

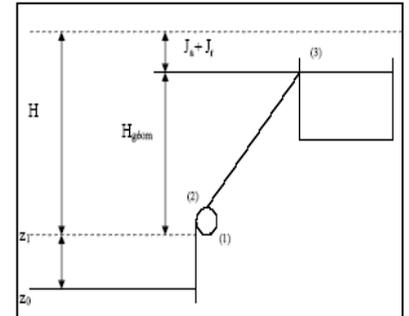
Appliquons Bernoulli en différents plans

$$\text{Plan 0 - 1} \quad z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + j_a$$

$$\text{Plan 1 - 2} \quad z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + j_r \quad j_r \text{ entre (1) et (2)}$$

$$H + z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} - j_a = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + j_r$$

$$H = (z_2 - z_0) + \left(\frac{p_2 - p_0}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_2^2 - v_0^2}{2g} \right) + j_r + j_a$$



A l'aspiration de l'eau immobile et $V_0 = 0$

$$H = z_2 - z_0 + \left(\frac{p_2 - p_0}{\gamma} \right) + \frac{v_2^2}{2g} + j_a + j_r$$

$$\text{Plan 2 - 3} \quad z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + j_r \quad \text{avec } j_r \text{ entre (2) et (3)}$$

$$H + z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} - j_a - j_r = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + j_r$$

$$H = (z_3 - z_0) + \left(\frac{p_3 - p_0}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_3^2 - v_0^2}{2g} \right) + j_a + j_r + j_r$$

$$\left. \begin{array}{l} p_3 = p_0 \text{ pression atmosphérique} \\ v_0 = 0 \text{ et } \frac{v_3^2}{2g} \text{ est négligeable} \end{array} \right\} \text{ donc } H = (z_3 - z_0) + j_a + j_r + j_r$$

$j_a = J_A =$ perte à l'aspiration

$j_r + j_r = J_R =$ perte au refoulement

$z_3 - z_0 = H_{géom} =$ hauteur géométrique

Remarque : il est utile de connaître le maximum de pertes de charge singulières sur les conduites d'aspiration et de refoulement.

I.3.2. HAUTEUR MAXIMALE D'ASPIRATION (POMPES CENTRIFUGES)

Théoriquement, l'on sait qu'en faisant le vide dans un tube, il est impossible de faire monter l'eau à une hauteur supérieure à la pression atmosphérique.

$$\text{Lorsque } H = 0.0012 \quad [\text{msm}] \quad h = 10.33 \text{ m}$$

$$\text{Pour une altitude } A \quad h = 10.33 - 0.0012 A \text{ m}$$

En réalité, cette hauteur est nettement moins élevée ; perte de hauteur due aux pertes de charge et à la mise en vitesse du liquide.

Il faut d'autre part que la pression absolue à l'ouïe d'aspiration se maintienne largement au-dessus de la tension de vapeur du liquide pour éviter le désamorçage de la pompe et les problèmes **de cavitation** (formation dans le liquide de bulles de vapeur, lesquelles, entrant dans la turbine à un endroit de plus haute pression, s'entrechoquent violemment en créant de très hautes pressions spécifiques d'où risque de destruction de la pompe).

Les possibilités d'aspiration sont définies par le NPSH (Net Positive Suction Head)

Description : Lorsque la pression d'un liquide descend sous la valeur de la pression de vapeur, le liquide se vaporise. Ce phénomène est très dangereux à l'intérieur d'une pompe centrifuge car il s'agit de cavitation qui endommage le corps de la pompe tout en réduisant le rendement.

NPSH disponible : est la valeur de la pression absolue mesurée sur l'axe de la bride d'aspiration de la pompe.

NPSH requis : chaque constructeur possède pour chaque type de pompe et pour une vitesse de rotation déterminée, une courbe donnant la valeur du NPSH requis en fonction du débit de la pompe.

NPSH disponible > NPSH requis de quelques décimètres

Le calcul du NPSH disponible, c'est-à-dire de la pression absolue $\frac{P_1}{\gamma}$ à l'entrée de la pompe se fera en utilisant la formule de Bernoulli appliquée entre la surface du plan d'eau à pomper (z_0, p_0) et l'entrée de la pompe (z_1, p_1).

$$\text{NPSH disponible} = 10 - (H_a + j_a) \quad \text{avec : } H_a = \text{hauteur géométrique d'aspiration}$$

Pour les pompes centrifuges H_a doit être < 7 m (**Pour le point de fonctionnement=>Voir la figure au cours**).

Tableau : paramètres influençant sur le NPSH disponible et la cavitation.

Augmentation du risque de cavitation	Réduction du risque de cavitation
Augmentation de la température d'aspiration (pression de vapeur saturante plus élevée)	Baisse température
Baisse pression d'aspiration	Augmentation pression d'aspiration
Pertes d charge à l'aspiration élevée (filtre encrassé, vanne partiellement fermée)	
Baisse du niveau du fluide pompé si montage en aspiration (puits, rivière,...)	Augmentation du niveau du fluide pompé
Augmentation du débit (augmentation des pertes de charge à l'aspiration)	Réduction du débit

Le NPSH disponible se calcul comme suit :

$$NPSH_{Disponible} = \frac{P_0 - P_v}{\rho g} + (Z_0 - Z_e) - J_{asp}$$

- ❖ P_0 est la pression à la surface du réservoir (ici, la pression atmosphérique) ;
- ❖ $Z_0 - Z_e$: est la hauteur géométrique (dans le cas d'une pompe, elle est positive si la pompe est en charge et négative en aspiration) ; Z_0 est la cote du point à surface libre d'eau dans le réservoir d'aspiration et Z_e est la cote du point d'entrée de la pompe.
- ❖ J_{asp} est la perte de charge totale (linéaire et singulière) en aspiration ;
- ❖ P_v : est la pression de vapeur saturante ;
- ❖ ρ : est la masse volumique du fluide ;
- ❖ g : est l'accélération de la pesanteur.

Conclusion : pour éviter la cavitation dans une pompe, il faut veiller à limiter les pertes de charge à l'aspiration. Il faut éviter que la pression du réservoir soit trop faible. Pour une pompe en aspiration, il faut éviter que la hauteur d'aspiration soit trop importante.

I.3.3 VITESSE DE ROTATION - POMPES CENTRIFUGES

Si la vitesse de rotation d'une pompe centrifuge passe de n_1 à n_2 tours/min., le débit Q , la hauteur manométrique HMT et la puissance absorbée P varient dans les rapports suivants :

$$Q_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot Q_1 \quad P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \cdot P_1 \quad H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot H_1$$

I.3.4 VITESSE SPECIFIQUE n_s

C'est la vitesse à laquelle tournerait une pompe étalon et calculée pour élever un débit de 1 m³/s à une hauteur de 1.0 m.

Elle intervient pour le choix d'un type de pompe. La vitesse spécifique n_s d'une pompe vaut :

$$n_s = n \cdot \left(\frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \right)$$

n : vitesse de rotation en t/min

Q : débit m³/s

H : hauteur manométrique totale d'élévation en m

On désigne souvent n_s comme la vitesse de rotation de la pompe.

I.3.5.1. COURBE DEBIT-HAUTEUR $H=f(Q)$

Elle présente les variations de la hauteur manométrique totale d'élévation susceptible d'être fournie par la pompe en fonction du débit Q . Ce sont sensiblement des paraboles

I.3.5.2. COURBE DE RENDEMENT. RENDEMENT OPTIMUM $\eta(Q)$

Elle présente pour chaque type de pompe un maximum au voisinage duquel il faudra utiliser la pompe. Le rendement tient compte des pertes d'énergie dans les pompes : Pertes hydrauliques, volumétriques et mécaniques.

I.3.5.3. COURBE DE PUISSANCE. PUISSANCE ABSORBÉE PAR UNE POMPE P(Q)

Cette courbe, fonction du débit, est parabolique. Pour les pompes centrifuges, la concavité de la parabole est tournée vers le bas.

Elle diffère pour les pompes à hélices ou hélico-centrifuges.

La puissance est égale au travail effectué pendant l'unité de temps pour élever le débit correspondant à une hauteur égale à la hauteur manométrique totale d'élévation.

$$P = \frac{1}{\eta} \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Avec : P [Wh] : puissance totale consommée

ρ [kg/m³] : masse volumique

Q [m³/s] : débit

H [mce] : hauteur manométrique

η : rendement total de l'installation

I.3.6. POINT DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE

Pour le résoudre, il nous faut le débit et la hauteur manométrique engendrée par une pompe donnée, débitant dans un réseau ou une conduite.

La perte de charge totale d'une conduite, en fonction du débit du liquide, sera reportée sur un graphique. On obtient ainsi la courbe caractéristique de la conduite. La perte de charge est proportionnelle au carré du débit et la courbe est une parabole.

$$H_c = H_g + \Delta H \quad \Delta H = \frac{8 \times \lambda \times l \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} = \frac{0.08271 \times \lambda \times l \times Q^2}{D^5}$$

On peut également représenter la hauteur géométrique d'élévation en fonction du débit, ce qui permet de déterminer d'une façon simple, pour chaque débit, la somme de H_g et J.

Ces courbes sont représentées, de même que la courbe caractéristique QH d'une pompe.

En S, la hauteur manométrique de la pompe sera égale à la somme de la hauteur géométrique totale et de la perte de charge totale dans les conduites. Ce point d'intersection S est le point de fonctionnement de la pompe. (Voir la courbe caractéristique d'une pompe)

I.4. CHOIX D'UN TYPE DE POMPE

Pompes centrifuges monocellulaires et multicellulaires

La hauteur de refoulement d'une pompe varie avec sa vitesse de rotation.

Pour obtenir des hauteurs d'élévation supérieures il faudra utiliser des pompes multicellulaires (= plusieurs pompes mono en série).

Pompes à axe horizontal ou pompes à axe vertical

Pompe à axe horizontal pour H_{asp} < 6 - 7 m ou alimentation en charge.

Pompe à axe vertical pour les puits et les forages.

Pompes à ligne d'axe - groupe immergé

Pompes à ligne d'axe : le moteur est installé au niveau du sol.

Groupe immergé : directement dans le forage ou le puits.

Remarque : L'optimum économique en matière de durée journalière de pompage correspond au moins à 20 h.

I.4.3. RECHERCHE DU REGIME OPTIMAL

En pratique, il y a lieu de rechercher le type de pompe donnant le meilleur rendement économique, en faisant varier la vitesse de la pompe. Cette vitesse est liée à celle du moteur électrique d'entraînement.

Les constructeurs réalisent toute une série de groupes plus ou moins voisins et ne donnent pour chacun d'eux que la portion du plan du diagramme (H, Q) où le rendement est acceptable.

(Voir les figures dans le cours)

I.5. COUPLAGE DE POMPES

I.5.1. COUPLAGE EN SERIE

Le refoulement de la première pompe débouche dans l'aspiration de la seconde. Le même débit traverse les deux pompes et les hauteurs d'élévation produites par chaque groupe s'ajoutent.

$$\text{Rendement globale } \eta_g = \frac{\sum H_i}{\sum_{i=1} \frac{H_i}{\eta_i}}$$

Remarque : Dans tous les cas, la hauteur résultant du couplage est inférieure à la somme des hauteurs créées pour chaque pompe fonctionnant seule sur la même canalisation.

I.5.2. COUPLAGE EN PARALLELE

Chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur général commun.

- Le débit de collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe.
- La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe.

Remarque : la somme des débits partiels < Q_{Tot}. Théorique

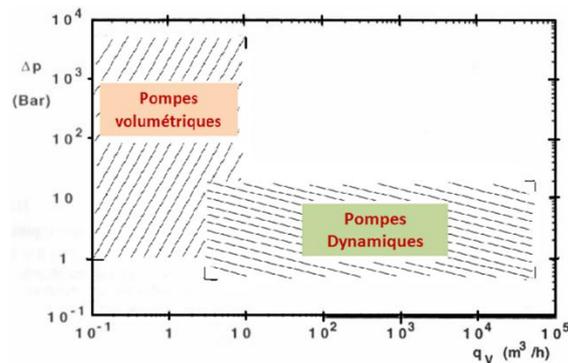
$$\text{Rendement globale } \eta_g = \frac{\sum Q_i}{\sum_{i=1} \frac{Q_i}{\eta_i}}$$

Amorçage :

Pour fonctionner, une pompe centrifuge doit être initialement remplie de liquide. En effet, la rotation de la roue dans du gaz, de très faible masse volumique, donne une dépression suffisante pour aspirer le liquide.

Les Turbopompes ne peuvent s'amorcer seules. L'air contenu nécessite d'être préalablement chassé. On peut utiliser un réservoir annexe placé en charge sur la pompe pour réaliser cet amorçage par gravité.

Pour éviter de désamorcer la pompe à chaque redémarrage il peut être intéressant d'utiliser un clapet anti-retour au pied de la canalisation d'aspiration.



Pour qu'une pompe fonctionne normalement (sans cavitation), il faut que le NPSH disponible (calculé) soit supérieur au NPSH requis (indiqué par le constructeur).

NPSH disponible > NPSH requis

II. STATIONS DE POMPAGES

Cette partie permet de faire le dimensionnement et le choix des équipements de la station de pompage, que ce soit les pompes, les moteurs, les équipements auxiliaires.

II.1. EXIGENCES PRINCIPALES SOUMISES A LA STATION DE POMPAGE

Tout projet de station de pompage doit tenir compte des recommandations suivantes :

- Diminution possible du coût de génie civil.
- Organisation de l'exécution des travaux en phases.
- Détermination du nombre de stations après des calculs technico- économique.
- Utilisation des matériaux de conception rente.
- Normalisation des solutions techniques.
- Utilisation des projets-types.
- Il faut éviter les zones inondables.

II.2. CHOIX DE L'EMPLACEMENT DE LA STATION DE POMPAGE

- ✓ L'emplacement de la station et les ouvrages doivent assurer les conditions de fonctionnement les plus adéquates avec le minimum possible de surface occupée.
- ✓ Assurant l'accès des voitures, des engins, des pompiers, à tout le bâtiment et à tout ouvrage.
- ✓ les conditions d'exploitation de la station tiennent compte de la fluctuation du niveau d'eau.
- ✓ elle dépend du relief d'accès de l'alimentation en énergie électrique ; des conditions géologiques.

II.3. EQUIPEMENTS HYDRAULIQUE DE LA STATION DE POMPAGES

- Ils comprennent :
- Les équipements à l'aspiration (Aval de la pompe)
 - Les équipements au refoulement (Aval de la pompe)

II.3.1 ÉQUIPEMENT EN AMONT DE LA POMPE

Grilles : ces dispositifs ne sont utilisés que pour les eaux brutes afin d'éviter l'entrée des corps solides dans la pompe.

Crépine : elle évite l'entrée accidentelle des corps solides dans la pompe, elle est constituée par un cylindre perforé qui dirige le passage à des objets nettement plus petits que la grille.

Conduite d'aspiration : sur la conduite d'aspiration, on évitera toute formation de poches d'air, d'où les parties horizontales comporteront une légère pente 2% montant en direction de la pompe, ceci permet l'évacuation permanente des bulles d'air, toute contre-pente est à proscrire.

Clapet d'aspiration (clapet à crépine) : Lorsque la pompe n'est pas immergée, un clapet anti-retour placé sur la canalisation d'aspiration pour éviter le retour d'eau à l'arrêt de la pompe. Ce clapet permet de maintenir la colonne d'eau dans la conduite d'aspiration et le corps de la pompe évitant ainsi de recommencer trop souvent l'amorçage. Ce clapet peut être combiné avec la crépine d'aspiration pour former un clapet à crépine.

Joints : la conduite d'aspiration est en dépression, alors une attention particulière sera donnée aux joints afin de supprimer toutes possibilités d'entrée d'air et aussi pour assurer l'étanchéité, dans ce cas on préférera les souder aux joints à emboîtement et aux joints à manchon filetés, pour un raccordement sur les appareils ; clapet, vanne, pompe, on utilisera les joints à brides.

Des joints à brides permettant la décomposition des caoutchoucs sont généralement utilisés en vue du démontage pour entretien ou réparation des appareils tels que vannes, pompes, clapets.

Coudes : les coudes seront les moins nombreux, et à grande courbure. On évitera de monter un coude juste en amont de la bride d'aspiration.

Convergent d'aspiration : la conduite d'aspiration est raccordée à la pompe par un convergent ce qui permet d'avoir une accélération progressive de l'écoulement, favorisant la bonne répartition des vitesses, dans le but d'éviter toute formation de poche d'air, on place horizontalement la génératrice supérieure de notre convergent.

Tubulure d'aspiration : pour le raccordement entre la pompe et la conduite d'aspiration, le diamètre de cette tubulure est inférieur à celui de la conduite d'aspiration tel que $D_a = 1.2d_a$.

La ventouse : Elle a pour but d'assurer le dégazage de la conduite par l'évacuation de l'air que contient la conduite lors de la mise en fonctionnement pour laisser l'eau à mettre en place (et aussi dans d'autres cas pour laisser l'air s'entrer dans la conduite quand l'eau entre, pas le cas de la conduite d'aspiration).

II.3.2. EQUIPEMENT EN AVAL DE LA POMPE

Divergent : à la sortie de la pompe, il est évident que la vitesse de l'eau est très grande dans les conduites de refoulement, il est nécessaire de ralentir cette vitesse pour la maintenir dans une plage admissible.

Clapet de refoulement : à la sortie de la pompe, il pourra être placé un clapet dont le rôle sera d'empêcher l'inversion du débit d'eau lors de l'arrêt de la pompe, les clapets les plus utilisées sont les clapets à battant, ils sont installés sur la conduites horizontales.

Vanne de refoulement : la vanne de refoulement est placée à la sortie de la pompe avec le clapet anti-retour. Cette vanne peut jouer plusieurs rôles, cette vanne permettra tout d'abord d'isoler la pompe lors des entretiens et des démontages, la vanne peut intervenir également lors de la mise en marche et de l'arrêt de la pompe dans le cas de pompes centrifuges (notre cas), la manœuvre progressive de la vanne de refoulement permettra par ailleurs ; lors du démarrage et de l'arrêt de groupe, de limiter les coup de bélier due aux variations brusques de la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement.

Joint de démontage : les joints de démontage ont pour but de faciliter le montage et le démontage des pièces, de robinetterie, pour le montage, il y a lieu de prendre en considération qu'un déplacement du guidage lors du service n'est pas possible à cause du serrage des écrous de fixation.

Conduit de refoulement : elle sert à véhiculer l'eau entre la pompe et le collecteur de refoulement.

Tubulure de refoulement : c'est une bouche pour l'évacuation de l'eau vers la conduite de refoulement, pour l'emplacement de conduite de refoulement, le diamètre est déterminé d'après le catalogue.

Conduite de vidange : elle existe le long de conduite de refoulement, elle sert à évacuer les eaux qui restent dans le collecteur de refoulement en cas de l'arrêt de la pompe, le diamètre de cette conduite est donné par la formule suivante : $d_v = 0.25 D_r$ (d_v : diamètre de la conduite de vidange).

Collecteur de refoulement : il sert à véhiculer l'eau vers les points de refoulement, le diamètre de collecteur est déterminé après des études technico-économique.

Le By-pass : un by-pass est placée entre l'aspiration et le refoulement de la pompe, il est muni d'un clapet fermé lorsque la pompe fonctionne normalement, au moment d'un arrêt brusque de la pompe, la dépression dans la conduite provoque l'ouverture du clapet et se trouve aussi limitée à la pression existante à l'aspiration. Le clapet interdit le retour d'eau.

Soupape de décharge : cet équipement est destiné à limiter la surpression.

II.3.3. LES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES HYDRO-ENERGETIQUE

On trouve souvent dans les stations de pompage des équipements électriques en haute tension et basse tension.

A - Matériel haute tension :

Transfos de puissance différents

B - Matériel basse tension :

- Disjoncteurs
- Contacteurs
- Relais auxiliaire
- Relais temporisé

- Gestion d'énergie
- Relais de surveillance
- Totalisateur électromécanique
- Parafoudre
- Mesure de niveau
- Commutateur
- Batterie power fit
- Alimentation sitop
- Condensateurs
- Transfos
- Bloc de sécurité
- Auxiliaires de commande et de signalisation
- Convertisseur de signal

II.3.4. LES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES

II.3.4.1. CIRCUIT DE VIDE

Dans le cas d'un refoulement en dépression les pompes centrifuges doivent être amorcées avant leurs mises en marche pour les installations, on fait appeler à pompes à vide, injectrices, réservoir d'amorçage, conduite d'aspiration dont la perte est négligeable.

Pour les stations équipées de plusieurs pompes fonctionnent en parallèle on peut utiliser l'auto amorçage

II.3.4.2. SYSTEM ANTI-INCENDIE

Les moyens destinés à lutter contre l'incendie qui pourrait survenir dans un bâtiment dépendent de sa superficie et son importance généralement sont les extincteurs, les sacs à sable, les pompes d'incendie.

Les pompes d'incendie de préférence sont deux dont une de secours ; la commande se fait manuellement et doit être installée en charge s'il est possible afin que la mise en marche soit facile et rapide.

La charge de la pompe d'incendie est déterminée en fonction de la hauteur du bâtiment

$$H_{\text{Pinc}} = H + H_b + h_p$$

Où : H : la hauteur du bâtiment.

H_b : pression au niveau de la bouche d'incendie.

h_p : pertes de charge (1-2) m.

II.3.4.3. DISPOSITIF DE LEVAGE

Les dispositifs de levage doivent être prévus dans le bâtiment afin de permettre de surélever et de transporter les groupes de pompage tel que pompes, vannes, moteurs, ... etc. sur la plateforme de démontage, le choix du dispositif se fait en fonction des pièces lourdes à déplacer et des dimensions du bâtiment.

II.3.4.4. SYSTEME DE DRAINAGE ET D'ASSECHEMENT

L'évacuation d'une eau dans les stations de pompage peut se faire en utilisant les pompes auto-amorçantes ou celles immergées, des fois on peut faire appel aux pompes portatives.

Le système d'équipement comprend : puisard, conduite de rejet et de refoulement, pompes, robinetteries, appareillage de contrôle.

Pour l'évacuation des eaux de surface, on prévoit une légère pente qui sert à ramener l'eau vers une rigole ensuite vers l'oued.

II.3.4.5. RESERVOIR ANTI-BELIER

Le réservoir d'air anti-bélier a plusieurs appellations : Douche a air, ballon d'air, réservoir d'air ; le réservoir d'air est placé à l'approximât de la pompe lors de l'arrêt de la pompe le débit dans la conduite diminuée brusquement il est remplacé partiellement par celui d'un ballon d'air et pendant la surpression le sen plus d'eau rejoindra le ballon d'air et diminuera cette surpression.

Le réservoir anti-bélier est placé suivant un dispositif qui facilite la sortie de l'eau vers la conduite lors de la dépression et qui favorise les pertes de charges lors de la surpression.

Réservoir d'Air

Plusieurs chercheurs (COMBES et BOROT, PUECH et MENIER, GAULET, VIBERT...) on établit des abaques qui permettent une approche conservant le dimensionnement du réservoir d'air.

II.4. DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGES

II.4.1. BATIMENT DE LA STATION DE POMPAGE

Toutes les stations de pompage peuvent être divisées en deux groupes :

- Station de pompage flottante.
- Station de pompage stationnaire.

Le bâtiment de la station de pompage se construira pour abriter l'ensemble des installations suivantes :

- équipement hydraulique, hydro-mecaniques principaux et auxiliaires.
- appareillage électrique.
- locaux de personnel, etc.

II.4.2. TYPE DE BATIMENT

Le type du bâtiment choisi devra en premier lieu satisfaire aux facteurs suivants :

- Modes de raccordement des bâtiments à la prise d'eau
- But de la station de pompage (AEP, Irrigation)
- Type des pompes et des moteurs (à axe horizontal, vertical)
- Condition de la nature (climat, relief, géologie, hydrogéologie...)
- Matériau de construction du bâtiment.

II.4.3. PARTICULARITE DE LA CONSTRUCTION DU BATIMENT DE LA STATION DE POMPAGE

II.4.4.2. DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR DE REGULATION

Le volume total du réservoir dit réservoir de régulation est composé de : Volume de sécurité et le Volume de régulation.

$$V_t = V_{reg} + V_{sec}$$

V_{reg} : Le volume de régulation à prévoir entre les niveaux associés sera calculé de façon à limiter le nombre de démarrage des groupes à une fréquence compatible avec le type de matériel choisi

V_{sec} : volume de sécurité est correspondre à deux heures de pointe destiner à limite les dégâts en cas de panne de la station de pompage.

II.4.5. CALCUL DU DEBIT DE POMPAGE

Pour déterminer la pompe voulue, on doit se référer en principe au hydromodule mensuel de la demande.

Donc, on envisage une autre procédure, en tout cas, le nombre de pompes dans la station doit être le plus faible possible afin que les dimensions du bâtiment de la station soient plus réduites et plus raisonnables à construire.

II.4.6. CHOIX DES POMPES

Les pompes doivent satisfaire les conditions suivantes :

- Assurer le débit calculé et la hauteur manométrique calculée
- Le rendement est meilleur η_{\max}
- Un poids faible, une anticorrosion, non encombrement..
- Assurer une capacité d'aspiration forte.
- Une vitesse de rotation importante.
- Anti- cavitation.
- Exploitation simple.
- Répondre à la construction économique du bâtiment

II.4.7. CHOIX DU NOMBRE DE POMPE

La station de pompage doit être équipée d'un nombre suffisant de pompes assurant le débit forcé

$$N = n_p + 1$$

N: nombre de pompes installées et **n_p**: nombre de pompe choisis

Le nombre de pompes nécessaire, déterminé de la façon suivante :

- On varié le type de catégorie de la station de pompage jusqu'à obtenir le nombre qui assure le débit exacte
- Le chiffre 1 veut dire qu'on a une pompe de secours installée. Ce nombre varie suivant le nombre de pompes, pour un nombre inférieur à 4 comme dans notre cas le nombre de pompes de secoure est égale à 1.

II.4.11. OPTIMISATION DU DIAMETRE ECONOMIQUE

Les conduites en charges sont destinées à transporter l'eau à partir de la station de pompage jusqu'au lieu d'utilisation de celle-ci. Le prix de conduites dépassent souvent celui de la station de pompage,

c'est pourquoi les éléments de la construction des conduites de refoulement doivent être déterminés à l'aide des calculs technico-économiques.

II.4.11. 1. NOMBRE DE COLLECTEURS

Le nombre de collecteurs est déterminés en fonction de deux facteurs

- La longueur du tracé. Le nombre de pompes.

II.4.11.2. CALCUL DU DIAMETRE ECONOMIQUE

Le calcul du diamètre économique du tracé d'adduction basé une étude technico-économique puisque la conduite de refoulement et la station de pompage sont liées.

En effet, plus le diamètre du collecteur est petit pour un même débit à relever, plus le moteur d'entraînement devra être puissant, donc plus l'énergie dépensée sera importante.

Ce calcul à une optimisation entre :

- Les frais d'amortissement de la conduite, qui croissent avec le diamètre.
- Et les frais d'exploitation de la station de pompage qui décroît quand le diamètre augmente, par suite de diminution des pertes de charges.

Les paramètres essentiels qui interviennent dans la détermination de ce diamètre économique sont :

- Le débit du collecteur de refoulement, leur nombre et leur matériau.
- Les pertes de charges du mètre linéaire de la conduite de refoulement.
- Graphique de la demande en eau.
- Schéma de raccordement des pompes au collecteur en charge.
- Prix de mètre linéaire de la conduite posée.
- Type d'énergie et son prix.
- Rendement de la station de pompage.

II.4.12.CALCUL DU RENDEMENT DE LA STATION DE POMPAGE

Le rendement de la station de pompage est déterminé comme suit :

$$\eta_{sp} = \eta_p \times \eta_m \times \eta_{tr} \times \eta_{rés}$$

Avec :

η_p : rendement de la pompe choisie égale à 77%.

η_m : rendement du moteur électrique qui est égale à 95%.

η_{tr} : rendement de la transmission qui est égale à 1.

$\eta_{rés}$: rendement du réseau électrique qui est égale à (97 à 99)%.