

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master en Génie Mécanique

Option : Génie Thermique et Energies Renouvelables

## Thème

Constat de l'installation de pompage  
d'eau de mer pour dessalement  
d'ALZINC

**Présenté par :** Mrs : SEDJAI Soufiane  
NEBBACHE Mohamed

**Membres du jury :** Mr AZZI Ahmed Président  
Mr BENMOUSSAT Abderrahim Examineur  
Mr BENRAMDANE Mohamed Examineur

**Encadreur:** Mr SEBBANE Omar

Année Universitaire : 2011-2012

# *Dédicaces*

Nous dédions ce mémoire à :

A nos chers parents pour leur soutien moral et matériel durant toute notre vie.

A nos frères et sœurs.

Ainsi qu'à tous nos proches et amis.

NEBBACHE Mohamed  
SEDJAI Soufiane

# *Remerciements*

Le travail présenté dans ce mémoire a été élaboré sous la direction de Monsieur SEBBANE Omar le quel nous nous permettons d'exprimer toute nos gratitude et nos vifs remerciements pour les précieux conseils qu'ils a su nous prodiguer et le suivi constructif.

Nous remercions également toute personne ayant participé de près ou de loin à la préparation de ce travail, qu'ils trouvent tous, ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

Nous joignons à cette pensée, les responsables des services techniques de la société "ALZINC" de Ghazaouet pour leur disponibilité. Ils nous ont permis de nous pencher de près sur la station de pompage de la société et de ses éléments constitutifs, sur son exploitation et sa maintenance.

Nous tenons à remercier également les enseignants du département de génie mécanique de la Faculté de technologie de l'université Aboubekr Belkaid de Tlemcen. Nos remerciements vont également à messieurs les membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce travail ainsi que pour leur délicate attention.

NEBBACHE Mohamed  
SEDJAI Soufiane

# Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## Chapitre 1 : Rappels de cours de mécanique des fluides

I.1 Introduction .....	2
I.2 Débit.....	2
I.2.1 Débit-masse .....	2
I.2.2 Débit-volume.....	2
I.2.3 Relation entre débit masse $q_m$ et débit volume $q_v$ .....	2
I.2.4 Ecoulements permanents ou stationnaires.....	3
I.3 Equation de conservation de la masse ou équation de continuité.....	3
I.3.1 Définitions .....	3
I.3.2 Conservation du débit.....	4
I.3.3 Expression du débit en fonction de la vitesse.....	4
I.3.4 Vitesse moyenne .....	5
I.4 Théorème de BERNOULLI .....	6
I.4.2 Cas d'un écoulement (1) $\rightarrow$ (2) sans échange de travail .....	7
I.4.3 Cas d'un écoulement (1) $\rightarrow$ (2) avec échange d'énergie.....	8
I.5 Application du Théorème de Bernoulli.....	9
I.5.1 Tube de Pitot .....	9
I.5.2 Phénomène de Venturi.....	10
I.6 Viscosité .....	12
I.6.1 Viscosité dynamique.....	13
I.6.2 Viscosité cinématique .....	13
I.7 Pertes de charges.....	13
I.7.1 Les différents régimes d'écoulement : nombre de Reynolds .....	13
I.7.2 Théorème de Bernoulli appliqué à un fluide réel avec pertes de charge.. .....	14
I.7.3 Expression des pertes de charge .....	15
I.7.3.1 Influence des différentes grandeurs .....	15
I.7.3.2 Pertes de charges systématiques .....	16
I.7.3.3 Pertes de charge accidentelles .....	19
I.7.4 Théorème de Bernoulli généralisé .....	19

## Chapitre 2 : Généralités sur les Stations de pompage

II.1 Introduction .....	21
II.2 Station de pompage pour groupe centrifuge de surface .....	21
II.2.1 Station enterrée pour pompe immergée .....	21
II.2.2 Prise d'eau en mer .....	22
II.2.2.1 Prise d'eau par aspiration .....	22
II.2.2.2 Prise d'eau gravitaire .....	23
II.3 Conception d'une station de pompage.....	23
II.3.1 Pompes .....	24
II.3.2 Variation de vitesse .....	25
II.3.3 Automatismes .....	26
II.4 Environnement des stations de pompage .....	26
II.4.1 Bruit et vibrations dans les stations .....	27
II.4.1.1. Origine des bruits .....	28
II.4.1.2. Vibrations .....	29
II.4.1.3. Vibrations liées aux écoulements dans les pompes .....	30
II.5 Entraînement et systèmes auxiliaires .....	33
II.5.1 Types d'entraînement .....	33
II.5.1.1. Moteurs électriques .....	33
II.5.1.2. Moteurs diesel .....	35
II.5.2. Transmissions moteur-pompe .....	36
II.5.3. Choix de la puissance et du couple moteur .....	37
II.6 Installation des pompes centrifuges .....	37
II.6.1 Préparation pour l'embarquement .....	37
II.6.2. Entretien de l'équipement sur le champ .....	38
II.6.3. Location de la pompe .....	39
II.6.4 Fondations .....	39
II.6.5 Alignement .....	40
II.6.6 Tuyauterie .....	41
II.6.6.1. Aspiration .....	41
II.6.6.2 Refoulement .....	42
II.6.6.3 Contraintes de la tuyauterie .....	42
II.6.6.4 Joints d'extension .....	43
II.6.6.5 Filtres d'aspiration .....	44
II.6.6.6 Event et Purge .....	44
II.6.7. Robinets .....	45
II.6.7.1 Fonctions des robinets .....	45
II.6.7.2 Paramètres déterminant le choix de pompe .....	46
II.6.8 Amorçage .....	47
II.6.9 Contrôles avant le démarrage .....	48
II.6.10. Procédures de démarrage et d'arrêt .....	49

## Chapitre 3 : Constat de la station de pompage « ALZINC »

III.1 Introduction .....	52
III.2 Présentation de l'entreprise AL ZINC .....	52
III.3 Station de pompage de la société "ALZINC" .....	56
III.3.1 Appareils de la station .....	59
III.3.1.1 Alimentation de l'installation .....	59
III.3.1.2 Centrale de vide .....	60
III.3.1.3 Filtres .....	64
III.3.1.4 Robinetteries de la station .....	66
III.3.1.5 Organes de manutention .....	67
III.3.1.6 Pompes centrifuges de reprises .....	68
III.3.1.7 Pompes centrifuges principales .....	69
III.3.2 Mise en marche et arrêt de la station .....	70
III.4 Description de la pompe principale .....	74
III.4.1 Moteur électrique .....	74
III.4.2 Support de moteur .....	75
III.4.3 Tête de transmission .....	76
III.4.4. Transmission et le tube de refoulement .....	77
III.4.5 Pompe et sa crépine .....	79
III.4.5.1 Pavillon d'aspiration et la crépine .....	79
III.4.5.2 Volute .....	79
III.4.5.3 Roue .....	80
III.4.5.4 Arbre .....	81
III.4.5.5 Palier .....	81
III.4.5.6 Culotte de refoulement .....	82
III.4.5.7 Accessoires .....	82
III.4.6 Exemple graphique .....	82
III.5 Spécificité du pompage en milieu marin .....	85

## Chapitre 4 : Remarques et solutions des problèmes

Introduction.....	86
IV.1 Pertes de charge .....	86
IV.1.1 Les pertes de charges linéaires.....	86
IV.1.2 Les pertes de charge singulière .....	86
IV.2 Le dépôt des moules .....	87
IV.3 La corrosion .....	87
IV.3.1 : Corrosion uniforme .....	88
IV.3.2 Corrosion galvanique .....	88
IV.4 Les pannes des pompes et le cout des pièces pour la réparation .....	89
IV.5 Hygiène et sécurité dans les stations de pompage .....	89
IV.5.1 Risques à considérer lors de la conception des ouvrages .....	90
IV.5.1.1. Risques provenant des matériels et machines .....	90

IV.5.1.2 Risques provenant de produits dangereux .....	92
IV.5.2. Travaux dans les stations de pompage .....	92
IV.6 Quelques solutions pour les problèmes dans la station de pompage .....	93
IV.6.1 Protection contre Le dépôt des moules et coquillage .....	93
IV.6.1.1 Etat de surface des bétons et des tuyauteries .....	93
IV.6.1.2 maintien dans l'obscurité des bassins .....	93
IV.6.1.3 Chloration de l'eau .....	93
IV.6.2 Protection contre la corrosion .....	94

## **Chapitre 5 : Calcul de la station de pompage**

V.1 Introduction .....	95
V.2 Cas de deux pompes .....	95
V.2.1 Les pertes de charge linéaires .....	95
V.2.1.1 Au niveau de la station .....	95
V.2.1.2 Au niveau de la conduite .....	98
V.2.2 calcul des pertes de charge singulières .....	99
V.2.2.1 Au niveau de la station .....	100
V.2.2.2 Au niveau de la conduit .....	101
V.3 Cas d'une pompe .....	103
V.3.1 les pertes de charge linéaires.....	103
V.3.1.1 Au niveau de la station .....	103
V.3.1.2 Au niveau de la conduite .....	103
V.3.2 calcul des pertes de charge singulières .....	104
V.3.2.1 au niveau de la station .....	104
V.3.1.2 Au niveau de la conduit .....	105
V.4 Conclusion .....	107

Conclusion générale .....	108
---------------------------	-----

Annexe .....	110
--------------	-----



# *Introduction générale*

Dans notre mémoire, nous nous sommes intéressés à la technologie et l'exploitation de la station de pompage d'eau de mer qui occupe une place importante dans le processus de production de la société "ALZINC" de Ghazaouet où nous avons eu l'occasion d'effectuer un stage pratique.

Chaque équipement de la station à un rôle important dans son exploitation. Pour cela nous avons consacré ce mémoire à l'étude de fonctionnement et l'exploitation des équipements d'une station de pompage. Nous avons pris le cas de la société « ALZINC ». On a divisé notre travail en cinq chapitres. Dans le premier on fait des rappels de cours de mécanique des fluides. Une étude technologique de la station de pompage est abordée au deuxième chapitre.

Le troisième chapitre présente la société "ALZINC" avec la description des pompes centrifuges tout en mettant en évidence la spécificité du pompage en milieu marin ainsi que l'hygiène et la sécurité dans les stations de pompage.

Dans le quatrième chapitre on fait des remarques et quelque solutions des problèmes sont trouvés au niveau de la station et on calcule les pertes de charges dans la station de pompage et les conduites.

Enfin dans le cinquième chapitre on fait des calculs de la station de pompage et on trace la courbe de fonctionnement soit avec deux pompes en marche ou une seule pompe en marche et on calcule la puissance et le facteur énergétique de la station.

## I.1 Introduction :

Nous présentons dans ce chapitre quelques définitions de quelques grandeurs correspondantes aux écoulements de fluides Newtoniens pour le calcul des conduites (perte de charge) et la détermination du débit fourni par les pompes pour alimenter tout le réseau de canalisations d'unité de dessalement d'ALZINC.

## I.2 Débit :

Le débit est le quotient de la quantité de fluide qui traverse une section droite de la conduite par la durée de cet écoulement.

### I.2.1 Débit-masse :

$$q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad \text{en kg/s} \quad (1-1)$$

Avec  $\Delta m$  la variation de la masse de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant la variation de temps  $\Delta t$ .

### I.2.2 Débit-volume :

$$q_v = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{en m}^3/\text{s} \quad (1-2)$$

Si  $\Delta v$  est la variation de volume de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant la variation de temps  $\Delta t$ .

### I.2.3 Relation entre débit masse $q_m$ et débit volume $q_v$

$$q_m = \rho \cdot q_v \quad (1-3) [1]$$

### ***1.2.4 Ecoulements permanents (ou stationnaires) :***

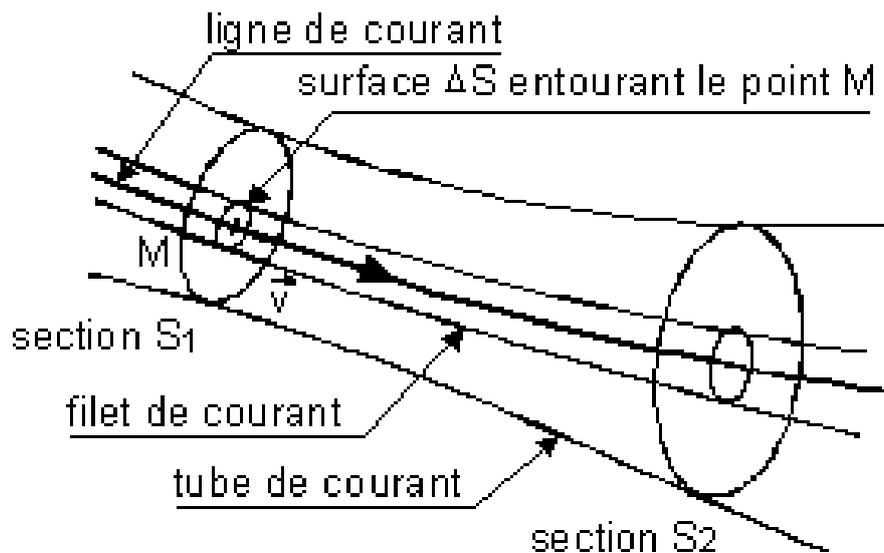
Un régime d'écoulement est dit permanent ou stationnaire si les paramètres qui le caractérisent (pression, température, vitesse, masse volumique ; ...), ont une valeur constante au cours de temps.

## **I.3 Equation de conservation de la masse (ou équation de continuité) :**

### ***1.3.1 Définitions :***

#### **Ligne de courant :**

En régime stationnaire, on appelle ligne de courant la courbe suivant laquelle se déplace un élément de fluide. Une ligne de courant est tangente en chacun de ses points au vecteur vitesse du fluide en ce point.



**Figure I.1 : Ligne de courant**

**Tube de courant :**

Ensemble des lignes de courant s'appuyant sur une courbe fermée.

**Filet de courant :**

Tube de courant s'appuyant sur un petit élément de surface  $\Delta S$ . La section de base  $\Delta S$  du tube ainsi définie est suffisamment petite pour que la vitesse du fluide soit la même en tous ses points (répartition uniforme) [1].

***1.3.2 Conservation du débit :***

Considérons un tube de courant entre deux sections  $S_1$  et  $S_2$ . Pendant l'intervalle de temps  $\Delta t$ , infiniment petit, la masse  $\Delta m_1$  de fluide ayant traversé la section  $S_1$  est la même que la masse  $\Delta m_2$  ayant traversé la section  $S_2$ .

$q_{m_1} = q_{m_2}$  en régime stationnaire, le débit-masse est le même à travers toutes les sections droites d'un même tube de courant [1].

***1.3.3 Expression du débit en fonction de la vitesse :***

Le débit-volume est aussi la quantité de liquide occupant un volume cylindrique de base  $S$  et de longueur égale à  $V$ , correspondant à la longueur de trajet effectué pendant l'unité de temps, par une particule de fluide traversant  $S$ .

Il en résulte la relation importante :

$$q_V = V \cdot S \quad (1-4) \quad [1]$$

### I.3.4 Vitesse moyenne :



**Figure I.2** : Profil de vitesse

En général la vitesse n'est pas constante sur la section  $S$  d'un tube de courant ; on dit qu'il existe un profil de vitesse (à cause des forces de frottement).

La vitesse moyenne apparait comme la vitesse uniforme à travers la section  $S$  qui assurerait le même débit que la répartition réelle des vitesses.

Si l'écoulement est isovolume, cette vitesse moyenne est inversement proportionnelle à l'aire de la section droite.

$$q_{V_1} = V_{1\text{moy}} \cdot S_1 = V_{2\text{moy}} \cdot S_2 = \text{cste} \quad \text{C'est l'équation de continuité.}$$

$$\frac{V_{m1}}{V_{m2}} = \frac{S_2}{S_1} \quad (1-5)$$

La vitesse moyenne est d'autant plus grande que la section est faible [1].

## I.4 Théorème de BERNOULLI :

### I.4.1 Théorème de BERNOULLI pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible :

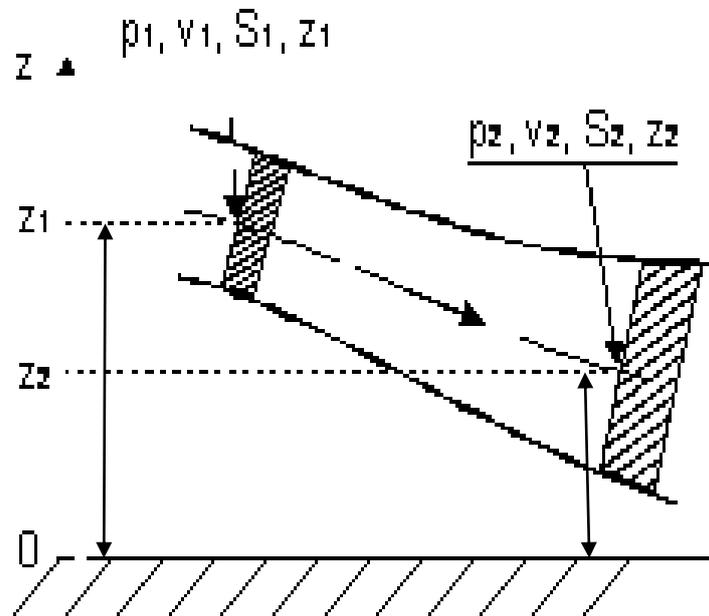


Figure I.3 : Ecoulement d'un fluide

Un fluide parfait est un fluide dont l'écoulement se fait sans frottement. On considère un écoulement permanent isovolume d'un fluide parfait, entre les sections  $S_1$  et  $S_2$ , entre les quelles il n'y a aucune machine hydraulique (pas de pompe ni de turbine).

Soit  $m$  la masse et  $V$  le volume de fluide qui passe à travers la section  $S_1$  entre les instants  $t$  et  $t+\Delta t$ . Pendant ce temps la même masse et le même volume de fluide passe à travers la section  $S_2$ . Tout se passe comme si ce fluide était passé de la position (1) à la position (2).

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à ce fluide entre les instants  $t$  et  $t+\Delta t$  (la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des forces extérieures : poids et forces pressantes), on obtient :

$$\frac{\rho V^2}{2} + \rho g z + p = Cte \quad (1-6)$$

Tous les termes s'expriment en pascal (Pa).

$P$  : la pression statique.

$\rho g z$  : la pression de pesanteur.

$\frac{\rho V^2}{2}$  : la pression dynamique.

En divisant tous les termes de la relation précédente par le produit  $g$ , on écrit tous les termes dans la dimension d'une hauteur (pression exprimées en mètres de colonne de fluide).

$$\frac{V^2}{2g} + Z + \frac{P}{\rho g} = cste \quad (1-7)$$

$\frac{P}{\rho g}$  : l'hauteur de pression.

$Z$  : la cote.

$\frac{V^2}{2g}$  : l'hauteur dynamique.

$Z + \frac{P}{\rho g}$  : l'hauteur piézométrique.

#### ***1.4.2 Cas d'un écoulement (1) → (2) sans échange de travail***

Lorsque, dans un écoulement d'un fluide parfait, il n'y a aucune machine (ni pompe ni turbine) entre les points (1) et (2) d'une même ligne de courant, la relation de Bernoulli peut s'écrire sous l'une ou l'autre des formes suivantes :

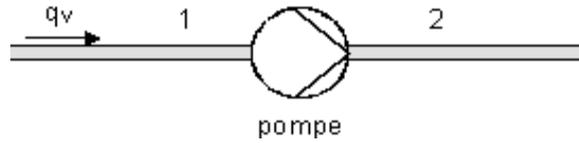
$$\frac{1}{2}\rho(V_2^2 - V_1^2) + \rho g(Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = 0 \quad (1-8)$$

Ou

$$\frac{1}{2}g(V_2^2 - V_1^2) + (Z_2 - Z_1) + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} = 0 \quad (1-9) \quad [1]$$

***1.4.3 Cas d'un écoulement (1) → (2) avec échange d'énergie :***

Lorsque le fluide traverse une machine hydraulique, il échange de l'énergie avec cette machine sous forme de travail  $\Delta W$  pendant une durée  $\Delta t$ . La puissance  $P$  échangée est



**Figure I.4 :** Ecoulement avec échange de travail

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (1-10)$$

- $P > 0$  si l'énergie est reçue par le fluide (ex. : pompe)
- $P < 0$  si l'énergie est fournie par le fluide (ex. : turbine).

Si le débit-volume est  $q_V$ , la relation de Bernoulli s'écrit alors :

$$\frac{1}{2}\rho(V_2^2 - V_1^2) + \rho g(Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = \frac{P}{q_v} \quad (1-11) \quad [1]$$

## I.5 Application du Théorème de Bernoulli :

### I.5.1 Tube de Pitot :

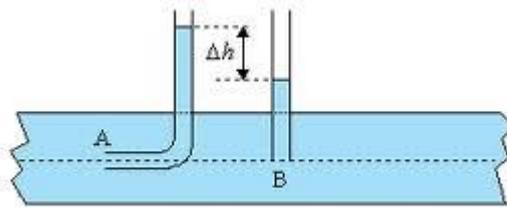


Figure I.5 : Tube de pitot

On considère un liquide en écoulement permanent dans une canalisation et deux tubes plongeant dans le liquide, l'un débouchant en A face au courant, et l'autre en B est le long des lignes de courant, les deux extrémités étant à la même hauteur. Au point B, le liquide a la même vitesse  $v$  que dans la canalisation et la pression est la même que celle du liquide  $p_B = p_A$ .

En A, point d'arrêt, la vitesse est nulle et la pression est  $p_A$ . D'après le théorème de Bernoulli :

$$P_B + \frac{1}{2}\rho V^2 = P_A \quad (1-12)$$

Et

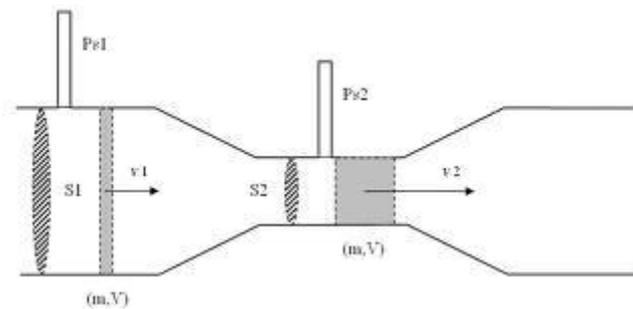
$$\frac{1}{2}\rho V^2 = \rho gh \quad (1-13)$$

En mesurant la dénivellation  $h$  du liquide dans les deux tubes, on peut en déduire la vitesse  $v$  d'écoulement du fluide [1].

### ***1.5.2 Phénomène de Venturi :***

Un conduit de section principale  $S_1$  subit un étranglement en 2 où sa section est  $S_2$ . La vitesse d'un fluide augmente dans l'étranglement, donc sa pression  $y$  diminue :

$$V_2 > V_1 \quad \text{P} \quad P_2 < P_1$$



**Figure I.6 : Venturi**

Le théorème de Bernoulli s'écrit ici :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 \quad (1-14)$$

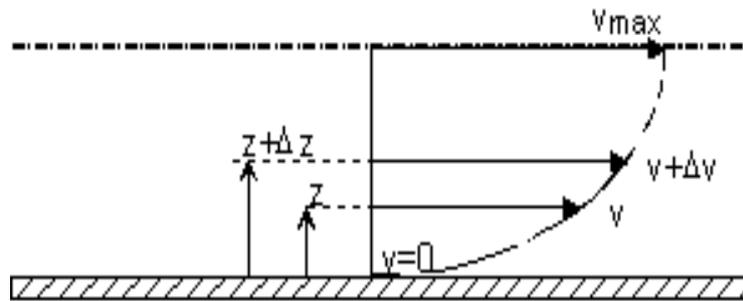
D'après l'équation de continuité,

$$V_2 S_2 = V_1 S_1 = q_V \quad \text{Et} \quad V_2 > V_1 \quad \text{donc} \quad P_1 > P_2$$

$$\Leftrightarrow H_1 > h_2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho \left( \frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right) q^2 = K q^2 \quad (1-15)$$

La différence de pression aux bornes aux extrémités du tube de Venturi est proportionnelle au carré du débit ; application à la mesure des débits (organes déprimogènes). On peut citer aussi la trompe à eau, le pulvérisateur... [1].

**I.6 Viscosité :****Figure I.7 : Viscosité**

Si on représente par un vecteur, la vitesse de chaque particule située dans une section droite perpendiculaire à l'écoulement d'ensemble, la courbe lieu des extrémités de ces vecteurs représente le profil de vitesse.

Le mouvement du fluide peut être considéré comme résultant du glissement des couches de fluide les unes sur les autres. La vitesse de chaque couche est une fonction de la distance  $z$  de cette couche au plan fixe :  $V = V(z)$  [1].

### ***1.6.1 Viscosité dynamique :***

Considérons deux couches de fluide contiguës distantes de  $\Delta z$ . La force de frottement  $F$  qui s'exerce à la surface de séparation de ces deux couches s'oppose au glissement d'une couche sur l'autre. Elle est proportionnelle à la différence de vitesse des couches soit  $\Delta V$ , à leur surface  $S$  et inversement proportionnelle à  $\Delta Z$  :

$$F = \frac{\mu \cdot S \cdot \Delta V}{\Delta Z} \quad (1-18)$$

Le facteur de proportionnalité est le coefficient de viscosité dynamique du fluide.

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité dynamique est le Pascal seconde (Pa·s) ou Poiseuille (Pl) :  $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ Pl} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$  [1].

### ***1.6.2 Viscosité cinématique :***

Dans de nombreuses formules apparaît le rapport de la viscosité dynamique et de la masse volumique. Ce rapport est appelé viscosité cinématique :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-19)$$

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité n'a pas de nom particulier : ( $\text{m}^2/\text{s}$ ). Dans le système CGS (non légal), l'unité est le Stokes (St) :  $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St}$  [1].

## **I.7 Pertes de charges :**

### ***1.7.1 Les différents régimes d'écoulement : nombre de Reynolds :***



**Figure I.8 :** Les différents régimes d'écoulements

Les expériences réalisées par Reynolds (1883) lors de l'écoulement d'un liquide dans une conduite cylindrique rectiligne dans laquelle arrive également un filet de liquide coloré, ont montré l'existence de deux régimes d'écoulement laminaire et turbulent.

En utilisant des fluides divers (viscosité différente), en faisant varier le débit et le diamètre de la canalisation, Reynolds a montré que le paramètre qui permettait de déterminer si l'écoulement est laminaire ou turbulent est un nombre sans dimension appelé nombre de Reynolds il est donné par :

$$R_e = \rho \frac{V_m D}{\mu} \quad \text{ou} \quad R_e = \frac{V_m D}{\nu} \quad (1-20)$$

$\rho$  : la masse volumique de fluide

$V$  : vitesse moyenne

$D$  : diamètre de la conduite

$\mu$  : viscosité dynamique de fluide

$\nu$  : viscosité cinématique  $\nu = \mu / \rho$ .

L'expérience montre que :

Si  $R_e < 2300$  : le régime est laminaire.

Si  $2300 < R_e < 3200$  : le régime est intermédiaire.

Si  $R_e > 3200$  : le régime est turbulent

Ces valeurs doivent être considérées comme des ordres de grandeur. Le passage d'un type d'écoulement à un autre se fait progressivement [1].

### ***1.7.2 Théorème de Bernoulli appliqué à un fluide réel avec pertes de charge :***

Lors d'un écoulement d'un fluide réel il peut y avoir des pertes de charge entre les points (1) et (2) : dans le cas d'une installation ne comportant pas de machine hydraulique (pompe ou turbine) on écrira la relation de Bernoulli sous la forme :

$$\frac{1}{2}\rho(V_2^2 - V_1^2) + \rho g(Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = -\Delta P \quad (1-21)$$

$\Delta P$  représente l'ensemble des pertes de charge entre (1) et (2) exprimées en Pa [1].

### ***1.7.3 Expression des pertes de charge :***

#### **1.7.3.1 Influence des différentes grandeurs :**

Lorsqu'on considère un fluide réel, les pertes d'énergie spécifiques ou bien comme on les appelle souvent, les pertes de charge dépendent de la forme, des dimensions et de la rugosité de la canalisation, de la vitesse d'écoulement et de la viscosité du liquide mais non de la valeur absolue de la pression qui règne dans le liquide.

La différence de pression  $P = P_1 - P_2$  entre deux points (1) et (2) d'un circuit hydraulique a pour origine :

- Les frottements du fluide sur la paroi interne de la tuyauterie ; on les appelle pertes de charge régulières ou systématiques.
- La résistance à l'écoulement provoquée par les accidents de parcours (coudes, élargissements ou rétrécissement de la section, organes de réglage, etc.) ; ce sont les pertes de charge accidentelles ou singulières.

Le problème du calcul de ces pertes de charge met en présence les principales grandeurs suivantes :

Le fluide caractérisé par :

- sa masse volumique  $\rho$ .
- sa viscosité dynamique  $\eta$ .

Un tuyau caractérisée par :

- sa section (forme et dimension) en général circulaire (diamètre D), sa longueur L.
- sa rugosité (hauteur moyenne des aspérités de la paroi).

Ces éléments sont liés par des grandeurs comme la vitesse moyenne d'écoulement  $v_m$  ou le débit  $q_v$  et le nombre de Reynolds  $Re$  qui joue un rôle primordial dans le calcul des pertes de charge [1].

### I.7.3.2 Pertes de charge systématiques :

Ce genre des pertes est causé par le frottement intérieur qui se produit dans les liquides; il se rencontre dans les tuyaux lisses aussi bien que dans les tuyaux rugueux. Entre deux points séparés par une longueur L, dans un tuyau de diamètre D apparaît une perte de pression  $\Delta p$ . exprimée sous la forme suivante :

$$\Delta P = \lambda \frac{\rho V^2 L}{2 D} \quad (1-22)$$

Différence de pression en Pa.

$$\Delta h = \lambda \frac{V^2 L}{2g D} \quad (1-23)$$

Le calcul des pertes de charge repose entièrement sur la détermination de ce coefficient de perte de charge linéaire  $\lambda$ .

- **Cas de l'écoulement laminaire :**  $Re < 2300$

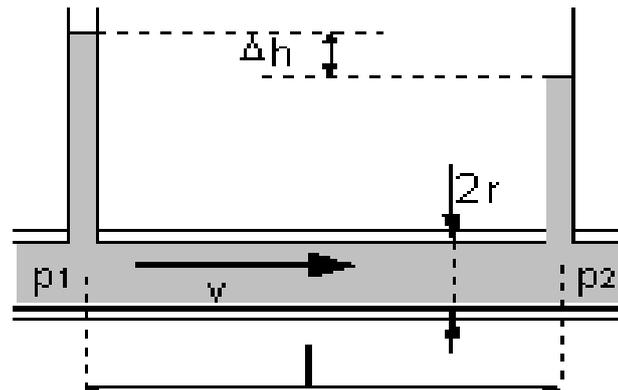
Dans ce cas on peut montrer que le coefficient est uniquement fonction du nombre de Reynolds ; l'état de la surface n'intervient pas et donc ne dépend de K (hauteur moyenne des aspérités de tuyau), ni de la nature de la tuyauterie.

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{Avec} \quad Re = \frac{VD}{\nu} \quad (1-24)$$

- **Loi de Poiseuille :**

Pour un écoulement laminaire, dans une conduite cylindrique horizontale, le débit-volume d'un fluide est donné par :

$$q_v = \frac{\pi r^2}{8\eta l} (P_1 - P_2) \quad (1-25)$$



**Figure I.9 :** Loi de poiseuille

- $q_v$  : débit-volume ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),
- $r$  : rayon intérieur (m),
- $\mu$  : viscosité dynamique du fluide ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ),
- $l$  : longueur entre les points (1) et (2) (m),
- $p_1$  et  $p_2$  : pressions du fluide aux points (1) et (2) (Pa).

❖ **Cas de l'écoulement turbulent :**  $Re > 3200$

Les phénomènes d'écoulement sont beaucoup plus complexes et la détermination du coefficient de perte de charge résulte de mesures expérimentales. C'est ce qui explique la diversité des formules anciennes qui ont été proposées pour sa détermination.

En régime turbulent l'état de la surface devient sensible et son influence est d'autant plus grande que le nombre de Reynolds  $Re$  est grand. Tous les travaux ont montré l'influence de la rugosité et on s'est attaché par la suite à chercher la variation du coefficient en fonction du nombre de Reynolds  $Re$  et de la rugosité  $\xi$  du tuyau.

La formule de 'Cole brook 'est actuellement considérée comme celle qui traduit le mieux les phénomènes d'écoulement en régime turbulent. Elle est présentée sous la forme suivante :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{\xi}{3,7D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}}\right) \quad (1-26)$$

L'utilisation directe de cette formule demanderait, du fait de sa forme implicite, un calcul par approximations successives ; on emploie aussi en pratique des représentations graphiques (voir abaques en annexe, page 113).

Pour simplifier la relation précédente, on peut chercher à savoir si l'écoulement est hydrauliquement lisse ou rugueux pour évaluer la prédominance des deux termes entre parenthèses dans la relation de 'Colebrook.'

**Remarque :**

On fait souvent appel à des formules empiriques plus simples valables pour des cas particuliers et dans un certain domaine du nombre de Reynolds, par exemple :

Formule de Blasius : (pour des tuyaux lisses et  $4000 < Re < 10^5$ )

$$\lambda = 0.316 \cdot Re^{-0,25} \quad (1-27) \quad [1]$$

### I.7.3.3 Pertes de charge accidentelles :

Ainsi que les expériences le montrent, dans beaucoup de cas, les pertes de charge sont proportionnelles au carré de la vitesse et donc on a adopté la forme suivante d'expression :

- pertes de charge exprimée en : Pa

$$\Delta P = \frac{K\rho V^2}{2g} \quad (1-28)$$

- pertes de charge exprimée en : mètre

$$\Delta P = \frac{KV^2}{2g} \quad (1-29)$$

K est appelé coefficient de pertes de charge singulière (sans dimension).

La détermination de ce coefficient est principalement du domaine de l'expérience [1].

### *1.7.4 Théorème de Bernoulli généralisé :*

Lors d'un écoulement d'un fluide réel entre les points (1) et (2) il peut y avoir des échanges d'énergie entre ce fluide et le milieu extérieur :

- Le travail à travers une machine, pompe ou turbine ; la puissance échangée étant P.
- Les pertes de charge dues aux frottements du fluide sur les parois ou les accidents de parcours ; la différence de pression étant  $\Delta P$ .

Le théorème de Bernoulli s'écrit alors sous la forme générale :

$$\frac{1}{2}\rho(V_2^2 - V_1^2) + \rho g(Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = \frac{\sum P}{q_v} - \Delta P \quad (1-30)$$

Avec :

$\sum P$  : Somme des puissances échangées entre le fluide et le milieu extérieur, à travers une machine, entre (1) et (2) :

$P > 0$  si le fluide reçoit de l'énergie de la machine (pompe),

$P < 0$  si le fluide fournit de l'énergie à la machine (turbine),

$P = 0$  s'il n'y a pas de machine entre (1) et (2).

$\Delta P$  : somme des pertes de charge entre (1) et (2) [1].

## **II.1 Introduction :**

La station de pompage regroupe l'ensemble des appareils (pompes, moteurs, transformateurs...) ainsi que divers équipements de commande, de régulation et protection des installations (contacteur, disjoncteur, pressostat, horloge.) Pour des raisons de sécurité et de fiabilité, une station de pompage est normalement équipée de:

- deux sources d'alimentation en énergie (réseau et groupe électrogène de secours).
- deux ou plusieurs pompes montées en parallèle.

En général, elle dispose soit de deux pompes pouvant débiter chacune le débit maximum nécessaire aux bassins d'élevage et fonctionnant alternativement, soit de trois groupes débitant chacun la moitié du débit maximum et fonctionnant par deux, le troisième servant de secours.

## **II.2 Station de pompage pour groupe centrifuge de surface :**

Elle est constituée par un local abritant la pompe sur laquelle se raccordent obligatoirement une conduite d'aspiration et une conduite de refoulement.

Certaines règles sont à respecter pour l'installation de ces canalisations. Le point le plus important étant de veiller à ce que la canalisation d'aspiration soit protégée contre toute entrée ou accumulation d'air pouvant entraîner le désamorçage de la pompe.

### ***II.2.1 Station enterrée pour pompe immergée :***

Ces stations sont constituées par une cuve de section rectangulaire ou de préférence circulaire enfoncée dans le sol à un niveau inférieur au niveau de la mer afin que la cuve puisse être alimentée par gravité, les groupes ne travaillant qu'au refoulement. On distingue deux types de stations enterrées selon le groupe de pompage utilisé :

Dans le cas d'un groupe à turbine, la cuve ne comporte qu'un seul compartiment d'aspiration.

Dans le cas d'une pompe à hélice, la cuve comporte deux compartiments:

- une chambre d'aspiration ou partie basse dans laquelle débouche la prise d'eau,
- une chambre de relèvement ou partie haute dans laquelle la pompe élève l'eau jusqu'à la conduite d'évacuation.

Les pompes à hélice sont disposées à l'intersection des deux chambres qu'elles séparent hermétiquement. Toute station enterrée doit comporter une vanne sur la conduite d'arrivée permettant d'isoler la cuve de la mer pour effectuer la vidange de celle-ci en vue du démontage des groupes et de leur entretien.

### ***II.2.2 Prise d'eau en mer :***

Il existe plusieurs types de prise d'eau généralement utilisée pour alimenter hydrauliquement une installation de pompage d'eau de mer. Ces prises d'eau se classent en deux catégories :

- les prises d'eau par aspiration.
- les prises d'eau gravitaires.

#### **II.2.2.1 Prise d'eau par aspiration :**

Elle constitue la conduite d'aspiration d'un groupe de pompage de surface. Cette conduite a un trajet, en partie terrestre et en partie maritime, lequel doit être plus ou moins protégé selon l'exposition du site. Son extrémité est équipée d'une crépine évitant l'entrée de corps étrangers pouvant endommager la pompe ainsi que d'un clapet qui empêche la canalisation de se vider lors des arrêts de pompage. Dans le cas de plage (sable), la conduite d'aspiration peut être constituée par un réseau de drains.

### II.2.2.2 Prise d'eau gravitaire :

Si le site est bien protégé, la prise d'eau peut être un simple canal d'amenée. En mer, on prévoit généralement une canalisation protégée par des enrochements.

Une variante peut être un petit canal enserré entre deux épis protégeant l'extrémité de la canalisation alimentant la station. Cette formule plus coûteuse a l'avantage de disposer d'une prise d'eau accessible, d'un entretien facile, ce qui n'est pas le cas de la canalisation noyée dans un épi.

## II.3 Conception d'une station de pompage :

Les développements spectaculaires de l'informatique ont permis la mise au point de techniques d'études très puissantes avec lesquelles il est possible de simuler de très nombreuses hypothèses d'équipements et de fonctionnement pour connaître très vite les résultats d'exploitation qui en découlent et notamment la consommation énergétique.

Des programmes de calculs sophistiqués sont maintenant au point et permettent de tenir compte de très nombreux paramètres :

- puissance souscrite.
- tarification retenue.
- nombre de démarrage des pompes.
- consommation des abonnés.
- pertes de charge dans le réseau.
- niveaux de réservoirs d'aspiration.
- niveaux de réservoir de refoulement.
- stock de sécurité aspiration.
- stock de sécurité refoulement.
- temps de marche des pompes.

Les résultats relatifs à l'énergie peuvent être exprimés directement en énergie spécifique ou en coût. Le concepteur d'une station de pompage peut ainsi tester divers types de pompes divers modes de gestion ou à contrario déterminer les caractéristiques des pompes à installer en fonction de résultats qu'il s'est préalablement fixé pour d'autres paramètres.

Muni des caractéristiques à obtenir, il est alors possible de faire appel aux constructeurs pour choisir définitivement le matériel. En dehors des règles générales exposées plus haut, nous voudrions préciser quelques problèmes particuliers relatifs aux pompes, à la variation de vitesse et aux automatismes.

### ***II.3.1 Pompes :***

Les moyens informatiques mis maintenant à la disposition des concepteurs permettent de réaliser des études très précises pour déterminer les caractéristiques des pompes. On peut ainsi comparer très rapidement les résultats que l'on obtiendra avec différentes pompes ou combinaison de pompe. Il est cependant nécessaire de rappeler quelques points importants.

Les constructeurs ont réalisé ces dernières années par des études plus poussées, grâce aux moyens informatiques, progrès sensibles dans les rendements des pompes ; 2 à 3 % d'amélioration ont ainsi pu être obtenus grâce à de meilleures traces hydrauliques. De même, le meilleur rendement peut être maintenu dans une plage de débit non négligeable, on obtient ainsi une courbe de rendement très plate.

Enfin, il peut paraître inutile de rappeler l'influence néfaste sur le rendement de rognage des roues [2].

### ***II.3.2 Variation de vitesse :***

Ce procédé est de plus utilisé dans l'application de pompage et d'irrigation. Il permet outre l'économie d'énergie, de s'adapter aux conditions requises par l'hydraulique.

Les convertisseurs électroniques permettant cette variation sont fabriqués en grandes séries et utilisent généralement des circuits à microprocesseur leur conférant fiabilité, précision, facilité d'adaptation, et mise en œuvre simplifiée.

La vitesse variable permet de maintenir à tous les instants de fonctionnement de la pompe le rendement maximal il est en effet toujours possible, en augmentant ou en diminuant la vitesse de faire en sorte que le point de fonctionnement se trouve sur la courbe d'équiperement maximum. Il découle de ces propriétés que le rendement moyen annuel d'une telle pompe est quasiment égal au rendement maximal. Il faut enfin prendre soin d'équiper la pompe de la roue maximale afin d'éviter toute perte due au rognage.

Nous insisterons cependant sur le fait qu'il ne faut jamais considérer la vitesse variable comme la panacée pour obtenir des économies d'énergie. Il suffit pour s'en convaincre de se rappeler que l'introduction d'un très bon système de variation de vitesse dans le dispositif d'entraînement d'une pompe fait chuter le rendement global du groupe de (1.5 à 2 %) puisque le rendement maximal des systèmes de variation de vitesse avoisine au mieux (98 - 98.5%).

Ce n'est donc qu'après une étude complète et approfondie des conditions à remplir que l'on jugera de la nécessité et de l'intérêt de son emploi. Le calcul du rendement moyen annuel avec la technologie à vitesse variable est plus complexe et il est souhaitable de confier la réalisation d'une telle installation à un responsable unique pour l'ensemble pompe, moteur, variateur.

### **II.3.3 Automatismes :**

Depuis quelques années, les automates programmables industriels ont fait leur entrée dans la station de pompage. Ils effectuent très simplement toutes les sécurités et séquences de fonctionnement.

Cependant, leur puissance de calcul permet :

- d'effectuer directement et en continu les calculs des ratios de fonctionnement : énergie spécifique rendement et de prévenir immédiatement de toute dérive importante,
- de réaliser des automatismes plus poussés autorisant d'aller plus loin dans l'optimisation de la gestion.

C'est ainsi que l'on peut écrire, d'une manière simple des programmes permettant d'éviter tout dépassement de puissance souscrite au contrat d'alimentation en énergie électrique dans le but d'éliminer les pénalités.

Mais il est aussi possible de composer des programmes d'automatismes donnant un fonctionnement plus optimisé qu'une simple marche sur 1, 2 ou 3 tranches de niveau. L'automate programmable est capable de surveiller le tirage, et compte tenu du contrat d'alimentation en énergie électrique souscrit, d'ajuster la marche de la station de pompage en moindre coût.

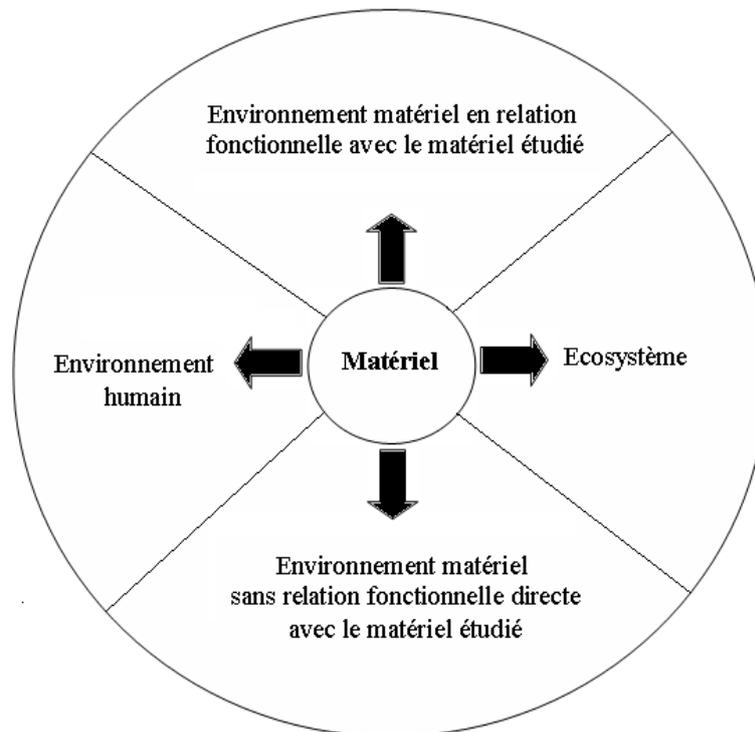
### **II.4 Environnement des stations de pompage :**

Il faut noter que les stations de pompage sont des ouvrages peu polluants, et de plus souvent situés dans des zones rurales, loin de toutes les habitations. Cependant nous avons estimé nécessaire d'attirer l'attention des concepteurs sur deux problèmes.

- la transmission des bruits et des vibrations, problèmes en général mals connus et délicats à résoudre.

- les odeurs dégagées par les effluents dans le cas de stations de relèvement d'eaux usées.

Ce sont aussi des ouvrages présentant, en général, peu de danger pour le personnel d'exploitation sous réserve de prendre, dès la conception, un certain nombre de dispositions.



**Figure II.1 : Environnement d'un matériel**

#### ***II.4.1 Bruit et vibrations dans les stations :***

Le problème du bruit et des vibrations causées par les installations de pompages ne sont pas nouveaux. Il apparaît de façon plus aigüe aujourd'hui, en raison de l'exigence de confort qui se développe.

Les bruits les plus aigus sont les plus pénibles à supporter, mais les plus faciles à absorber ou à arrêter, la fréquence propre de la plupart des matériaux étant basse.

Par contre, les sons graves sont difficiles à absorber et se propagent très facilement. En effet, les hautes fréquences se transmettent par l'air et se réfléchissent sur les parois où

il est facile de les absorber, alors que les basses fréquences se transmettent par la structure même du bâtiment [5].

L'isolation phonique obéit à d'autres règles que l'isolation thermique avec laquelle elle est souvent confondue, ainsi l'utilisation de cloisons ou de verres doubles est en général de peu d'effet, le poids étant le paramètre essentiel.

Par contre, une bonne isolation phonique conduit à réduire au minimum les ouvertures, où à y placer des obstacles (chicanes, silencieux) à la propagation des sons, qui ont pour effet de limiter la ventilation naturelle du local.

#### **II.4.1.1. Origine des bruits :**

##### *a. Groupe électropompe :*

Dans un groupe électro pompe fonctionnant normalement la pompe fait peu de bruit, le moteur est l'origine du problème, Ces bruits sont :

- Mécaniques (roulements, accouplements).
- Magnétiques.
- Aérodynamiques (ventilations).

C'est toujours la ventilation qui est responsable des bruits les plus puissants et les plus désagréables. Ceci est du en partie au fait que pour réduire le rapport poids/puissance des machines et améliorer l'utilisation de leur partie actives, il a fallu constamment accroître les débits et vitesses de l'air, provoquant ainsi inévitablement une augmentation du bruit aérodynamique. D'autre part, on maîtrise mieux les bruits électromagnétiques que précédemment.

Dans la pratique et bien qu'il n'y pas de loi absolue, le bruit s'accroît avec la puissance du moteur et avec sa vitesse. Ce sont donc les gros moteurs à 3000tr/mn qui seront les plus bruyants. Mais d'une façon générale, c'est le ventilateur qu'on entend le plus.

Sauf dans le cas de cavitation, phénomène par ailleurs dangereux pour la pompe, puisqu'elle conduit non seulement à des chutes de rendement, mais à l'érosion des matériaux en contact avec le fluide [5].

***b. Canalisations et appareils hydrauliques :***

Aux vitesses élevées, on peut observer des bruits de turbulence dans les canalisations, mais dans le niveau demeure très inférieur aux perturbations acoustiques engendrées par les machines tournantes.

La cavitation dans les vannes et autres appareils hydrauliques constitue généralement le plus important si on a placé un réservoir anti-bélier à l'aval immédiat du clapet et le bruit des compteurs volumétriques qu'on observe parfois et qui est dû au piston sur les parois [5].

**II.4.1.2. Vibrations :**

Les fréquences aiguës se transmettent par l'air en se réfléchissant sur les parois où il est facile de les absorber, alors que les basses fréquences sont plus difficiles à arrêter parce qu'elles se transmettent par la structure même des matériaux.

On peut classer parmi ces bruits à basse fréquence les vibrations transmises par les machines tournantes. Leur fréquence est égale à la vitesse de rotation de la machine :

50 Hz pour les machines à 3 000 tr/mn.

25 Hz pour les machines à 1500 tr/mn.

Non seulement ces vibrations à basse fréquence peuvent avoir un effet néfaste sur les appareils situés à proximité et provoquer une usure anormale des pièces mécaniques telles que les roulements, mais elles se transmettent par le sol, le génie civil, et les canalisations, parfois sur de longues distances. Si leur amplitude est suffisante (de l'ordre du micron), et si leur fréquence est suffisante (supérieure à 15 Hz) elles peuvent même devenir audibles [2].

### II.4.1.3. Vibrations liées aux écoulements dans les pompes :

#### a) *Vibrations d'origine mécanique :*

Ces vibrations proviennent avant tout :

- du moteur et de son système de ventilation.
- du rotor (balourd mécanique, déformations, thermique).
- des paliers, roulements et engrenage.

#### b) *Vibrations d'origine hydraulique :*

Ces vibrations sont liées à la circulation des fluides dans la machine (roue, diffuseur, tuyauteries et composants associés).

#### c) *Balourd hydraulique :*

En plus du balourd d'origine mécanique, on peut rencontrer dans les pompes, une force tournante engendrée par les dissymétries de pression sur les roues. En effet, lors de la fabrication des aubes, il subsiste des différences géométriques dans le profil des roues qui sont cause de légères dissymétries de pression. L'intégrale de ces dissymétries de pression sur la surface de la roue crée le balourd hydraulique. Ce balourd hydraulique d'une pompe varie avec les conditions de fonctionnement.

#### ❖ **Joint :**

La présence de joints dans les pompes a un effet bénéfique sur l'amortissement des vitesses critiques du rotor .mais, ils se comportent comme des paliers hydrodynamiques et créent des efforts d'autant plus importants que les jeux sont faibles.

❖ **Bruit hydraulique associée à la rotation des aubes :**

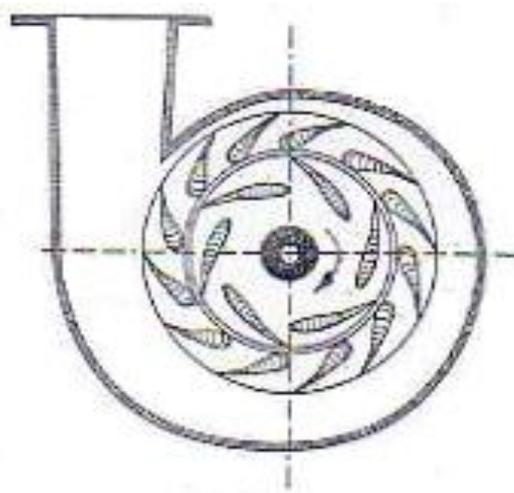
Le passage d'une aube mobile devant un point fixe (figure II.2) crée une fluctuation de pression dont la fréquence  $f_a$  est :

$$f_a = N_R \cdot f_r \quad (2-1)$$

Avec :

$N_R$  : Nombre d'aubes du rotor.

$f_r$  : Fréquence de rotation du rotor.



**Figure II.2 : Vibrations d'une pompe**

Lorsqu' il ya un diffuseur on observe une pulsation chaque fois qu'une aube fixe coïncide avec une aube mobile. la fréquence de coïncidence des aubes  $f_c$  s'écrit :

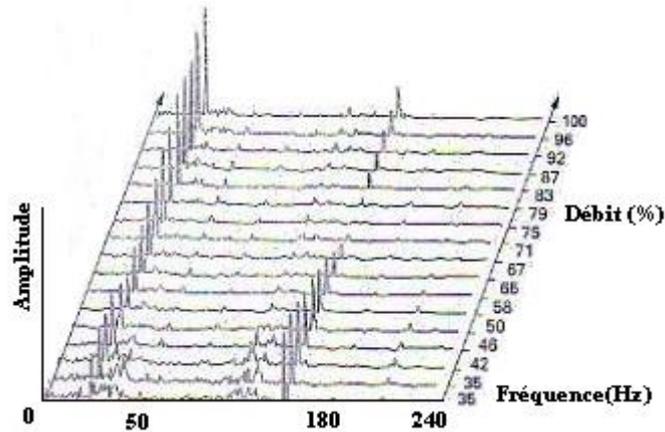
$$f_c = \frac{N_R \cdot N_D}{PGCD(N_R N_D)} \cdot f_r \quad (2-2)$$

Avec

$N_D$  : Nombre d'aubes du diffuseur.

$N_R$  : Nombre d'aubes de la roue.

Cette fluctuation de pression varie avec les conditions de fonctionnement. Elle augmente fortement pour des débits nominal environ a débits partiels à partir de 0,65 fois le débit nominal environ (figure II.3).



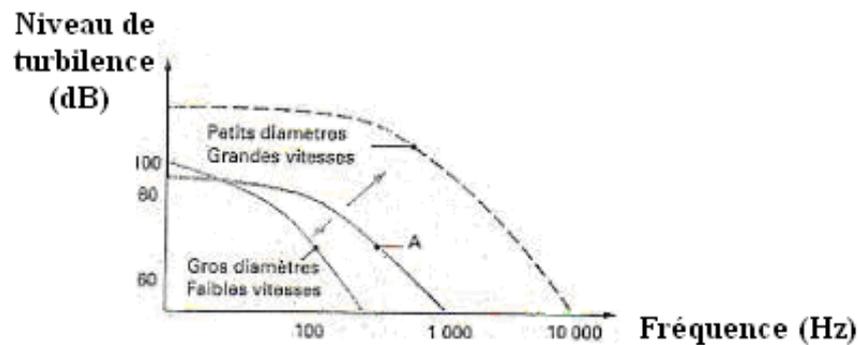
**Figure II.3 :** Vibration d'une pompe en fonction de son débit

A débits très partial (inférieurs à 0,3 fois le débit nominal), on peut voir apparaître des champs tournant à des fréquences sous-harmoniques de la vitesse de rotation.

#### ❖ **Bruit de turbulence :**

Les vibrations des circuits sont induites par des fluctuations de pression dans l'écoulement. Ces fluctuations sont créées par la circulation du fluide, et les perturbations qu'entraînent les obstacles, les singularités locales des aubes, ou l'état de surface des parois. Contrairement aux fluctuations associés à la rotation des aubes, elles ne présentent pas de fréquence fixe, mais couvrent une large part du spectre.

Le niveau de turbulence et les fréquences des vibrations observées dépendent des vitesses de circulation du fluide. On peut voir sur la (figure II.4) l'allure des spectres de turbulence dans une canalisation de 5cm de diamètre [5].



**Figure II.4 :** Vibration dues aux écoulements fluide

## II.5 Entraînement et systèmes auxiliaires :

### II.5.1 Types d'entraînement :

#### II.5.1.1. Moteurs électriques :

##### A. Différents types de moteur :

Les moteurs à courant alternatif qui comprennent les moteurs triphasés asynchrones et synchrones. Les moteurs monophasés et les moteurs à collecteurs sont très peu utilisés dans les applications industrielles.

Les moteurs à courant continu (moteur à excitation séparée, shunt, série, compound). Le moteur à excitation séparée est le plus utilisé pour l'entraînement à vitesse variable de pompe où la variation de vitesse couvre une plage de quelques tours/minute à la pleine vitesse.

##### B. Critères de choix du type de moteur :

###### ❖ Puissance de réseau et problèmes de démarrage :

Si l'on démarre un moteur asynchrone branché directement sur le réseau, l'appel de courant au démarrage peut atteindre cinq à sept fois son courant nominal. Cet appel de courant provoquera une chute de tension de l'alimentation qui peut être préjudiciable au matériel déjà raccordé sur le réseau.

Lorsqu'on sera obligé de limiter la chute de tension, on pourra, soit diminuer la puissance de chaque pompe, et par conséquent en multiplier le nombre, soit limiter le

courant de démarrage, par le choix du type de moteur et de son dispositif de démarrage.

❖ **Tension d'alimentation du moteur :**

Les tensions usuelles  $U$  entre phases sont en générale :

- pour la basse tension : 220, 380, 500 V
- pour les moyennes tensions : 3000, 5500, 6000 V

Le choix de la tension est en fonction :

- de l'investissement à partir du réseau de distribution
- de la puissance de court-circuit du réseau qui peut conduire à une alimentation en moyennes tension.

❖ **Couple résistant pendant le démarrage :**

Il faut que le couple moteur soit pendant toute la période du démarrage supérieur au couple résistant développé par la pompe avec une certaine marge de sécurité pour pouvoir démarrer sur quelques points durs, pouvant toujours exister.

Normalement, avant de choisir le type de démarrage du moteur, il faut donc demander au fabricant de la pompe, la courbe du couple résistant et vérifier à toute valeur de la vitesse l'inégalité  $C_M > C_R$ . Le couple résistant diffère suivant le type de pompe.

***C. Environnement et conditions de fonctionnement et d'installation :***

L'environnement du moteur et ses conditions de fonctionnement peuvent conduire à choisir des modèles sortant des séries courantes des fournisseurs. Citons en particulier les problèmes soulevés par le refroidissement, le bruit, les vibrations, la protection contre les projections et l'étanchéité.

***D. Appareillage de branchement des moteurs :***

L'appareillage électrique doit pouvoir assurer trois fonctions spécifiques :

- la commande des appareillages (contacteurs, discontacteurs).
- le sectionnement des circuits.
- la protection des circuits et des appareils.

**II.5.1.2. Moteurs diesel :**

Les moteurs thermiques utilisés dans les stations de pompage pour entraîner un groupe électrogène de secours et quelquefois les pompes directement sont la plupart du temps des moteurs diesel utilisant le gasoil domestique comme carburant.

Ce sont des moteurs à combustion interne, en général à quatre temps. La combustion est progressive, le combustible étant injecté directement dans le cylindre pendant toute la durée de la combustion. Le combustible injecté en brouillard très fin prend feu spontanément par auto-allumage dans l'air comburant fortement comprimé et réchauffé.

***a. Critères de choix :***

- Vitesse de rotation.
- Nombre de cylindres.
- Conditions climatiques.

***b. Mise en œuvre des groupes diesel :***

Le moteur diesel associé à la pompe qu'il entraîne, exige la mise en œuvre de circuits et équipements auxiliaires et impose à l'environnement des contraintes :

- Les conditions d'installation.
- l'alimentation en carburant.
- l'alimentation en air.
- évacuation des gaz d'échappements.
- Circuit de refroidissement.

### ***II.5.2. Transmissions moteur-pompe :***

La vitesse d'une pompe centrifuge est essentiellement fonction de la viscosité du produit pompé. Il faut donc adapter la vitesse du moteur d'entraînement, lorsqu'elle est fixe, à la vitesse calculée de la pompe et utiliser à cet effet différents types de transmissions dont le choix dépend de la vitesse de la pompe et de l'utilisation que l'on veut en faire :

➤ Une transmission directe, si les vitesses du moteur et de la pompe sont identiques.

➤ Une transmission poulie - courroie ; c'est le moyen le plus simple et le plus économique si les vitesses du moteur et de la pompe sont différentes. Il permet aussi d'avoir exactement le rapport de vitesse souhaité. Par contre, il se produit un phénomène de glissement entre poulie et courroie, et le principe induit un effort radial sur l'arbre qui nécessite souvent l'emploi d'un roulement à billes sur le palier de la pompe.

➤ Une transmission par réducteur (ou motoréducteur) à train parallèle ou épicycloïdal ; c'est le principe le plus répandu car il a le meilleur rapport qualité-prix dans la majorité des applications (haut rendement, robustesse, pas de charges radiales). Son inconvénient majeur est de ne pas donner la vitesse exacte souhaitée.

➤ Une transmission par variateur de vitesse, dans le cas où il est nécessaire de faire varier la vitesse. Il en existe trois types :

- Le variateur de vitesse mécanique, le plus économique, notamment pour les vitesses faibles ou moyennes, et le plus simple à utiliser lorsque la commande de variation doit être manuelle.

- Le variateur de vitesse électronique à courant continu, qui nécessite l'emploi d'un moteur à courant continu. Il est utilisé de préférence pour des puissances élevées ou moyennes (>10 kW).

- Le variateur de vitesse électronique de fréquence, qui commande un moteur asynchrone classique. C'est un appareil encore récent, surtout utilisé pour les petites puissances (<10 kW), mais il est probable, compte tenu des développements actuels, que dans quelques années il prenne une part non négligeable du marché variateurs à courant continu, notamment dans le domaine des moyennes puissances (jusqu'à 100 kW environ).

### ***II.5.3. Choix de la puissance et du couple moteur :***

Pour tenir compte de plusieurs phénomènes (serrage très important, usure progressive, variation de la température, variation de la hauteur d'élévation,...), il est prudent de prévoir pour le moteur un léger excédant de puissance capable d'absorber sans dommage une légère augmentation du couple résistant. Il est, en effet, préférable d'avoir un moteur surdimensionné plutôt qu'un moteur qui risque d'être régulièrement en surcharge et qui va s'user rapidement.

## **II.6 Installation des pompes centrifuges :**

### ***II.6.1 Préparation pour l'embarquement :***

Une fois qu'une pompe soit assemblée dans le magasin du fabricant, elle devrait être préparée pour le type d'expédition que l'acheteur a spécifié. Ceci peut inclure le blocage du rotor, si nécessaire. Si le rotor est bloqué, ceci devrait être identifié par des plaques résistant aux climats. Si le stockage pendant longtemps est exigé, le fabricant et l'acheteur devraient convenir sur la préparation, les procédures et les conditions de stockage avant l'expédition.

Habituellement, le moteur est livré au fabricant de la pompe où il est assemblé et aligné avec la pompe sur une base commune. Cette dernière est forée pour montage sur le moteur, mais l'agrafage final est exécuté sur le champ de travail après alignement final. Lorsque le volume et le poids le permettent l'unité est embarquée assemblée avec la pompe et la roue sur la base commune. Si le moteur est embarqué

directement pour être monté sur le champ de travail, la base commune doit être forée au champ de travail.

### ***II.6.2. Entretien de l'équipement sur le champ :***

Le fabricant devrait fournir à l'acheteur les instructions nécessaires pour préserver l'intégrité de la préparation originale de stockage quand l'équipement est reçu à l'emplacement du travail et avant l'utilisation. Tous les équipements et matériaux devraient être stockés sans contact direct au sol et à loin des secteurs humides. Le stockage à l'intérieur devrait être employé autant que possible.

Toutes les surfaces en carbone et en acier faiblement allié devraient être protégées contre n'importe quel contact avec les environnements corrosifs pour empêcher la formation de rouille.

Tous les équipements avec des surfaces usinées devraient être stockés pour faciliter l'examen périodique pour les dommages ou l'usure. Les zones de stockage devraient être maintenues propres et loin des contaminants tels que des cailloux en béton, sable, et peinture.

Les parties internes de la pompe doivent être recouvert par un liquide protecteur tel que l'huile légère, le kérosène ou un anti réfrigérant. De préférence, toutes les parties accessibles comme les paliers et les accouplements seront démontées, séchés et recouvertes de vaseline ou d'une huile lourde dépourvue d'acide puis étiquetées proprement et stockées.

Si un antirouille a été utilisé sur les parties stockées, il doit être enlevé complètement avant l'installation finale, et les paliers doivent être lubrifiés a nouveau.

### ***II.6.3. Location de la pompe :***

L'endroit de la pompe doit être aménagé de manière à faciliter l'accès à l'entretien. Les pompes horizontales à enveloppe fendue axialement ont besoin d'un espace suffisant pour soulever la moitié supérieure de l'enveloppe et la dégager du rotor.

L'assemblage interne des pompes centrifuges multi étagées à enveloppe fendue radialement est enlevé axialement. Un espace doit être aménagé de sorte que l'assemblage puisse être tiré sans inclinaison.

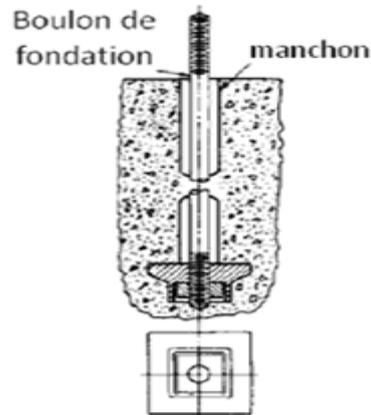
Les pompes devraient être placées aussi près que praticable pour la source d'approvisionnement en liquide. La ligne centrale de la pompe devrait être placée autant que possible au-dessous du niveau du liquide dans le réservoir d'aspiration.

### ***II.6.4 Fondations :***

Les fondations peuvent se composer de n'importe quelle structure assez lourde pour fournir un appui rigide permanent pour toute la plaque de base et pour absorber tous les chocs et contraintes normaux. Les fondations en béton armé construites sur un sol solide sont les plus satisfaisantes. Bien que la plupart des dispositifs de pompage soient montés sur des plaques de base, l'équipement très grand peut être monté directement sur les bases en employant des plaques sous les pieds de la pompe et du moteur. Le mauvais alignement est corrigé avec des cales.

Les espaces requis pour le dispositif de pompage et l'endroit des boulons de base sont déterminés précis dans le schéma fourni par le fabricant. Chaque boulon de base devrait être entouré par des manchons de tube de diamètres trois ou quatre fois plus grands que le boulon. Après que les fondations soient coulées, le tube est maintenu solidement en place, mais le boulon peut être déplacé pour se conformer au trou correspondant dans la plaque de base.

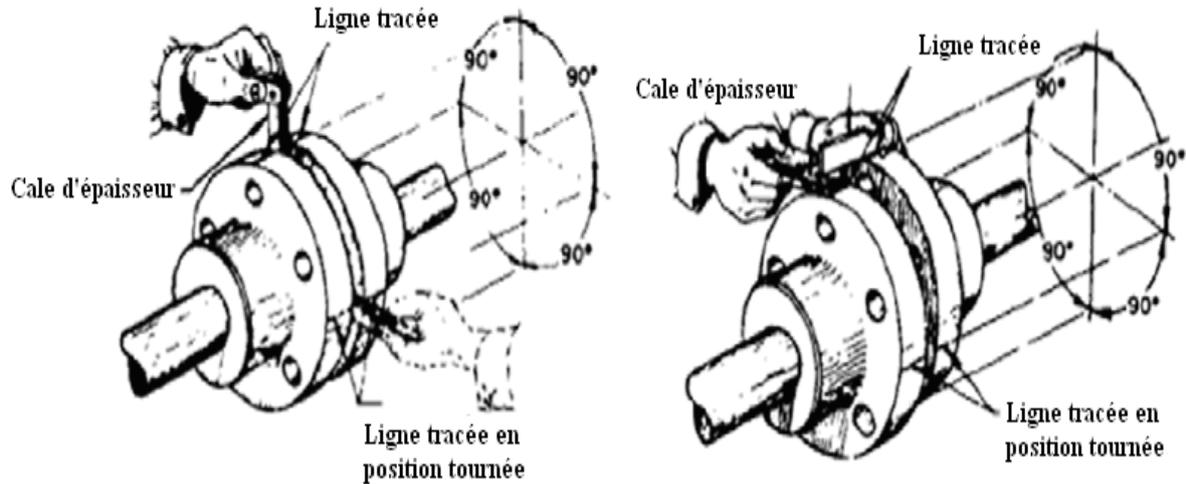
Quand une unité est montée sur une structure métallique en acier ou autre, elle devrait être placée directement au-dessus ou le plus près possible des membres principaux, murs ou poutres et devrait être soutenue pour que la plaque de base ne soit pas tordue et l'alignement ne soit pas troublé par les fléchissements et les vibrations de la structure ou de la plaque de base (figure II.5).



**Figure II.5 :** Boulon de fondation

### ***II.6.5 Alignement :***

Quand une unité complète est assemblée à l'usine, la base est placée sur une surface plate et uniforme ; la pompe et le moteur sont montés sur la base commune et les organes d'accouplement sont soigneusement alignés, en utilisant des cales sous la pompe et les surfaces de montage du moteur chaque fois que cela est nécessaire. La pompe est habituellement agrafée à la plaque en usine, mais le moteur n'est pas agrafé qu'après l'installation sur le champ de travail (figure II.6).



**Figure II.6 :** Alignement d'accouplement utilisant la cale d'épaisseur

L'alignement de la pompe et du moteur devrait être de temps en temps revérifié parce que la déviation d'alignement peut se développer à partir des contraintes de tuyauterie après qu'une unité ait fonctionné pendant quelque temps.

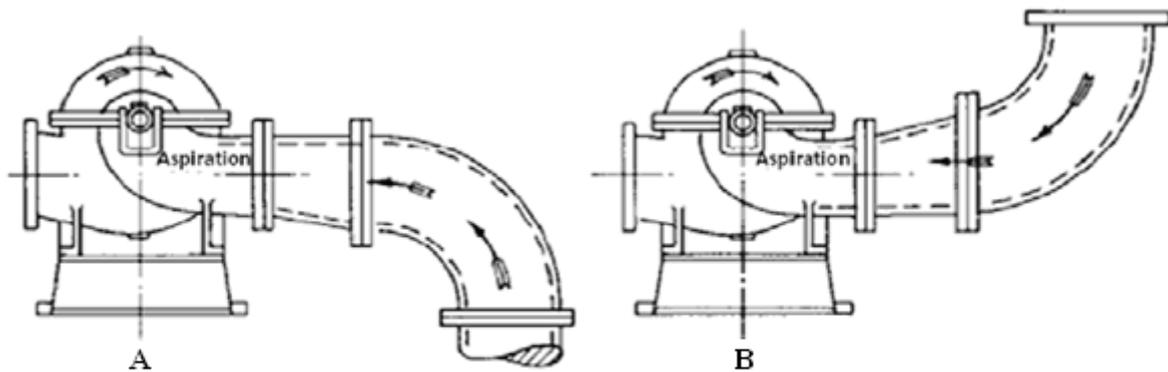
### ***II.6.6 Tuyauterie :***

#### **II.6.6.1. Aspiration :**

Généralement, la canalisation d'aspiration est plus grande que la tuyère d'aspiration de la pompe (figure II.7).

Là où une tête statique d'aspiration existera, la tuyauterie d'aspiration de pompe devrait se pencher (incliner) sans interruption vers le bas de la pompe.

Les coudes et d'autres raccords, avant la tuyère d'aspiration de la pompe, devraient être soigneusement arrangés, si non l'écoulement dans la roue de la pompe était perturbé. Les coudes de grands rayons de courbure sont préférés pour les canalisations d'aspiration parce qu'ils créent moins de frottement et permettent une distribution d'écoulement plus uniforme que les coudes standard.



(A) Source d'alimentation au dessous de la pompe

(B) Source d'alimentation au dessus de la pompe

**Figure II.7 :** Tuyauterie d'aspiration

### II.6.6.2 Refoulement :

Généralement un clapet antiretour et une soupape à vanne sont installés dans la ligne de décharge. Le clapet antiretour est placé entre la pompe et la soupape à vanne et protège la pompe contre l'inversion d'écoulement en cas de l'échec inattendu du moteur où contre l'inversion d'écoulement d'une autre pompe en fonctionnement. La soupape à vanne est utilisée en amorçant la pompe ou en l'arrêtant pour inspection et réparations. Les valves manuelles qui sont difficile à atteindre devraient être équipées d'une roue à dents et d'une chaîne. Dans beaucoup de cas, des soupapes à vanne de décharge sont motorisées et peuvent être actionnées à partir du panneau de contrôle.

### II.6.6.3 Contraintes de la tuyauterie :

La tuyauterie ne devrait pas imposer des forces et des moments excessifs à la pompe parce que ceux-ci pourraient faire vibrer la pompe ou la déplacer de sa position. Les brides de la tuyauterie doivent être jointées fermement avant que les boulons soient serrés. La tuyauterie d'aspiration et de décharge et toutes les valves associées, filtre et ainsi de suite devraient être soutenues et ancrées près de la pompe mais indépendamment de celle-ci, ainsi aucune contrainte ne sera transmise à l'enveloppe de pompe.

Il y a quatre facteurs à considérer pour déterminer l'effet des charges de la tuyère :

- Effort matériel dans les tuyères de la pompe résultant des forces et des moments de flexion.
- La déformation des pièces mobiles internes affectant les jeux critiques.
- Les efforts dans les écrous de serrage des boulons de la pompe.

La déformation dans les appuis de la pompe et les plaques de base résultant d'un mauvais alignement d'accouplement du moteur. Avec des grandes pompes ou lorsque des changements de température importants sont prévus, le fabricant de pompe indique généralement à l'utilisateur les moments et les forces maximum qui peuvent être imposés à la pompe par la tuyauterie.

#### **II.6.6.4 Joints d'extension :**

Des joints d'extension sont parfois employés dans la tuyauterie de décharge et d'aspiration pour éviter de transmettre toutes les contraintes de tuyauterie provoquées par un désalignement ou par expansion quand des liquides chauds sont manipulés.

Occasionnellement, les joints d'extension sont formés en bouclant la tuyauterie. Plus souvent, ils sont du type joint glissant ou diaphragme ondulé. Cependant, ils transmettent à la pompe une force égale à la section du joint d'extension multipliée par la pression dans la tuyauterie. Ces forces peuvent être d'une grandeur très significative, et il est impraticable de concevoir les enveloppes de pompe, plaques de base, et ainsi de suite pour résister à ces forces. En conséquence, quand des joints d'extension sont employés, un ancrage approprié de tuyauterie doit être installée entre celle-ci et la pompe proprement dite. Alternativement, des tiges de renfort peuvent être utilisées pour empêcher les forces d'être transmises à la pompe.

### **II.6.6.5 Filtres d'aspiration :**

Sauf pour certaines conceptions spéciales, les pompes ne sont pas prévues pour manipuler un liquide contenant des corps étrangers. Si les particules sont relativement grandes, elles peuvent obstruer la pompe, réduit ainsi sa capacité, ou même la rendre complètement incapable de pomper. Les petites particules des corps étrangers peuvent causer des dommages en s'infiltrant entre les jeux étroits. Par conséquent, des filtres appropriés sont requis dans les canalisations d'aspiration des pompes non conçues spécialement pour traiter des corps étrangers.

Dans une telle installation, la tuyauterie doit d'abord être complètement nettoyée et rincée. La pratique recommandée est de vider la tuyauterie de toute impureté avant de la relier à la pompe. Puis un filtre provisoire de taille appropriée devrait être installé dans la canalisation d'aspiration aussi près que possible de la pompe. Ce filtre provisoire peut avoir une maille plus fine que le filtre permanent installé après que la tuyauterie ait été complètement nettoyée de toutes les scories possibles ou d'autres corps étrangers. La taille de la maille est généralement recommandée par le fabricant de pompe.

### **II.6.6.6 Event et Purge :**

Les clapets de mise à l'air libre sont généralement installés à un ou plusieurs points de l'enveloppe de la pompe pour permettre l'évacuation d'air ou de vapeur emprisonné dans l'enveloppe. Ces valves sont utilisées pendant l'amorçage de la pompe ou lors du fonctionnement si la pompe contient de l'air ou de la vapeur. Dans la plupart des cas, ces valves n'ont pas besoin d'être soufflées loin de la pompe parce que leur utilisation est peu fréquente, et on peut permettre à l'air ou les vapeurs évacués de s'échapper dans l'atmosphère environnante. D'autre part, les événements à partir des pompes traitant des fluides inflammables, toxiques, ou corrosifs doivent être reliés de telle manière qu'ils ne mettent en danger ni les personnels exploitants ni l'installation.

Les événements d'aspiration des pompes aspirant des liquides à partir des réservoirs fermés sous vide doivent être ramenés à la source d'aspiration de la pompe au-dessus du niveau du liquide.

Tous les raccordements de purge et d'égouttement devraient être ramenés à un point où les fuites peuvent être débarrassées ou collectées pour la réutilisation si c'est nécessaire.

### ***II.6.7. Robinets :***

#### **II.6.7.1 Fonctions des robinets :**

Les fonctions à assurer par le robinet sont :

##### ***a. Isolement :***

Cette fonction est le plus couramment utilisée en robinetterie industrielle ; dans ce cas, deux positions de l'obturateur sont essentielles :

- Position fermée et importance du niveau d'étanchéité amont aval.
- Position ouverte et importance donnée à la section de passage offerte au fluide (recherche de la perte de charge minimale).

##### ***b. Réglage :***

Dans ce cas de fonctionnement, l'intérêt se porte essentiellement sur les positions intermédiaires de l'obturateur (entre position fermée et position ouverte), la caractéristique de débit du robinet devenant le critère primordial.

##### ***c. Non-retour :***

Cette fonction est réalisée par les clapets.

##### ***d. Sécurité :***

Protection des installations contre des sous pressions ou surpressions, survitesses, etc.

**II.6.7.2 Paramètres déterminant le choix :**

Afin de pouvoir choisir le ou les types de robinets adaptés à un problème particulier, il y a lieu d'analyser les critères suivants :

**Fonction à assurer :** isolement, réglage, sécurité, non-retour.

**Nature du fluide :** les caractéristiques principales à prendre en compte sont :

- le comportement en corrosion.
- les propriétés abrasives.
- la viscosité.

**Température de service :** cette température définit les classes de matériaux pouvant convenir : élastomères, plastomères, métaux.

**Pression de service.**

**Taille du robinet.**

**Conditions de manœuvre.**

**Perte de charge** en grande ouverture et vitesse maximale du fluide.

**Critères divers :** coût d'achat, encombrement, masse, type de raccordement à la tuyauterie, etc.

Les robinets les plus utilisées sont en forme de guillotines ou de papillons (figure II.8).



**Figure II.8 :** Types des robinets

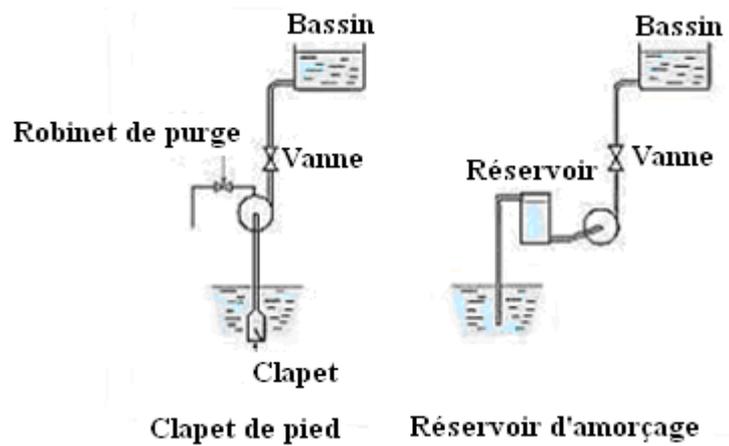
### ***II.6.8 Amorçage :***

Lorsqu'une pompe centrifuge n'est pas en charge à l'aspiration, un amorçage de la pompe doit être prévu avant la mise en marche du groupe.

Pour les petites pompes dont l'aspiration est munie d'un clapet de pied, il suffit par fois de prévoir manuellement le remplissage de l'aspiration par de l'eau diverse dans un entonnoir disposé sur la volute ou par de l'eau provenant d'un réservoir ou d'une conduite d'eau sous pression qui peut être d'ailleurs la conduite de refoulement de la pompe elle-même.

Pour les installations plus importantes ou plus élaborées, l'amorçage sera assuré avons la mise en marche puis entretenu pondant le fonctionnement de la pompe en raccordant les points hautes de l'aspiration à un circuit de vide commun aux différents groupes. Le circuit sera raccordé à une petite centrale de vide comprenant un ballon de vide, des éjecteurs ou des pompes à vide. L'eau provenant de la conduite d'aspiration viendra s'équilibrer dans la conduite d'amorçage elle-même ou bien dans un ballon de gazage.

Elle pourra également être arrêtée par un clapet à boule placé à la pointe haut de l'aspiration ou bien être siphonnée en permanence par l'installation de vide. En cas de demande automatique des groupes, le point haut de l'aspiration sera équipé d'un contacteur à flotteur, de façon à faire l'amorçage de la pompe, une des conditions électriques permettant le démarrage du groupe. La figure II.9, représente schématiquement les installations d'amorçage des pompes d'une station de pompage.



**Figure II.9 :** Amorçage des pompes centrifuges

### ***II.6.9 Contrôles avant le démarrage :***

Quelques contrôles finaux sont recommandés avant qu'une pompe soit mise en service pour son premier démarrage. Pour des pompes avec des paliers, les couvertures de paliers devraient être enlevées, et les paliers devraient être rincés et complètement nettoyés. Ils devraient alors être remplis par de nouveau lubrifiant selon les recommandations du fabricant.

L'accouplement étant déconnecté, le moteur devrait être examiné encore pour la direction correcte de la rotation. Généralement une flèche sur l'enveloppe de pompe indique la rotation correcte.

Il est possible de tourner le rotor de la pompe à la main, et dans le cas d'une pompe traitant des liquides chauds, le rotor doit être libre pour tourner avec la pompe froide

ou chaude. Si le rotor est coincé ou traîne légèrement, ne pas actionner la pompe jusqu'à ce que la cause de l'ennui soit déterminée ou corrigée.

#### ***II.6.10. Procédures de démarrage et d'arrêt :***

Les étapes nécessaires pour mettre en marche une pompe centrifuge dépendent de son type et du service pour lequel elle est installée. Par exemple, des pompes de secours sont généralement prêtes pour démarrer dans l'immédiat. Les soupapes à vanne d'aspiration et de décharge sont toujours ouvertes, et l'écoulement inverse est empêché par le clapet antiretour dans la ligne de décharge.

Les méthodes suivies pour le démarrage sont considérablement influencées par la forme de la courbe débit puissance de la pompe.

Les pompes à haute et moyenne charge (basses et moyennes vitesses spécifiques) ont des courbes de puissance croissante d'un débit nul jusqu'au débit nominal. De telles pompes devraient être mises en marche avec soupape de décharge fermée pour réduire la charge de démarrage sur le moteur. Un clapet antiretour est équivalent à une valve fermée à cette fin, tant qu'une autre pompe est déjà sur la ligne. Le clapet antiretour ne se soulèvera pas jusqu'à ce que la pompe soit démarrée et atteigne une vitesse suffisante pour produire une charge assez élevée pour actionner le clapet antiretour. Si une pompe est démarrée avec la soupape de décharge fermée, le by-pass de recyclage doit être ouvert pour empêcher la surchauffe.

Les pompes à basse charge (vitesse spécifique élevée) hélico-centrifuges ont des courbes de puissance qui croissent rapidement avec la réduction de la capacité ; elles devraient être démarrées avec soupape de décharge grande ouverte contre un clapet anti retour, s'il y a lieu, pour empêcher le retour.

Les figures II.10 et II.11 représentent deux installations types de pompes centrifuges à faible hauteur d'élévation. Dans ces installations, la conduite d'aspiration est munie d'un clapet anti retour, sinon la conduite se vide à travers la pompe chaque fois qu'elle

fonctionne au ralenti ou bien s'arrête. La pompe ne peut plus redémarrer, à moins de remplir d'eau au préalable la conduite d'aspiration. De plus, dans certains cas le retour d'eau peut bien inverser le fonctionnement et la pompe qui se transforme en turbine, ce qui pourrait aussi endommager l'installation électrique.

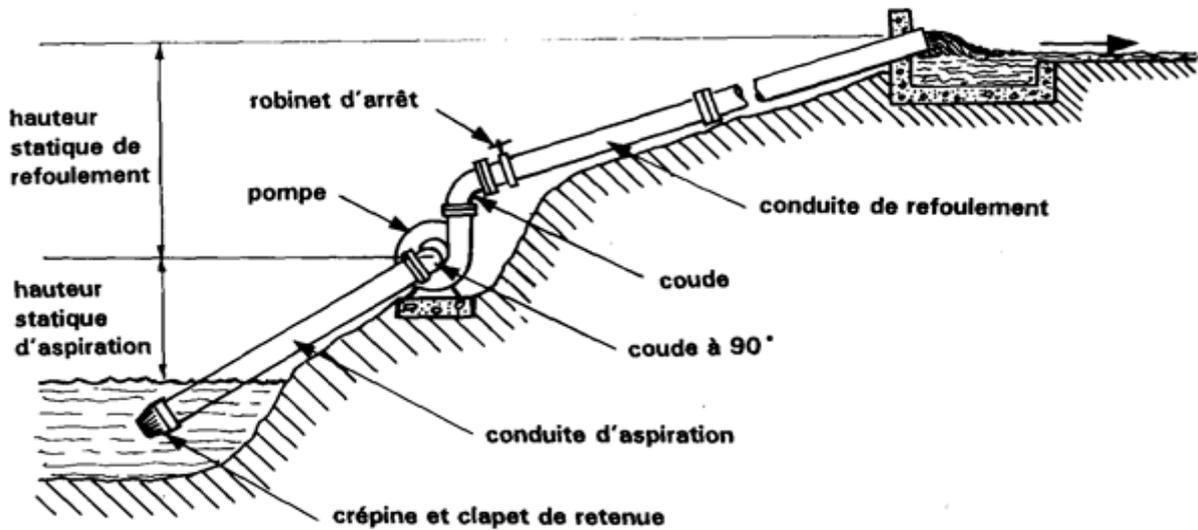


Figure II.10 : Installation d'une pompe centrifuge de surface

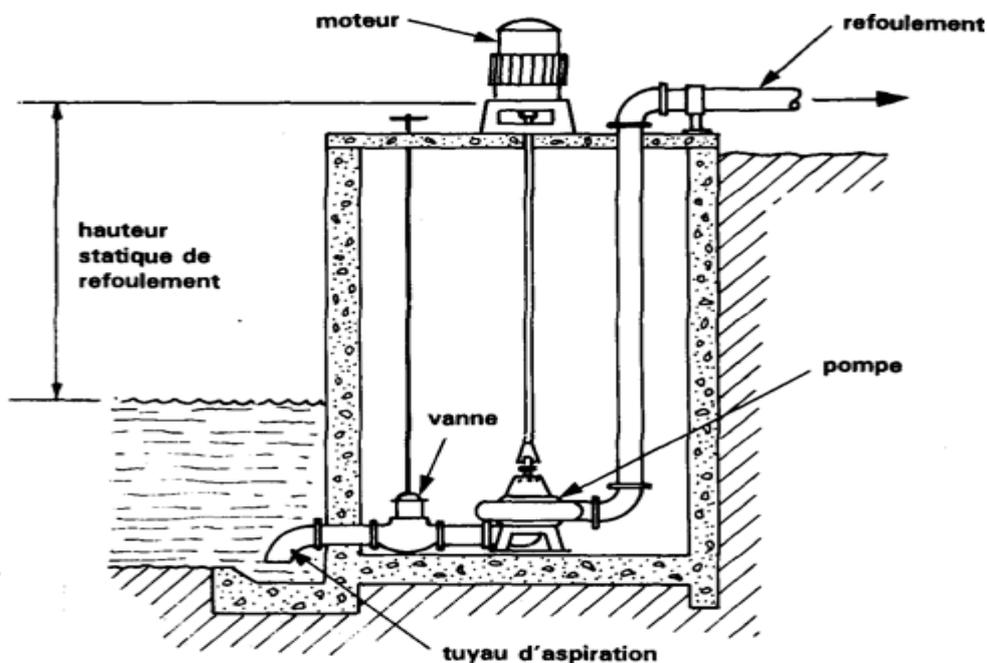


Figure II.11 : Installation d'une pompe centrifuge verticale

Si la longueur de la conduite de refoulement est très importante, il est plus prudent d'installer un autre clapet de retenue (clapet antiretour) au niveau de la sortie de la pompe. Ainsi, lorsque pour une raison quelconque, la pompe s'arrête brusquement, l'écoulement se poursuit par inertie jusqu'à ce que la chute de pression soit suffisamment importante pour provoquer le phénomène de la cavitation dans la conduite. Lorsque la vitesse de l'eau s'annule, l'écoulement s'inverse, provoquant ainsi un fort coup de bélier. Un autre coup de bélier intervient au moment où l'écoulement change de sens entraînant la fermeture brusque du clapet de retenue. Des incidents pareils peuvent entraîner l'éclatement de la pompe centrifuge. Le clapet de retenue à la sortie sert donc à protéger la pompe contre ces reflux d'eau le long de la conduite de refoulement.

Dans certains cas, le plan d'eau est tellement bas qu'il devient impossible d'installer la pompe en surface (conditions limites à l'aspiration). Les pompes centrifuges sont alors placées dans un puisard ou dans un puits, pour rendre minimum la hauteur d'aspiration, ou même la pompe peut être placée au-dessous du plan d'eau comme montre la figure II.11. Dans ce cas, un arbre fait l'accouplement entre la pompe et le moteur électrique installé en surface, de sorte que le moteur et le matériel électrique restent toujours à l'abri de tout risque d'inondation.

### III.1 Introduction :

L'usine d'électrolyse du zinc « ALZINC », est destinée à valoriser les concentrés de zinc (blende) par voie humide ou procédé hydro métallurgique. Ce procédé comporte après grillage de la blende, les opérations de lixiviation pour solubiliser le zinc sous forme de sulfate de zinc  $ZnSO_4$ , la cémentation pour éliminer les impuretés : Cobalt, Nickel, Cadmium et Cuivre de la solution de sulfate de zinc. Les opérations d'extraction du zinc seront terminées par l'électrolyse qui transforme  $ZnSO_4$  en zinc par dépôt solide électrolytique.

### III.2 Présentation de l'entreprise AL ZINC:

La société Algérienne de zinc par abréviation ALZINC, dotée d'un capital de 855.000.000 DA et tournant avec un effectif de 510 ouvriers, est une société par actions (Spa) détenues à 100 % par METANOF. ALZINC est chargée conformément à ses statuts de la production et de la commercialisation du zinc et ses dérivés .

Sur une superficie de 14 hectares, l'entreprise est située à Ghazaouet dans l'ouest de l'Algérie juste au bord de la mer. Cette situation a été choisie tenant compte des conditions suivantes :

- Faciliter les opérations d'importation et d'exportation par voie maritime et par voie ferrée.
- Les caractéristiques et la proximité de l'eau de mer pour la déminéralisation.

La production de zinc et ses dérivés de cette filiale fut fondée en 1969 et mise en service le 09 décembre 1974, la première cathode de zinc fut enlevée le 16 décembre de la même année, son champ d'activité comprend :

- Zinc lingot de 25 kg ; voir « Figure III.1 » ;
- Pastilles de zinc;
- Zinc Jumbo de 02 Tonnes ; voir « Figure III.2 » ,
- Alliages de zinc (zamak 3 et zamak 5);
- Acide sulfurique concentré à 98% ;
- Cadmium en baguette de haute pureté;
- Cuivre électrolytique en cathodes de 100 à 120 kg teneur 99.98%  
Minimum voir« Figure III.3 ».



**Figure III.1: Zinc lingot de 25Kg.**



**Figure III.2 : Zinc Jumbo de 2 Tonnes**



**Figure III.3 : Cathode de cuivre 99,98%.**

- **Capacité de production :**

1 – Zinc	36 850 T/an.
2 - Acide sulfurique	72 000 T/an.
3 - Cuivre cathode	150 T/an.

- **Process :**

L'unité traite des minerais de zinc appelés sulfure de zinc pour extraire du zinc métal à 99.995%, du cadmium, du cuivre et de l'acide sulfurique. Le minerai de

zinc est oxydé dans un four à lit fluidisé. Cette oxydation donne de l'oxyde de zinc et un gaz (anhydride sulfureux) qui après purification est transformé en anhydride sulfurique puis en acide sulfurique.

Cette oxydation donne également lieu à de la chaleur qui est récupérée sous forme de vapeur haute pression pour faire tourner un turbo-alternateur pour la production de l'énergie électrique de 2200 KW.

L'oxydation de zinc obtenu est mise en solution avec de l'acide sulfurique pour obtenir une solution de sulfate de zinc. Cette solution est purifiée par cémentation, ensuite envoyée dans des cellules d'électrolyse. Les plaques de zinc cathodique obtenues par électro-déposition sont refondues dans des fours pour être mises sous forme de lingots de zinc commercialisables.

Le cuivre cathodes, le cadmium baguettes, les alliages et les pastilles de zinc sont produits dans des ateliers annexes situés dans l'enceinte de l'usine. Il faut noter que les stations de pompage sont des ouvrages peu polluants, et le plus souvent situés dans des zones rurales, loin de toutes habitations cependant, nous avons estimé nécessaire d'attirer l'attention des concepteurs sur deux problèmes :

Les problèmes en générale mal connus et délicats à résoudre, sont la transmission des bruits et des vibrations.

- Les odeurs dégagées par les effluents dans le cas des stations de relèvement d'eaux usées. Ce sont aussi des ouvrages présentant, en général, peu de danger pour le personnel d exploitation.

Le problème du bruit des vibrations causées par les installations de pompage n'est pas nouveau.

Les bruits les plus aigus sont les plus pénibles à supporter, mais les plus faciles à absorber ou à arrêter, la fréquence propre de la plupart des matériaux étant basse. Par contre, les sons graves sont difficiles à absorber et se propagent très facilement. En effet, les hautes fréquences se transmettent par l'air et se réfléchissent sur les parois, où il est facile de les absorber, alors que les basses fréquences se transmettent par la structure même du bâtiment.

L'isolation phonique obéit à d'autres règles que l'isolation thermique avec laquelle elle est souvent confondue ainsi l'utilisation de cloisons ou de verre doubles est en général de peu d'effet, le poids étant le paramètre essentiel.

Une bonne isolation phonique conduit à réduire au minimum les ouvertures, où à y placer des obstacles (chicanes, silencieux) à la propagation des sons, qui ont pour effet de limiter les ventilations naturelles du local

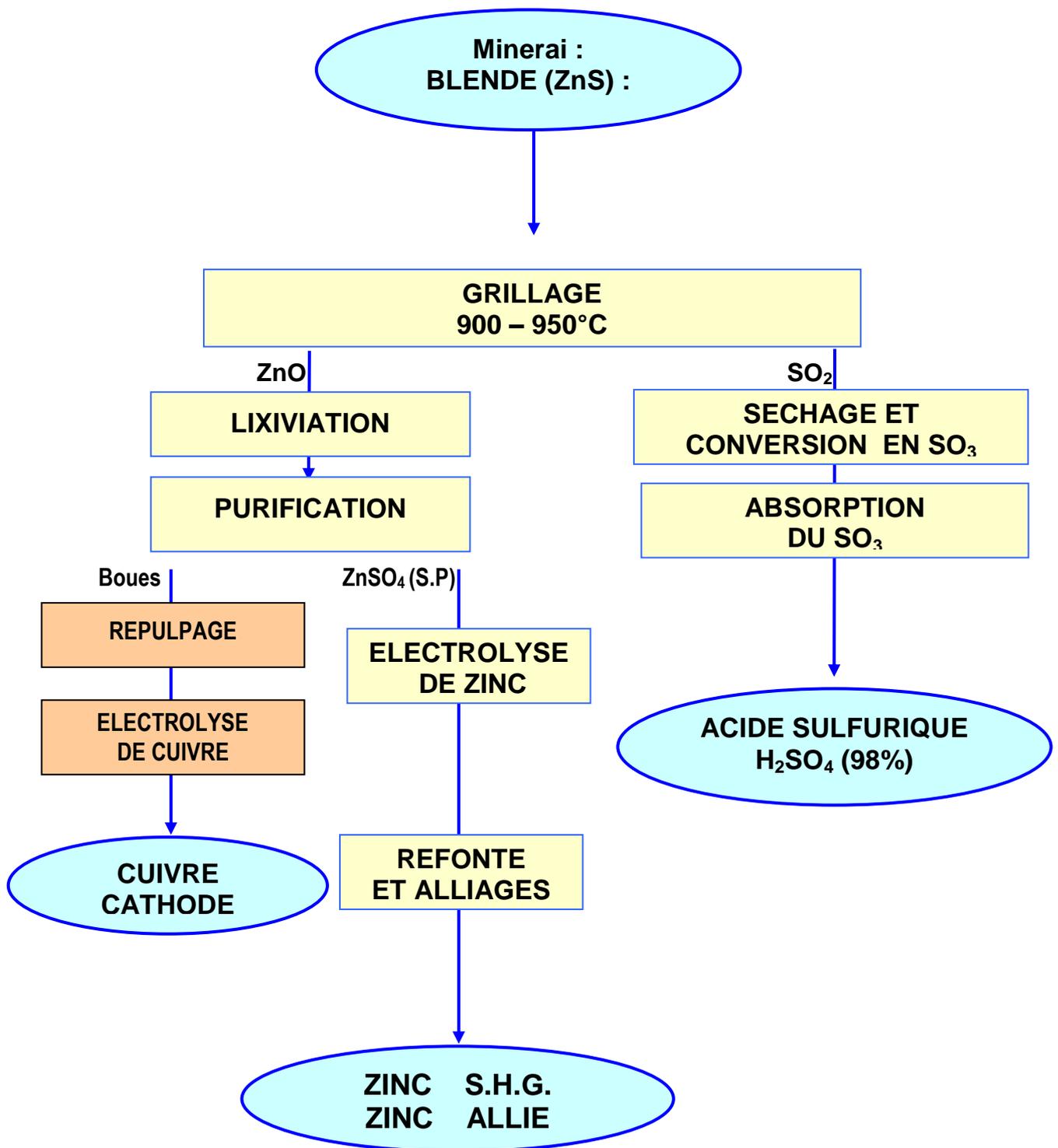


Figure III.4 : Processus de fabrication

### III.3 Station de pompage de la société "ALZINC" :

Pour l'alimentation des circuits de refroidissement de l'usine de traitement du minerai de zinc, il a été prévu une station de pompage d'eau de mer. Cette station, alimentée par deux conduites siphonnant d'un diamètre de 900 mm qui refoule dans une bache de reprise qui comporte trois pompes de reprise.

Le phénomène de siphonage est assuré par une centrale de vide qui comporte un réservoir de vide et deux pompes à vide avec le réservoir de circulation.

Les pompes de reprises refoulent dans la bache des filtres. Après ce passage, l'eau de mer sera stockée dans une bache des groupes qui comporte trois pompes principales qui alimente l'usine par l'eau de mer (figure III.5) [3].

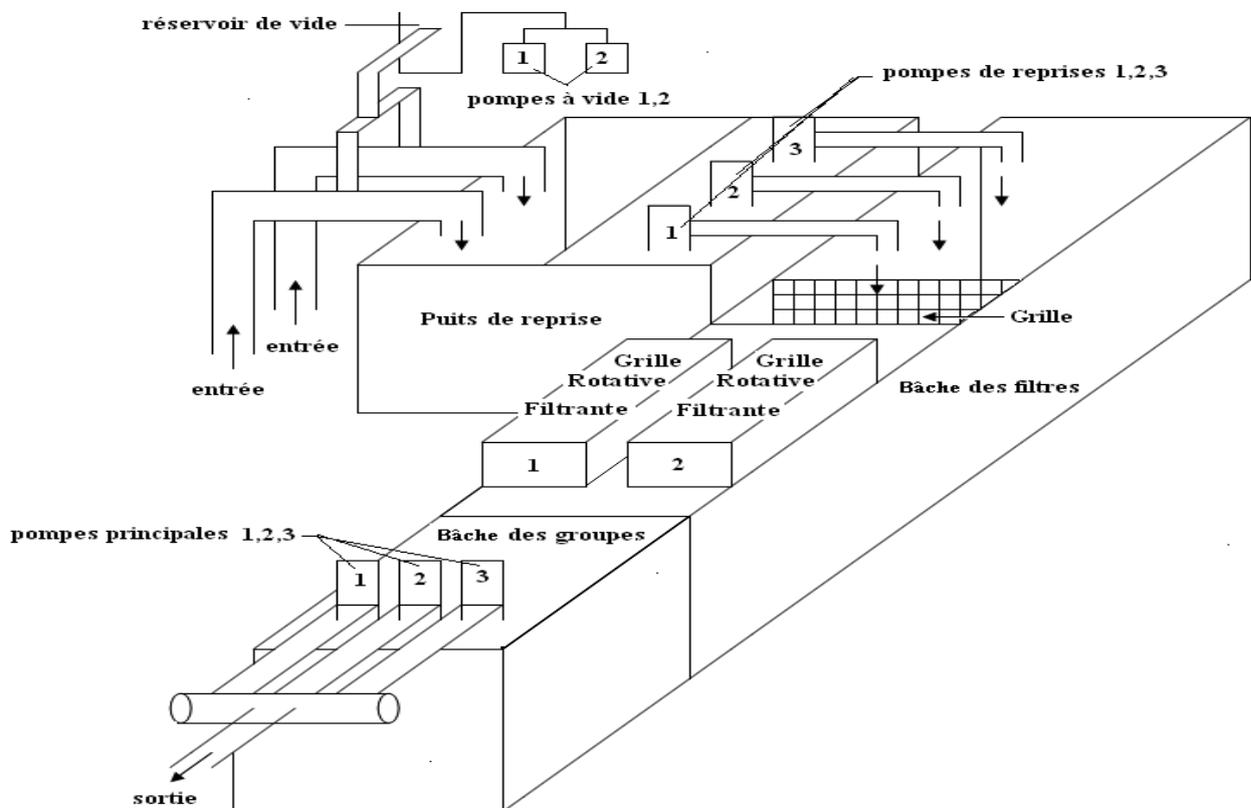


Figure III.5 : Station de pompage de l'eau de mer de la société "ALZINC"

❖ *Caractéristiques générale des principaux équipements :*- **Pompes de reprise :**

<b>Pompes</b>		<b>Moteurs</b>	
<b>Marque</b>	Mangin-râteau	<b>type</b>	Verticale
<b>Type</b>	Vertical H450	<b>Tension d'alimentation</b>	220/380 V
<b>Débit unitaire</b>	350 l/s	<b>Période</b>	50 Hz
<b>Hauteur de refoulement</b>	5 mètres max	<b>Puissance</b>	-----
<b>Vitesse de rotation</b>	750 tr/min	<b>Vitesse</b>	750 tr/min
<b>Nombre</b>	3 dont 1 en secours	<b>nombre</b>	3 dont 1 en secours

**Tableau III.1 :** Caractéristiques des pompes de reprise- **Les pompes principales :**

<b>Caractéristiques techniques</b>	
Fluide véhiculé	Eau de mer
Débit unitaire	1050 à 1205 m <sup>3</sup> /h
Hauteur manométrique totale	37 à 42 m
Poids spécifique	1030 kg/m <sup>3</sup>
Vitesse de rotation	1480 tr/mn
Puissance absorbée sur l'arbre	151,5 à 157 kW
Puissance nominale du moteur	190 kW

**Tableau III.2 :** Caractéristiques des pompes principales.

## - Les pompes de vide :

Pompes		Moteurs	
Marque	SIHI	type	Verticale
Type	LPHA 3408 BN 051320	Tension d'alimentation	220/380 V
Débit unitaire		Période	50 Hz
Hauteur de refoulement		Puissance	3 KW
Vitesse de rotation		Vitesse	1450 tr/min
Nombre	2	nombre	2

Tableau III.3 : Caractéristiques des pompes de vide.

## - Les filtres :

Marque	Perrier
Type	NCA 30/31
Finesse de filtration	400
Débit unitaire	700 l/s
Nombres	2
Poids unitaire	9695 Kg

Tableau III.4 : Caractéristiques des filtres.

## - Réservoir de vide :

Réservoir de vide de 5 m <sup>3</sup>		Réservoir anti-bélier de 12 m <sup>3</sup>	
Hauteur	3,430 m	Hauteur	3,500 m
Diamètre	1,600 m	Diamètre	2,000 m

Tableau III.5 : Caractéristiques de réservoir de vide.

**III.3.1 Appareils de la station :****III.3.1.1 Alimentation de l'installation :**

La station de pompage est alimentée à partir d'une prise d'eau de mer par deux conduites siphonnant en parallèles (figure III.6) de diamètre 900 mm, d'une longueur de 330m environ et d'un débit global de 700 l/s, soit 2520 m<sup>3</sup>/h refoulés directement dans un puits de reprise (figure III.7).

**III.3.1.2 Centrale de vide :**

La bêche d’aspiration de la station de pompage est alimentée par deux tuyauteries siphonnantes de diamètre 900mm pouvant fonctionner, soit séparément, soit en parallèle.



**Figure III.6 :** Conduites siphonnants



**Figure III.7 :** Bêche d’aspiration

Ces dernières, de même qu'une tuyauterie de préremplissage de diamètre 200mm, sont sous la dépendance d'une centrale de vide qui crée ou maintient l'état d'amorçage, elle est constituée des éléments suivants :

Les pompes à vide, le réservoir de circulation, le réservoir de vide, les tuyauteries de liaison, la robinetterie d'équipement.

**a. Pompe à vide :**

Elles sont de construction "SIHI" série L 3 408 RRMD, entraînées par moteur "Unelec" de 35 kW, à la vitesse de 1 450 tr/mn, montage étoile. Chaque groupe motopompe, assemblé sur socle commun, fonctionne séparément, l'autre groupe étant conservé en secours (figure III.8).



**Figure III.8 : Deux pompes à vide avec le réservoir de circulation**

**b. Réservoir de circulation :**

Les deux groupes refoulent dans un réservoir de circulation commun placé entre les deux massifs supports de groupes (figure III.8). Ce réservoir, exécuté en tôle d'acier galvanisée, est équipé des accessoires suivants :

- deux arrivées tangentielles diamètres 40/49mm avec raccord.
- un évent de mise à l'atmosphère à la partie supérieure.

- un robinet de vidange.
- un garniture de niveau.
- un trou de poing.
- un orifice de trop plein avec raccord.
- un orifice de recyclage avec raccord.

***c. Réservoir de vide :***

Il est réalisé en tôle d'acier galvanisée avec fonds bombés soudés, d'une capacité totale de 5 m<sup>3</sup> et reposant au-dessus des collecteurs diamètre 900mm par cinq pieds également soudés.

Ce réservoir de vide est équipé des différents accessoires suivants :

- A la partie Inférieure : une tuyauterie d'équilibrage diamètre 150 mm un trou d'homme avec tôle boulonnée, une garniture de niveau avec tube protégée et robinets d'isolement, un tubulure diamètre 40/49mm à la partie supérieure pour liaison avec les pompes à vide, une tubulure diamètre 100mm pour liaison avec les trois collecteurs pour permettre leur mise sous vide, un indicateur de vide avec robinet d'isolement, une capacité auxiliaire diamètre 500mm, hauteur 2 570mm, en liaison avec le réservoir à vide et comportant des contrôleurs de niveau Ces contrôleurs au nombre de quatre correspondent aux positions suivantes :

Alarme et sécurité niveau bas, niveau bas, niveau haut, alarme et sécurité niveau haut.



**Figure III.9 : Réservoir de vide**

***d. Tuyauteries de liaison :***

L'ensemble de ces tuyauteries assure la jonction entre les différents appareils et comporte les éléments suivants :

- un tuyauterie diamètre 40/49 mm entre le point haut du réservoir à vide et l'aspiration de chacune des pompes.
- deux tuyauteries diamètre 40/49mm pour jonction entre le refoulement de chacun des pompes à vide et leur réservoir de circulation.
- un tuyauterie d'eau brute diamètre 20 mm pour alimentation de l'anneau d'eau des pompes, le recyclage et la distribution sur leurs presse-étoupe.
- un tuyauterie d'équilibrage du réservoir à vide, diamètre 150mm.
- un tuyauterie de mise à vide des collecteurs diamètres 100 mm.
- un culotte diamètre 207,3mm avec trois piquages, diamètre 100mm, pour mise à vide des points hauts des deux canalisations de 900mm et du by-pass diamètre 200mm pour pré remplissage de la bache d'aspiration.

***e. Robinetterie d'équipement :***

Elle comprend les organes suivants :

- un robinet casse-vide sur la tuyauterie entre pompes et réservoir à vide.
- un indicateur de vide sur la tuyauterie entre pompes et réservoir à vide.
- un clapet de retenue diamètre 40mm sur chaque aspiration de pompe à vide.
- un robinet d'arrêt diamètre 40mm sur chaque aspiration de pompe à vide.
- un détendeur sur arrivée d'eau brute.
- un manomètre avec robinet support sur arrivée d'eau brute.
- un électrovanne "Jouvenel" et "Cordier" sur arrivée d'eau brute.
- un robinet régleur de débit sur arrivée d'eau brute.
- un robinet d'arrêt sur arrivée d'eau brute de chaque pompe.
- un contrôleur de circulation d'eau brute de chaque pompe.
- un robinet d'arrêt sur chaque pompe pour les presse-étoupes.
- un robinet régleur sur chaque pompe pour les presse-étoupes.
- trois robinets à soupape diamètre 100mm sur prises de vide des collecteurs.
- deux vannes d'isolement diamètre 100mm entre réservoir de vide et sa nourrice.

**III.3.1.3 Filtres :**

Avant d'être reprise par les pompes qui alimentent les circuits de réfrigération de l'usine, l'eau de mer en provenance des conduites siphonnant de 900mm et 200mm de diamètre, passe par un ouvrage de filtration placé en tête de la station de pompage. Cet ouvrage comporte un grand grillage et deux grilles rotatives filtrantes Perrier, dont la mise en service automatique est sous la dépendance d'un détecteur de perte de charge entre l'amont et l'aval du système filtrant (figure III.11).

En outre, pour l'isolement des filtres, il est prévu quatre vannes murales à glissière, à commande manuelle par manivelle.

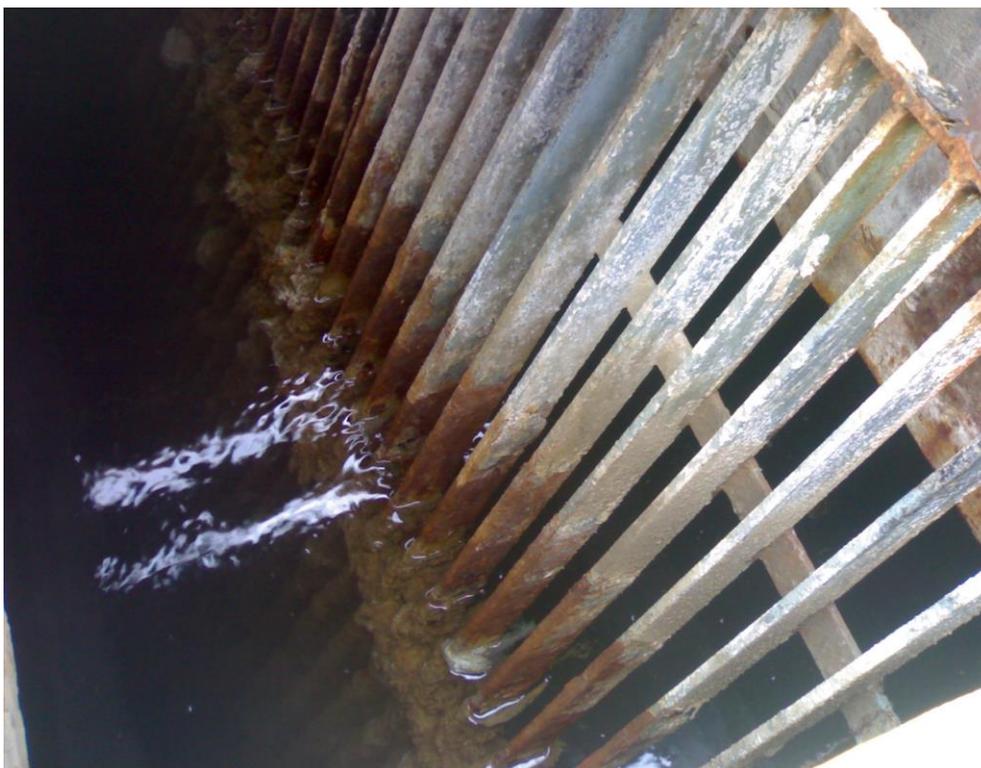


Figure III.10 : la grille



Figure III.11 : Filtres de la station

#### **III.3.1.4 Robinetteries de la station :**

Les différentes tuyauteries sont équipées d'un certain nombre d'organes de robinetterie qui se répartissent comme suit :

##### ***a. Sur l'arrivée du siphon de pré remplissage de la bâche :***

Une vanne papillon diamètre 200mm, série "Gamma" de marque "AMRI" dont la construction est avec corps en fonte, bague souple éthylène propylène, papillon en bronze d'aluminium, axe en acier inoxydable.

La commande manuelle s'effectue par un boîtier en fonte rapporté sur le corps, dont les organes internes prévus avec butées et roulements à aiguilles attaquent, par un système de biellettes, l'axe du papillon.

Le boîtier de commande est attaqué par une tringle à cardans qui est relié à la partie supérieure au fût de manœuvre scellé dans le plan cher. Un soufflet étanche, rempli de graisse, empêche toute rentrée d'eau dans le boîtier.

##### ***b. Sur le refoulement des pompes :***

Chacune des trois pompes est équipée des organes suivants :

Une Vanne papillon diamètre 550mm, série "Gamma" marque "AMRI". Toutefois, la commande manuelle se fait par volant monté directement sur le boîtier, de plus ce dernier est équipé intérieurement de deux contacts électriques de fin de course ouverture et de deux contacts électriques de fin de course de fermeture.

Un clapet de retenue "Manmeshann" type DRVg diamètre 550mm. Cet appareil est constitué par un corps en fonte au nickel qui est assemblé à un corps assorti également en fonte au nickel, qui comporte une tuyère de récupération reliée au moyeu d'entrée par une tige fixe.

Des clapets mobiles avec ressorts de rappel en acier inoxydable reposent sur des sièges également en acier inoxydable rapportés dans le corps d'entrée. En position ouverture, les clapets offrent le minimum de résistance au passage du fluide, ce qui conduit à une perte de charge minimale dans l'appareil.

Deux manchettes de démontage diamètre 550mm, de conception classique avec brides, elles sont réalisées en acier galvanisé, les joints sont en caoutchouc synthétique résistant à l'eau de mer.

*c. Sur les conduites de refoulement :*

Deux vannes papillon diamètre 500mm, de construction identique à celle des vannes diamètre 350 mm décrites ci-dessus, c'est-à-dire, avec boîtier comportant une signalisation électrique et visuelle.

Deux joints de démontage diamètre 700mm.

*d. Sur les circuits by-pass de la station :*

Deux vannes papillon diamètre 350mm, de construction identique aux précédentes, toutefois le boîtier ne comporte pas de signalisation électrique mais seulement une indication visuelle par index visible au travers d'un hublot.

Deux Joints de démontage diamètre 550mm.

*e. Sur les réservoirs hydropneumatiques :*

Deux vannes papillon diamètre 500mm, construction identique à celle des vannes diamètre 550mm équipant les circuits de by-pass de la station.

Deux Joints de démontage diamètre 500mm.

### **III.3.1.5 Organes de manutention :**

Pour permettre la manutention des différents appareils équipant la station (pompes, filtres, vannes, tuyauteries), il est prévu un portique, d'une portée de 10m et se déplaçant sur deux rails parallèles, d'une longueur totale de 40m scellés dans la maçonnerie avec butoirs aux extrémités.

Le portique est réalisé en mécano-soudure avec une charpente fortement entretoisée dont l'assise inférieure est équipée de galets de roulement qui permettent le déplacement longitudinal sur les rails.

A la partie supérieure, la charpente est pourvue de deux fers qui assurent le guidage et la translation du chariot porte-palan équipé de galets.

Le palan est équipé de chaînes qui permettent d'assurer les déplacements transversaux ou les déplacements verticaux du crochet. Les caractéristiques de ce portique sont les suivantes :

- Hauteur sous crochet : 7 m
- Force de levage maximum : 5 500 kg
- Portée du portique : 10 m

#### **III.3.1.6 Pompes centrifuges de reprises :**

Les trois pompes centrifuges de reprise (pompes à hélice) de marque "Râteau" de type verticale H450, débit unitaire 350 l/s, la hauteur de refoulement 5m, et une vitesse de rotation de 750 tr/mn. Ces pompes sont entraînées par un moteur électrique de type vertical, tension d'alimentation 220/380 V, fréquence 50 Hz, vitesse 750 tr/mn (figure III.12).



**Figure III.12 : Pompes centrifuges de reprises**

### **III.3.1.7 Pompes centrifuges principales :**

Deux en service et une en réserve pour effectuer le débit nominal ( $1800$  à  $2500 \text{ m}^3/\text{h}$ ), les trois pompes sont de la marque “Râteau”, type vertical IDVN 41 (fig.3-16), d’un débit unitaire de  $350 \text{ l/s}$ , la hauteur de refoulement  $42 \text{ m}$ , et tourne avec une vitesse de rotation de  $1480 \text{ tr/mn}$ , le poids de cette pompe est de  $3000 \text{ kg}$ .

L'entraînement de ces groupes s'effectue à l'aide d'un moteur électrique de la marque "Unelec-Alsthom" de type vertical N2 RX355K41V1, avec une tension d'alimentation de 5500 V et une puissance de 190 kW, et une vitesse de 1480 tr/mn, le poids de ce moteur et de 2275 kg [3].



**Figure III.13 : Pompes centrifuges principales**

### ***III.3.2 Mise en marche et arrêt de la station :***

Avant la mise en marche, si les groupes sont livrés montés sur leurs assises, il n'y a pas de précautions particulières à prendre. Par contre, si le montage ou l'assemblage des groupes est réalisé par le client par exemple après une visite, il est nécessaire qu'il s'assure des points suivants :

- De la parfaite planéité des plans de pose à l'aide d'un niveau d'eau.
- Que les tuyauteries sont montées correctement et qu'en particulier elles n'exercent pas de tractions anormales pouvant entraîner des déformations,

- Que le groupe tourne librement à la main et qu'il n'y a aucun point dur, on s'en assurera immédiatement en agissant sur le manchon d'accouplement entre moteur et tête de transmission,
- Que le carter de la tête de transmission est convenablement approvisionné en huile en observant le voyant circulaire placé sur le côté de la boîte à roulements, au besoin, parfaire le niveau par le graisseur "Denco".
- Que le sens de rotation est correct (seulement si le moteur a été débranché) en lançant le moteur de quelques tours seulement, après avoir au préalable désolidarisé les deux demi-manchons de l'accouplement de tête.

Pour un observateur debout sur le plancher et regardant la pompe placée au-dessous de lui, sens inverse de celui des aiguilles d'une montre. En ce qui concerne les pompes à vide, établir et contrôler la circulation d'eau brute alimentant les anneaux d'eau. Vérifier que le fonctionnement des pompes à vide est correctement assuré par le jeu des contrôleurs de niveaux placés dans la bouteille attenante au réservoir de vide.

Ces différentes opérations étant effectuées, procéder au pré remplissage et à l'alimentation de la bache d'aspiration des pompes, par les opérations suivantes :

- Fermer complètement la vanne papillon diamètre 200mm montée l'arrivée du siphon de préremplissage dans la bache.
- Fermer les deux vannes diamètre 100mm sur les piquages entre réservoir à vide et les points hauts des collecteurs diamètre 900mm.
- Ouvrir complètement la vanne diamètre 100mm sur le piquage entre le réservoir à vide et le point haut du siphon de pré remplissage.
- Mettre en service le groupe à vide choisi, en enclenchant l'appareillage électrique correspondant.

Lorsque le vide atteint la valeur normale, l'eau monte jusque dans le réservoir à vide, comme cela peut être vérifié par la garniture de niveau. A ce moment, le siphon se trouve complètement rempli, donc en état d'amorçage.

Ouvrir alors complètement la vanne diamètre 200mm à l'arrivée du siphon dans la bêche pour permettre le remplissage de cette dernière.

A ce moment, le débouché des tuyaux d'amenée diamètre 900mm étant complètement noyé, ouvrir les vannes diamètre 100mm sur les piquages entre réservoir à vide et le point haut de ces tuyauteries pour l'amorçage.

Parallèlement à ces opérations de pré remplissage et d'alimentation de la bêche d'aspiration, après avoir suivi toutes les consignes préliminaires données dans la notice du constructeur, démarrer le système de filtration.

La station étant alors en état d'alimentation normale, on peut alors procéder à la mise en service d'un, ou deux, ou trois groupes électropompes suivant les besoins de l'usine et en fonction des niveaux.

Pour cette mise en route des pompes, on procédera comme suit :

Toutes les vérifications énumérées en tête de ce chapitre étant effectuées, ouvrir les sectionnements sur l'arrivée d'eau de circulation des différents paliers.

Mettre le moteur en marche en se conformant aux instructions données à ce sujet dans la notice particulière délivrée par le constructeur électricien.

S'assurer que la pression délivrée par la pompe croît régulièrement en observant le manomètre placé sur la bride du coude de refoulement il doit être parfaitement stable et ne présenter aucun battement, ce qui est le signe d'un fonctionnement normal.

Lorsque la vitesse de régime est atteinte, ouvrir lentement la vanne de diamètre 350mm montées au refoulement et régler éventuellement, son ouverture pour que l'intensité absorbée ne dépasse pas celle qui est portée sur la plaque de caractéristiques du moteur.

Dès que la marche est bien stabilisée, et après un certain temps de fonctionnement, veiller à la température de la boîte à roulements d'une tête de transmission (pour une ambiance de 25 °C, la température de la boîte ne doit pas dépasser 65 °C).

Vérifier également qu'il n'y a pas d'échauffement anormal du presse-étoupe à la sortie de l'arbre de tête au travers du coude de refoulement.

Avant la mise en service des pompes, il faut, au préalable, ouvrir en grand les vannes papillon diamètre 500mm sur les piquages des nanti-béliers faute de quoi, les installations ne seraient pas protégées contre les coups de béliers éventuels, lorsque la station est à l'arrêt total, refermer ces sectionnements.

La mise en arrêt, s'effectue en refermant complètement la vanne montée au refoulement du groupe puis en stoppant le moteur électrique en se conformant aux instructions du constructeur électricien. Refermer également, les sectionnements sur l'arrivée d'eau de circulation des différents paliers.

Dans le cas où l'on désire stopper complètement les installations, il convient de désamorcer les siphons. Pour cela ouvrir le robinet casse-vide monté sur la tuyauterie

de liaison entre les pompes à anneau d'eau et le réservoir de vide. Refermer également les différents sectionnements sur les tuyauteries de distribution d'eau brute pour l'alimentation ou le recyclage des pompes à vide.

### **III.4 Description de la pompe principale :**

Ces groupes, à axe vertical, de construction "Rateau" série IDNV-41, est du type centrifuge, à aspiration axiale qui, par une culotte de forme appropriée, refoule dans un tube vertical concentrique à la transmission et relie aux deux collecteurs de refoulement diamètre 700mm par un coude à 90° incorporé la jupe support de moteur. Les deux conduites principales et celle de pré remplissage sont sous la dépendance d'une centrale de vide pour maintenir ou créer l'état d'amorçage. Cette centrale comprend deux pompes à vide de construction "SIHI" fonctionnant alternativement et entraînées chacune par un moteur électrique.

Les trois groupes qui sont identiques entre eux sont constitués chacun par les éléments suivants :

- Le moteur électrique.
- Le support de moteur.
- La tête de transmission.
- La transmission et le tube de refoulement.
- La pompe et sa crépine.

#### ***III.4.1 Moteur électrique :***

Il est du type vertical à flasque-bride, de construction "Unelec" type "N2HX.555 VI", puissance nominale 190 W, vitesse en charge 1 à 4.80 tr/mn. Pour la description détaillée, la conduite et l'entretien, se reporter à la notice particulière délivrée par le constructeur électricien et jointe à la présente notice.

### ***III.4.2 Support de moteur :***

Le support du moteur électrique est constitué par une jupe en tôle soudée, d'une part, sur la bride supérieure circulaire qui reçoit le flasque-bride du moteur et, d'autre part, sur l'assise inférieure carrée qui est fixée par boulons dans les fers scellés dans la maçonnerie.

Des raidisseurs soudés assurent à la jupe une rigidité parfaite; des anneaux d'enlèvement sont prévus sur la bride supérieure. Par ailleurs, la jupe support comporte intérieurement une bride intermédiaire soudée pour recevoir, dans un centrage approprié, la tête de transmission.

Au travers de la plaque de base passe un coude à 90° qui prolonge le tube de refoulement et permet la jonction par une bride latérale de sortie avec la tuyauterie d'évacuation, en liaison avec le collecteur.

Vers le bac, le coude est muni d'une bride pour jonction avec le tube intermédiaire de refoulement. Au niveau de la plaque d'assise, il est soudé cette dernière, tandis que des raidisseurs également, soudés assurent la rigidité de l'ensemble.

A la partie supérieure, au passage de l'arbre, le coude est pourvu d'une boîte à garniture qui contient deux tresses carrées de 12 x 12mm en amiante Imprégné à cœur de Téflon, type "WTS" placées au fond de la boîte, une douille lanterne alimentée par une source externe à 6 bars minimum, trois tresses externes identiques aux précédentes, le tout serré au moyen d'un fouloir appliqué par boulons. La jupe support présente des ouvertures latérales réservant un large accès à l'accouplement semi-élastique, à la boîte de butée et au presse-étoupe de sortie.

L'ensemble du moteur, de son support, de la tubulure de refoulement et du corps de pompe avec sa crépine est montée rigidement, les positions relatives de ces pièces sont ajustées et repérées une fois pour tout par des centrages.

### ***III.4.3 Tête de transmission :***

Elle est constituée par une cage en fonte qui est fixée sur la bride intermédiaire de la jupe support. Cette cage est assemblée avec le support de moteur par un centrage, les deux pièces étant serrées l'une contre l'autre par des goujons.

Dans la partie inférieure de la cage est ajustée une butée à rouleaux coniques qui supporte l'ensemble de la transmission et le mobile de pompe. La butée repose sur un joint tartan pétrole placé dans le fond de la boîte, elle est maintenue en place par un tourillon emmanché sur l'arbre et rendu solidaire du demi-manchon d'accouplement inférieur au moyen de deux broches traversantes.

Un roulement à billes simple, à la partie supérieure, est emmanché serrant sur le tourillon et à frottement doux dans la cage. L'arbre tourne sur ce roulement qui sert de guide à la partie supérieure de la transmission. Le demi-manchon d'accouplement est entraîné au moyen d'une clave ajustée dans l'arbre et serré par un écrou freiné au moyen de deux broches traversantes.

Cet écrou permet le réglage de la position longitudinale du mobile de la pompe au moment du montage par une mise en place appropriée de ces broches traversantes. Entre le demi-manchon d'accouplement et l'extrémité du tourillon, un déflecteur est interposé pour éviter les projections d'huile vers l'extérieur.

A la partie supérieure, la cage à roulements est fermée par un couvercle boulonné dont le moyeu est pourvu de rainures de détente pour s'opposer aux fuites d'huile autour du moyeu du manchon d'accouplement. La butée s'appuie sur le fond de la boîte avec interposition du joint tartan pétrole, par une rondelle percée de trous à l'intérieur desquels sont logés des ressorts de compression.

Ces ressorts permettent d'amortir les chocs qui pourraient résulter d'un changement de portage du roulement de butée et donnent une certaine souplesse à l'ensemble du montage. Un ergot empêche la rotation de la rondelle d'appui.

La boîte à roulements constitue une réserve d'huile d'une capacité de 15 litres environ. Sur le côté est prévu un graisseur à niveau constant type " Denco", dont la tubulure d'alimentation est pourvue, en son point bas, d'un bouchon permettant de faire la vidange de la capacité.

Un niveau circulaire avec voyant rouge est monté sur la boîte à roulements pour en vérifier le niveau à tout moment. A la partie supérieure, un bouchon vissé sert au remplissage de la capacité.

La base des galets de la butée baigne dans l'huile dont la circulation est réalisée automatiquement par le principe même de la butée. Le roulement de guidage supérieur est lubrifié par l'intermédiaire d'un cône à remontée d'huile. Une tôle fixée rigidement à la partie supérieure de la boîte forme écran en parapluie.

Le déflecteur placé au-dessous de la boîte de butée protège cette dernière contre les projections d'eau éventuelles, en provenance du presse-étoupe, tandis qu'un tube de garde fixé rigidement dans le fond et concentriquement à l'arbre, empêche toute fuite d'huile vers le bas.

#### ***III.4.4. Transmission et le tube de refoulement :***

La transmission est constituée par l'arbre de tête, l'arbre intermédiaire et l'arbre de la pompe, reliés les uns aux autres par des accouplements rigides, tous ces différents éléments étant réalisés en bronze d'aluminium.

L'extrémité de chaque arbre à réunir est fileté, elle vient se visser dans un manchon rigide d'accouplement jusqu'à ce que les faces d'extrémité des bouts d'arbre viennent se bloquer l'une contre l'autre.

Un trou radial pratiqué au milieu du manchon permet de contrôler le portage effectif des faces d'extrémité, tandis que des plats pratiqués sur le manchon et les arbres eux-mêmes facilitent l'opération de blocage.

La transmission tourne dans deux paliers intermédiaires, l'un solidaire de la partie supérieure du tube intermédiaire, l'autre faisant partit de la culotte de refoulement.

Chaque palier est muni de deux coussinets en caoutchouc séparés entre eux par une douille lanterne et maintenus en position par un jonc en acier. La lubrification est assurée par l'eau véhiculée par la pompe.

Sous ces coussinets en caoutchouc, des paliers intermédiaires, les arbres sont protégés par des chemises en bronze d'aluminium entraînés par des vis à téton.

Un déflecteur monté sur l'arbre, sous chacun des paliers, évite que des impuretés entraînées par l'eau ne pénètrent sous les coussinets et ne provoquent une usure trop rapide de ceux-ci.

La transmission est reliée à la partie supérieure, à l'arbre du moteur, par un accouplement semi-élastique "Citroën", dont la construction est la suivante :

Deux demi-tourteaux soigneusement clavetés sur chaque bout d'arbre comporte à leur périphérie une denture spéciale dans laquelle viennent se loger des ressorts d'entraînement solidarissant les deux pièces entre elles.

Deux demi-boîtiers, boulonnés l'un contre l'autre, forme une capacité fermée autour des dentures ; Cette capacité est remplie de graisse pour faciliter les mouvements relatifs entre les organes d'entraînement.

La transmission tourne à l'intérieur du tube de refoulement constitué par le coude incorporé à la jupe support, le tube intermédiaire et la culotte de refoulement à la sertie de la pompe.

Ces différents éléments, exécutés en bronze d'aluminium sont reliés entre eux, métal sur métal, par des brides de jonction assemblées par boulons.

### **III.4.5 Pompe et sa crépine :**

La pompe est constituée par les éléments énumérés ci-dessous :

- pavillon d'aspiration et la crépine,
- volute,
- roue,
- arbre,
- Palier,
- culotte de refoulement.

#### **III.4.5.1 Pavillon d'aspiration et la crépine :**

Le pavillon est réalisé en bronze d'aluminium et présente, vers le bas, une partie évasée pour permettre une remise en vitesse progressive de l'eau à l'entrée de la roue et qui se termine par une bride de jonction pour raccordement avec la crépine d'aspiration.

Celle-ci, de forme cylindrique, est réalisée en bronze d'aluminium, elle présente des sections de passage suffisantes pour retenir les corps en suspension dans l'eau sans toutefois créer des pertes de charge trop importantes à l'aspiration.

Dans le plan de rotation de la couronne d'étanchéité avant de la roue, le pavillon est usiné pour recevoir, dans un centrage approprié une pièce d'usure en bronze d'aluminium fixée au moyen de ventres cuir et chair arrêtées par coups de pointeau au montage.

Par ailleurs, le pavillon est pourvu, à la partie supérieure, d'une bride assurant le centrage et le boulonnage sur la volute.

#### **III.4.5.2 Volute :**

Elle est exécutée en bronze d'aluminium, elle présente dans l'axe de la roue des sections enroulées progressivement croissantes pour permettre un bon amortissement de la vitesse de l'eau à la sortie de la roue. Elles sont prolongées latéralement dans un plan horizontal par deux tubulures diamétralement opposées terminées chacune d'un

coude divergent dirigé vers le haut et muni de bride de raccordement pour jonction avec la culotte de refoulement (figure III.14).

Dans le plan de rotation de la couronne à étanchéité arrière de la roue, la volute est équipée d'une pièce d'usure en bronze d'aluminium, montée dans un centrage approprié et fixé au moyen de vis entre cuir et chaire arrêtées par coups de pointeau au moment du montage.

A la partie supérieure, la volute comporte un centrage circulaire usiné pour montage du palier de guidage inférieur, fixé par goujons ajustés et arrêtés par frein à languette rabattue.



**Figure III.14 : Volute de la pompe IDVN 41**

#### **III.4.5.3 Roue :**

Elle est réalisée en bronze d'aluminium, elle est du type centrifuge, à aspiration axiale avec couronne d'étanchéité sur les faces avant et arrières et moyeu percé de trous d'équilibrage hydraulique.

Elle est bloquée avec une cale de réglage sur le cône d'extrémité prévu à la partie inférieure de l'arbre au moyen d'un écrou freiné en position par une vis à téton arrêtée au montage par coups de pointeau (figure III.15).



**Figure III.15 : Roue de la pompe IDVN 41**

#### **III.4.5.4 Arbre :**

L'arbre est réalisé en bronze d'aluminium, il est entièrement usiné. Il se termine à la partie supérieure, par une partie filetée venant se visser dans le manchon d'accouplement rigide inférieur pour liaison avec l'élément intermédiaire de la transmission. L'arbre tourillonne, d'une part à la partie inférieure dans le palier de la pompe, et, d'autre part, à la partie supérieure dans le palier intermédiaire inférieur.

#### **III.4.5.5 Palier :**

Le palier est réalisé en bronze d'aluminium, il vient se fixer dans le centrage prévu à la partie supérieure de la volute. Il est équipé de deux douilles coussinets en caoutchouc type séparées par une lanterne et maintenues en position par un jonc à la partie supérieure. La lubrification est obtenue par l'eau véhiculée par la pompe. Sous la totalité du palier, l'arbre est protégé par une chemise en bronze d'aluminium rendu solidaire de celui-ci par une vis d'entraînement.

#### III.4.5.6 Culotte de refoulement :

Pour permettre le raccordement des coudes divergents de la volute avec l'élément intermédiaire du tube de refoulement, il est prévu une culotte d'un tracé approprié avec brides de jonction aux extrémités (figure III.16).

Cette culotte est réalisée en bronze d'aluminium, elle comporte dans son moyeu une douille de laminage fixée au moyen de goujons ajustés et freinés au montage par frein à languette rabattue. Sous cette douille, l'arbre est protégé par une chemise en bronze d'aluminium entraînée par une vis à téton soigneusement mat au montage.



**Figure III.16 :** Conduite de refoulement

#### III.4.5.7 Accessoires :

L'équipement de la pompe est complété par une sonde thermostatique "Sopac" contrôlant la température de la butée de la tête de transmission et par un manomètre avec robinet support en bronze vissé dans la bride de sortie du coude de refoulement incorporé à la jupe support [3].

**III.4.6 Exemple graphique :**

Le bon fonctionnement des stations de pompage revient au bon choix des pompes centrifuges constituant ces derniers ; ce qui nécessite une étude spéciale sur les courbes caractéristiques de ces pompes.

Pour le cas de la station de la société "ALZINC" et afin de déterminer les caractéristiques des pompes principales IDVN 41 on procède de la manière suivante (Figure III.20) :

- la courbe (P1) correspond à la caractéristique de la 1<sup>ère</sup> pompe centrifuge.
- la courbe (P1+P2) correspond aux caractéristiques des deux pompes identiques couplées en parallèle.
- la courbe (C1+C2) correspond à l'association de deux conduites identiques.
- le point de fonctionnement P.F est 42 m, 350 m<sup>3</sup>/s.

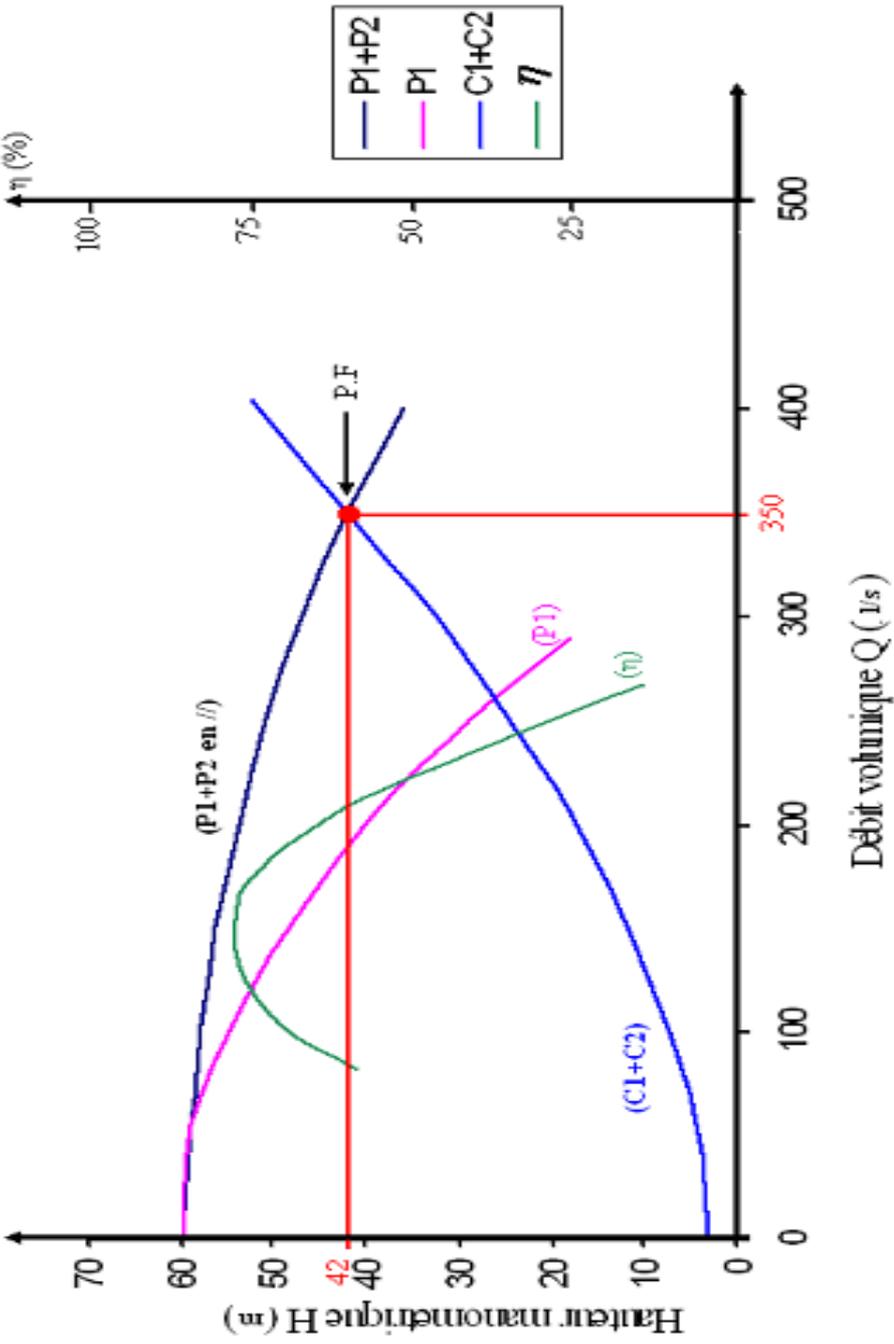


fig.3-20 courbe caractéristique des deux pompes principales

### III.5 Spécificité du pompage en milieu marin :

Le fait que le pompage s'effectue en milieu marin pose un certain nombre de difficultés techniques liées à:

- La corrosion.
- Le transport de sable.
- Le pourcentage du sel dans l'eau.
- Le développement d'organismes marins (moules...) dans les canalisations.

Les matériaux modernes tels que l'acier inoxydable, matières plastiques (polychlorure de vinyle, polyéthylène, résine polyester) permettent de lutter efficacement contre la corrosion. La lutte contre le sable est beaucoup plus difficile à réaliser. Il faut prévoir des nettoyages fréquents des cuves de pompage et des bassins de décantation.

D'autre part, l'envahissement des canalisations par les organismes marins n'a pas encore trouvé de solutions satisfaisantes. Il faut prévoir des vitesses élevées dans les canalisations ( $> 1,5$  m/s) et prévoir des regards permettant un nettoyage aisé des canalisations.

## **Introduction :**

Pendant notre stage pratique nous remarquons plusieurs problèmes et anomalies dans la station de pompage.

Dans ce chapitre on représente quelques remarques et problèmes parce que on ne peut pas critiquons à l'usine car c'est notre intérêt.

### **IV.1 Pertes de charge :**

Il existe deux types des pertes de charge :

- Pertes linéaires.
- pertes singulière.

#### ***IV.1.1 Les pertes de charges linéaires :***

La formule adoptée pour le calcul des pertes de charge a été la formule de Colebrook. Pour des conduites en acier avec le revêtement préconisé on peut adoptée un coefficient de pertes de charge de 1 mm.

Néanmoins, dans le cas présent et compte tenu de l'éventualité de la présence de salissures sur le revêtement intérieure, salissures pouvant être provoquées par la présence des moules ou autre dépôts, un coefficient de 3 semble s'imposer.

Dans le cas ou les dépôts des moules augmenteraient, on ne pourrait plus se prononcer sur le coefficient qui prendrait des valeurs aberrantes, ce qui imposerait un nettoyage de la conduite.

#### ***IV.1.2 Les pertes de charge singulière :***

Les pertes de charge singulières de la conduite sont essentiellement dues à la présence des coudes que l'on trouve tout la longue de tracé. Le nombre des coudes est le suivant :

- 7 coudes à 90 degrés.
- 10 coudes à 45 degrés.

Il faudra ajouter à ces pertes de charge les pertes dues à la présence des trous d'homme destinés à visiter la conduite et à la nettoyer.

Pour que ces trous d'homme soient quelque utilité, il est nécessaire d'en disposer un ou minimum tous les 50 mètres, ce qui revient à dire qu'il y aura 18 trous d'homme au minimum.

#### **IV.2 Le dépôt des moules :**

Les risques sont grands, si l'on n'y prend pas garde, d'avoir dans les tuyauteries de la station de pompage ainsi que dans celles des circuits hydrauliques de l'usine et de fixation des moules dans le germes seraient apportés par l'eau de mer. La présence de ces coquillages ferait, à la longue, courir de graves dangers aux installations :

- Débits diminuant par augmentation des pertes de charges ;
- Risque de boucher les tuyaux des condenseurs [6].

#### **IV.3 La corrosion :**

La corrosion représente tout processus de dégradation des matériaux métallique, ou de leurs propriétés, par suite d'une réaction avec le milieu environnant.

La corrosion est le résultat d'un ensemble des réactions mettant en jeu des électrons aussi bien que des espèces chimiques électriquement neutres ou ionisées et se déroulant à l'interface métal-solution.

Les principaux types de corrosion que l'on peut rencontrer au milieu marin sont : [4]

### ***IV.3.1 : Corrosion uniforme :***



**Figure IV.1 : corrosions uniformes**

La corrosion uniforme ou corrosion généralisée correspond à une diminution uniforme d'épaisseur. L'examen du taux de corrosion permet de se rendre compte si le taux de corrosion d'un métal ou alliage est :

- Excellent                    jusqu'à 0,05mm/année
- Bon                            jusqu'à 0,5mm/année
- Satisfaisant                jusqu'à 1,25 mm/année
- Mauvais                      au-delà de 1,25mm/année

Un taux de corrosion de  $1 \text{ g}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  correspond à une diminution d'épaisseur de 1 mm par année environ pour un métal ou alliage de densité 8,75 [4].

### ***IV.3.2 Corrosion galvanique :***

L'une des caractéristiques fondamentale de l'eau de mer est la grande augmentation des effets galvaniques quelle offre par rapport à l'eau douce.

Le terme « corrosion galvanique » décrit à la fois la corrosion croissante d'un métal et la corrosion décroissante (protection cathodique) d'un second métal quand ils sont en contact métallique. Il existe d'autres types de corrosion comme la corrosion par piqures et la corrosion par crevasses [4].

#### **IV.4 Les pannes des pompes et le cout des pièces pour la réparation :**

Les anomalies de fonctionnement peuvent être rencontrées au niveau des moteurs électriques et les groupes électropompes. Pour les moteurs électriques, les pompes à vide et la disposition de filtration, se reporter aux notices particulières délivrées par les constructeurs de ces appareils.

En ce qui concerne les groupes électropompes principales, relevées périodiquement les valeurs de l'intensité absorbée en marche, celle-ci ne doit pas dépasser celle qui est portée sur la plaque caractéristique du moteur.

Si l'intensité atteint une valeur plus élevée que celle qui caractérise un fonctionnement normal, cela peut indiquer qu'il se produit un frottement accidentel, soit dans les paliers, soit par suite de coincement du mobile par des corps étrangers véhiculés par la pompe.

On pourra s'en assurer immédiatement en agissant sur le manchon d'accouplement entre moteur et tête de transmission. S'il y a effectivement des points durs ou un coincement, il faut obligatoirement visiter le groupe [6].

#### **IV.5 Hygiène et sécurité dans les stations de pompage :**

Les maîtres d'ouvrages entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle sont tenus de se conformer à des règles édictées en vue de satisfaire aux dispositions législatives et réglementaires prévues dans l'intérêt de l'hygiène et la sécurité. Ainsi, le législateur oblige celui qui construit une station de pompage d'eau à concevoir des ouvrages permettant au personnel d'effectuer en toute sécurité les opérations d'exploitation et d'entretien. Une bonne conception de ce point de vue évitera souvent de devoir engager par la suite des frais importants de mise en conformité, ou de modifications. Cela n'évitera pas cependant de prévoir certaines dispositions et consignes d'exploitation qui permettra d'utiliser dans les meilleures conditions les ouvrages réalisés [2].

### ***IV.5.1 Risques à considérer lors de la conception des ouvrages :***

Avant toute chose, les installations doivent être dans un endroit clos ou clôturé dont l'accès sera formellement et explicitement interdit aux personnes étrangères au service. La chute est cause très fréquente d'accident de travail, le constructeur doit donc chercher à réduire ce risque : sol antidérapant, rambardes, garde corps, mains courantes, installation des regards en dehors des zones de circulation, obstacles..., Sur le plan de l'hygiène, la nature des revêtements doit être d'un entretien facile dans les stations d'eau. L'évacuation des eaux de nettoyage des murs et des sols doit être prévue pour des lavages au jet, plus commandés et plus hygiéniques que les nettoyages à l'aide de serpillière. A proximité des cuves et bassins, il est souhaitable de prévoir des joints d'ancrage pour les longes des harnais de sécurité ainsi que des panneaux de recommandation si ces ouvrages risquent de contenir des liquides ou gaz dangereux. Les problèmes de bruit et d'odeurs des nuisances supportées par des tiers ne sont pas toujours complètement éliminés pour les salariés qui doivent pénétrer à l'intérieur des ouvrages ; certaines dispositions constructives permettent pourtant de limiter leurs effets. Le personnel chargé de l'entretien doit pouvoir travailler sans gêne et en toute sécurité, il doit donc pouvoir atteindre facilement tous les points de contrôle et de réglage, tels que les compteurs, les graisseurs, les vannes, les capteurs de niveau, etc....

#### **IV.5.1.1. Risques provenant des matériels et machines :**

##### ***a. Installations électriques :***

La réglementation en matière de prévention du risque électrique est abondante, une bonne conception des ouvrages contribue à la prévention des accidents d'origine électrique. Si les interventions sur la pompe doivent se faire à l'aide de grues auto tractées, il est déconseillé d'installer cette station à proximité de lignes électriques aériennes. Quand cela est possible, il est conseillé de prévoir un arrêt de la ligne à quelques dizaines de mètres de l'ouvrage et de réaliser une alimentation souterraine.

Quand la station a une certaine importance, on prévoira un éclairage de secours (batteries, groupes électrogènes, onduleurs...). Dans les endroits humides, à proximité d'enceintes conductrices (cuves anti-bélier), on prévoira des alimentations très basse tension. Certains gaz sont très corrosifs, principalement l'hydrogène sulfuré et il y a lieu de placer les installations électriques dans des endroits ventilés où ces gaz ne risquent pas de s'accumuler... le matériel antidéflagrant pourra, dans certains cas, être utilisé. Sur le plan de l'exploitation l'accès au matériel sous tension sera réservé au personnel électricien. La prudence oblige à ne permettre les manœuvres des installations qu'à des salariés dont on aura vérifié les connaissances en matière de sécurité électrique. Des organismes agréés délivrent après un stage, une habilitation à effectuer des opérations et interventions d'ordre électrique. Il existe différents niveaux d'habilitations. Ils ne devront intervenir sur les machines tournantes qu'après s'être assurés et avoir signalé la mise à l'arrêt. La condamnation par cadenas est vivement souhaitable, à défaut, des pancartes doivent clairement indiquer l'interdiction de remise à la marche. Une condamnation du circuit de commande ne peut jamais être considérée comme un verrouillage de sécurité par suite de défauts d'isolement possible de ce circuit. L'ouverture du sectionneur, le débrogage du disjoncteur l'enlèvement des fusibles sont seuls réellement sûrs. L'attention du personnel doit aussi être attirée sur les risques des machines tournantes à démarrage automatique ou cyclique [2].

#### ***b. Appareils de pression :***

Les réservoirs de compresseurs, des cuves anti-béliers sont les principaux appareils à pression de gaz utilisés dans les stations. Ces matériels doivent être maintenus en bon état, ils sont règlementés dès que leur pression de service est supérieure à 4 bars et que le produit P (bar) par V (litre) est supérieur à 80.

L'épreuve est obligatoire avant mise en service sur le lieu d'utilisation, elle doit être renouvelée tous les 10 ans. Une vérification est à faire tous les 3 ans. Il est souhaitable que ces opérations soient faites par des organismes spécialisés. On rencontre aussi sur les stations des appareils contenant d'autres gaz que l'air, souvent le chlore, parfois

l'oxygène pur, ces appareils font eux aussi l'objet d'une réglementation particulière que doit connaître l'exploitant [2].

#### **IV.5.1.2 Risques provenant de produits dangereux :**

La présence normale ou accidentelle de produits corrosifs ou toxiques est un risque pour les salariés comme pour les matériels. Il faut prévoir des mesures contre les risques de débordement ou d'éclaboussures des produits agressifs ou dangereux (ex : acides sulfurique, chlorure ferrique...). Pour se prémunir des dangers d'émanations gazeuses (chlore, hydrogène sulfuré, ozone) les installations seront fréquemment vérifiées. On prêtera une attention particulière aux fosses, caves, zones en contrebas où peuvent s'accumuler des gaz plus lourds que l'air ( $CO_2$ ,  $H_2S$ ) particulièrement toxiques. On évitera ces risques en vérifiant ou mieux, en supprimant ces endroits chaque fois que cela est possible.

En cas d'accident des équipements de protection individuelle seront mis à la disposition des agents chargés de l'intervention. Ceux-ci devront connaître l'utilisation de ces équipements. Les produits dangereux font l'objet d'une réglementation au titre du code du travail et à partir de certains volumes de stockage au titre des établissements classés [2].

#### ***IV.5.2. Travaux dans les stations de pompage :***

Avant toute intervention dans une station, le personnel doit connaître les risques qu'il peut rencontrer. La réglementation impose d'ailleurs d'informer les salariés exécutant des travaux d'entretien sur les règles de sécurité à respecter. Il faut notamment indiquer les règles de circulation (les endroits dangereux ou interdits) les modes opératoires les plus sûrs, le fonctionnement des dispositifs de protection et de secours, la conduite à tenir en cas d'accident.

Lors de l'intervention d'entreprises extérieures, l'exploitation est tenue de les informer des risques particuliers de la station et d'organiser une coordination entre les activités

des divers intervenants, de manière à assurer l'hygiène et la sécurité des travailleurs présents simultanément dans la station.

## **IV.6 Quelques solutions pour les problèmes dans la station de pompage :**

### ***IV.6.1 Protection contre Le dépôt des moules et coquillage :***

#### **IV.6.1.1 Etat de surface des bétons et des tuyauteries :**

- L'état de surface devra être aussi lisse que possible.
- L'intérieure des tuyauteries en acier sera revêtu d'une peinture brai époxy avec lissage.
- Les bétons seront lissés et peints d'un enduit antifouling.

#### **IV.6.1.2 maintien dans l'obscurité des bassins :**

La bâche d'aspiration des pompes et de bassin de dissipation et de filtration devront être entièrement couverts. Cette couverture est motivée par le souci d'éliminer autant que possible les reproductions des moules et de salisseurs dans cette partie de l'installation.

#### **IV.6.1.3 Chloration de l'eau :**

Cette chloration devra être effectuée au niveau de la crépine d'aspiration des siphonnes. Elle sera discontinuée et réglée à partir d'un système automatique avec temporisations réglables, situé à la station.

Le chlore est stockable dans des conteneurs de 1 tonne, ce qui conduirait à une installation de 4 conteneurs mis en permanence dans un local spécialement prévu à cet effet.

#### ***IV.6.2 Protection contre la corrosion :***

La présence de l'eau de mer implique que des précautions particulières soient prises en ce qui concerne la protection anti corrosion des parties métalliques et du béton.

- Les métaux inoxydables ou le bronze seront choisis en priorité tout en évitant de créer des couples galvaniques.
- Les peintures retenues sont de type marin.
- Les conduites d'aspiration et de refoulement en acier devront être revêtues intérieurement de peinture brai époxy.
- Le béton devra faire l'objet d'une étude particulière pour résister à l'eau de mer.

## V.1 Introduction :

Normalement on fait une comparaison entre la station initiale et la station actuelle mais on n'a pas toutes les données pour calculer les pertes de charge initiale de la station. Pour cela on trace un schéma de la station actuelle (ANNEXE 03) et on fait les calculs suivants :

## V.2 Cas de deux pompes :

Généralement la station fonctionne avec deux pompes pour faire arriver l'eau de mer à l'usine.

### V.2.1 Les pertes de charge linéaires :

#### V.2.1.1 au niveau de la station :

La perte de charge linéaire correspondant à l'écoulement général dans une conduite rectiligne, est donnée par la formule générale suivante :

$$\Delta P_t = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot L$$

Avec :

.  $\Delta P_t$  : perte de charge linéaire (Pascal).

.  $\lambda$  : coefficient de perte charge.

.  $\rho$  : masse volumique de l'eau (Kg/m<sup>3</sup>).

.  $V$  : vitesse moyenne d'écoulement (m/s).

.  $D$  : diamètre hydraulique de tube (m).

. L : longueur du tube (m).

- *Calcul de la vitesse moyenne correspondant au diamètre de 350 mm,*

*500 mm et 700 mm :*

$$Q_1 = V_1 \cdot S_1 \rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{S_1}$$

$$Q_1 = 350 \text{ l/s}$$

$$Q_1 = 350 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_1 = \pi \frac{(0,35)^2}{4}$$

$$S_1 = 0,0961 \text{ m}^2 = S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = S_6$$

$$\text{Donc } V_1 = \frac{350 \cdot 10^{-3}}{0,0961}$$

$$V_1 = 3,64 \text{ m/s} = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = V_6$$

$$V_8 = \frac{350 \cdot 10^{-3}}{0,38} = 0,92 \text{ m/s } V_8$$

$$V_9 = \frac{700 \cdot 10^{-3}}{0,38} = 1,84 \text{ m/s}$$

$$V_{11} = \frac{700 \cdot 10^{-3}}{0,19} = 3,68 \text{ m/s}$$

$$V_{12} = \frac{700 \cdot 10^{-3}}{0,38} = 1,84 \text{ m/s}$$

- *Calcul du nombre de Reynolds :*

$$Re = \frac{\rho.V.D}{\mu}$$

La masse volumique d'eau de mer est :  $\rho=1030 \text{ kg/m}^3$

La viscosité dynamique d'eau de mer :  $\mu=1,07.10^{-3}$

$$Re_1 = \frac{1030.3,64.0,35}{0,001} = 1,3.10^6$$

La rugosité des parois est :  $\xi= 0.045$

$$\xi/D = 0.045/350 = 1,2.10^{-4}$$

Suivant le diagramme de Boody :

$$\lambda = 0.014$$

Puisque  $V_1=V_2=V_3=V_4=V_5=V_6$ , et les mêmes diamètres donc les mêmes nombre de Reynolds

Pour le  $Re_7$  :

$$Re_7 = \frac{1030.0,92.0,7}{0,001} = 6,63.10^5$$

$$\xi/D = 6,42.10^{-5}$$

Suivant Boody  $\lambda=0.014$

Donc

$$\Delta P_{t1} = 2 \left[ \left( \frac{0,014}{0,35} \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \cdot 2,67 \right) + \left( \frac{0,014}{0,35} \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \cdot 0,6 \right) + \left( \frac{0,014}{0,35} \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \cdot 1 \right) \right] + \left( \frac{0,014}{0,7} \cdot \frac{1030(0,92)^2}{2} \cdot 0,3 \right)$$

$$\Delta P_{t1} = 2333,51 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{t1} = 0,023 \text{ bar}$$

### V.2.1.2 Au niveau de la conduite :

La longueur totale de la conduite est 830 m

$$V = \frac{700 \cdot 10^{-3}}{0,38} = 1,84 \text{ (m/s)}$$

$$Re = \frac{1030 \cdot 1,84 \cdot 0,7}{0,001} = 1,3 \cdot 10^6$$

$$\xi/D = 6,42 \cdot 10^{-5}$$

Donc suivant le diagramme de Boody :

$$\lambda = 0,014$$

$$\Delta P_{t2} = \left[ \frac{0,014}{0,7} \cdot \frac{1030(1,84)^2}{2} \cdot 830 \right]$$

$$\Delta P_{t2} = 28943,94 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{t2} = 0,28 \text{ bar}$$

Alors

$$\Delta P_t = \Delta P_{t_1} + \Delta P_{t_2}$$

$$\Delta P_t = 0,023 + 0,28$$

$$\Delta P_t = 0.3 \text{ bar}$$

### *V.2.2 calcule les pertes de charge singulières :*

Les pertes de charges singulières correspondant aux accidentes de parcours dans les réseaux hydrauliques et sont exprimées par la relation suivants :

$$\Delta P_s = K \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

$\Delta P_s$  : pertes de charges singulières en Pa

$\rho$  : la masse volumique de fluides en kg/m<sup>3</sup>

V : la vitesse de l'écoulement en m/s

K : coefficient de pertes de charge

Les pertes de charge au niveau de la station suivant annex3 on a :

$$k_0 = 0,5$$

$$k_2 = 6$$

$$k_4 = 8$$

$$k_5 = 1$$

**V.2.2.1 Au niveau de la station :**

$$\Delta P_{s1} = 2 \left[ \left( 0,5 \cdot \frac{1030(V_1)^2}{2} + \left( 6 \cdot \frac{1030(V^3)^2}{2} \right) + \left( 8 \cdot \frac{1030(V^5)^2}{2} + \left( 1 \cdot \frac{1030(V^8)^2}{2} \right) \right) \right] +$$

$$\left[ \left( 0,5 \cdot \frac{1030(V^9)^2}{2} + \left( 6 \cdot \frac{1030(V^{11})^2}{2} \right) \right) \right]$$

$$V_1 = 3,64 \text{ m/s}$$

$$V_3 = 3,64 \text{ m/s}$$

$$V_5 = 3,64 \text{ m/s}$$

$$V_8 = 1,84 \text{ m/s}$$

$$V_9 = 1,84 \text{ m/s}$$

$$V_{11} = 3,68 \text{ m/s}$$

Alors:

$$\Delta P_{s1} = 2 \left[ \left( 0,5 \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} + \left( 6 \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \right) + \left( 8 \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} + \left( 1 \cdot \frac{1030(0,92)^2}{2} \right) \right) \right] +$$

$$\left[ \left( 0,5 \cdot \frac{1030(1,84)^2}{2} + \left( 6 \cdot \frac{1030(3,68)^2}{2} \right) \right) \right]$$

$$\Delta P_{s1} = 241472,03 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{s1} = 2,4 \text{ bar}$$

**V.2.2.2 Au niveau de conduit :**

On a 2 types des coudes

- 7 coude a 90°      k=0,30
- 10 coude a 45°      k=0,16

Donc :

$$\Delta P_{s2} = \left[ 7 \cdot \left( 0,3 \cdot \frac{1030(V)^2}{2} \right) \right] + 10 \cdot \left[ 0,16 \cdot \frac{1030(V)^2}{2} \right]$$

$$Q = V \cdot S \Rightarrow V = \frac{700 \cdot 10^{-3}}{0,38}$$

$$V = 1,84 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{s2} = 7 \cdot \left[ \left( 0,3 \cdot \frac{1030 \cdot (1,84)^2}{2} \right) \right] + 10 \cdot \left( 0,16 \cdot \frac{1030 \cdot (1,84)^2}{2} \right)$$

$$\Delta P_{s2} = 6451,25$$

$$\Delta P_{s2} = 0,06 \text{ bar}$$

$$\Delta P = \Delta P_{s1} + \Delta P_{s2} = 2,46 \text{ bar}$$

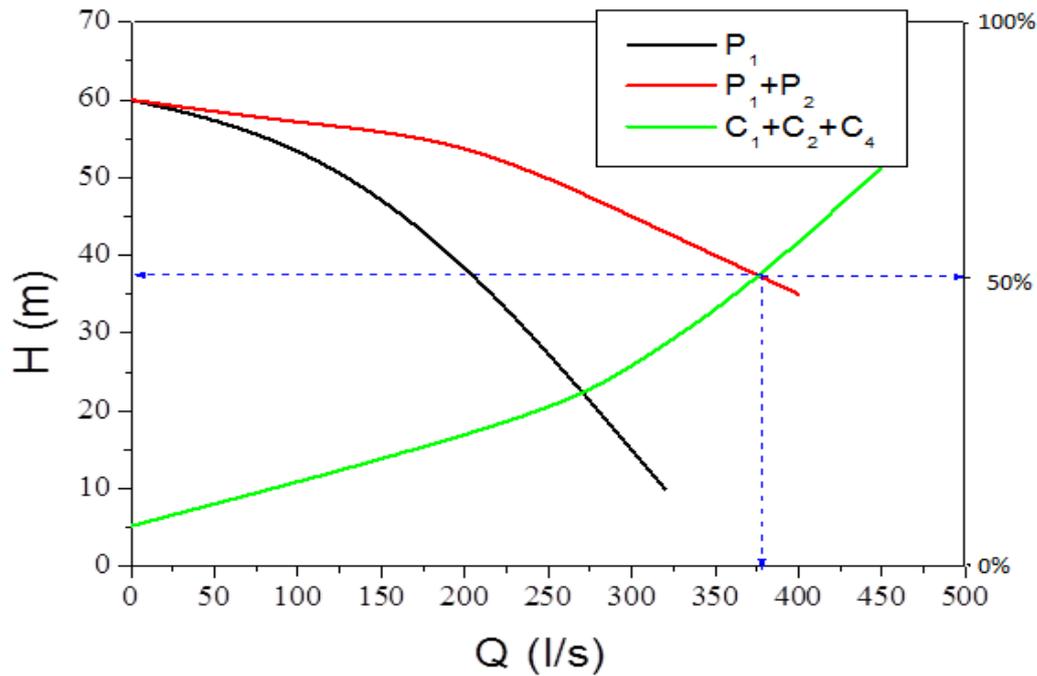
Les pertes de charges singulières sont 2,46 bar

Les pertes de charges totales sont : 2,76 bar

On fait calculer les pertes de charge pour 4 autres débits pour trouver le point de fonctionnement.

Q (l/s)	0	250	300	350	400	450
$\Delta P$ (bar)	0	1,42	2,05	2,76	3,64	4,62
H (m)	5,20	19,4	25,7	32,8	41,6	51,4

**Tableau V-1** : les résultats de deux pompes en marche



**Figure V.1 :** Courbe caractéristique des deux pompes principales (les deux en marche)

A partir de point de fonctionnement on peut déterminer :

Le débit de fonctionnement  $Q_f = 375$  l/s

L'hauteur manométrique de fonctionnement  $H_{f=}$  37 m

Le rendement  $\eta_g = 0,5$

Donc La puissance de la station se calcule à partir de la relation suivante :

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

$$P = \frac{1030 \cdot 0,375 \cdot 10 \cdot 37}{0,5}$$

$$P = 285825 \text{ W}$$

$$P = 285,825 \text{ kW}$$

La facture énergétique de cette station pendant une durée de trois mois est :

$$W=285,825 \cdot 3.30.24$$

$$W=617.382 \text{ kWh}$$

### V.3 Cas d'une pompe :

#### V.3.1 les pertes de charge linéaires :

##### V.3.1.1 Au niveau de la station :

$\lambda$  toujours est 0.014

$$\Delta P_{t1} = \left[ \left( \frac{0,014}{0,35} \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \cdot 2,67 \right) + \left( \frac{0,014}{0,35} \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \cdot 0,6 \right) + \left( \frac{0,014}{0,35} \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \cdot 1 \right) \right] + \left( \frac{0,014}{0,7} \cdot \frac{1030(0,92)^2}{2} \cdot 0,3 \right)$$

$$\Delta P_{t1} = 1168,06 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{t1} = 0.011 \text{ bar}$$

##### V.3.1.2 Au niveau de la conduite :

$$Q = 350 \text{ l/s}$$

$$V = \frac{350 \cdot 10^{-3}}{0,38} = 0.92 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{1030 \cdot 0,92 \cdot 0,7}{0,001} = 6,6 \cdot 10^5$$

$$\xi/D=6.42.10^{-5}$$

Donc suivant le diagramme de Boody :

$$\lambda=0.014$$

$$\Delta P_{t2}=\left[\frac{0,014}{0,7} \cdot \frac{1030(0,92)^2}{2} \cdot 830\right]$$

$$\Delta P_{t2}=7235,87 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{t2}=0.07 \text{ bar}$$

Alors

$$\Delta P_t = \Delta P_{t1} + \Delta P_{t2}$$

$$\Delta P_t = 0.083 \text{ bar}$$

### ***V.3.2 calcule les pertes de charge singulières :***

#### **V.3.2.1 au niveau de la station :**

$$\Delta P_{s1}=\left[\left(0,5 \cdot \frac{10^3(V_1)^2}{2} + \left(6 \cdot \frac{10^3(V_3)^2}{2}\right) + \left(8 \cdot \frac{10^3(V_5)^2}{2} + \left(1 \cdot \frac{10^3(V_8)^2}{2}\right)\right)\right] + \left[\left(0,5 \cdot \frac{10^3(V_9)^2}{2} + \left(6 \cdot \frac{10^3 V_{11}^2}{2}\right)\right)\right]$$

Alors

$$V_9 = \frac{350 \cdot 10^{-3}}{0.38} = 0,92 \text{ m/s } V_8$$

$$V_{11} = \frac{350 \cdot 10^{-3}}{0.19} = 1,84 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{s1} = \left[ \left( 0,5 \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} + \left( 6 \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} \right) + \left( 8 \cdot \frac{1030(3,64)^2}{2} + \left( 1 \cdot \frac{1030(0,92)^2}{2} \right) \right) \right] + \left[ \left( 0,5 \cdot \frac{1030(0,92)^2}{2} \right) + \left( 6 \cdot \frac{1030(1,84)^2}{2} \right) \right]$$

$$\Delta P_{s1} = 110056,714 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{s1} = 1.1 \text{ bar}$$

### V.3.1.2 Au niveau de conduit :

$$\Delta P_{s2} = \left[ 7 \cdot \left( 0,3 \cdot \frac{1030(V)^2}{2} \right) \right] + 10 \cdot \left[ 0,16 \frac{1030(V)^2}{2} \right]$$

$$V = 0.35/0.38 = 0,92 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{s2} = 1612,81 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{s2} = 0,016 \text{ bar}$$

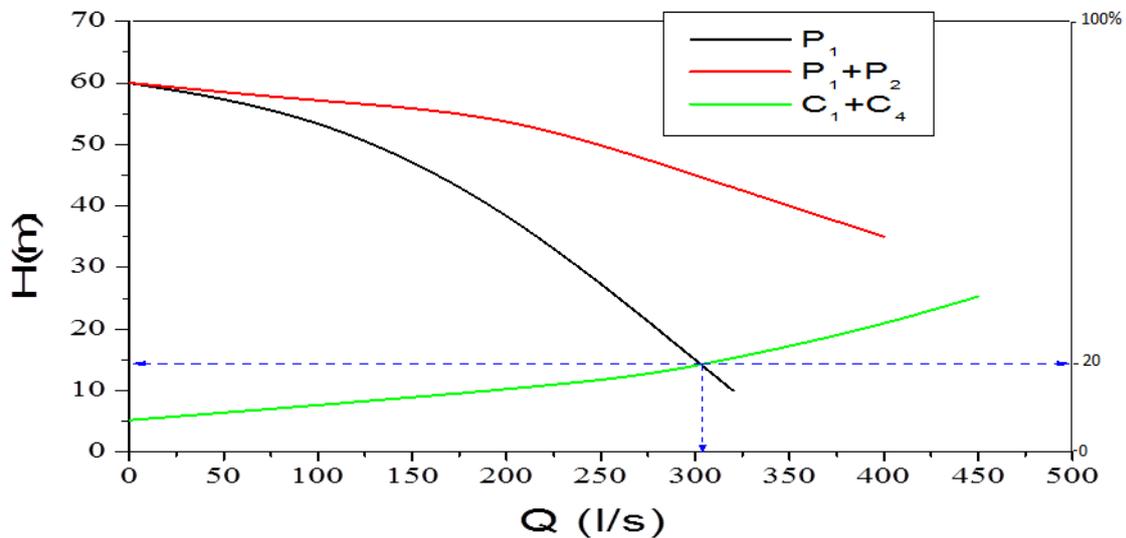
$$\Delta P_s = 1.116 \text{ bar}$$

Donc les pertes de charge totale sont : 1,199 bar

On fait calculer les pertes de charge pour 4 autres débits pour trouver le point de fonctionnement.

Q (l/s)	0	250	300	350	400	450
$\Delta P$ (bar)	0	0,61	0,88	1,20	1,56	2,01
H (m)	5,20	11,3	14	17,2	20,8	25,3

**Tableau V-2** : les résultats d'une seule pompe en marche



**Figure V.2** : Courbe caractéristique d'une seule pompe marche

A partir de point de fonctionnement on peut déterminer :

Le débit de fonctionnement  $Q_f = 305$  l/s

L'hauteur manométrique de fonctionnement  $H_{f=}$  14,5 m

Le rendement global  $\eta_g = 0,2$

La puissance de la station se calcule à partir de la relation suivante :

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

$$P = \frac{1030 \cdot 0,305 \cdot 10 \cdot 14,5}{0,2}$$

$$P=227759 \text{ W}$$

$$P=227,759 \text{ kW}$$

La facture énergétique de cette station pendant une durée de trois mois est :

$$W=227,759 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 24$$

$$W=491958,9 \text{ kWh}$$

#### **V.4 Conclusion:**

Dans nos calculs en utilisant la formule de Colebrook parce que les parois des conduites sont rugueuses et le régime d'écoulement est turbulent. Les calculs sont vérifiés à l'aide des deux manomètres installés en amont de la pompe et à la fin de la conduite.

Les installations des réseaux des conduites et des pompes sont rudimentaires et présentent des anomalies quand aux instruments de mesure et de contrôle entre l'amont et l'aval des réseaux de conduites.

Pour le calcul de l'énergie consommée pour dessalement d'eau de mer nous proposons un rendement global de la station de pompage estimé :

-à 35% dans le cas de fonctionnement des deux pompes.

-à 15% dans le cas de fonctionnement d'une seule pompe.

Cas de deux pompes :

$$P = \frac{1030 \cdot 0,375 \cdot 10 \cdot 37}{0,35}$$

$$P=408321,42 \text{ W}$$

$$P=408,321 \text{ kW}$$

Donc

$$E=408,321.3.30.24$$

$$E=881973,36\text{kWh}$$

Cas d'une pompe :

$$P=\frac{1030.0,305.10.14,5}{0,15}$$

$$P=303678,33 \text{ W}$$

$$P=303,678 \text{ kW}$$

Donc

$$E=303,678.3.30.24$$

$$E=655945,2 \text{ kWh}$$

## *Conclusion générale*

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'état de l'exploitation des équipements de la station de pompage d'eau de mer au niveau de l'usine d'ALZINC de Ghazaouet.

Notre travail a été basé sur l'étude de fonctionnement des équipements de la station, l'étude de la mise en marche, l'arrêt de la station et le service de la maintenance. Pour ce faire nous avons procédé d'abord aux calculs et constater les anomalies et les problèmes pour enfin donner éventuellement des solutions aux problèmes.

Dans les calculs on considère notre station à l'état initial conformément aux fiches du bureau d'études de l'usine d'ALZINC en proposant, de notre part, plutôt, un rendement global différent de la station pour comparer les résultats de la station (en fonctionnement. Nous espérons que notre travail fasse référence aux exploitants de l'usine ALZINC (Ghazaouet) pour apporter une rénovation aux équipements de cette station pour une meilleure exploitation de celle-ci et qu'il apportera également beaucoup plus d'intérêt aux opérateurs des unités et au bénéfice général de l'usine.

Malgré tous nos efforts notre étude n'a pas été complète dans tous les points de vue ce qui donne la possibilité et l'occasion aux étudiants en projets d'exploiter ces résultats et pour une prise en charge complète d'une station de pompage.

# ***LISTE DES FIGURE***

I.1	Ligne de courant.....	3
I.2	Profil de vitesse.....	5
I.3	Ecoulement d'un fluide.....	6
I.4	Ecoulement avec échange de travail .....	8
I.5	Tube de Pitot.....	9
I.6	Venturi.....	10
I.7	Viscosité.....	12
I.8	Les différents régimes d'écoulements.....	13
I.9	Loi de poiseuille.....	17
II.	Environnement d'un matériel.....	27
II.2	Vibrations d'une pompe.....	31
II.3	Vibration d'une pompe en fonction de son débit.....	32
II.4	Vibration dues aux écoulements fluide.....	33
II.5	Boulon de fondation.....	40
II.6	Alignement d'accouplement utilisant la cale d'épaisseur.....	41
II.7	Tuyauterie d'aspiration.....	42
II.8	Types des robinets.....	47
II.9	Amorçage des pompes centrifuges.....	48
II.10	Installation d'une pompe centrifuge de surface.....	50
II.11	Installation d'une pompe centrifuge verticale.....	50
III.1	Zinc lingot de 25Kg.....	53
III.2	Zinc Jumbo de 2 Tonnes.....	53
III.3	Cathode de cuivre 99,98%.....	53
III.4	Processus de fabrication.....	56
III.5	Station de pompage de l'eau de mer de la société "ALZINC".....	57
III.6	Conduites siphonnants.....	60
III.7	Bâche d'aspiration.....	60
III.8	Deux pompes à vide avec le réservoir de circulation.....	61
III.9	Réservoir de vide.....	63
III.10	la grille.....	65
III.11	Filtres de la station.....	65
III.12	Pompes centrifuges de reprises.....	69
III.13	Pompes centrifuges principales.....	70
III.14	Volute de la pompe IDVN 41.....	80
III.15	Roue de la pompe IDVN 41.....	81
III.16	Conduite de refoulement.....	82
III.17	courbe caractéristique des deux pompes principales .....	84
IV.1	corrosions uniformes.....	88
V.1	Courbe caractéristique des deux pompes principales (2 en marche).....	102
V.2	Courbe caractéristique d'une seule pompe marche.....	106



## *Liste des tableaux*

<b>Tableau III.1</b> : Caractéristiques des pompes de reprise .....	58
<b>Tableau III.2</b> : Caractéristiques des pompes principales .....	58
<b>Tableau III.3</b> : Caractéristiques des pompes de vide .....	59
<b>Tableau III.4</b> : Caractéristiques des filtres .....	59
<b>Tableau III.5</b> : Caractéristiques de réservoir de vide .....	59
<b>Tableau V-1</b> : les résultats de deux pompes en marche .....	101
<b>Tableau V-2</b> : les résultats d'une seule pompe en marche .....	106

# *Nomenclature*

$q_v$ : débit volumique .....	( $m^3/s$ )
$q_m$ : débit massique .....	( $kg/s$ )
$t$ : temps .....	( $s$ )
$\rho$ : masse volumique .....	( $kg/m^3$ )
$S$ : section .....	( $m^2$ )
$V$ : vitesse de fluide .....	( $m/s$ )
$V_{moy}$ : vitesse moyenne de fluide .....	( $m/s$ )
$g$ : accélération de pesanteur .....	( $m/s^2$ )
$Z$ : hauteur .....	( $m$ )
$p$ : pression .....	(Pascal)
$\Delta p_l$ : pertes de charge linéaires .....	(Pascal)
$\Delta p_s$ : pertes de charge singulières .....	(Pascal)
$\lambda$ : coefficient de pertes de charge linéaire	
$K$ : coefficient de pertes de charge singulière	
$\xi$ : rugosité des paroi .....	( $m$ )
$F$ : force de frottement .....	( $N$ )
$\mu$ : viscosité dynamique .....	( $kg/m.s$ )
$\nu$ : viscosité cinématique .....	( $m^2/s$ )
$D$ : diamètre .....	( $m$ )
$Re$ : nombre de Reynolds	
$P$ : puissance .....	( $W$ )
$E$ : énergie transmise .....	( $W.h$ )

# ***Bibliographie***

[1] cours mécaniques des fluides (Sebbane Omar) 2007/2008

[2] **CARLIER.M, GARNIER.B**, « les stations de pompage d'eau » 2<sup>ème</sup> édition 1982 paris.

[3] **Société RATEAU**, archive et catalogues usine ALZINC Ghazaouet.

[4] **L.legrand, G.poirier, P.leroy**, Les équilibres carboniques et l'équilibre calcocarbonique dans les eaux naturelles, édition EYROLLES.

[5] fichier PDF – pompes hydrauliques.

[6] Mise en marche de la station de pompage d'ALZINC – catalogue 1974.

# Résumé

Ce mémoire a pour objectifs d'étudier le fonctionnement, l'exploitation et la maintenance des équipements et les composants de la station de pompage d'eau de mer située au sein de la société "ALZINC" de Ghazaouet.

Il s'agit de montrer l'intérêt stratégique de ces équipements et de préciser leur rôle joué dans le processus de production.

L'importance d'une maintenance planifiée influe positivement sur la productivité de la société et reste un souci permanent pour l'ensemble des responsables du département de maintenance.