



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie mécanique



Mémoire
Pour l'obtention du diplôme de Mastère
en Génie Mécanique
Option : Génie Energétique et Environnement

Thème

**Contribution à l'étude de rénovation de la station de
pompage d'eau de mer. ALZINC-Ghazaouet**

Présenté par :

❖ OTMANI Abdeselem

Soutenu le :23/06/2014

Devant les membres du jury:

Président : Mr KERBOUA B. UABB -Tlemcen

Encadreur : Mr SEBBANE O. UABB -Tlemcen

Examineurs :Mr BENMOUSSAT A. UABB -Tlemcen

:Mr MIMOUNO. UABB -Tlemcen

Année: 2013-2014



DEDICACE

*A l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail,
que je dédie d'abord à :*

*Mes parents qui ont partagé avec moi les moments les
plus difficiles et qui ont été une source
d'encouragement durant mes études.*

Aussi

A mes très chères sœurs

A mon seul frère

A mes tantes, mes oncles, mes cousines et mes cousins

A toute la famille « OTMANI »

A tous mes camarades de classe de Génie Energique

A tous mes amis, chacun par son nom

*A tous ceux qui m'ont aidé à tracer mon chemin dans
ce savoir, et ceux qui m'ont soutenu moralement
de près ou de loin.*

Abdeselem



Remerciements

Avant tout je remercie Dieu le Tout-Puissant de m'avoir accordé la force et la santé pour accomplir ce modeste travail.

Aussi, j'exprime mes très sincères reconnaissances pour tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir mon mémoire de fin d'études, sans oublier mon encadreur Mr SEBBANE Omar pour sa précieuse collaboration.

Je tiens également à remercier Mr KERBOUA B. d'avoir accepté de présider le jury de mon projet de fin d'études.

Je remercie Mr BENMOUSSAT A. et Mr MIMOUN O. qui ont bien voulu examiner mon travail. Leur présence va valoriser, de manière certaine, le travail que j'ai effectué. Je remercie Mr GHOUIZI Samir avec gratitude et toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail surtout les personnes qui travaillent dans la société d'"ALZINC".

J'adresse également ma profonde gratitude à tous les professeurs de l'université ABOUBAKR BELKAID, en particulier, ceux du département de GENIE MECANIQUE.

OTMANI
Abdeselem

ملخص

تقع شركة بالقرب من البحر وذلك لاحتياجها الكبير و الدائم لماء البحر لإنتاج مادة الزنك بواسطة التحليل الكهربائي كما يتم تبريد الآلات

أن عملي يهتم بتقدير محطة ضخ مياه البحر في أربعة أجزاء أثناء دراستي للمشروع قمت باستطلاع المحطة بما فيها من شبكة أنابيب و مضخات

تبين إن المحطة متكونة من شبكة تعمل بالتوازي وذلك لزيادة إنتاجها في هذه المذكرة قمت بسرد مقدمة حول الشركة في الفصل الأول و في الفصل الثاني قدمت لمحة عن قوانين ميكانيكا السوائل كما وضحت في الفصل الثالث معلومات و قواعد حول الصيانة وأخيرا الحسابات المتعلقة بشروط عمل المحطة في الفصل الرابع

Abstract

The society of ALZINC of Ghazaouet is implanted close to the sea because of the need of water in big quantity and permanently. This water is used for the production of zinc (electrolysis) and the cooling of the rotating machines.

My work is interested in the survey of renovation of the seawaterpumping station, in four section.

To this effect, I elevated all parameters concerning the pumping station, during my visit to the society of ALZINC: the network of conducts, the accessories, the networks of pumps and the equipment, of instrumentation.

The station is composed of two networks in parallel to increase the necessary debit to the working.

In this memory, I made a presentation of the society of ALZINC in the first chapter. The second chapter is reserved to the recalls of notions of fluids mechanics. The information and the rules of the operations of the industrial maintenance of the pumping station of ALZINC are presented in the third chapter and finally, the calculation of the pumping station of seawater and verification with the conditions of working of it, are done in the fourth chapter and in last a general conclusion.

Résumé

La société d'ALZINC de Ghazaouet s'est implantée à proximité de la mer à cause du besoin en eau de mer en grande quantité et en permanence. Cette eau de mer et salée est utilisée pour la production du zinc (électrolyse) et pour le refroidissement et des machines tournantes.

Mon travail s'intéresse à l'étude de la rénovation de la station de pompage d'eau de mer, en quatre parties.

A cet effet, j'ai relevé tous les paramètres concernant la station de pompage, pendant ma préssuce à la société d'ALZINC : le réseau de conduites, les accessoires, les réseaux de pompes et les équipements, d'instrumentation.

La station se compose de deux réseaux fonctionnant en parallèle pour augmenter le débit nécessaire au fonctionnement.

Dans ce mémoire j'ai fait la présentation de la société d'ALZINC dans le premier chapitre. Le deuxième chapitre est réservé aux rappels de notions de mécanique des fluides. Les informations et les règles des opérations de la maintenance industrielle de la station de pompage d'ALZINC sont présentées dans le troisième chapitre et enfin, le calcul de la station de pompage d'eau de mer et la vérification avec les conditions de fonctionnement de la station de pompage sont effectués dans le quatrième chapitre. En dernier lieu une conclusion générale est présentée.

Sommaire

Chapitre I: Présentation de la station de pompage

I.1.Introduction.....	1
I.2.Présentation de l'entreprise "ALZINC " de Ghazaouet	1
I.3. les équipements principale	2
I.4. Processus et Matières d'AL ZINC.....	2
I.4.1.Grillage.....	2
I.4.2.Stockage.....	3
I.4.4. Lixiviation	3
I.4.4.Purification	3
I.4 .4.1. Purification à chaud	4
I.4 .4.2. Purification à froid	4
I.4.5.Repulpage	4
I.4.6.Electrolyse (Anode- Cathode)	4
I.4.6.Atelier de Refonte	5
I.4.8.Laboratoire (Certifie ISO 14001 Environnement et 9001Qualite).....	5
I.5.Station de pompage de la société "ALZINC".....	5
I.5.1.Appareils de la station	6
I.5.1.1.Alimentation de l'installation	6
I.5.1.2.Central de vide	6
I.5.1.3.Filtres	12
I.5.1.4.Robinetteries de la station	14

I.5.1.5.Pompes centrifuges de reprises	15
..	
I.5.1.6.Pompes centrifuges principales	16
I.5.1.7.Description de la pompe principale	17
I.5.1.8.Pompe et sa crépine	21
I.5.1.9.Pavillon d'aspiration et la crépine	21
I.5.1.10.Accessoires	23
I.5.1.11.Mise en marche et arrêt de la station	23
I.5.1.12.Courbe d'une pompe	25
I.6.Conclusion	27
Chapitre II : Rappels des notions de mécanique des fluides	28
II.1.Introduction.....	28
Partie A : Les réseaux de conduites	
II.2.Débit	28
II.2.1.Débit-masse	28
II.2.2 Débit-volume	28
II.3. Ecoulements permanents (ou stationnaires)	28
II.4.Equations de conservation de la masse (ou équation de continuité).....	29
II.4. Définitions	29
II.4.2. Conservation du débit.....	29
II.4.3.Expression du débit en fonction de la vitesse	30
II.4.4.Vitesse moyenne	30
II.5.Théorème de BERNOULLI	31
II.5.1. Théorème de BERNOULLI pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible	31

II.5.2. Cas d'un écoulement passant de l'état (1) à l'état (2) sans échange de travail.....	32
II.5.3. Cas d'un écoulement passant de l'état (1) à l'état (2) avec échange d'énergie	32
II.5.4. Application du Théorème de Bernoulli	33
II.5.4.1. Tube de Pitot	33
II.5.4.2. Phénomène de Venturi	34
II.5.4.1. Écoulement d'un liquide contenu dans un réservoir	35
II.6. Viscosité	35
II.6.1. Observation	35
II.6-2 Conclusions	36
II.6.3. Viscosité dynamique - Viscosité cinématique	36
II.7. Profil des vitesses.....	36
II.7.1. Viscosité dynamique	36
II.7.3. Viscosité cinématique	37
II.8. Pertes de charges	37
II.8.1 Observations.....	37
II.8.2 .Conclusion	37
II.8.3. Les différents régimes d'écoulement : nombre de Reynolds.....	37
II.8.4. Théorème de Bernoulli appliqué à un fluide réel avec pertes de charge.....	38
II.8.5. Expression des pertes de charge	39
II.8.5.1. Influence des différentes grandeurs	39
II.8.5.1. Pertes de charges systématiques	39
II.8.5.3. Pertes de charges accidentelles	41
II.8.5.4. Théorème de Bernoulli généralisé	42

II.9. Définition de pompes.....	43
II .9.1. Pompes centrifuges	43
II.9.2. Equation de base de la pompe.....	44
II.9.3.La hauteur manométrique	46
II.9.4.Rendement	46
II.9.5.La hauteur manométrique totale (H_{MT}) d'un circuit	49
Remarque	48
II.9.6.Détermination du point de fonctionnement d'une pompe avec un circuit hydraulique.....	48
II.9.7. Courbes caractéristiques des pompes	49
II.9.7.1. Définition du NPSH	50
II.9.7.2. Courbe de H_{MT}	51
II .9.7.3. Courbes de rendement.....	51
II.9.7.4Courbes de puissance.....	52
II.9.7.5.Courbe de NPSH.....	53
II.10.Pertes de charge et courbes caractéristiques du réseau de conduites.....	53
II.10.Pertes de charges linéaires.....	53
II.10.2.Pertes de charge singulières.....	56
II.10.3.-Courbes caractéristiques du réseau de conduites.....	56
II.11. Point de fonctionnement de la pompe.....	57
II.11.1 Fonctionnement avec une seule pompe	57
II.11.2.Fonctionnement en parallèle, 2 pompes identiques.....	58
II.11.3. Fonctionnement en parallèle, pompes différentes	59

II.11.4.Fonctionnement en série	61
II.12.Conclusion.....	62

Chapitre III : la maintenance de station de pompage

III.1. Introduction	63
III.2. La définition de maintenance.....	63
III.2.1.1.La maintenance corrective	63
III.3.La maintenance préventive.....	63
III.3.1.But de la maintenance préventive.....	64
III.3.2.La maintenance préventive systématique.....	64
III.3.3.La maintenance préventive conditionnelle.....	65
III.4. Les types de maintenance	66
III.4.1. Opérations de maintenance corrective.....	67
III.4.1.1. Dépannage	67
III.4.1.2. Réparation	67
III.4.1.2. Opérations de maintenance préventive	67
III.5.Les niveaux de maintenance.....	68
III.5.1.1er Niveau	68
III.5.2.2ème Niveau	68
III.5.3-3ème Niveau.....	69
III.5.1.4ème Niveau.....	69
III.5.5ème Niveau.....	69
III.6. Autre activités du service maintenance.....	70
III.6.1. Maintenance d'amélioration.....	70
III.6.2. Rénovation (extrait de la norme NF X 50-501, février 1982)	70
III.6.3. Reconstruction.....	70
III.6.3.La modernisation.....	70
III.6.4. Les travaux neufs.....	71
III.6.5.La sécurité	71
III.7.Maintenance des composantes	72
III.7 .1.Conduites et tuyauterie	72
III.7.2.Robinetterie générale	72

III.7.3.Purgeurs d'air.....	73
III.7.4.Clapets.....	73
III.7.5.Clapet «Mannesmann »	73
III.8.Conclusion	73
Chapitre IV : Calcul de la station de pompage	
IV.1. Introduction	75
IV.2.Les calculs des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières de la station vers l'usine.....	75
IV.2.1.Entre les niveaux (1) et (2)	75
IV.2.1.1. Le théorème de Bernoulli entre les points (1) et (s)	75
IV. 2.1.2.Calcul de la vitesse moyenne de (s)	76
IV. 2.1.3- Le théorème de Bernoulli entre les points (s) et (2)	76
IV. 2.1.4.Calcul des pertes de charge linéaires.....	77
IV.2.1.5.Calcul des pertes de charge singulières.....	77
IV. 2.1.6.Calcul des coefficients de pertes de charge singulières	78
IV.2.1.7. Pertes de charge en (1) et (2) en fonction de débit $\Delta h_{(L+S)} = f(q_v)$	78
IV.2.1.8.Calcul de vitesse moyenne de (2)	78
IV. 2.2.Applications le théorème de Bernoulli entre (A) et (C) et entre (B) et (C)	79
IV.2.3.Appliquons la théorème de Bernoulli entre (2) et (2') sans pertes de charge singulières.....	80
IV.2.3.1.Calcul de la pression (3) (collecteur) commune avec les sorties des conduites en parallèle (A) et (B).....	80
IV.2.4. Le théorème de Bernoulli entre les points (3) et (4)	81
IV.2.4.1.Calcul des pertes de charge singulières au niveau de la vanne.....	81
les pertes de charge linéaires sont nulles entre les sections (3) et (4)	81
IV.2.4.2. Calcul des pertes de charge entre (A) et (B) en parallèle avec (C)en série en fonction de débit $\Delta H_{(L+S)} = f(q_v)$	82
IV .2.5.Au niveau des conduites $D_4 = D_5 = 700\text{mm}$	82

IV.2.5.1. Appliquons la théorème de Bernoulli (4) et (5) n'avant pas les pertes de charge singulières	82
IV.2.5.2.Calcul des pertes de charge linières.....	83
IV. 2.5.3.Calcul des pertes de charge singulières.....	83
IV. 2.5.4.Calcul des coefficients de perte de charge singulière.....	84
IV. 2.5.5.Calcul des pertes entre(4) et (5) en fonction de débit: $\Delta H_{(L+S)} = f(q_v)$	84
III.2.6.Tableau.....	85
III. 2.7.Déterminer le point de fonctionnement des deux pompes.....	88
IV.2.7.1.Calcul de la puissance de la pompe.....	88
IV.2.7.2. Facture énergétique des deux pompes d'une durée d'une année.....	88
IV.8.Conclusion.....	89

Nomenclature

q_v	débit volumique	(m ³ /s)
q_m	débit massique	(kg/s)
t	temps	(s)
ρ	masse volumique	(kg/m ³)
S	section	S (m ²)
v	vitesse de fluide	(m/s)
v_m	vitesse moyenne de fluide	(m/s)
g	accélération de pesanteur	(m/s ²)
Z, H _{MT}	hauteur	(m)
p	pression	(Pascal)
ΔH_L	pertes de charge linéaires	(Pascal)
ΔH_s	pertes de charge singulières	(Pascal)
λ	coefficient de pertes de charge linéaire	
ζ	le coefficient de pertes de charge singulière	
k	la rugosité de paroi	(m)
F	force de frottement	(N)
μ	viscosité dynamique	(Kg/m.s)
ν	viscosité cinématique	(m ² /s)
Re	nombre de Reynolds	
E	énergie transmise	(W)
w	vitesse relative à l'aubage	(m/s)

U :	vitesse périphérique	(m/s)
u_u	composante tangentielle de la vitesse absolue	(m/s)
u_r	composante radiale de la vitesse absolue	(m/s)
P_a	la puissance absorbée par la pompe	(W)
P_{gr}, P	puissance	(W)
η :	rendement	%

Tableau des Figures

Figure I. 1:	Station de pompage d'eau de mer de la société "ALZINC"	6
Figure I. 2:	les siphonnèrent	7
Figure I. 3:	Deux pompes à vide	8
Figure I. 4:	Collecteur	10
Figure I. 5:	Réservoir à vide	11
Figure I. 6:	les filtres	13
Figure I. 7:	les pompes centrifuges de reprises	16
Figure I. 8 :	les pompes centrifuges principales	17
Figure I. 9:	Courbe caractéristique de la pompe	26
Figure II. 1:	Ligne de courant	29
Figure II. 2:	Profil de vitesse	30
Figure II.3:	Écoulement d'un fluide	31
Figure II. 4:	Écoulement avec échange de travail	32
Figure II. 5:	Tube de Pitot	33
Figure II.6:	Venturi	34
Figure II.7:	théorème de "Torricelli"	35
Figure II. 8:	Profil de vitesse	36
Figure II. 9:	Les régimes d'écoulements	37
Figure II.10:	Loi de poiseuille	40
Figure II. 11:	Schéma d'une pompe centrifuge	44
Figure II.12:	types des roues	44
Figure II.13:	Aube d'une roue mobile avec les triangles de vitesse a chacune de ses extrémités	46
Figure II.14:	circuit hydrauliques	47
Figure II.15:	point de fonction de hauteur manométrique HMT en fonction de débit q_v	49
Figure II.16:	courbes caractéristiques de la pompe.	49
Figure II.17:	Pompes montées en charge et en aspiration	50
Figure II. 18:	Courbe des performances d'une pompe avec les courbes pour des roues de différents diamètres	52
Figure II.19:	Diagramme de Moody	55
Figure II.20:	Courbe de réseau d'une canalisation.	57
Figure II.21:	deux pompes en parallèle	58
Figure II.22:	Points de fonctionnement de deux pompes	58
Figure II.23:	Points de fonctionnement de deux pompes opérant seules (B) ou en parallèle (D)	59
Figure II.24:	Points de fonctionnement de deux pompes différentes	60
Figure II.25:	pompes en série	61
Figure II.26:	Caractéristiques de deux pompes fonctionnant en série	61
Figure III.1:	Le diagramme de maintenance.	66
Figure IV. 1:	L'aspiration vers le refoulement	75
Figure IV. 2:	Schéma des conduites en parallèle	79

Figure IV. 3:	vanne entre (3) et manomètre(4)	81
Figure IV. 4:	les conduites en série entre les deux manomètres (4) et (5)	82
Figure IV. 5:	courbe de caractéristique des conduites avec deux pompes	85
Figure IV.6:	courbe de point fonction des caractéristiques de conduites avec deux pompes	86

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Tableau I.1 : l'intervalle de fonctionnement d'une pompe.....	25
Tableau II.2 : La viscosité cinématique de l'eau dépend de sa température.....	52
Tableau II.3 : Les valeurs de rugosité	54
Tableau IV.4 : les pertes de charge de station de pompage avec les deux pompes en fonction de débit q_v	85

Introduction générale

Introduction générale

Dans notre mémoire, 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 concerné dans cette 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 quatre chapitres.

Dans le premier chapitre on va présenter à l'entreprise ALZINC et comment elle se passe la transformation de la matière première pour obtenir un produit finale prêt à l'utilisation.

Nous allons parler de l'élément qui aide à obtenir ce produit final, et on a expliqué le principe de fonctionnement de cette élément. qu'il représente la station de pompage

Dans le deuxième chapitre on va rappeler des notions de mécanique de fluide, afin d'études les réseaux de conduites et les réseaux des pompes et déterminer le point de fonctionnement pour obtenir le débit fournis avec la hauteur manométrique pour alimenter les unités d'usine.

Le troisième chapitre présente un rappelle de maintenance et parler comme faire la maintenance de matériel de station de pompage d'eau de mer pour la productivité d'usine pour obtenir un meilleur point de fonctionnement de la station de pompage d'ALZINC. Afin de protégée le matériel.

Dans le quatrième chapitre nous avons saisi les données de la station de pompes d'ALZINC pour déterminer et vérifier les conduites du bon fonctionnement de la station de pompage.

Chapitre I

Présentation de la station
de pompage d'ALZINC

I.1. Introduction :

Nous allons présenter dans ce chapitre l'entreprise d'ALZINC et comment elle se passe la transformation de la matière première pour obtenir un produit finale prêt à l'utilisation.

Nous allons parlé et expliqué les fonctionnements de l'élément qui aide à obtenir une bonne qualité d'ALZINC.

I.2. Présentation de l'entreprise "ALZINC" de Ghazaouet :

La société Algérienne de zinc par abréviation ALZINC est dotée d'un capital de 855.000.000 DA et fonctionner avec un effectif de 514 personnes est une société par action SPA (société nationale de sidérurgie) détenues à 100% par METANOF. ALZINC est chargée conformément à ses statuts de la production et de commercialisation du zinc et dérivés du zinc.

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 géographique à été choisie pour tenir compte des conditions suivantes :

- Faciliter les opérations d'importations et d'exportations par voie maritime et par voie ferrée.
- Les caractéristiques de l'eau et la proximité de l'eau de mer pour la déminéraliser.

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

- ❖ Zinc en lingot de 25 Kg ;
- ❖ Pastille de zinc ;
- ❖ Zinc jumbo de 02tonnes, prealuminé, préplombé ;
- ❖ Alliages de zinc (zamak 3 et zamak 5) ;
- ❖ Anodes pour protection cathodique ;
- ❖ Acide sulfurique concentré à 98% ;
- ❖ Cadmium en baguette de haute pureté ;

I.3.les équipements principale:

Mécanique et électronique et d'un magasin très vaste qui contient des pièces, des pompes, qui répondent aux besoins de procès de production ainsi de deux salles de contrôle une pour contrôle de grillage et l'autre pour le contrôle du lixiviation purification, un laboratoire de contrôle de qualité des produits à chaque étape du procès. L'usine est dotée aussi d'une station de neutralisation et une autre de dessalement.

I.4. Processus et métiers d'AL ZINC

Les concentrés arrivent à la fabrique par voie maritime. Ils sont transporté par camions jusqu'aux magasins à l'intérieur de la fabrique.

L'entrée du minerai aux magasins s'effectue par camions dont le pesage sur bascule détermine la quantité de concentré qui entre. Le magasin est constitué de 6 compartiments de 3.000 tonnes chacun, non couverts, où le minerai est stocké en fonction de la qualité de la blende. De là, au moyen d'une grue, le minerai est déposé sur transporteur à bande et envoyé à 6 trémies. Depuis ces trémies et en fonction de la qualité désirée, la blende est dirigée vers un transporteur à bande qui communique avec un autre transporteur incliné qui débouche sur le crible. En cet endroit s'effectue la séparation de la fin et du rejet. La matière tombe dans la trémie d'alimentation du four et au moyen d'un plateau tournant sur la bande de projection qui alimente le four directement. Le rejet passe dans un broyeur où il est trituré afin d'obtenir la granulométrie désirée. À la sortie du broyeur, il est envoyé de nouveau au crible au moyen d'un élévateur à godets, ainsi que les déchets.

I.4.1.Grillage :

"ALZINC" dispose d'une installation de grillage qui est entrée en service en 1975 avec une capacité de traitement de 300 tonnes/jour de minerai et une production de 270 tonnes /jour d'acide sulfurique.

Le grillage est le premier traitement auquel est soumis le minerai (ZnS) pour obtenir le calcine(ZnO), afin de pouvoir la lixivier plus tard et alimenter les cuves électrolytiques avec du sulfate de zinc, il est réalisé par chauffage à 900 / 950°C et en présence d'air selon la réaction suivante :



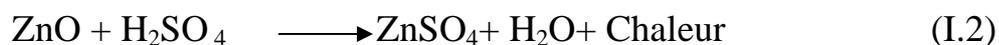
Le grillage à l'unité d'ALZINC est effectué en lit fluidisé dans un four de forme cylindrique évasé vers le haut. Il a une grille de 46 m² et trois serpentins pour réfrigérer le lit fluidisé. Il s'y trouve en outre trois brûleurs et 6 lances de gasoil pour chauffer lorsqu'il y a un arrêt.

❖ Circuit de minerai :

Le blende est alors soutirée de la trémie d'alimentation au moyen d'un extracteur à bande et chargée dans le four au moyen d'une sole tournante assurant la régularité de l'alimentation et d'une machine chargeuse garantissant la répartition du concentré dans le four.

I.4.2. Stockage :

Le minerai en provenance du four de grillage est stocké dans deux silos de 3000 T chacun, avant d'être soutiré par 2 vis doseuses (41.14 et 41.15) et déversée dans les cuves de pulpage. ZnO est soluble dans H₂SO₄ selon la réaction :



La présence d'un peu de sulfate dans le minerai (2 à 3 %) n'est pas nuisible, au contraire elle compense les pertes en SO₄⁻ dans les évaporateurs, sous forme de CaSO₄ et dans les résidus (SO₄⁻ imprégnant les boues sous forme de PbSO₄ et ZnSO₄

Les composés tels que les ferrites de zinc (Fe₂O₃, ZnO) et certains silicates sont par contre insolubles dans l'acide dilué et leur présence, a comme conséquence, une diminution du rendement de mise en solution de zinc.

La présence de ZnS due à un grillage imparfait gêne l'oxydation du Fe⁺⁺ au Fe⁺⁺⁺ au niveau de la cuve de pulpage et dans les cuves de lixiviation. Il est dans ce cas indispensable d'ajouter du bioxyde de manganèse (MnO₂) au niveau des cuves acides de tête ou du permanganate de potassium (KMnO₄) au niveau des cuves de lixiviation.

I.4.3. Lixiviation :

Mettre le maximum de zinc en solution tout en essayant d'éviter la dissolution des impuretés (PH 5,2), éliminer une grande partie des impuretés par oxydation du Fe⁺⁺ en Fe⁺⁺⁺ qui sert d'entraîneur.

Élimination des solides par décantation.

I.4.4. Purification :

A – Purification à chaud

B – Purification à froid

C – Repulpage neutre

But l'overflow de la lixiviation neutre est trop impure pour être soumis à l'électrolyse. Il faut donc éliminer toutes les impuretés susceptibles de se déposer avant le zinc.

Les impuretés sont éliminées sous forme de ciment, l'agent de cémentation utilisé est la poudre de zinc.

❖ la purification s'effectue en 2 étapes :

I.4.4.1. Purification à chaud :

Elle élimine la plus grande partie des impuretés comme le Ni, Co, Cu, Cd, As, Sb, Ge, Sn, Ti, Tl ...de façon à pouvoir obtenir un bon rendement faradique à l'électrolyse.

I.4.4.2. Purification à froid :

Elle consiste à éliminer les dernières traces de Cd et Tl afin d'obtenir un zinc de qualité S.H.G

I.4.5. Repulpage :

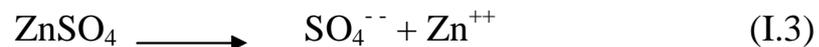
Le repulpage a pour but de récupérer dans un premier stade le zinc mis en excès à la purification à chaud et à froid et dans un second stade, le cadmium contenu dans ces mêmes boues.

❖ Repulpage neutre :

Dans la solution overflow neutre les impuretés ne dépassent pas 1.5 g/litre (Mn mis à part). En tenant compte l'oxydation éventuelle du Zn métal en ZnO, il n'en faudrait pas plus de 2 g/l de zinc pour précipiter ces impuretés. Or on ajoute dans les cuves de purification à chaud et à froid jusqu'à 7g/l de Zn métal. On va donc retrouver dans les boues le Zn qui n'a pas réagit.

I.4.6. Electrolyse (Anode- Cathode) :

L'électrolyse de zinc s'effectue en milieu acide. Elle consiste à déposer les ions Zn^{++} sur une cathode en aluminium tandis que les ions OH^- réagissent à l'anode en plomb réaction de dissociation



I.4.7. Atelier de Refonte :

Les plaques de zinc cathodique obtenues par électro-déposition sont refondues dans des fours pour être mises sous forme de lingots de zinc commercialisables.

Les cuivre cathodes, les alliages de zinc sont produits dans des ateliers annexes situés dans l'enceinte de l'usine

I.4. 8. Laboratoire (Certifié ISO 14001 Environnement et 9001Qualite) :

Le laboratoire joue un rôle très important dans la chaîne de production, il est en relation avec tous les ateliers de l'usine afin de contrôler le processus qualitativement à partir de la matière première (blende crue) jusqu'au produit fini. Le laboratoire comporte 04 sections [1].

I.5. Station de Pompage de la Société "ALZINC" (Figure I.1) :

Pour l'alimentation des circuits de refroidissement de l'usine, et pour l'amélioration du traitement de minerai d'alzinc, il a été prévu une station de pompage de l'eau de mer.

Et après, ils ont créé une station de dessalement supplémentaire, pour profiter l'eau dessalée en d'autres utilisations dans l'usine.

Cette station alimentée par deux siphonages en parallèle d'un diamètre 1000mm qui aspire l'eau de mer puis refoule dans la bache de reprise qui comporte trois pompes de reprise,

Le phénomène de siphonage qui aspiration vers refoulement, il y a un central de vide qui comporte un réservoir de vide et deux pompes à vide,

Les pompes de reprise refoulent dans la bache des filtres pour dégager les déchets vers stockage dans une bache des groupes qui comporte trois pompes principales qui alimentent les unités de l'usine par l'eau de mer.

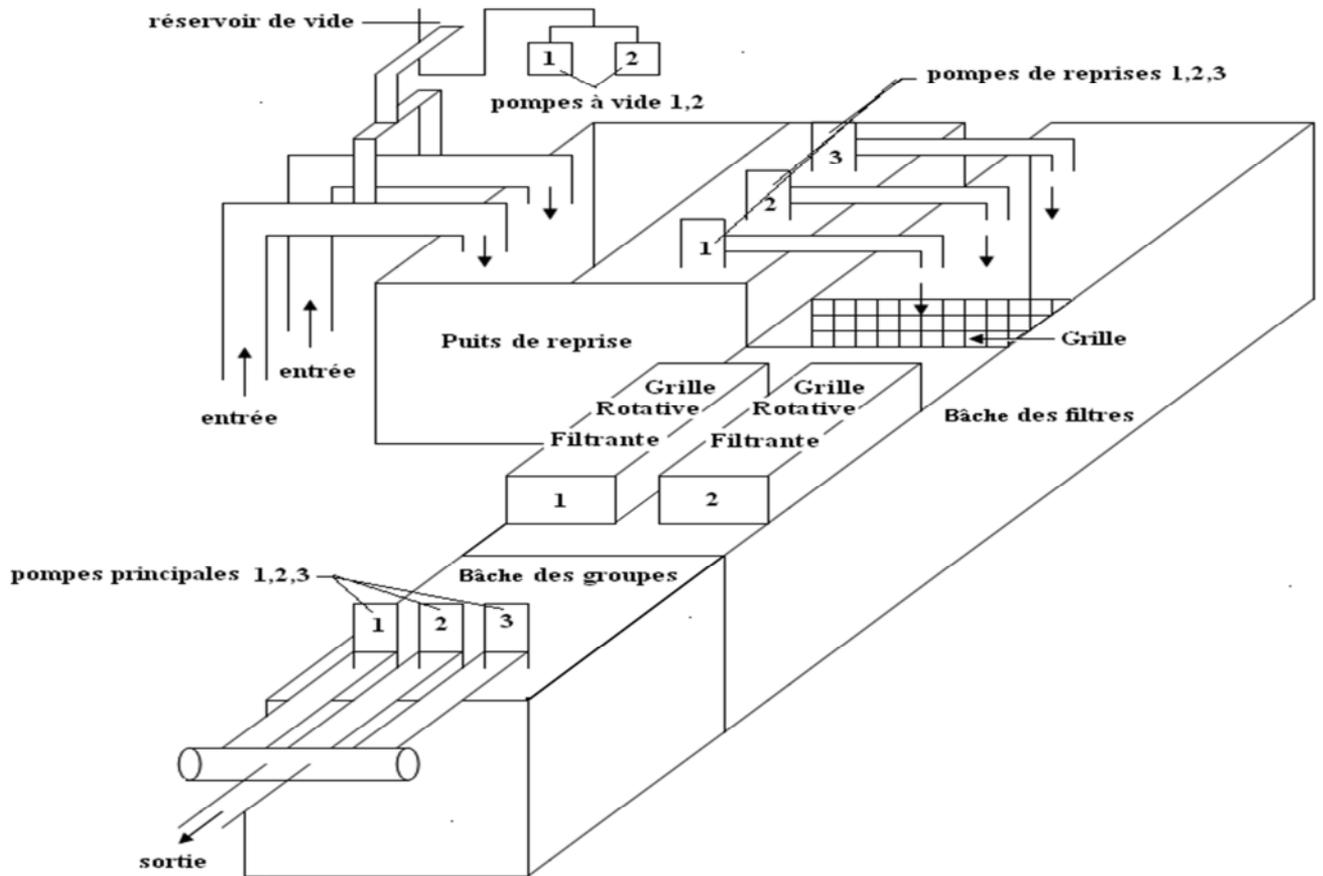


Figure I.1 : Station de pompage d'eau de mer de la société "ALZINC"

I.5.1.Appareils de la station :

I.5.1.1. Alimentation de l'installation :

Alimentation de station de pompage nécessite une prise d'eau de mer par deux conduites siphonnant en parallèle (Figure I.2) de diamètre 1000mm, d'une longueur de 330m environ et d'un débit global de 700l/s, soit 2520m³/h refoulée directement dans une bâche de reprise (Figure I.7)

I.5.1.2. Central de vide :

Le phénomène qui alimente la bâche d'aspiration de la station de pompage, c'est le fonctionnement de deux conduites de siphonage de diamètre 1000 mm, ces dernières peuvent fonctionner en parallèle ou bien séparément.



Figure I.2 : les siphonnèrent

La pompe à vide aspire l'air qui est dans les conduites de diamètre de 1 m et de longueur de 330 m pour que l'eau de mer atteigne les puits de reprise par gravité.

La centrale de vide est constituée des éléments suivant :

- Deux pompes à vide
- Réservoir de circulation
- Réservoir de vide
- Les conduites de liaison
- Robinetterie d'équipement

- Le phénomène d'alimentation est comme suit : La bête d'aspiration du station de pompage pour alimenter par deux conduites siphonnant de diamètre 1000mm et longueur 330m, l'opération en parallèle ou en séparément



Figure I.3 : Deux pompes à vide

Ils sont sous la dépendance d'une centrale de vide qui crée on maintient l'état d'amorçage à travers une conduite de diamètre 200 mm

❖ Cette centrale de vide constitue les éléments suivants :

- deux pompes à vide
- le réservoir de circulation

A.Pompe à vide :

❖ La construction de cette pompe est comme suit :

- Marque : SIHI
- Type : LPHA 3408 BN 05132
- Nombre : 2

❖ Avec un moteur qui porte la référence suivante:

- type : Verticale
- Tension d'alimentation : 220/380 V
- Période : 50Hz
- Puissance : 3KW
- Vitesse : 1450 tr /min
- Nombre : 2

B. Réservoir de circulation :

Le réservoir de circulation est placé entre deux supports massifs de groupes (figure I.5) qui refoulent dans le bêche, ce réservoir est un point commun entre ces deux groupes il sont en acier galvanisée, et est équipé des accessoires suivants :

- deux arrivées tangentielles de diamètres 40/49mm avec raccord ;
- un évent de mise à l'atmosphère à la partie supérieure ;
- un robinet de vidange ;
- une garniture de niveau ;
- un trou d'homme;
- un orifice de trop plein avec raccord ;
- un orifice de recyclage avec raccord.

C. Réservoir à vide :

C'est un réservoir fabriqué de matière de tôle d'acier galvanisé de forme fonds bombés soudés d'une capacité totale de 5m^3 , Hauteur 3.430 m, diamètre 1.600m.

❖ **Les différents accessoires de réservoir :**

➤ **La partie inférieure :**

Les conduites d'équilibrage de diamètre 150mm, un trou d'homme avec tôle de boulonnée, une garniture de niveau avec tube protégés et robinets d'isolement Un tubulaire diamètre 40/49.

➤ **La partie supérieure (Figure I.4) :**

pour liaison avec la pompe à vide , une tubulure de 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 de 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.
- Avec un manomètre pour contrôler l'indication de la pression du réservoir.



Figure I.4 : Collecteur



Figure I.5 : Réservoir à vide

D. Tuyauteries de liaison :

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

- une tuyauterie de diamètre 40/49 mm entre le point haut du réservoir à vide et l'aspiration de chacune des pompes ;
- deux tuyauteries de diamètre 40/49mm pour jonction entre le refoulement de chacun des pompes à vide et leur réservoir de circulation ;
- une tuyauterie d'eau brute de diamètre 20 mm pour alimentation de l'anneau d'eau des pompes, le recyclage et la distribution sur leurs presse-étoupe ;
- une tuyauterie d'équilibrage du réservoir à vide, de diamètre 150 mm ;
- une tuyauterie de mise à vide des collecteurs diamètres de 100 mm ;
- une culotte de diamètre 207,3 mm avec trois piquages, de diamètre 100 mm, pour mise à vide des points hauts des deux canalisations de 1000 mm et du by-pass diamètre 200 mm pour pré remplissage de la bache d'aspiration [2].

E. Robinetterie d'équipement :

Elle comprend les organes suivants :

- un robinet casse-vidé 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 ;
- une électrovanne "Jouvenel" et "Cordier" sur arrivée d'eau brute ;
- un robinet régulateur 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 régulateur 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 [2] .

I.5.1.3.Filtres (Figure I.6) :

L'eau de mer passe par deux points de filtration, le premier point contient un grillage placé avec la crépine après l'eau de mer passe dans la conduite siphonnant de 1000mm et 200mm

- après l'eau traversant la bâche par les pompes de reprise est arrivée au deuxième point de filtration
- ce point là il y a un grillage pour les grands filtres, après directement traversée filtres 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.

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

❖ La construction de ce filtre Perrier :

- Marque : Perrier
- Type : NCA 30/31
- Finesse de filtration : 400
- Débit unitaire : 700l/s
- Nombre : 2



Figure I.6 : Les filtres

I.5.1.4. Robinetteries de la station :

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

A. L'arrivée du siphon de pré remplissage de la bêche :

❖ la vanne papillon de:

- diamètre 200mm,
- série "Gamma"
- marque "AMRI"

À un corps en fonte, bague souple éthylène propylène, papillon en bronze d'aluminium, axe en acier inoxydable.

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

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 plancher. Un soufflet étanche, rempli de graisse, empêche toute rentrée d'eau dans le boîtier[2].

B. Le refoulement des pompes :

Chacune des trois pompes est équipée des organes suivants :

- la vanne papillon de diamètre 550mm, de série "Gamma", de marque "AMRI".

Le volant monté directement sur le boîtier nous permet de commander manuellement cette vanne, de plus ce boîtier est équipé intérieurement de deux contacts électriques de fin de course d'ouverture et deux pour la fermeture.

- La étape de retenue de 550 mm de diamètre, de Marque : "Manmeshann" et de type DRVg

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 [2].

C. Les conduites de refoulement :

Deux vannes papillon de diamètre 500mm et leur construction identique à celle des vannes de diamètre 350 mm décrites ci-dessus, c'est-à-dire, avec boîtier comportant une signalisation électrique et visuelle, avec deux joints de démontage de diamètre 700mm.

D. Les circuits by-pass de la station :

Deux vannes papillon de Diamètre 350mm, de construction identique aux précédentes, et le boîtier comporte une indication visuelle par index visible au travers d'un hublot, avec deux joints de démontage de diamètre 550mm.

E. Les réservoirs hydropneumatiques :

Deux vannes papillon de Diamètre 500 mm et de construction identique à celle des vannes diamètre 550mm équipant les circuits de by-pass de la station, avec deux joints de démontage de diamètre 500mm.

I.5.1.5.Pompes centrifuges de reprises (Figure I.7):

Les caractéristiques des trios pompes centrifuges de reprise (pompes à hélice) sont:

De marque mangin-râtea de type Vertical H450, débit unitaire 350 l/s de hauteur de refoulement 5 mètres max Vitesse de rotation 750 tr/ min de nombre 3 dont 1 de secours

Les moteurs sont de type vertical de tension d'alimentation 220/380 V de période 50 Hz de vitesse 750 tr/min au nombre de 3 dont 1 de secours.



Figure I.7 : Les pompes centrifuges de reprises

I.5.1.6. Pompes centrifuges principales :

❖ Les caractéristiques des pompes principales (figure I.8) :

La pompe de :

- Marque :Râteau
- type vertical IDVN 41
- débitunitaire de 350 l/s
- hauteur de refoulement 42 m
- vitesse de rotation de 1480 tr/mn
- poids : 3000 kg

Le moteur de:

- marque “Unelec-Alsthom”
- type: vertical N2 RX355K41V1
- tension d'alimentation : 5500 V

- une puissance : 190 kW,
- vitesse de 1480 tr/mn,
- poids : 2275 kg
- période : 50 Hz
- $\cos \varphi$ 0,805
- Nombre : 3 dont 1 de secours



Figure I.8 : Les pompes centrifuges principales

I.5.1.7. Description de la pompe principale :

Ces groupes, à axe vertical, sont du type centrifuge, à aspiration axiale qui passent dans une conduite, refoulent dans un tube vertical concentrique de transmission et relié aux deux collecteurs de refoulement de diamètre 700mm par un coude à 90° incorporé la jupe support de moteur. Les deux conduites principales et la conduite 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 composants de chacun de ses trois groupes :

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

A. Moteur électrique :

- Type vertical à flasque-bride,
- Marque : 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 [2].

B. 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 toute par des centrages [2].

C. 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 travers antes.

A la partie supérieure elle contient d'un roulement à billes simple 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. L'accouplement de demi-manchon est entraîné au moyen d'une clavette ajustée dans l'arbre et serré par un écrou freiné au moyen de deux broches travers antes.

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 travers antes. 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 [2].

D. 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.

L'extrémité de chaque arbre à réunir est filetée, 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 partie de la coulote de refoulement.

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

Sous ces cousines en caoutchouc, des paliers intermédiaires, les arbres sont protégés par des chemises en bronze 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 comportent 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 sortie 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[2].

I.5 .1.8. 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.

I.5.1.9. 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 ventre 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.

A. 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.

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.

B. 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

C. 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.

D. 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.

E. 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.

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 au montage.

I.5.1.10. 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

I.5.1.11. 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 des groupes est réalisé par le client par exemple après une visite, il est nécessaire qu'il s'assure les 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 à 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, le moteur tourne en 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 réseaux 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 bêche d'aspiration des pompes, par les opérations suivantes :

- Fermer complètement la vanne papillon diamètre de 200mm montée à l'arrivée du siphon de pré remplissage dans la bêche ;
- Fermer les deux vannes de diamètre 100mm sur les piquages entre réservoir à vide et les points hauts des collecteurs diamètre 1000 mm ;
- Ouvrir complètement la vanne de 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 de 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 1000mm étant complètement noyé, ouvrir les vannes de 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 [2].

❖ 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 500 mm sur les piquages des anti-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 [2].

I.5.1.12. Courbe d'une pompe :

La courbe caractéristique de la pompe individuelle devra se rapprocher le plus possible de la courbe théorique définie par les points suivant en se situant en dessus

Tableau I.1 : L'intervalle de fonctionnement d'une pompe

Q_v (m³/h)	H(m)
1000	43
1250	42
1500	40

En considérant que le point 1250 m³/h et 42 m. est imposé et le rendement maximal devra être obtenu pour le point de débit 1000 m³/h [2].

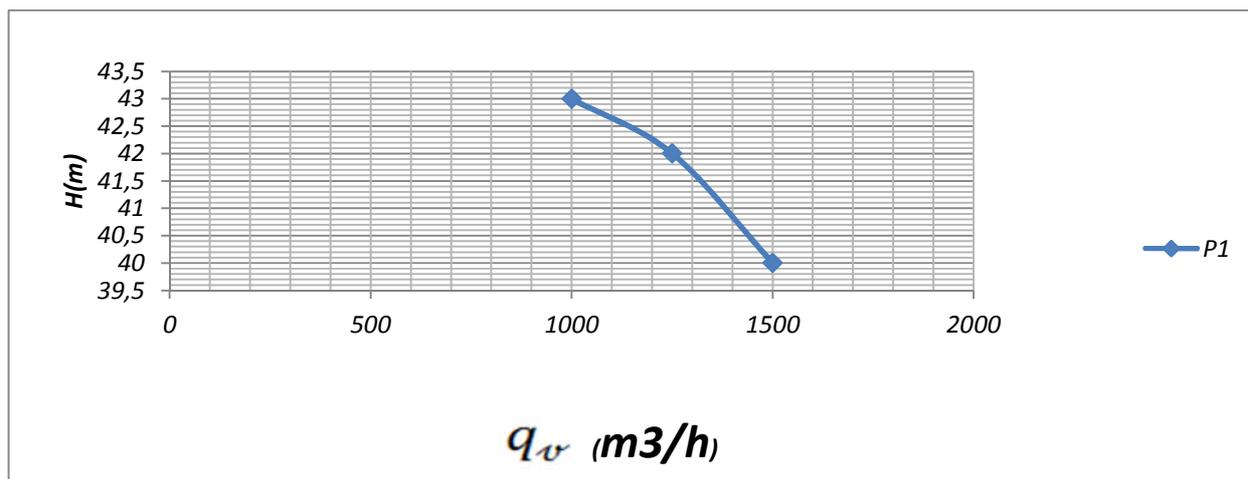


Figure I.9 : Courbe caractéristique de la pompe

I.6. Conclusion :

Dans ce chapitre on est arrivé à une explication générale d'entreprise " ALZINC " afin de comprendre les fonctions et les tâches de cette entreprise.

dans la suite on va contenir deux parties :

Pour la première partie : on a parlé de la fonction essentielle de cette usine, c'est la production de la matière " ALZINC " et comment elle passe cette production depuis l'entrée de la matière première jusqu'à l'obtention du produit prêt pour l'utilisation quotidienne.

Pour la deuxième partie : c'est cette partie qui contient le thème de notre mémoire, c'est le fonctionnement de la station de pompage, depuis l'aspiration de l'eau de mer aux conduites jusqu'à l'arrivée à l'intérieur d'usine.

Donc de refoulement dans cette partie on recherche le point de fonctionnement de la station de pompage et comment il passe le voyage d'eau à travers les organes de la station (les pompes, les filtres, les conduites, les vannes, les bâches, les réservoirs).

Enfin on peut dire que cette fonction de la station de pompage qui est le refroidissement est très important pour la fabrication du ZINC et plus que ça c'est la préparation d'eau pour la dessalure par la station de dessalement.

L'intérêt de ce dessalement d'eau de mer c'est d'obtenir l'eau dessalée pour la fabrication du zinc et pour le refroidissement des équipements techniques onéreux de l'usine d'ALZINC.

Chapitre II

Rappel de notions de
mécanique des fluides

II .1. Introduction

Nous présentons dans ce chapitre quelques rappels des notions de mécanique de fluide, pour l'étude des réseaux de conduites avec les réseaux des pompes et détermination des débits fournis par les pompes pour alimenter tout les réseaux de conduites d'une station de pompage de la société "ALZINC"

Ce chapitre se compose de deux parties A et B

Partie A : Les réseaux de conduites

C'est un ensemble de tuyauteries régulières en série ou en parallèle, reliés par des jonctions, des coudes, des filtres, des réservoirs, des appareils d'instrumentation, des changements de section, des robinets, des pompes, etc. les conduites permettent le transport du fluide sous l'effet de la différence des pressions.

II.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.

II.2.1. Débit-masse :

Si Δm est la masse de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant le temps Δt , par définition le débit-masse est :

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

II.2.2. Débit-volume :

Le débit q_v fourni par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps. Il s'exprime en mètres cubes par seconde (m^3/s) ou plus pratiquement en mètres cubes par heure (m^3/h).

$$q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ en m}^3/\text{s} \text{ ou en m}^3/\text{h} \quad (\text{II-2})$$

II.3. 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 du temps.

II.4. Equations de conservation de la masse (ou équation de continuité) :

II.4.1. Définitions (Figure II.1) :

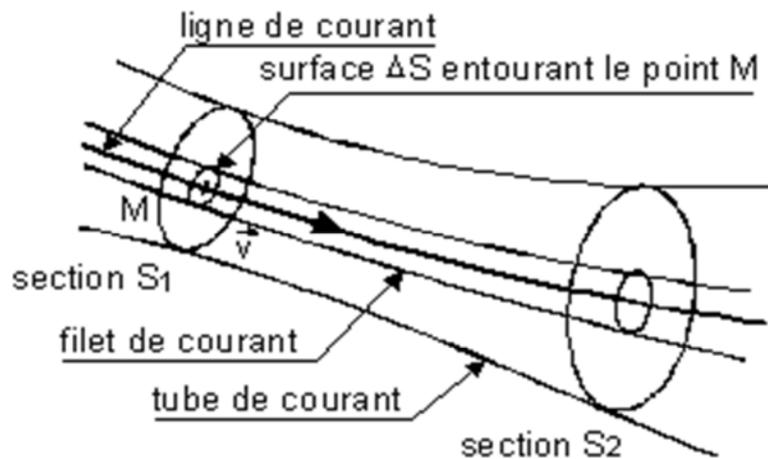


Figure II.1 : Ligne de courant

➤ **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.

➤ **Tube de courant:**

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

➤ **Filet de courant:**

Tube de courants 'appuyant sur un petit élément de surface ΔS , La section de base ΔS du tube ainsi définie est suffisamment petite pour que la vitesse du fluide soit la même en tous ses points (répartition uniforme)[3].

II.4.2. Conservation du débit :

Considérons un tube de courant entre deux sections S_1 et S_2 . Pendant l'intervalle de temps Δt , infiniment petit, le volume Δv_1 de fluide ayant traversé la section S_1 est la même que le volume Δv_2 ayant traversé la section S_2 .

$$Q_{v1} = Q_{v2}$$

En régime stationnaire, le débit-volume est le même à travers toutes les sections droites d'un même tube de courant [3].

II.4.3. Expression du débit en fonction de la vitesse :

Le débit-volume est aussi la quantité de liquide occupant un volume cylindrique de base égale à vitesse V , correspondant à la longueur de trajet effectué pendant l'unité

de temps, par une particule de fluide traversant la section S . Il en résulte la relation importante :

$$q_v = V \cdot S \quad (\text{II-4})[3]$$

II.4.4. Vitesse moyenne (Figure II.2) :

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



Figure II.2 : Profil de vitesse

Dans une section droite S de la canalisation, on appelle la vitesse moyenne v_m la vitesse telle que :

$$v_m = \frac{V}{S} \quad (\text{II-4})$$

La vitesse moyenne v_m apparaît 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 de la section droite.

$q_v = v_{m1} S_1 = v_{m2} S_2 = \text{cte}$ C'est l'équation de continuité.

$$\frac{v_{m1}}{v_{m2}} = \frac{S_2}{S_1} \quad (\text{II-5})$$

La vitesse moyenne est d'autant plus grande que la section est faible [5].

II.5. Théorème de BERNOULLI :

II.5.1. Théorème de BERNOULLI pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible :

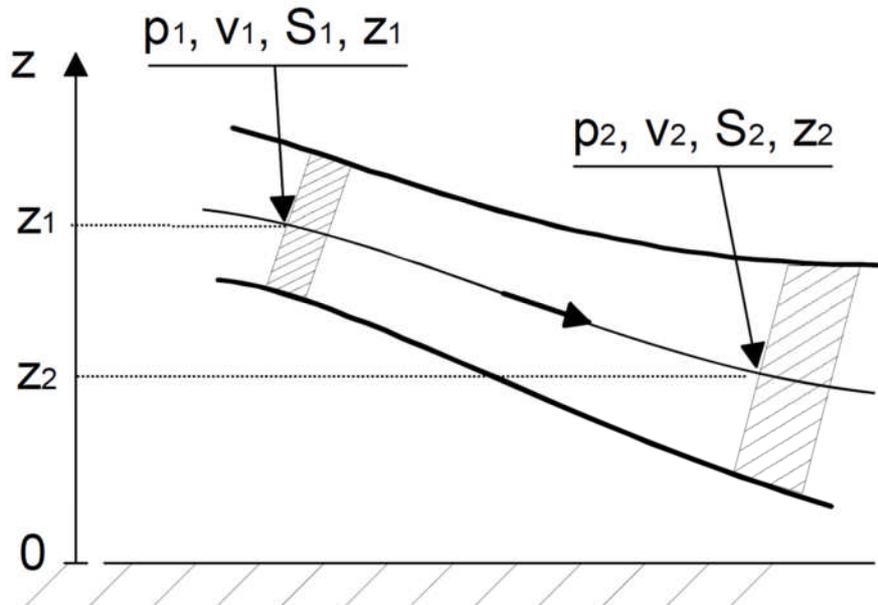


Figure II.3 : Ecoulement d'un fluide

Un fluide parfait est un fluide dont l'écoulement se fait sans frottement. On considère un écoulement permanent iso volume d'un fluide parfait, entre les sections S1 et S2, entre lesquelles il n'y a aucune machine hydraulique, (pas de pompe, ni de turbine). Soit m la masse et le V volume du fluide qui passe à travers la section S1.

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 S2. 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 travaux des forces extérieures : poids et forces pressantes), on obtient :

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

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

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

p : la pression statique (ou locale)

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

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

$\frac{V^2}{2g}$: est la hauteur dynamique.

Z : est la cote.

$\frac{P}{\rho g}$: est la hauteur de pression.

$Z + \frac{P}{\rho g}$: est la hauteur piézométrique.

II.5.2. Cas d'un écoulement passant de l'état(1) à l'état (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 :

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (Z_2 - Z_1) + (p_2 - p_1) = 0 \quad (\text{II-8})$$

ou

$$\frac{1}{2} g (V_2^2 - V_1^2) + (Z_2 - Z_1) + \frac{(p_2 - p_1)}{\rho g} = 0 \quad (\text{II-9})[3]$$

II.5.3. Cas d'un écoulement passant de l'état (1) à l'état (2) avec échange d'énergie :

Lorsque le fluide traverse une machine hydraulique, il échange de l'énergie avec cette machine sous forme de travail ΔW pendant une durée Δt .

La puissance P échangée est : $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (\text{II-10})$

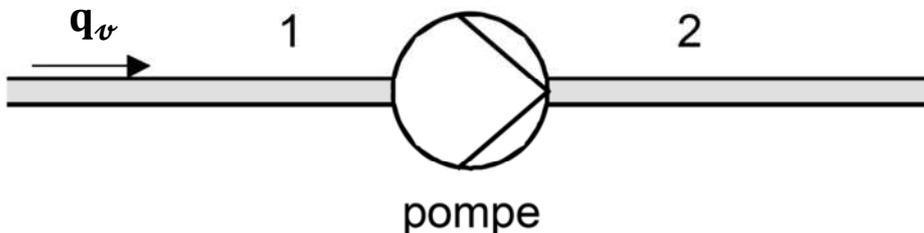


Figure II.4 : Ecoulement avec échange de travail

$P > 0$ 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 :

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (Z_2 - Z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{P}{q_v} \quad (\text{II-11})[3]$$

II.5.4. Application du Théorème de Bernoulli :

II.5.4.1. Tube de Pitot :

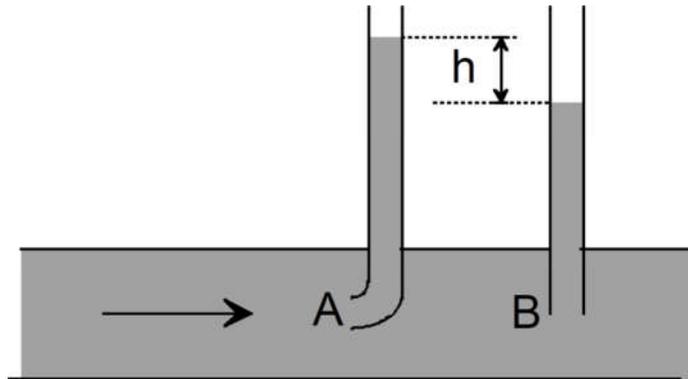


Figure II.5 : Tube de Pitot

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 :

$$p_B + \frac{1}{2} \rho V^2 = p_A \quad (\text{II-12})$$

Soit

$$\frac{1}{2} \rho V^2 = \rho g h \quad (\text{II-13})$$

En mesurant la dénivellation h du liquide dans les deux tubes, on peut en déduire la vitesse V d'écoulement du fluide.

II.5.4.2. Phénomène de Venturi

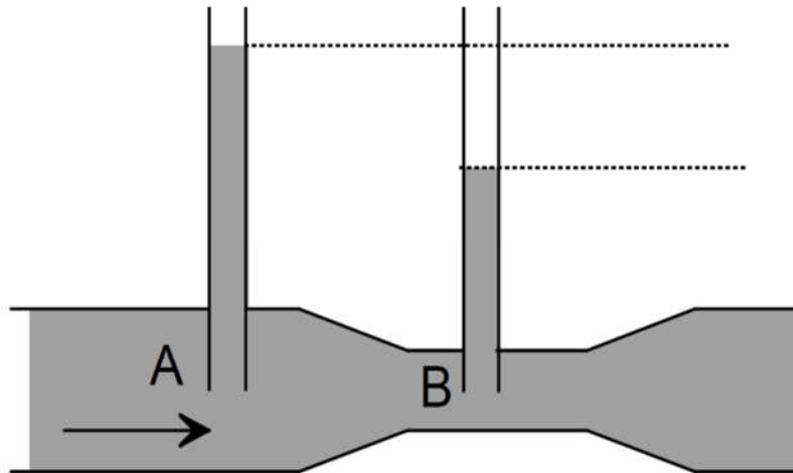


Figure II.6 : Venturi

Un conduit de section principale S_A subit un étranglement en B où sa section est S_B . La vitesse d'un fluide augmente dans l'étranglement, donc sa pression y diminue :

$$V_B > V_A \Rightarrow p_A > p_B$$

Le théorème de Bernoulli s'écrit ici :

$$p_A + \frac{1}{2} \rho V_A^2 = p_B + \frac{1}{2} \rho V_B^2 \quad (\text{II-14})$$

D'après l'équation de continuité :

$$V_B S_B = V_A S_A = q_v \text{ et } V_B > V_A \text{ danc } p_A > p_B \text{ alors } h_B > h_A$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right) q_v^2 = K q^2 \quad (\text{II-14})$$

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... [3].

II.5.4.3.Écoulement d'un liquide contenu dans un réservoir :

Théorème de Torricelli (Figure II.7) :

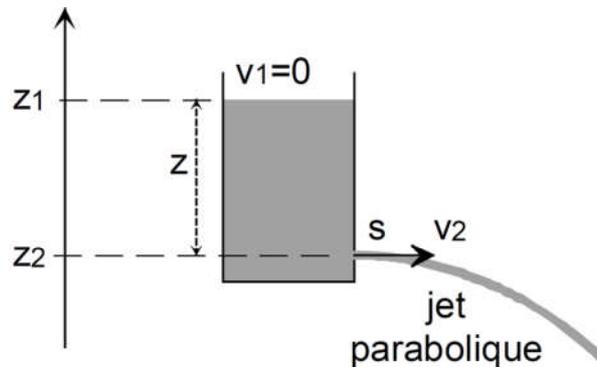


Figure II.7 : théorème de "Torricelli"

Considérons un réservoir muni d'un petit orifice à sa base, de section s et une ligne de courant partant de la surface au point (1) et arrivant à l'orifice au point (2). En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points (1) et (2) :

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + \rho g Z_1 + p_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho g Z_2 + p_2 \quad (\text{II-16})$$

Or $p_1 = p_2 =$ pression atmosphérique

Et $V_1 \ll V_2$ d'où $V_2 = \sqrt{2 g Z}$ (II-17)

La vitesse d'écoulement est la même que la vitesse de chute libre entre la surface libre et l'orifice, quelle que soit la masse volumique du liquide.

Application : vase de Mariotte à débit constant.

II.6. Viscosité :

L'eau, l'huile, le miel coulent différemment : l'eau coule vite, mais avec des tourbillons ; le miel coule lentement, mais de façon bien régulière.

II.6.1.Observation :

La chute d'un parachutiste se fait à vitesse constante, contrairement à la loi de la chute libre.

La pression d'un liquide réel diminue tout au long d'une canalisation dans laquelle il s'écoule, même si elle est horizontale et de section uniforme, contrairement au théorème de Bernoulli.

Dans un fluide réel, les forces de contact ne sont pas perpendiculaires aux éléments de surface sur lesquelles elles s'exercent. La viscosité est due à ces frottements qui s'opposent au glissement des couches fluides les unes sur les autres.

II.6.2. Conclusion :

Les phénomènes dus à la viscosité des fluides ne se produisent que lorsque ces fluides sont en mouvement.

II.6.3. Viscosité dynamique - Viscosité cinématique

II.7. Profil des vitesses :

Sous l'effet des forces d'interaction entre les molécules de fluide et des forces d'interaction entre les molécules de fluide et celles de la paroi, chaque molécule de fluide ne s'écoule pas à la même vitesse. On dit qu'il existe un profil de vitesse.

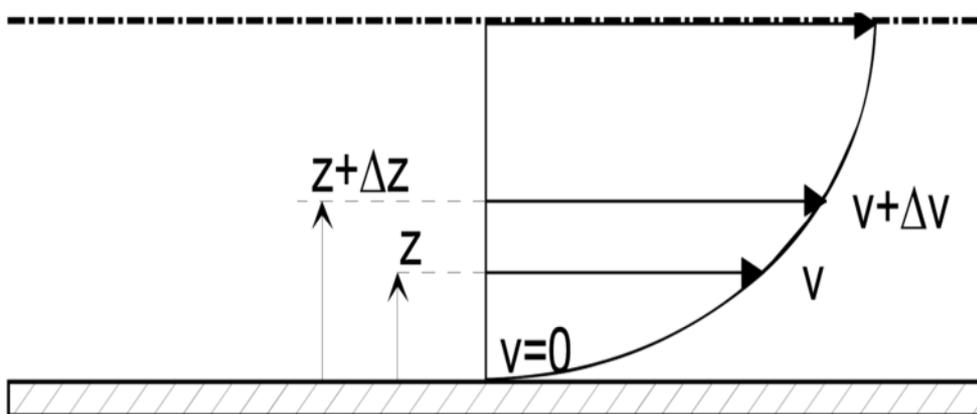


Figure II.8 : Profil de vitesse.

Si on représente par un vecteur, la vitesse de chaque particule située dans une section droite perpendiculaire à l'écoulement d'ensemble, le 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 courbe au plan fixe : $V = V(z)$.

II.7.1. Viscosité dynamique :

Considérons deux couches de fluide contiguës distantes d' Δz . 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 Δv , à leur surface S et inversement proportionnelle à Δz :

$$F = \mu S \frac{\Delta v}{\Delta z} \quad (\text{II.18})$$

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

Dimension : $[\mu]=M .L^{-1} .T^{-1}$

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité dynamique est le Pascal par seconde (Pa/s) ou Poiseuille (Pl)

$$[\mu]=\frac{[F]}{[s]} \frac{[\Delta z]}{[\Delta v]} = \frac{Nm}{m^2 \frac{m}{s}} = \frac{Ns}{m^2} \text{ ou } \frac{kgm}{s^2} \frac{s}{m^2} = \frac{kg}{ms} = 1 \text{ kg/m} \cdot s = 1 \text{ Pl} = 1 \text{ Pa /s}$$

II.7.2.Viscosité cinématique :

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

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \tag{II-19}$$

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité (m^2/s). Dans le système CGS (non légal), l'unité est le Stokes (St) : $1 m^2/s = 10^4 \text{ St}$ [3].

II.8. Pertes de charges :

II.8.1.Observations:

La pression d'un liquide réel diminue tout le long d'une canalisation dans laquelle il s'écoule, même si elle est horizontale et de section uniforme, d'après le théorème de Bernoulli.

La pression d'un fluide réel diminue après le passage à travers un coude, une vanne ou un rétrécissement

II.8.2.Conclusion :

Un fluide réel, en mouvement, subit des pertes d'énergie dues aux frottements sur les parois de la canalisation (pertes de charge systématiques) ou sur les accidents de parcours (pertes de charge singulières).

II.8.3.Les différents régimes d'écoulement : nombre de Reynolds :

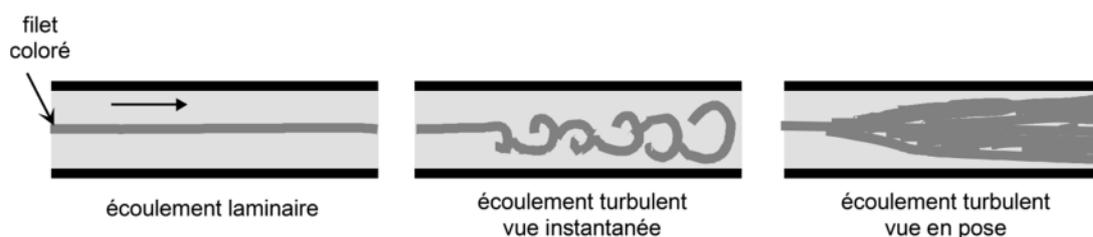


Figure II.9 : Les régimes d'écoulements

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 R_e et il est donné par :

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

ρ : la masse volumique de fluide ;

v_m : vitesse moyenne;

D : diamètre de la conduite ;

μ : viscosité dynamique de fluide ;

ν : viscosité cinématique.

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 [3].

II.8.4. 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 :

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (Z_2 - Z_1) + (p_2 - p_1) = -\Delta P \quad (\text{II-21})$$

ΔP représente l'ensemble des pertes de charge entre (1) et (2) exprimées en Pa[3].

II .8.5.Expression des pertes de charge :

II.8.5.1.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 est caractérisé par :

- sa masse volumique ρ .
- sa viscosité dynamique η .

Le tuyau est caractérisée par :

- sa section (forme et dimension) en général circulaire (diamètre D), sa longueur L .
- sa rugosité (hauteur moyenne des aspérités k 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 [3].

II.8.5.2.Pertes de charges 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 Δp . exprimée en Pa sous la forme suivante :

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

La différence de pression en de colonne de fluide :

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

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

➤ **Cas de l'écoulement laminaire :** $R_e < 2300$

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.

$$\lambda = \frac{64}{R_e} \quad \text{Avec} \quad R_e = \frac{v_m D}{\nu} \quad (\text{II-24})$$

➤ **Loi de Poiseuille :**

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

$$q_v = \frac{\pi r^2}{8 \eta} (p_1 - p_2) \quad (\text{II-25})$$

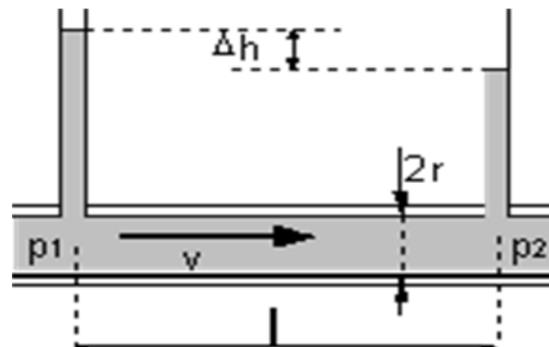


Figure II.10 : Loi de poiseuille

q_v : débit-volume en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

r : rayon intérieure en m.

μ : viscosité dynamique du fluide en Pa/s.

L : longueur entre les points (1) et (2) en m.

p_1 et p_2 : pressions du fluide aux points (1) et (2) en 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 des 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 k du tuyau.

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

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

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 (abaques), Figure II.18 (diagramme de Moody).

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 avec $4000 < Re < 10^5$)

$$\lambda = 0.316 \cdot Re^{-0.25} \quad (\text{II-27})$$

II.8.5.3. Pertes de charges 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

$$\Delta P = \frac{\zeta \rho V^2}{2 g} \quad (\text{II-28})$$

➤ pertes de charge exprimée en : mètre

$$\Delta P = \frac{\zeta V^2}{2g} \quad (\text{II-29})$$

ζ : est appelé le coefficient de pertes de charge singulière (sans dimension).

La détermination de ce coefficient est principalement du domaine de l'expérience[3].

II.8.5.4. 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 Δp .

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

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g(Z_2 - Z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{\sum P}{q_v} - \Delta p \quad (\text{II-30})$$

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).

Δp : somme des pertes de charge entre (1) et (2) [3].

Partie B : Les réseaux de pompes

C'est un ensemble des pompes reliées en série ou en parallèle, les types celles-ci peuvent être identiques ou différentes, elles sont reliées avec les réseaux de conduites pour aspiration et refoulement des fluides.

II.9.Définition de pompes:

Les pompes sont des appareils permettant un transfert d'énergie entre le fluide et un dispositif mécanique. Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide soit principalement de l'énergie potentielle par accroissement de la pression en aval, soit principalement de l'énergie cinétique par le même mouvement du fluide. Une pompe permet ainsi de vaincre entre les deux extrémités d'un circuit :

- Une différence de pression
- Une différence d'altitude
- Une perte de charge due à la longueur de la canalisation et à ses divers accidents (coudes, vannes, turbines, etc.)

II.9.1.Pompes centrifuges (Figure II.11) :

Les pompes centrifuges sont composées d'une roue à aubes qui tourne autour de son axe, d'un stator constitué au centre d'un distributeur qui dirige le fluide de manière adéquate à l'entrée de la roue, et d'un collecteur en forme de spirale disposé en sortie de la roue appelé volute. Le fluide arrivant par l'ouïe est dirigé vers la roue en rotation qui sous l'effet de la force centrifuge lui communique de l'énergie cinétique. Cette énergie cinétique est transformée en énergie de pression dans la volute. Un diffuseur à la périphérie de la roue permet d'optimiser le flux sortant est ainsi de limiter les pertes d'énergie[9].

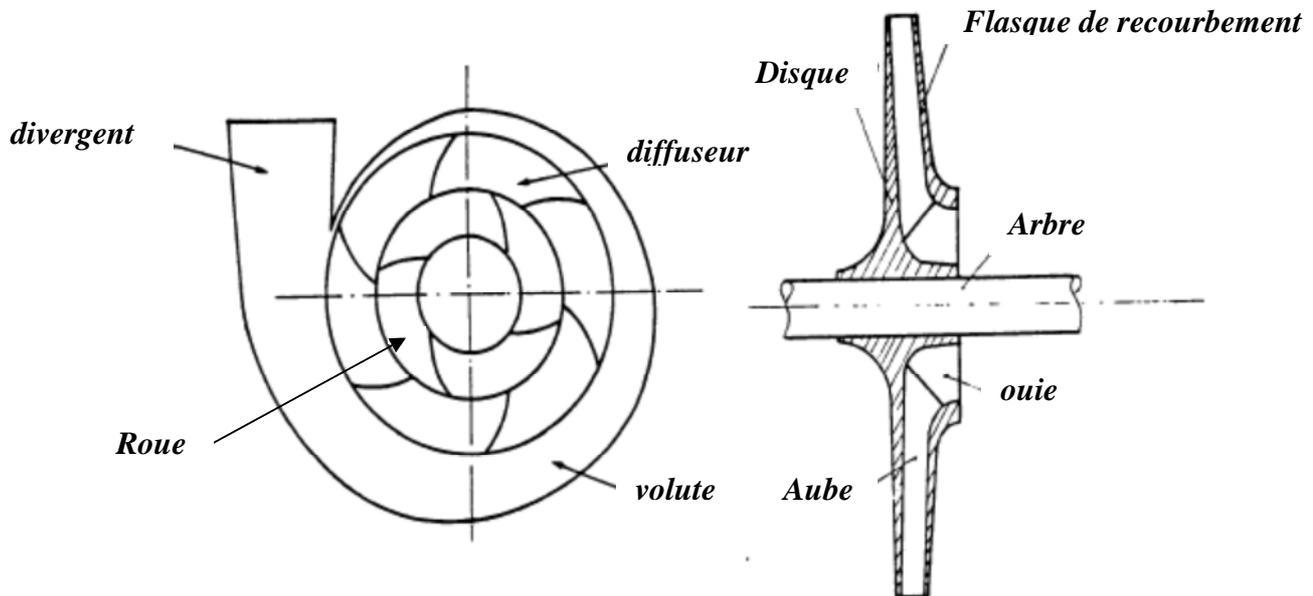


Figure II.11 : Schéma d'une pompe centrifuge

➤ **Roue (figure II.12) :**

Il existe de nombreux types de roues qui peuvent être ouvertes ou fermées. Les roues dans la majorité des pompes actuelles ont une conception en 3D qui associe les avantages d'une roue axiale à ceux d'une roue radiale [11].

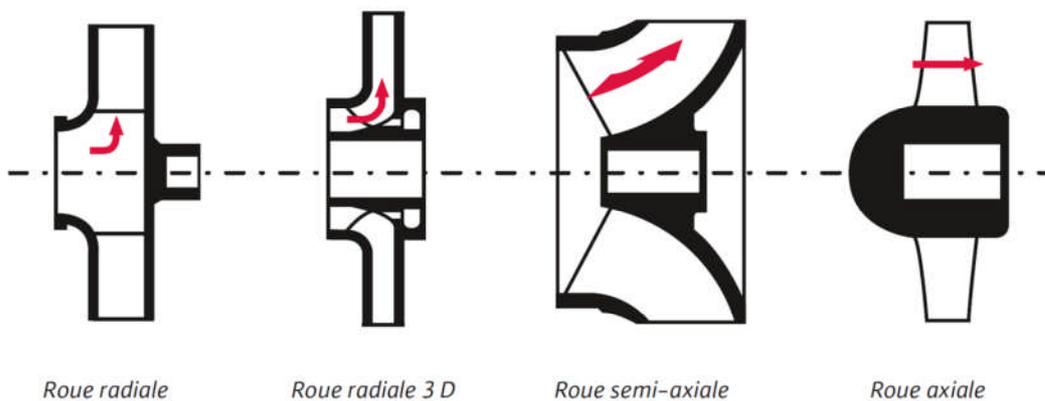


Figure II.12 : Types des roues

II.9.2. Equation de base de la pompe :

L'équation de base est utilisée pour calculer et concevoir les formes géométriques et les dimensions des pompes centrifuges. Elle permet aussi de prévoir la courbe q_v/H de la pompe. La figure II.13 présente le dessin des aubes d'une roue mobile avec ses vecteurs vitesses.

V = vitesse absolue du fluide

w = vitesse relative a l'aube

U = vitesse périphérique

v_u = composante tangentielle de la vitesse absolue

v_r = composante radiale de la vitesse absolue

La vitesse relative est parallèle a l'aube a n'importe quel point et donne aussi :

$$v_{u1} = v_1 \cdot \cos\alpha_1 \quad \text{et} \quad v_{u2} = v_2 \cdot \cos\alpha_2 \quad \text{(II-31)[6]}$$

Si l'on suppose l'écoulement sans frottements et le nombre d'aubes infini (∞), l'équation de base découle des lois de la mécanique. Cette relation, connue sous le nom d'équation d'Euler, s'exprime ainsi :

$$H_{t\infty} = \frac{1}{g} (U_2 \cdot v_{u2} - U_1 \cdot v_{u1}) \quad \text{(II-32)}$$

Ou l'indice t fait référence à un écoulement sans frottement et ∞ à un nombre d'aubes infinies guidant parfaitement le liquide. Dans une pompe réelle, aucune de ces hypothèses n'est satisfaite car il y a des pertes de charges et le nombre fini d'aubes ne guide pas parfaitement le liquide.

La diminution de pression causée par les frottements est prise en compte par le rendement hydraulique η_h , et les pertes causées par la déviation du flux par rapport à l'angle idéal β_2 sont déterminées par un coefficient d'aube β_1 . Après ces modifications, l'équation d'Euler pour une pompe réelle devient :

$$H = \frac{\eta_h}{g} (\beta_1 \cdot U_2 \cdot v_{u2} - U_1 \cdot v_{u1}) \quad \text{(II-33)}$$

Il peut être démontré que η_h et β_2 sont inférieurs à l'unité ; il n'en sera pas plus question ici. Les pompes centrifuges sont normalement conçues avec $\alpha_1 = 90^\circ$, d'où $v_{u1} = 0$. On peut alors simplifier l'équation ainsi :

$$H = \beta_2 \eta_h \frac{U_2 v_{u2}}{g} \quad \text{(II-34)}$$

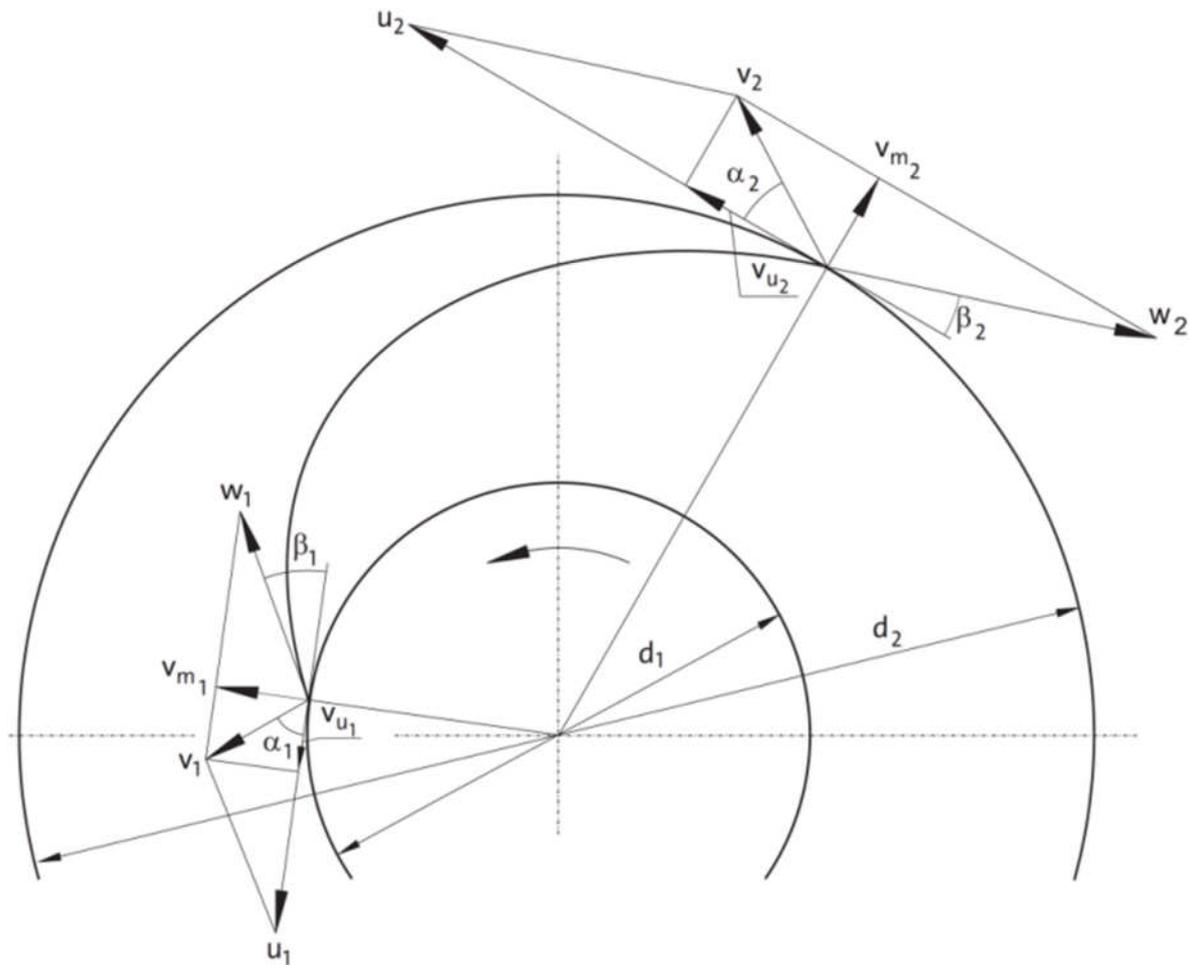


Figure II.13 : Aube d’une roue mobile avec les triangles de vitesse a chacune de ses extrémités. Vitesse absolue du fluide : V , vitesse relative : w vitesse périphérique a l’aube : U , composante tangentielle de la vitesse absolue du liquide : v_u et composante radiale : v_m [6]

II.9.3.La hauteur manométrique :

On appelle hauteur manométrique H d’une pompe, l’énergie fournie par la pompe par unité de poids du liquide qui la traverse.

La Hauteur manométrique varie avec le débit et est représentée par la courbe caractéristique $H=f(q_v)$ de la pompe considérée (donnée constructeur)[7] .

II.9.4.Rendement :

Le rendement η d’une pompe est le rapport de la puissance utile P (puissance hydraulique) communiquée au liquide pompé à la puissance absorbée P_a par la pompe (en bout d’arbre) ou par le groupe (aux bornes du moteur). Si q_v est le débit volume du fluide, ρ sa masse volumique et H la hauteur manométrique de la pompe, la puissance P et le rendement η sont donnés par :

$$P_a = \frac{q_v \rho g H}{\eta} \quad (II-35)[7]$$

Le rendement de la pompe varie avec le débit et passe par un maximum pour le débit nominal autour duquel la pompe doit être utilisée :

$$\eta = \frac{q_v \rho g H}{P_a} \quad (II-36)$$

P_a : la puissance absorbée par la pompe

II.9.5. La hauteur manométrique totale (H_{MT}) d'un circuit :

La charge d'un liquide en un point représente la quantité d'énergie « contenue » par le liquide en ce point. Lorsqu'elle est exprimée en mètre de liquide, on l'appelle « hauteur manométrique ».

La hauteur manométrique totale d'un circuit est donc la différence de charge entre l'entrée et la sortie du circuit [6].

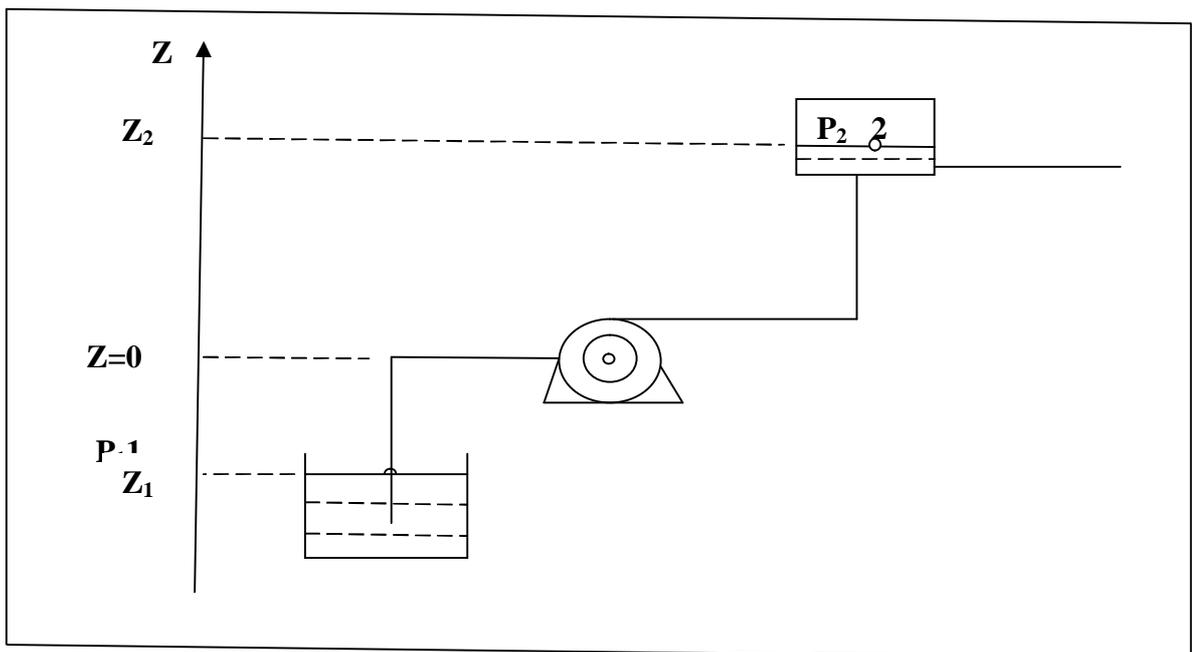


Figure II.14 : circuit hydrauliques

La H_{MT} est liée à la puissance hydraulique qu'il faut fournir :

$$P = q_v \rho g H_{MT} \quad (II-37)$$

Soit :

$$H_{MT} = \frac{P}{q_v \rho g} \quad (\text{II-38})$$

La H_{MT} est déterminée en appliquant le théorème de Bernoulli :

$$\frac{p}{\rho g} - \Delta p = (p_2 - p_1) + g \rho (z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) \quad (\text{II-39})$$

En divisant les deux membres de l'équation par ρg , on fait apparaître la H_{MT} :

$$H_{MT} - \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{(p_2 - p_1)}{g \rho} + (z_2 - z_1) + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2 g} \quad (\text{II-40})$$

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \Delta h \text{ (pertes en charge exprimées en mètre)}$$

Si on considère le fluide parfait et incompressible et que la conduite est de section identique en amont et en aval de la pompe, alors $V_1 = V_2$.

La relation devient alors :

$$H_{MT} = \frac{(p_2 - p_1)}{g \rho} + (z_2 - z_1) + \Delta h \quad (\text{II-41})$$

➤ Remarque :

La relation est identique pour une pompe en charge à condition de toujours prendre $z=0$ pour l'altitude de la pompe.

II.9.6. Détermination du point de fonctionnement d'une pompe avec un circuit hydraulique (Figure II.15) :

Les pertes en charge ΔH du circuit hydraulique étant environ proportionnelles à q_v^2 , l'allure de la courbe $H_{MT} = f(q_v)$ du circuit hydraulique est parabolique.

En superposant le tracé de cette caractéristique à la caractéristique de la pompe $H = f(q_v)$ de la pompe donnée par le constructeur, on obtient le point de fonctionnement à l'intersection des deux courbes

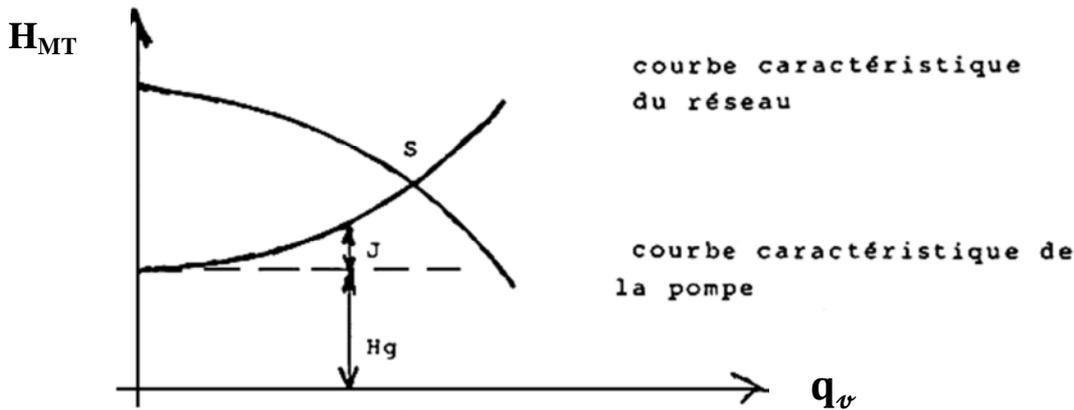


Figure II.15 : point de fonction de hauteur manométrique H_{MT} en fonction de débit q_v

II.9.7. Courbes caractéristiques des pompes (Figure II.16) :

Les différentes caractéristiques des pompes centrifuges sont habituellement données par différentes courbes qui furent tracées à partir de tests sur la pompe ou bien déterminées par le fabricant pour, par exemple, un diamètre de roue mobile hors standard. En ce qui concerne les pompes submersibles, les informations suivantes sont importantes ; elles sont en général données sous forme de courbes par rapport au débit [6] :

- H courbe de H_{MT} ,
- η courbe(s) de rendement,
- P courbe de puissance.

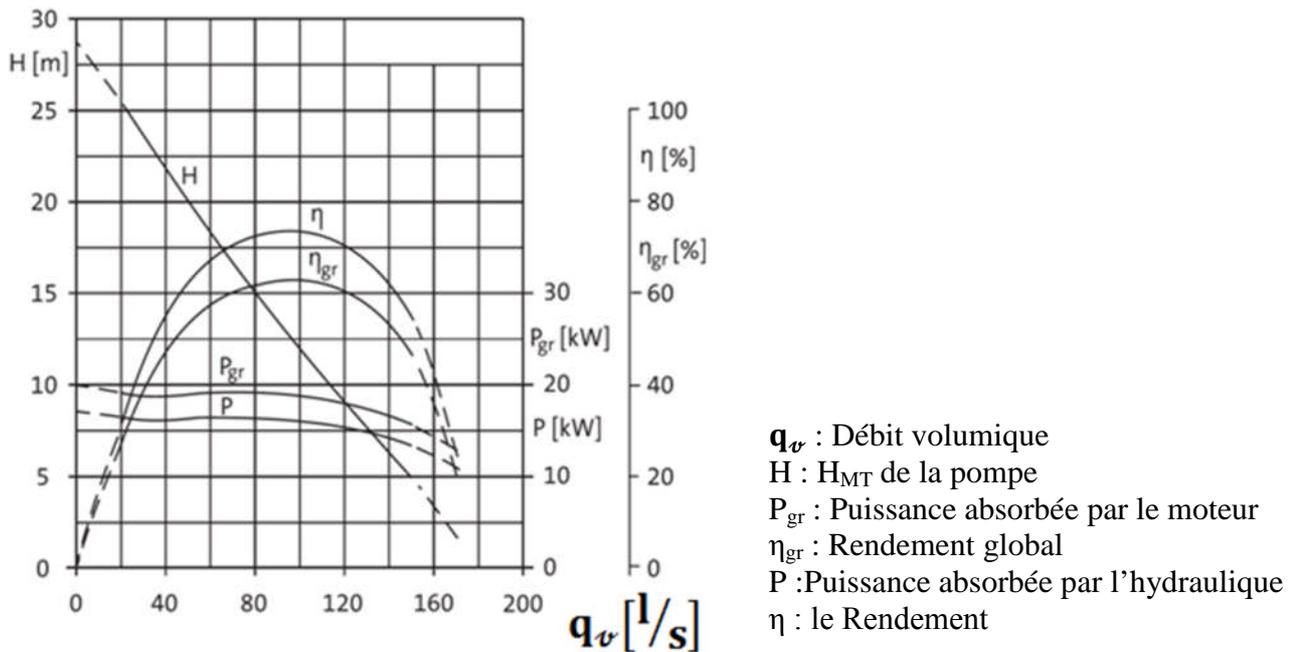


Figure II.16 : courbes caractéristiques de la pompe.

II.9.7.1. Définition du NPSH :

NPSH est l'abréviation de Net Positive Section Head (Hauteur Nette Positive d'Aspiration).

Afin d'éviter le phénomène de cavitation à l'intérieur de la pompe, la pression à l'aspiration p_e doit être supérieure à la tension de vapeur saturante du fluide p_s . Soit,

$$p_e > p_s$$

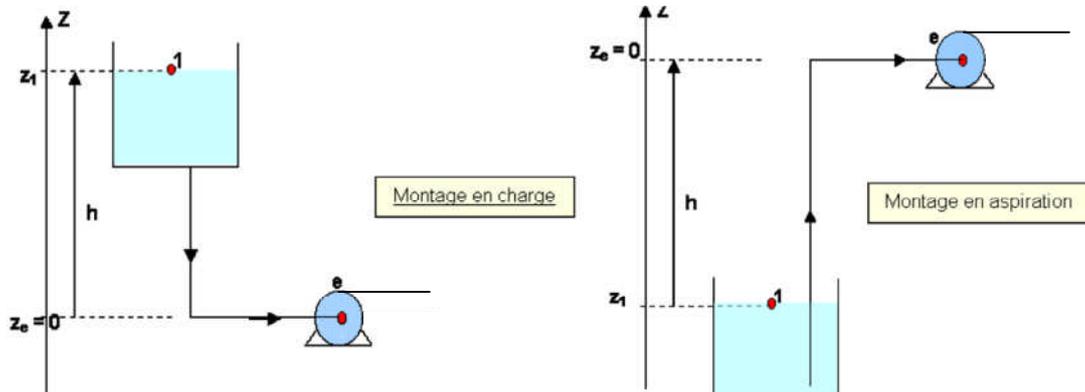


Figure II.17 : Pompes montées en charge et en aspiration

La relation de Bernoulli entre 1 et e donne

$$H_1 = H_e + \Delta H_L + \Delta P \tag{II-42}[9]$$

Soit

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 - z_2 - \Delta H_L - \Delta P = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g} + z_e \tag{II-43}$$

Si on considère le réservoir grand alors on peut négliger v_1 devant v_e .

$$\frac{p_1}{\rho g} + (z_1 - z_e) - (\Delta H_L - \Delta P) = \frac{p_e}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g} \tag{II-44}$$

La condition de non cavitation donne :

$$\frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g} + (z_1 - z_e) - (\Delta H_L - \Delta P) - \frac{p_e}{\rho g} > 0 \tag{II-45}$$

L'origine étant fixée au niveau de la pompe $z_e = 0$ (Figure II.17).

En réalité, les conditions de non cavitation sont données par le constructeur de la pompe car il existe des zones dans la pompe où la pression est inférieure à p_e . Cette condition est donnée sous la forme d'une charge hydraulique minimale à avoir à l'entrée de la pompe. On l'appelle NPSH requis. Il est déterminé expérimentalement par le constructeur de la pompe et dépend de la vitesse de rotation de la roue.

Le NPSH désigne le Net Pressure Suction Head soit la hauteur net absolue à l'aspiration. Elle correspond à la charge hydraulique absolue diminuée de la tension de vapeur saturante du fluide. Il se mesure en mètre.

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = H_e - \frac{p_s}{\rho g} \quad (\text{II-46})$$

D'un point de vue physique, le HPSH représente la réserve d'enthalpie du fluide au dessus des a tension de vapeur saturante.

On distingue le NPSH disponible, c'est à dire celui qu'on a à l'entrée de la pompe :

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = H_e - \frac{p_s}{\rho g} = \frac{p_e}{\rho g} + \frac{V_e^2}{2g} + Z_e - \frac{p_s}{\rho g} \quad (\text{II-47})$$

du NPSH requis donné par le constructeur de la pompe.

La condition de non cavitation de la pompe s'écrit :

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} > \text{NPSH}_{\text{requis}} \quad (\text{II-48})$$

$$H_e - \frac{p_s}{\rho g} > \text{NPSH}_{\text{requis}} \quad (\text{II-49})$$

$$H_1 - (\Delta H_L + \Delta P) - \frac{p_s}{\rho g} > \text{NPSH}_{\text{requis}} \quad (\text{II-50})$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{p_s}{\rho g} + Z_1 - (\Delta H_L + \Delta P) > \text{NPSH}_{\text{requis}} \quad (\text{II-51})$$

En fait, le NPSH requis de la pompe est déterminé comme le seuil au deçà duquel la cavitation fait son apparition dans la pompe et détériore ses performances de 3%. Pour éviter la cavitation dans une pompe, il faudra veiller à limiter les pertes de charges à l'aspiration, éviter que la pression du réservoir soit trop faible et dans la cas d'une pompe en aspiration, éviter que la hauteur d'aspiration soit trop importante[9].

II.9.7.2. Courbe de H_{MT} :

La courbe de H_{MT} donne les caractéristiques de hauteur manométrique totale fournie par la pompe en fonction du débit q_v . Cette courbe peut contenir des informations additionnelles telles que limites de cavitation, de vibrations ou de surcharge du moteur[6].

II.9.7.3. Courbes de rendement :

Le rendement de la pompe η est lui aussi fonction du débit q_v . Il est proposé sous forme de ratio ou de pourcentage. Dans le cas des pompes submersibles, le rendement total η_{gr} est donné avec le rendement de la pompe η ; le rendement total η_{gr} comprend aussi celui du moteur η_m . Il est important de bien distinguer ces deux rendements, particulièrement lorsque l'on compare des performances des pompes. On peut écrire : $\eta_{gr} = \eta_m \cdot \eta$;

Il est aussi possible de voir apparaître le rendement directement sur la courbe caractéristique de la pompe, avec des chiffres indiquant les différentes valeurs de rendement. Lorsque plusieurs courbes de pompe sont tracées sur le même graphe, les rendements apparaissent sous la forme d'un diagramme, ou alors sont définies des plages de fonctionnement ayant le même rendement. La courbe a alors cet aspect particulier que l'on peut voir sur la Figure II.18[6].

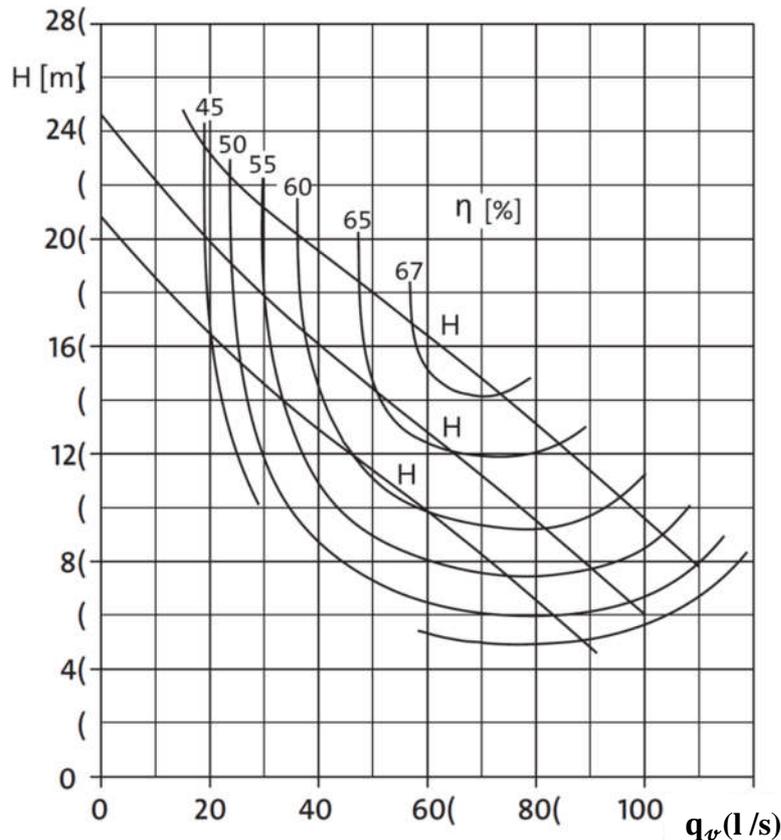


Figure II.18 : Courbe des performances d'une pompe avec les courbes pour des roues de différents diamètres ; le rendement est représenté par des zones dessinées directement sur les courbes q_v . Le choix de la roue est facilité en reliant les zones ayant le même rendement.

II.9.7.4. Courbes de puissance :

La puissance requise par la pompe est également en fonction du débit q . Sur la Figure II.16, on peut voir un courber représentant à la fois la puissance hydraulique et la puissance électrique. La puissance électrique est la puissance consommée par le moteur, elle est mesurée à l'alimentation électrique de celui-ci. Selon le standard international de test de pompes, la puissance hydraulique l'appelle P et la puissance électrique P_{gr} . On peut calculer la puissance hydraulique requise à l'aide de l'équation :

$$P_{gr} = \frac{\rho \cdot q_v \cdot g \cdot H}{\eta} \quad (II.52)[6]$$

Où :

P_{gr} = puissance (w)

ρ = densité du liquide (kg/m^3)

q_v = débit volumique (m^3/s)

g = accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m/s}^2$)

$H = H_{MT}$ (m)

η = rendement

II.9.7.5. Courbe de NPSH :

Puisque l'on ne fait de calcul de NPSH que pour les installations en type de pompes, la courbe de NPSH n'apparaît pas toujours sur les courbiers. Cette courbe peut être fournie par le constructeur lorsque l'on craint l'apparition de la cavitation.

La courbe de NPSH est issue de tests réalisés avec de l'eau claire ; elle est néanmoins utilisable avec les effluents de collectivités et la plupart des effluents industriels ; lorsqu'ils ne contiennent que peu de solides (moins de 0,05%), ces matières solides n'ont pas d'effet significatif sur les performances de la pompe [6].

II.10. Pertes de charge et courbes caractéristiques du réseau de conduites :

Nous présentons dans ce qui suit la théorie pour le calcul des pertes de charge. Les débits mis en œuvre lors du pompage d'eaux usées doivent être suffisamment élevés pour permettre un écoulement turbulent dans la tuyauterie. Les pertes de charge, dans ce cas, augmentent avec le carré du débit. La perte de charge totale d'une installation est la somme des pertes de charge linéaires, dans les longueurs droites des tuyauteries et des pertes de charges singulières, dans tous les accessoires.

II.10.1. Pertes de charges linéaires :

Les pertes de charge linéaires dépendent des facteurs suivants :

- longueur de la tuyauterie L ,
- diamètre interne de la tuyauterie D ,
- débit q_v ,
- rugosité de la tuyauterie k ,
- viscosité cinématique du liquide ν .

Tableau : La viscosité cinématique de l'eau dépend de sa température :

$T^\circ\text{C}$	0	20	40	60	100
$\nu 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	1.78	1.00	0.66	0.48	0.3

L'équation pour les pertes de charges peut s'écrire :

$$\Delta H_L = \lambda \frac{L v_m^2}{D 2g} \quad (\text{II-53})$$

ou :

ΔH_L = pertes de charge linéaires (m)

λ = facteur de rugosité

L = longueur de la tuyauterie (m)

v_m = vitesse moyenne d'écoulement (m/s)

g = accélération de la pesanteur (9,81 m/s²)

D = diamètre intérieur de la tuyauterie (m)

On peut obtenir le facteur λ à partir du diagramme de la Figure II.18 pour résoudre l'équation (II-53) Les valeurs de rugosité (en mm) du tableau 3ci-dessous peuvent aussi être utilisées :

Matériau	ζ neuf	ζ ancien
Plastique	0.01	0.25
Acier étire	0.05	1.0
Acier soude	0.10	1.0
Acier inoxétire	0.05	0.25
Acier inox soude	0.1	0.25
Fonte	0.25	1.0
Fonte bitumée		0.12
Amiante	0.025	0.25
Béton	2	

L'érosion augmente la rugosité du matériau des tuyauteries au fur et à mesure de leur vieillissement. La corrosion et les dépôts de sédiments diminuent leur diamètre interne : tous facteurs concourant à augmenter les pertes de charges.

l'effet sur les pertes de charge de la modification du diamètre de la tuyauterie peut se calculer a l'aide de la relation :

$$\Delta H'_L = \Delta H_L \left(\frac{D'}{D}\right)^5 \tag{II-54}$$

Ainsi, passer d'un diamètre intérieur de 100 mm à 108 mm diminue les pertes de charge de 30%.

En pratique, l'équation (II-54) est suffisamment précise pour comparer les pertes de charge dans des diamètres de tuyauteries différents ; d'autant plus que des valeurs de rugosité précises sont rarement disponibles

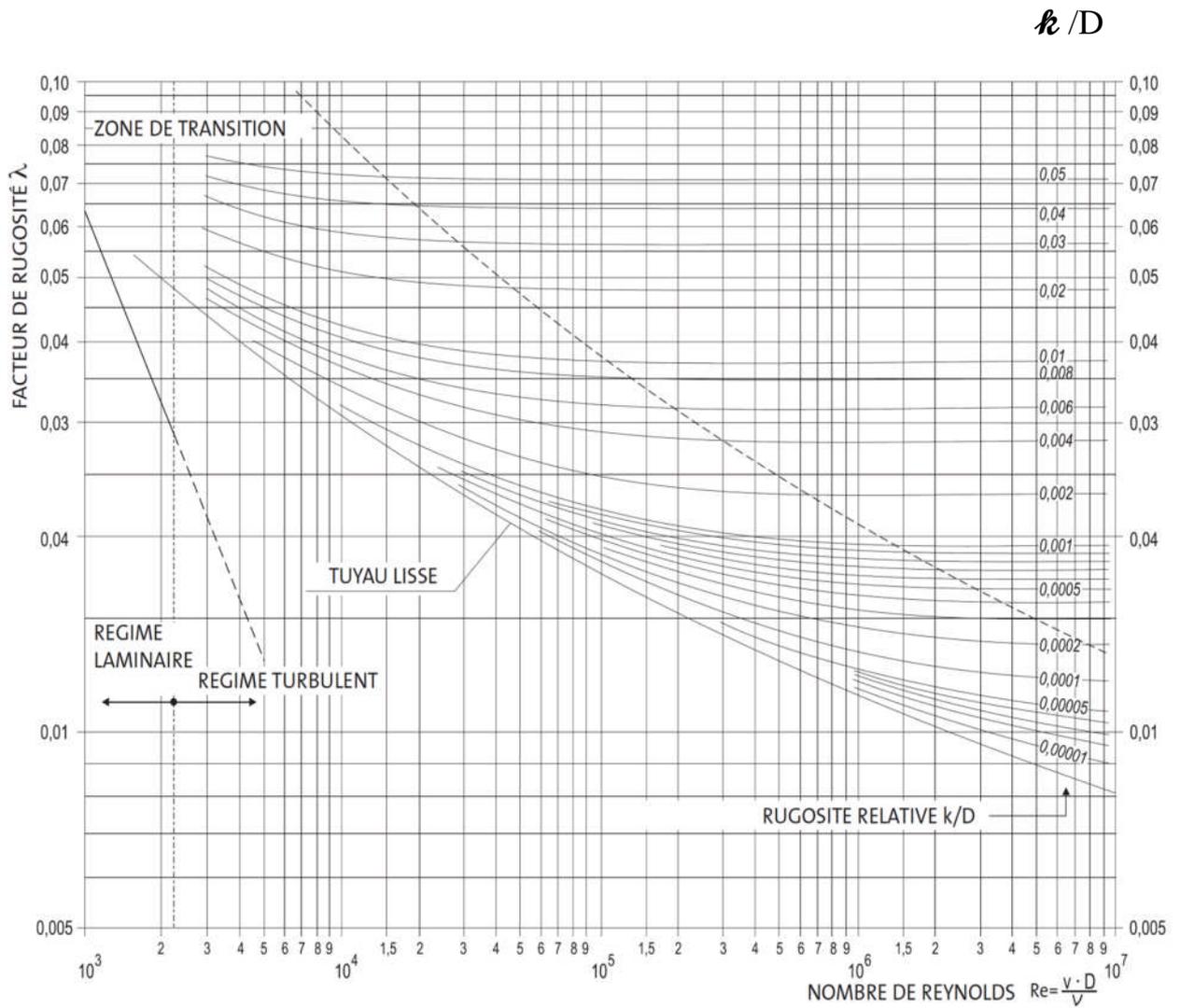


Figure II.19 : Diagramme de Moody : Diagramme permettant d'établir la valeur du facteur de rugosité λ . La valeur de λ est obtenue a l'aide du nombre de Reynolds et de la rugosité relative k/D , ou D est le diamètre interne de la tuyauterie en mm et k la rugosité équivalente en mm.

II.10.2. Pertes de charge singulières :

Les changements de diamètre et de forme de la tuyauterie, les coudes, les vannes, les raccords, etc. installés sur la tuyauterie induisent des pertes de charge supplémentaires qui constituent des facteurs de turbulences et d'augmentation de la résistance au passage du liquide. L'équation suivante est utilisée pour calculer ces pertes :

$$\Delta H_s = \frac{\zeta v_m^2}{2g} \quad (\text{II-55})$$

ou :

H_{Jn} = perte de charge singulière (m)

ζ = la rugosité de paroi

v_m = vitesse moyenne d'écoulement (m/s)

Les facteurs de résistance des différents accessoires étalements de tuyauteries sont données sous forme non pas de facteur de résistance, mais directement sous la forme de perte de charge dépendant de leur longueur et de leur diamètre interne, à utiliser tel quel dans le calcul de la perte de charge totale. La perte de charge engendrée par un changement de diamètre de la tuyauterie peut se calculer à l'aide de l'équation de Borda :

$$\Delta H_s = \frac{(v_{m2} - v_{m1})^2}{2g} \quad (\text{II-56})$$

Si la modification de diamètre est faite à l'aide d'un cône ayant un angle de 10° , la perte de charge alimentera de 40 % par rapport à la valeur calculée avec l'équation (II.56). Ce facteur est particulièrement important lorsque l'augmentation de la section est réalisée juste après la bride de refoulement de la pompe, ou la vitesse d'écoulement peut être relativement élevée. Grâce à ce cône ayant un angle d'expansion de 10° , de l'énergie est économisée. Lorsque la section diminue, il est possible de réaliser un cône plus court car les pertes de charge y sont moins importantes.

Les pertes de charge sont en général plus élevées lorsque la vitesse diminue que lorsqu'elle augmente. Le dernier facteur générant des pertes de charge singulières est l'écoulement en bout de tuyauterie. Si cet écoulement est libre, sans aucun accessoire, la perte est égale à la pression dynamique ou $v_m^2/2g$. Les coefficients de pertes de charges pour différents types de vanne et clapets sont fournis par les fabricants.

II.10.3. Courbes caractéristiques du réseau de conduites :

Dans les installations d'assainissement, la station de collecte et le point de refoulement sont soumis à la pression atmosphérique ; la courbe caractéristique du réseau n'est donc constituée que de la hauteur géométrique et de la perte de charge. La figure II.20 montre l'aspect général d'une courbe de réseau caractéristique. Tant que l'écoulement est turbulent à la vitesse d'écoulement considérée, il est supposé que la perte de charge varie proportionnellement au

carre du débit. Ainsi, si la perte de charge a un débit donné est calculée à l'aide de la méthode décrite ci-dessus, il est possible de retrouver les autres points de la courbe de réseau, avec une approximation suffisante, à l'aide de l'équation :

$$\Delta H'_L = \Delta H_L \left(\frac{q'_v}{q_v} \right)^2 \quad (\text{II-57})$$

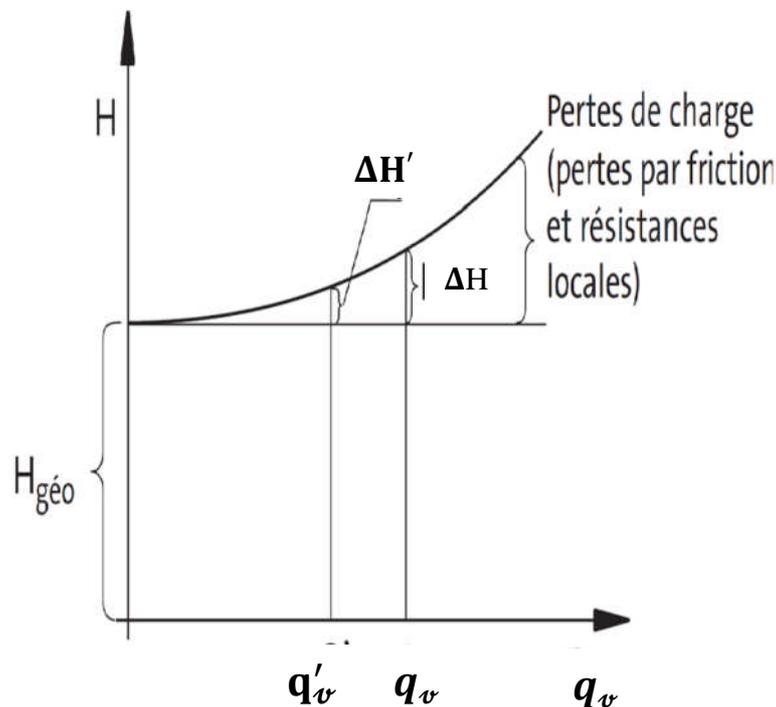


Figure II.20 : Courbe de réseau d'une canalisation. Les pertes de charges sont fonction du débit, elles s'ajoutent la hauteur géométrique quelle est constante.

II.11. Point de fonctionnement de la pompe

II.11.1. Fonctionnement avec une seule pompe :

On obtient la H_{MT} par addition de la hauteur géométrique (H_{geo}) et des pertes de charge (ΔH). La hauteur géométrique est une constante, indépendante du débit, alors que les pertes de charge elles varient comme le carré du débit (voir Figure II.20). Si l'on dessine la courbe caractéristique d'une pompe sur le même diagramme que celui de la courbe de réseau, on trouvera le point de fonctionnement à l'intersection de ces deux courbes. La H_{MT} est ici exactement celle requise par l'installation; on peut alors lire le débit à ce point directement sur le diagramme, comme sur la Figure II.15 [6].

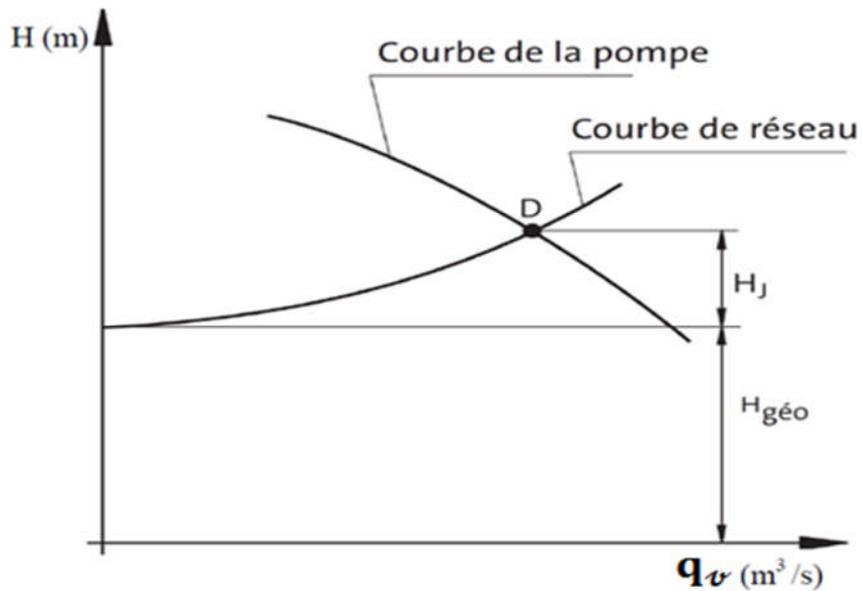


Figure II.21: Point de fonctionnement de la pompe (D) obtenu à l'intersection de la courbe de la pompe et de la courbe de réseau de l'installation. La H_{MT} est la somme de la hauteur géométrique ($H_{géo}$) et des pertes de charge (H_J).

II.11.2.Fonctionnement en parallèle, 2 pompes identiques :

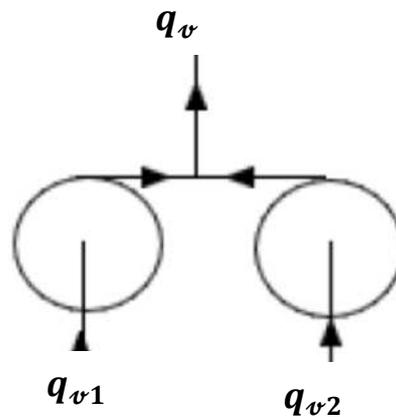


Figure II.22: deux pompes en parallèle

➤ **La loi générale :**

$$Q_v = Q_{v1} + Q_{v2} + Q_{v3} + \dots + \sum Q_{vn} \tag{II-58}$$

Lors d'un fonctionnement en parallèle, deux pompes ou plus refoulent ensemble dans la même tuyauterie. La courbe de réseau est légèrement modifiée selon le nombre de pompes en

marche ; en effet, chaque pompe est équipée de sa propre tuyauterie de refoulement, qui modifie donc les caractéristiques de l'ensemble.

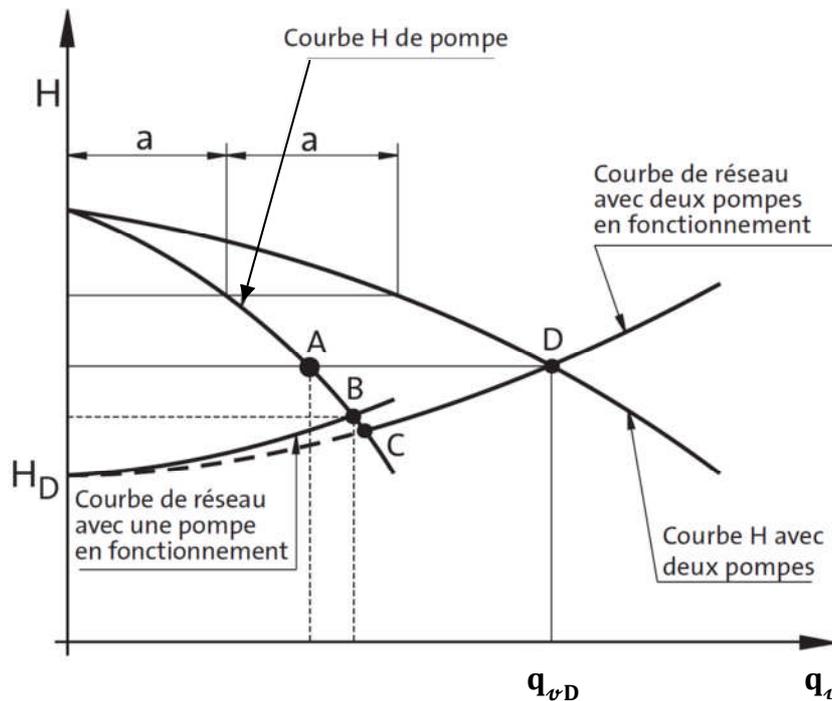


Figure II.23 : Points de fonctionnement de deux pompes opérant seules (B) ou en parallèle (D). Du fait que la résistance de la tuyauterie augmente lorsque les deux pompes fonctionnent ensemble, le débit obtenu (q_{vD}) est toujours inférieur au débit d'une seule pompe. Pour simplifier, on pourra supposer que le débit d'une seule pompe correspond au point de fonctionnement C.

Si l'on suppose deux pompes identiques fonctionnant en parallèle et refoulant dans la canalisation principale par l'intermédiaire de tuyauteries séparées, on obtient les courbes caractéristiques de la Figure II.23. La courbe des deux pompes en fonctionnement est obtenue en additionnant les débits à chaque valeur de pression.

II.11.3. Fonctionnement en parallèle, pompes différentes :

Lorsque l'on calcule le point de fonctionnement avec deux pompes différentes œuvrant en parallèle, il faut tenir compte des caractéristiques différentes des tuyauteries de refoulement de chaque pompe vers la canalisation principale. On peut, pour cela, utiliser la méthode suivante.

Il faut tout d'abord définir les pertes de charges pour chaque pompe dans leur tuyauterie de refoulements séparée ; ce qui permet de tracer de nouvelles courbes de pompes tenant compte de ces pertes. L'addition des débits pour une pression donnée par ces deux courbes modifiées donne la courbe résultante pour les deux pompes en fonctionnement. Le point d'intersection

de cette nouvelle courbe avec la courbe de réseau de l'installation indique le point de fonctionnement [5].

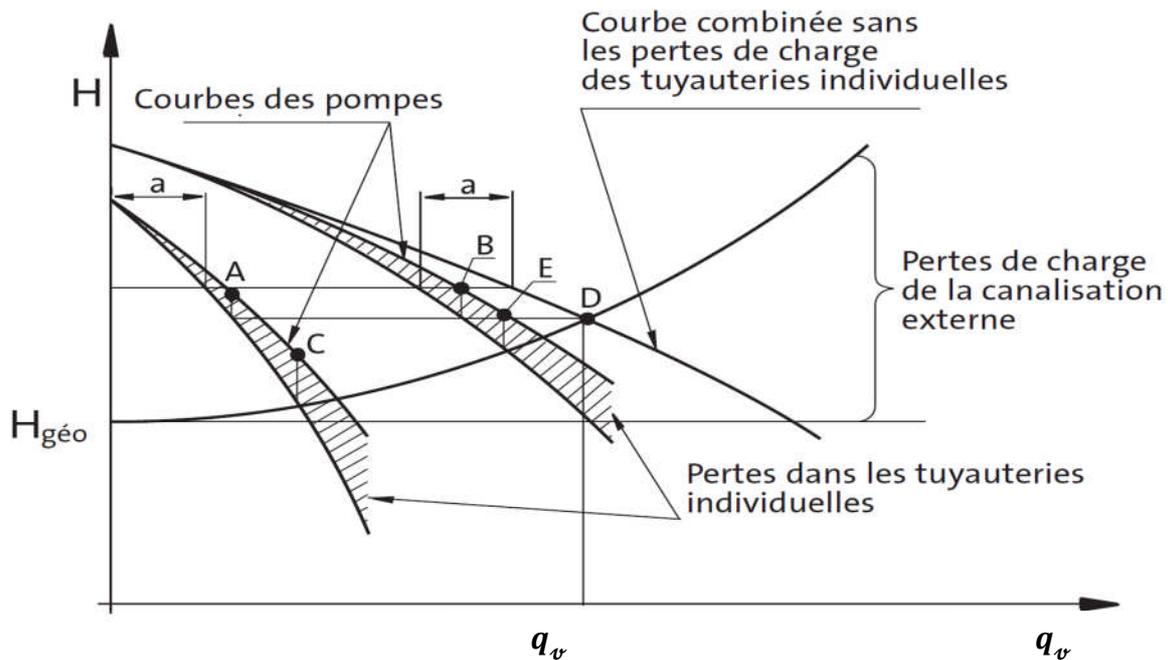


Figure II.24 : Points de fonctionnement de deux pompes différentes refoulant dans une même canalisation. Les pertes de charge des équipements individuels viennent en réduction de la H_{MT} de chaque pompe. La courbe combinée des deux pompes est obtenue en additionnant les deux courbes réduites, ce qui permet d'obtenir le point de fonctionnement D . Les points de fonctionnement individuels sont A et B . Si les pompes tournent seules, les points de fonctionnement décroissent C et E .

Si, à partir de ce point, l'on revient en arrière en suivant une pression constante, on peut trouver, aux points d'intersections respectifs avec les courbes corrigées, les débits respectifs de chacune des pompes. De la même manière, en suivant la courbe de réseau, on peut retrouver le point de fonctionnement de chaque pompe individuelle, aux points d'intersection avec leurs courbes caractéristiques. Cette méthode est illustrée sur la Figure II.24.

II.11.4. Fonctionnement en série :

Il est possible de raccorder plusieurs pompes en série, dans le but d'augmenter la pression. La H_{MT}

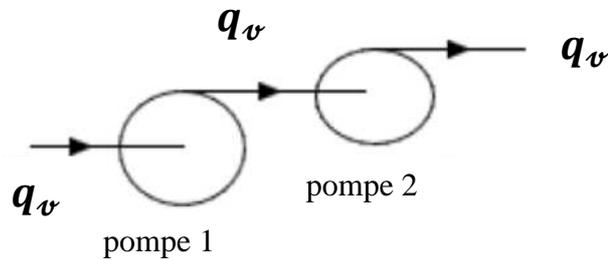


Figure II.25: pompes en série

$$H_{MT(ensemble)} = H_{MT(p1)} + H_{MT(p2)} \dots \sum H_{MT(pn)} \quad (II-59)$$

Lorsque les pompes sont en série, il faut ajouter la hauteur manométrique. On retrouve ce cas dans les pompes multicellulaires [3].

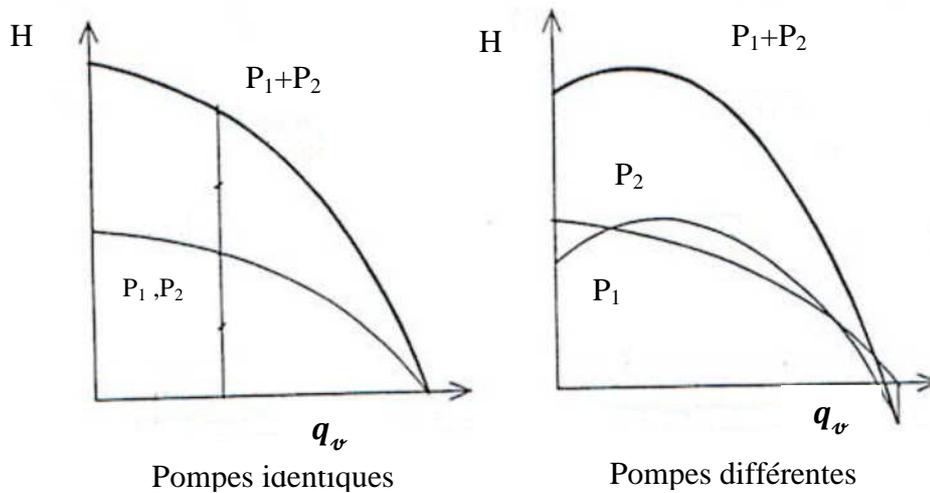


Figure II.26 : Caractéristiques de deux pompes fonctionnant en série

II.12.Conclusion :

On utilise les définitions et des lois dans ce chapitre qui contient des rappels de notions de la mécanique du fluide .afin de calculer les points de fonctionnements de la station de pompage d'ALZINC.

Chapitre III

Maintenance de la station
de pompage d'ALZINC

III.1. Introduction :

Nous présentons dans ce chapitre un rappelle de maintenance du matériel de la station de pompage d'eau de mer pour la productivité du zinc et obtenir un meilleur point de fonctionnement.

III.2. La Définition de maintenance :

C'est l'ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un système, un appareil ou du matériel, dans un état de fonctionnent ou de lui restituer des caractéristiques de fonctionnement spécifiés

III.2.1. La maintenance corrective :

III.2.1.1. Définitions (extraits des normes NF X 60-010) :

❖ Défaillance :

Cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.
Il existe deux formes de défaillance :

➤ Défaillance partielle :

Altération ou dégradation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

➤ Défaillance complète :

Cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

La maintenance curative appelée curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et une dépréciation en quantité et qualité des services rendus[10].

III.3.La maintenance préventive :

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dont l'objectif est de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

III.3.1. But de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie des matériels
- Diminuer la probabilité des défaillances en service
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions
- Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, de pièces détachées, etc.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production
- Diminuer le budget de maintenance
- Supprimer les causes d'accidents graves

III .3.2. La maintenance préventive systématique :

Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage (produites). Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

❖ Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel
- Les modes de dégradation
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries

❖ Remarque :

De plus en plus, les interventions de la maintenance systématique se font par échanges standards.

❖ Cas d'application :

Équipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.

❖ Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves :

Tous les matériels assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.

❖ Equipement ayant un coût de défaillance élevé :

Éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).

❖ Équipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevés au cours de leur temps de service :

Consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc.

III.3.3 La maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.).

❖ Remarque :

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé). La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

❖ Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile
- Les températures et les pressions, la tension et l'intensité des matériels électriques
- Les vibrations et les jeux mécaniques
- Etc.

Certaines méthodes comme l'analyse vibratoire, l'analyse d'huile, ... sont très riches quant aux informations recueillies. Leur compréhension autorise la prise à bon escient, de décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle.

❖ **Avantage :**

La connaissance du comportement se fait en temps réel à condition de savoir interpréter les résultats. A ce niveau, l'informatique prend une place primordiale. Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis il est rentabilisé rapidement. Cette méthode de maintenance, pour être efficace, doit dans tous cas être comprise et admise par les responsables de production et avoir l'adhésion de tout le personnel. Ces méthodes doivent être dans la mesure du possible standardisées entre les différents secteurs (production et périphériques) ; ce qui n'exclut pas l'adaptation essentielle de la méthode au matériel. Avec l'évolution actuelle des matériels et leurs tendances à être de plus en plus fiables, la proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement d'une façon systématique mais s'améliorera qualitativement par la maintenance conditionnelle.

III.4. Les types de maintenance :

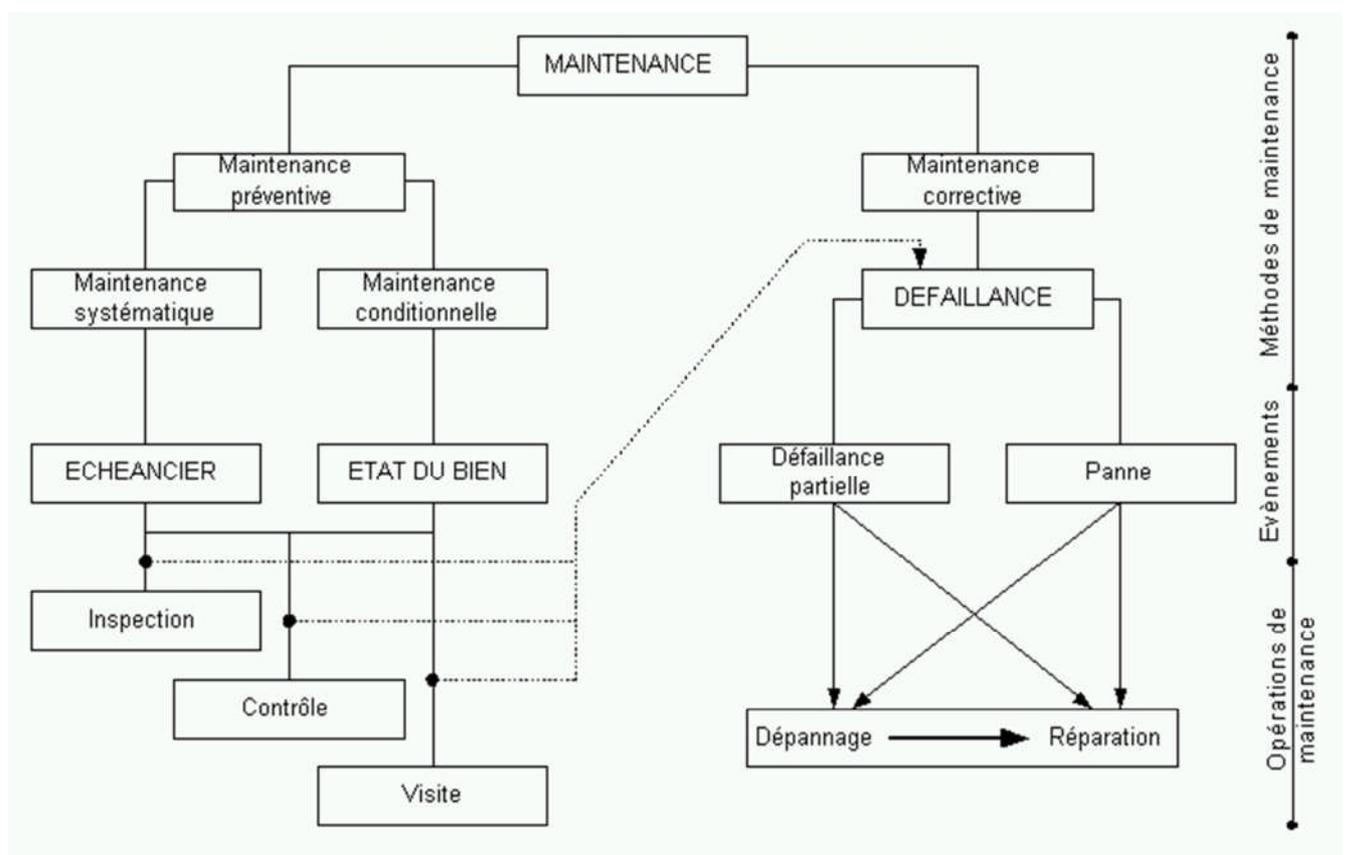


Figure III.1 :Le diagramme de maintenance.

III.4.1. Opérations de maintenance corrective :

III.4.1.1 Dépannage :

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation. Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps. Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

III.4.1.2. Réparation :

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

❖ Remarque

La réparation correspond à une action définitive. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu. Tous les équipements sont concernés.

III.4.1.3. Opérations de maintenance préventive :

A. Inspections :

❖ Activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements

B. Visites :

Opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une

immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

B. Les contrôles :

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement.

Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

C. Les opérations de surveillance :

(Contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage[10].

III.5. Les niveaux de maintenance :

III.5.1. 1er Niveau :

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc.

❖ Commentaire :

Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock de pièces consommables nécessaires est très faible.

III.5.2. 2ème Niveau :

Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement

❖ Commentaire :

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions. On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

❖ Note :

Un technicien est habilité lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur une machine présentant certains risques potentiels, et est désigné pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

III.5.3. 3ème Niveau :

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures, et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure.

❖ Commentaire :

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

III.5.4. 4ème Niveau :

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons de travail par les organismes spécialisés.

❖ Commentaire :

Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé doté d'un outillage général (moyens mécaniques, de câblage, de nettoyage, etc.) et éventuellement des bancs de mesure et des étalons de travail nécessaires, à l'aide de toutes documentations générales ou particulières.

III.5.5.5ème Niveau :

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure.

❖ Commentaire :

Par définition, ce type de travail est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication.

III.6. Autre activités du service maintenance :

III.6.1. Maintenance d'amélioration :

L'amélioration des biens d'équipements consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel. Dans ce domaine, beaucoup de choses restent à faire. Il suffit de se référer suivant : « on peut toujours améliorer ». C'est un état d'esprit qui nécessite une attitude créative. Cependant, pour toute maintenance d'amélioration une étude économique sérieuse s'impose pour s'assurer de la rentabilité du projet.

Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif l'augmentation des performances de production du matériel ; l'augmentation de la fiabilité (diminuer les fréquences d'interventions) ; l'amélioration de la maintenabilité (amélioration de l'accessibilité des sous-systèmes et des éléments à haut risque de défaillance) ; la standardisation de certains éléments pour avoir une politique plus cohérente et améliorer les actions de maintenance, l'augmentation de la sécurité du personnel et des conditions de travail, l'augmentation de la qualité des prestations ou produits finis. Tous les matériels sont concernés à condition que la rentabilité soit vérifiée ; cependant une petite restriction pour les matériels à renouveler dont l'état est proche de la réforme, pour usure généralisée ou par obsolescence technique.

III.6.2. Rénovation (extrait de la norme NF X 50-501, février 1982) :

Inspection complète de tous les organes, reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées, vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous-ensemble les défailants, conservation des pièces bonnes. La rénovation apparaît donc comme l'une des suites possibles d'une révision générale au sens strict de sa définition[4].

III.6.3. Reconstruction :

Remise en l'état défini par le cahier des charges initial, qui impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes.

La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications.

Les modifications apportées peuvent concerner, en plus de la maintenance et de la durabilité, la capacité de production, l'efficacité, la sécurité, etc.

Remarque : Actuellement entre la rénovation et la reconstruction, se développe une forme intermédiaire : « la cannibalisation ». Elle consiste à récupérer, sur du matériel rebuté, des éléments en bon état, de durée de vie connue si possible, et à les utiliser en rechanges ou en éléments de rénovation.

III.6.4. La modernisation :

Remplacement d'équipements, accessoires et appareils ou éventuellement de logiciel apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Cette opération peut aussi bien être exécutée dans le cas d'une rénovation, que dans celui d'une reconstruction. La rénovation ou la reconstruction d'un bien durable peut donner lieu pour certains de ses sous-ensembles ou organes à la pratique d'un échange standard.

III.6.5. Les travaux neufs :

L'adjonction à la fonction maintenance de la responsabilité des travaux neufs est très répandue, en particulier dans les entreprises de taille moyenne. Elle part du principe que, lors de tout investissement additionnel de remplacement ou d'extension, il est logique de consulter les spécialistes de la maintenance qui, d'une part, connaissent bien le matériel anciennement en place, et d'autre part auront à maintenir en état de marche le matériel nouveau. A partir de là, on prend souvent la décision de leur confier l'ensemble des responsabilités de mise en place des nouvelles installations. On crée alors un service appelé « maintenance-travaux neufs ».

L'étendue des responsabilités en matière de travaux neufs est très variable d'une entreprise à l'autre. Il peut s'agir de la construction d'un quai ou d'un bâtiment, de la mise en place d'une machine achetée à l'extérieur (raccordement à la source d'énergie, etc.), ou même de la réalisation intégrale de la machine elle-même. Dans certains cas les « travaux neufs » auront recours à la fabrication de l'entreprise qui réalisera les commandes passées par eux-mêmes. Notons que même si la fonction maintenance ne se voit pas adjoindre la fonction « travaux neufs », le service s'occupera des installations succinctes du type modifications (réfection d'un bureau, etc.).

III.6.6. La sécurité :

La sécurité est l'ensemble des méthodes ayant pour objet, sinon de supprimer, du moins de minimiser les conséquences des défaillances ou des incidents dont un dispositif ou une installation peuvent être l'objet, conséquences qui ont un effet destructif sur le personnel, le matériel ou l'environnement de l'un et de l'autre. Sachant qu'un incident mécanique, une panne, peuvent provoquer un accident, sachant aussi que la maintenance doit maintenir en état le matériel de protection ou même que certaines opérations de maintenance sont elles-mêmes dangereuses, il apparût que la relation entre la maintenance et la sécurité est particulièrement étroite. Pour toutes ces raisons ainsi que pour sa connaissance du matériel, le responsable de la maintenance peut participer aux réunions du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT) en qualité de membre ou à titre d'invité, et développer sa collaboration avec le Responsable sécurité lorsque l'entreprise en possède un. Dans une entreprise moyenne où la sécurité n'a pas de service propre, on trouve normal de faire appel

au service maintenance pour les interventions concernant la sécurité. Celles-ci sont de deux ordres :

- D'une part celles que l'on peut classer dans la sécurité « officielle ». C'est la tenue des registres concernant les chaudières, les visites d'appareils à pression, le contrôle des installations électriques, etc., la tenue des dossiers des rapports de visite de l'inspecteur du Travail, du contrôleur de la Sécurité sociale,..... etc.
- D'autre part celles qui, tout en s'inspirant des premières, les appliquent dans un contexte précis[10].

III.7. Maintenance des composantes :

III.7 .1. Conduites et Tuyauterie :

Le fonctionnement continu de l'installation pose un problème particulier d'entretien, les siphons de diamètre de 1000 mm sont accessibles alternativement et peuvent donner un aide de l'état de surface intérieur des tuyauteries, Une vérification annuelle sera faite après démontage des tampons de visite. Suite à cette opération, une décision sera prise par le service entretien de prévoir un arrêt total ou partiel des installations pour réfection de la peinture ou attendre une prochaine vérification en toute état il faudra mettre à profit a toute arrêt de l'usine de traitement de zinc pour réaliser le maximum d'entretien pour les revêtements extérieur une inspection mensuelle permettra de déceler les débits de corrosion la remise en état de la protection sera exécutée aussitôt avec le plus grand soin après repiquage des parties défectueuses.

III.7.2. Robinetterie générale :

L'ensemble de la robinetterie comprenant les robinets, les vannes, les purgeurs, les clapets et soupapes de sécurité, ne présente pas de difficultés particulières en ce qui concerne l'entretien général de ces appareillages. Avant remontage, il est recommander de bien graisser la tige de commande et d'examiner l'état du joint entre le chapeau et le corps, la remplacer éventuellement en cas d'avarie. Lors de la mise en place de la vanne de conduite, s'assurer :

- Si possible faire nettoyer ;
- Vérifier l'état des protèges de joints, éventuellement nettoyer par pressage ;
- Si les joints sont détériorés, les remplacer ;
- Remplacer tous écrous et vis défectueux.

Dans le cas de vanne sur de gros diamètre à commander manuelle par pignons de réduction, assurer périodiquement le graissage de ceux-ci

Surveillance annuelle de l'état extérieur, éventuellement nettoyage à la brosse métallique avant revêtement d'une couche de peinture antirouille et deux couches de peinture à l'huile[3].

III.7.3. Purgeurs d'air :

Ces appareils de conception simple ne nécessitent par un entretien particulier. Il suffit en cours d'exploitation de s'assurer lors des mises en eau des installations que les orifices d'échappement d'air ne sont pas obturés (poussières, sable). Si cela était, fermer la vanne de garde du purgeur, démonter ce dernier en prenant soin de ne pas choquer la pièce d'obturation. Procéder délicatement au démontage de l'orifice pouvant engendrer une fuite permanente du purgeur. Profiter de ce démontage pour procéder au nettoyage général du purgeur et vérifier l'état des joints suivant les types d'appareil installé.

III.7.4. Clapets :

Les clapets utilisés sont de constriction acier ou fonte

➤ Clapet battant :

Périodiquement, ils font un démontage général pour nettoyage et vérification des portées d'étanchéité des sièges fixes et clapets.

Dans le cas d'une détérioration de ces pièces, un remplacement de celles-ci ou rectification et rodage est nécessaire.

III.7.5. Clapet «Mannesmann» :

Ce type de clapet installé sur le refoulement des pompes est d'une conception particulière, en ce sens qu'il se ferme immédiatement dans le cas d'une coupure de débit et n'engendre pas de perturbations brutales d'ordre hydraulique (coup de bélier). Il est constitué par deux demi-coups assemblés par des boulons avec joints d'étanchéité. Au cours de l'entretien général, son démontage ne présente pas de difficulté. Mais nécessite une attention particulière lors de la dépose de l'anneau tuyère comportant les organes d'étanchéité.

S'il s'avère à l'usage, une détérioration d'un ou des organes, il est aisé de procéder au remplacement de ces derniers par des pièces de rechange standard tels que clapet, ressorts à boudin, ressort plat de guidage et siège. Si en cours de fonctionnement on constate que ce type de clapet fait un bruit anormal, il y a lieu de le démonter pour vérifier la tension des ressorts, une tension trop faible est la cause de bruits de clapets anormaux[4].

III.8. Conclusion :

La maintenance de la station de pompage d'eau de mer qui sont utiliser les conceptions d'environnement pour sécurisé le matériel en été avec les types de maintenance qui faire les équipements de maintenance, toute les manières pour la productivité de l'usine sont restée dans la meilleur point fonctionnement.

Chapitre IV

Calcul de la station
de pompage d'ALZINC

IV.1. Introduction :

Pour le calcul de la station de pompage un état des lieux a été effectué sur place à la société d'ALZINC, à savoir les diamètres nominaux des conduites leurs longueurs, leurs rugosités et les équipements nécessaires de l'instrumentations. Deux pompes d'alimentation en parallèle débitent dans deux conduites comme le montre la Figure IV.2.

IV.2. Les calculs des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières de la station vers l'usine :

IV.2.1. Entre les niveaux (1) et (2) :

IV.2.1.1. Appliquons le théorème de Bernoulli entre les points (1) et (s) :

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_n = \frac{V_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho g} + Z_2 + \Delta H_{(L+S)(1.2)} \quad (IV-1)$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_n = \frac{P_s}{\rho g} + \frac{V_s^2}{2g} + Z_s \quad (IV-2)$$

V_1 :négligeable

$Z_1 \approx Z_e \approx Z_s$ $\left\{ \begin{array}{l} Z_s: \text{niveau sortie pompe} \\ Z_1: \text{niveau surface libre} \\ Z_e: \text{niveau entrée pompe} \end{array} \right.$

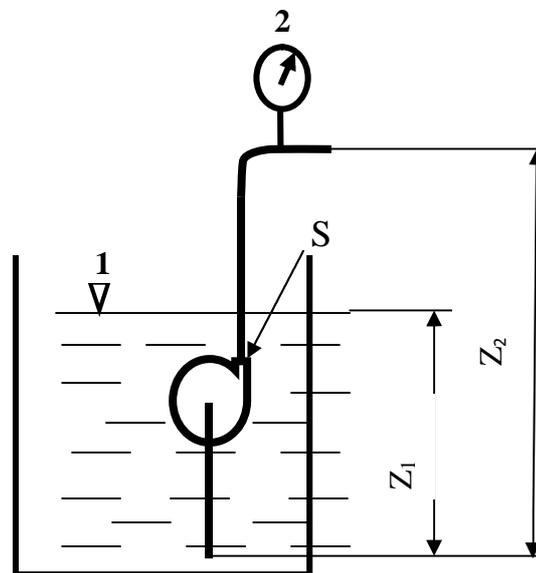


Figure IV.1 : L'aspiration vers le refoulement

$$\frac{p_1}{\rho g} + H_n = \frac{p_s}{\rho g} + \frac{V_s^2}{2g}$$

$$\frac{p_s}{\rho g} = \frac{p_1}{\rho g} + H_n - \frac{V_s^2}{2g}$$

$$p_s = \rho g \left(\frac{p_1}{\rho g} + H_n - \frac{V_s^2}{2g} \right)$$

1 : le niveau du réservoir

2 : la sortie munie de manomètre

S : la sortie de la pompe

$$p_1 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_2 = 3,8 \text{ barsou } 3,8 \cdot 10^5 \text{ Pa [5]}$$

$$p_s = ?$$

$$\rho = 1030 \text{ kg/m}^3 \text{ (eau de mer)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$D_s = 350 \text{ mm}$$

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

$$H_n = H_{MT} = 42 \text{ m [5]}$$

$$Z_1 = 3,81 \text{ m}$$

$$Z_2 = 5,46 \text{ m [5]}$$

IV.2.1.2. Calcul de la vitesse moyenne de (s) : V_s

$$q_v = V_s \cdot S_s \tag{IV-3}$$

$$V_s = \frac{q_v}{S_s}$$

$$S_s = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4}$$

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

$$S_s = 0,096 \text{ m}^2$$

$$V_s = \frac{0,35}{0,096}$$

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

$$p_s = 1030,9,81 \cdot \left(\frac{10^5}{1030,9,81} + 42 - \frac{(3,64)^2}{2 \cdot 9,81} \right)$$

$$p_s = 5,24 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

IV.2.1.3. Appliquons le théorème de Bernoulli entre les points (s) et (2) :

$$\frac{p_s}{\rho g} + \frac{V_s^2}{2g} + Z_s = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta H_{(L+S)(S.2)} \quad (\text{IV- 4})$$

$$V_s = V_2$$

$$\frac{p_s}{\rho g} + Z_s = \frac{p_2}{\rho g} + Z_2 + \Delta H_{(L+S)(S.2)}$$

$$\Delta H_{(L+S)(S.2)} = \frac{p_s - p_2}{\rho g} + Z_s - Z_2$$

$$\Delta H_{(L+S)(S.2)} = \frac{(5,24 - 3,8) \cdot 10^5}{1030 \cdot 9,81} + 3,81 - 5,46$$

$$\Delta H_{(L+S)(S.2)} = 12,6 \text{ m}$$

IV.2.1.4. Calcul des pertes de charge linéaires :

$$D_s = D_2 = 350 \text{ mm}$$

$$L_1 = 1,76 \text{ m (les données de l'entreprise d'alzinc)}$$

$$S_s = S_2 = 0,096 \text{ m}^2$$

❖ Calcul du nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{\rho \cdot V_2 \cdot D_2}{\mu} \quad (\text{IV-5})$$

$$Re = \frac{1030 \cdot 3,64 \cdot 0,35}{1,07 \cdot 10^{-3}}$$

$$Re = 1226373,83$$

Alors le régime est turbulent

$$\left. \begin{array}{l} \ell = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m [5]} \\ D_2 = 350 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{array} \right\} \frac{\ell}{D} = 0,008$$

A l'aide du diagramme de Moody $\lambda = 0,035$

$$\Delta H_{L(S.2)} = \lambda \frac{L_1}{D_2} \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$$

$$\Delta H_{L(S.2)} = 0,035 \cdot \frac{1,67}{0,35} \cdot \frac{(3,64)^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H_{L(S.2)} = 0,11 \text{ m}$$

IV.2.1.5. Calcul des pertes de charge singulières :

$$\Delta H_{S(S.2)} = \Delta H_{(L+S)(S.2)} - \Delta H_{L(S.2)} \quad (\text{IV-6})$$

$$\Delta H_{S(S.2)} = 12,6 - 0,11$$

$$\Delta H_{S(S.2)} = 12,49 \text{ m}$$

IV.2.1.6. Calcul des coefficients de pertes de charge singulières:

$$\Delta H_{S(S.2)} = \frac{\zeta \cdot V_2^2}{2 \cdot g} \quad (\text{IV-7})$$

$$\zeta = \frac{\Delta H_{S(S.2)}}{\frac{V_2^2}{2g}}$$

$$\zeta = \frac{12,49}{\frac{(3,64)^2}{2 \cdot 9,81}}$$

$$\zeta = 18,38$$

IV.2.1.7. Les pertes de charge en (1) et (2) en fonction de débit

$$\Delta H_{(L+S)(1.2)} = f(q_v) :$$

$$V_2 = V_3 [5]$$

$$\Delta H_{(L+S)(1.2)} = \Delta H_{L(S.2)} + \Delta H_{S(S.2)} \quad (\text{IV-8})$$

$$\Delta H_{(L+S)(1.2)} = \lambda \frac{L_1}{D_2} \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \frac{\zeta \cdot V_2^2}{2 \cdot g}$$

$$\Delta H_{(L+S)(1.2)} = \left(\lambda \frac{L_1}{D_2} + \zeta \right) \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$$

IV.2.1.8. Calcul de vitesse moyenne de (2) :

$$q_v = v_m \cdot S_2 \tag{IV-9}$$

$$V_3 = \frac{q_v}{S_2} = v_m$$

$$\Delta H_{(L+S)(1.2)} = \left(\lambda \frac{L_1}{D_2} + \zeta \right) \frac{q_v^2}{2 S_2^2 g}$$

$$\Delta H_{(L+S)(1.2)} = \left(0.035 \frac{1,76}{0,35} + 18,38 \right) \frac{q_v^2}{2 (0,096)^2 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H_{(L+S)(1.2)} = 102,62 \cdot q_v^2$$

IV.2.2.1. Appliquons le théorème de Bernoulli entre (A) et (C) et entre (B) et (C) :

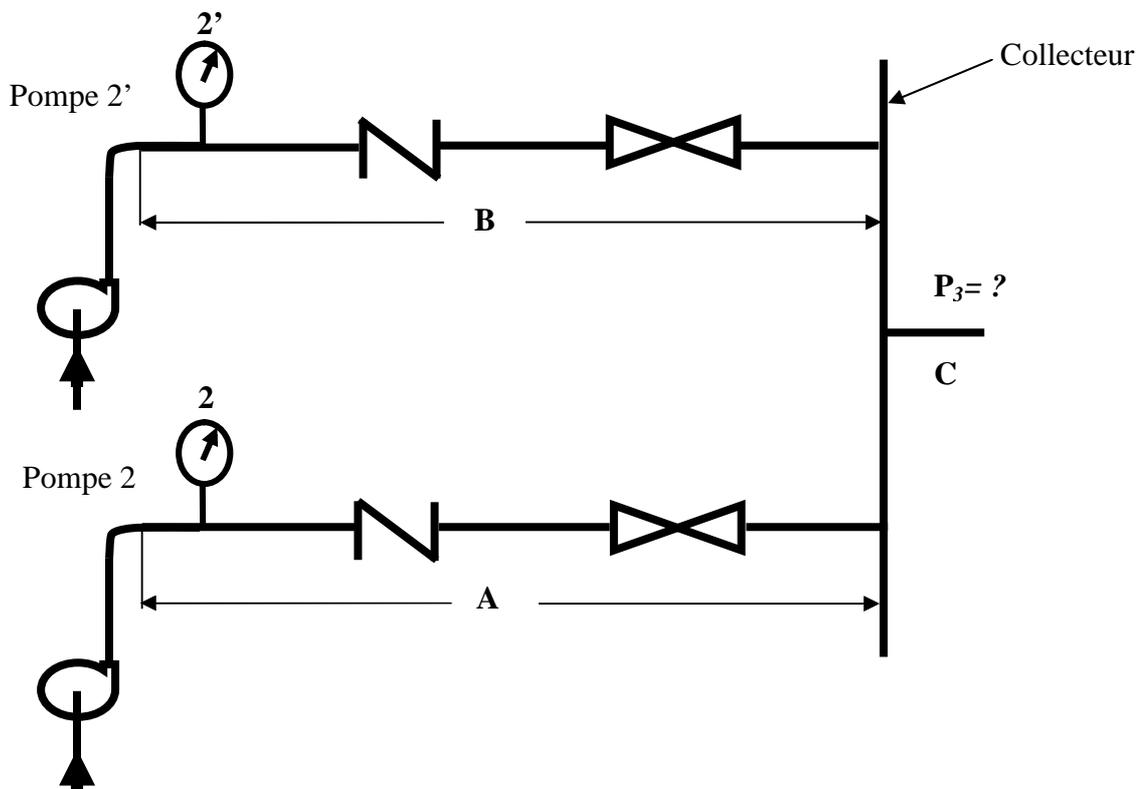


Figure IV.2 : Schéma des conduites en parallèle

 : Vanne papillon

 : Clapet entrée routeur

  : Manomètre de pression d'entrée

➤ **Partie A :**

$$p_2 = 3,8 \text{ bars [5]}$$

$$D_2 = 350 \text{ mm}$$

$$V_s = V_2 = 3,64 \text{ m/s}$$

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

➤ **Partie B :**

$$p_{2'} = 3,8 \text{ bar (sortie de la pompe } P_{2'}) \text{ [5]}$$

$$D_{2'} = 350 \text{ mm [5]}$$

$$V_s = V_{2'} = 3,64 \text{ m/s}$$

$$q_v = 350 \text{ l/s [5]}$$

➤ **Partie C:**

$$D_3 = 700 \text{ mm [5]}$$

$$q_v = 700 \text{ l/s [5]}$$

$$Z_2 = Z_{2'} = Z_3$$

$$\Delta H_S = 4 \text{ m de collecteur [5]}$$

$$\Delta H_L = 0 \text{ [5]}$$

IV.2.3. Appliquons la théorème de Bernoulli entre (2) et (2') n'avant pas les pertes de charge singulières :

IV.2.3.1. Calcul de la pression (3) (collecteur) commune avec les sorties des conduites en parallèle (A) et (B) :

➤ **Calcul de la vitesse V_3 :**

$$q_v = V_3 \cdot S_3 \quad (\text{IV-10})$$

$$V_3 = \frac{q_v}{S_3}$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4}$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot (0,7)^2}{4}$$

$$S_3 = 0,38 \text{ m}^2$$

$$V_3 = \frac{0,7}{0,38}$$

$$V_3 = 1,84 \text{ m/s}$$

$$\frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 = \frac{V_3^2}{2} + \frac{p_3}{\rho g} + Z_3 + \Delta H_{s(3,4)} \quad (\text{IV-11})$$

$$\frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} = \frac{p_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2} + \Delta H_{s(3,4)}$$

$$p_3 = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_3^2}{2g} - \Delta H_{s(3,4)} \right)$$

$$p_3 = 1030 \cdot 9,81 \left(\frac{3,8 \cdot 10^5}{1030 \cdot 9,81} + \frac{(3,64)^2 - (1,84)^2}{2 \cdot 9,81} - 4 \right)$$

$$p_3 = 3,44 \text{ bars}$$

IV.2.4. Appliquons le théorème de Bernoulli entre les points (3) et (4) :

IV.2.4.1. Calcul des pertes de charge singulières au niveau de la vanne

Les pertes de charge linéaires sont nulles entre les sections (3) et (4) :

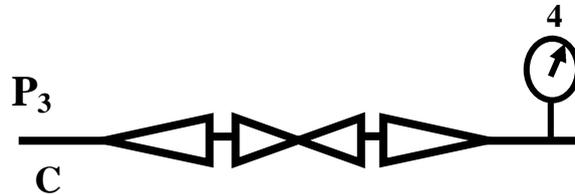


Figure IV.3: La vanne entre (3) et manomètre(4)

➤ Soit l'équation de Bernoulli entre les sections (3) et (4) :

$$\frac{p_3}{\rho g} + \frac{v_3^2}{2g} + z_3 = \frac{v_4^2}{2} + \frac{p_4}{\rho g} + z_4 + \Delta H_{(S)(3.4)} \quad (IV-12)$$

$$\Delta H_{(S)(3.4)} = \frac{p_3}{\rho g} - \frac{p_4}{\rho g}$$

$$\Delta H_{(S)(3.4)} = \frac{p_3 - p_4}{\rho g}$$

$$\Delta H_{(S)(3.4)} = \frac{(3,44 - 2) \cdot 10^5}{1030 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H_{(S)(3.4)} = 14,25 \text{ m}$$

$$\Delta H_{S(3.4)} = \frac{\zeta \cdot v_4^2}{2 \cdot g} \quad (IV-13)$$

$$\zeta = \frac{\Delta P_{S(3.4)}}{\frac{v_4^2}{2 \cdot g}}$$

$$\zeta = \frac{14,25}{\frac{(1,84)^2}{2 \cdot 9,81}}$$

$$\zeta = 82,58$$

IV.2.4.2. Calcul des pertes de charge entre (A) et (B) en parallèle avec (C) en série en fonction de débit $\Delta H_{(L+S)(3.4)} = f(q_v)$:

$$\Delta H_{(L+S)(3.4)} = \Delta H_{L(3.4)} + \Delta H_{S(3.4)} \quad (IV-14)$$

$$\Delta H_{(L+S)(3.4)} = 0 + \Delta H_{S(3.4)}$$

$$\Delta H_{(L+S)(3.4)} = \zeta \frac{q_v^2}{2 S_1^2 g}$$

$$\Delta H_{(L+S)(3.4)} = 82,58 \frac{q_v^2}{2 \cdot (0,38)^2 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H_{(L+S)(3.4)} = 29,14 q_v^2$$

IV.2.5. Au niveau des conduites $D_4 = D_5 = 700\text{mm}$

IV.2.5.1. Appliquons la théorème de Bernoulli(4) et (5) n'avant pas les pertes de charge singulières :

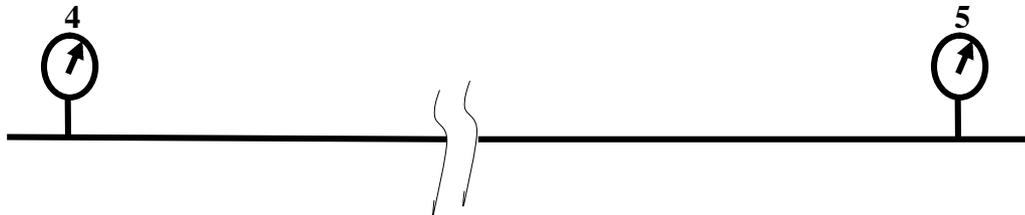


Figure04 : les conduites en série entre les deux manomètres (4) et (5)

$$p_4 = 2 \text{ bars [5]}$$

$$p_5 = 1,3 \text{ bars [5]}$$

$$q_v = 700 \text{ l/s}$$

$$V_3 = V_4 = V_5 = 1,84 \text{ m/s}$$

$$\frac{p_4}{\rho g} + \frac{V_4^2}{2g} + Z_4 = \frac{V_5^2}{2g} + \frac{p_5}{\rho g} + Z_5 + \Delta H_{(L+S)(4.5)} \quad (\text{IV-15})$$

$$Z_4 = Z_5$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \frac{p_4 - p_5}{\rho g}$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \frac{(2 - 1,3) \cdot 10^5}{1030 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = 6,92 \text{ m}$$

IV.2.5.2. Calcul les pertes de charge linières :

$$\Delta H_{L(4.5)} = \lambda_2 \frac{V_4^2 L_2}{2 g D_2} \quad (IV-16)$$

$$D_2 = 700 \text{ mm}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot V_4 \cdot D_2}{\mu}$$

$$Re = \frac{1030 \cdot 1,84 \cdot 0,7}{1,07 \cdot 10^{-3}}$$

$$Re = 1239850,47$$

D'où le régime est turbulent

$$\left. \begin{array}{l} k = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ D = 700 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{array} \right\} \frac{k}{D} = 0,0042$$

Et à l'aide du diagramme de Moody (Figure II.18) nous obtenons $\lambda_2 = 0,029$

$$\Delta H_{L(4.5)} = 0,029 \cdot \frac{855}{0,7} \cdot \frac{(1,84)^2}{2,9,81}$$

$$\Delta H_{L(4.5)} = 6,11 \text{ m}$$

IV.2.5.3. Calcul des pertes de charge singulières :

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \Delta H_{L(4.5)} + \Delta H_{S(4.5)} \quad (IV-17)$$

$$\Delta H_{S(4.5)} = \Delta H_{(L+S)(4.5)} - \Delta H_{L(4.5)}$$

$$\Delta H_{S(4.5)} = 6,92 - 6,11$$

$$\Delta H_{S(4.5)} = 0,81 \text{ m}$$

IV.2.5.4. Calcul des coefficients de perte de charge singulière :

$$\Delta H_{S(4.5)} = \frac{\zeta \cdot V_4^2}{2 \cdot g} \quad (IV-18)$$

$$\zeta = \frac{\Delta P_{S(4.5)}}{\frac{V_4^2}{2 \cdot g}}$$

$$\zeta = \frac{0,81}{\frac{(1,84)^2}{2 \cdot 9,81}}$$

$$\zeta=4,69$$

IV.2.5.5. Calcul des pertes entre(4) et (5) en fonction de débit: $\Delta H_{(L+S)(4.5)} = f(q_v)$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \Delta H_{L(4.5)} + \Delta H_{S(4.5)} \tag{IV-19}$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \lambda \frac{L}{D_2} \frac{V_4^2}{2 \cdot g} + \zeta \frac{V_4^2}{2 g}$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \left(\lambda \frac{L}{D_2} + \zeta \right) \frac{V_4^2}{2 g}$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \left(\lambda \frac{L}{D_2} + \zeta \right) \frac{q_v^2}{2 S_1^2 g}$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = \left(0,029 \frac{855}{0,7} + 4,69 \right) \frac{q_v^2}{2 (0,38)^2 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H_{(L+S)(4.5)} = 14,15 \cdot q_v^2$$

IV.2.5. Tableau IV.1 : les pertes de charge de station de pompage avec les deux pompes en fonction de débit q_v :

q_v (m ³ /h)	C1	C2=C2'	C3	C2+C2'	C2+C2'+C3	P1=P2	P1+P2
0	0	0	0	0	0		
1000	7,91	2,25	1,09	4,50	5,60	43	
1250	12,36	3,51	1,70	7,02	8,72	42	
1500	17,80	5,06	2,45	10,12	12,57	40	
2000	31,65	8,99	4,36	17,98	22,34		43
2500	49,45	14,04	6,82	28,08	34,90		42
3000	71,21	20,22	9,82	40,44	50,26		40

C₁ : les pertes de charge entre (1) et (2) en fonction du débit ;

C₂ = C_{2'} : les pertes de charge entre (2) et (4) en fonction du débit ;

C₃ : les pertes de charge entre (4) et (5) en fonction du débit ;

C₂+C_{2'}+C₃ : la somme des pertes de charge entre (1) et (5) en fonction du débit ;

P₁ =P₂ : les valeurs de pompes en fonction de débit (les données de l'entreprise d'al zinc) ;

P₁ +P₂ : les pompes identiques en fonction du débit (fonctionnement en parallèle)

IV.2.7. Déterminer le point fonctionnement des deux pompes :

Le débit de fonctionnement $q_{vf} = 2310 \text{ m}^3/\text{h} = 0,64 \text{ m}^3/\text{s}$

La hauteur manométrique du point de fonctionnement $H_f = 42,2 \text{ m}$

Le rendement globale $\eta_g = 0,52$

IV.2.7 .1. Calcul de la puissance de la pompe :

$$P = \frac{q_v \cdot \rho \cdot g \cdot H_n}{\eta_g} \quad (\text{IV-20})$$

$$P = \frac{0,64 \cdot 1030 \cdot 9,81 \cdot 42,2}{0,52}$$

$$P = 524801,18 \text{ W}$$

$$P = 524,801 \text{ kW}$$

IV.2.7 .2. Facture énergétique des deux pompes d'une durée d'une année :

$$W = 524,801 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 24$$

$$W = 4534280,64 \text{ kWh}$$

IV.8. Conclusion :

Nous avons utilisé dans notre calcul le théorème de Bernoulli avec l'équation de pertes de charge linéaires et singulières et la rugosité de paroi en régime turbinant on a basé sur les données qui ont été proposées par l'ingénieur sur l'installation qui contient des manomètres entre les pompes et chaque conduite.

On a vérifié et calculé les pertes de charge en fonction de débit pour tracer une courbe qui montre le point de fonctionnement qui est $H_{NT}=42,2\text{m}$ et $q_{vf}=2310\text{m}^3/\text{h}$

Tout ça, afin de calculer l'énergie consommée par les deux pompes de la station, ce résultat positif montre que le matériel d'usine marche sous les normes, et ça a causé des efforts de service de maintenance.

Mais on a remarqué que cette station a besoin des travaux de rénovation pour améliorer les performances.

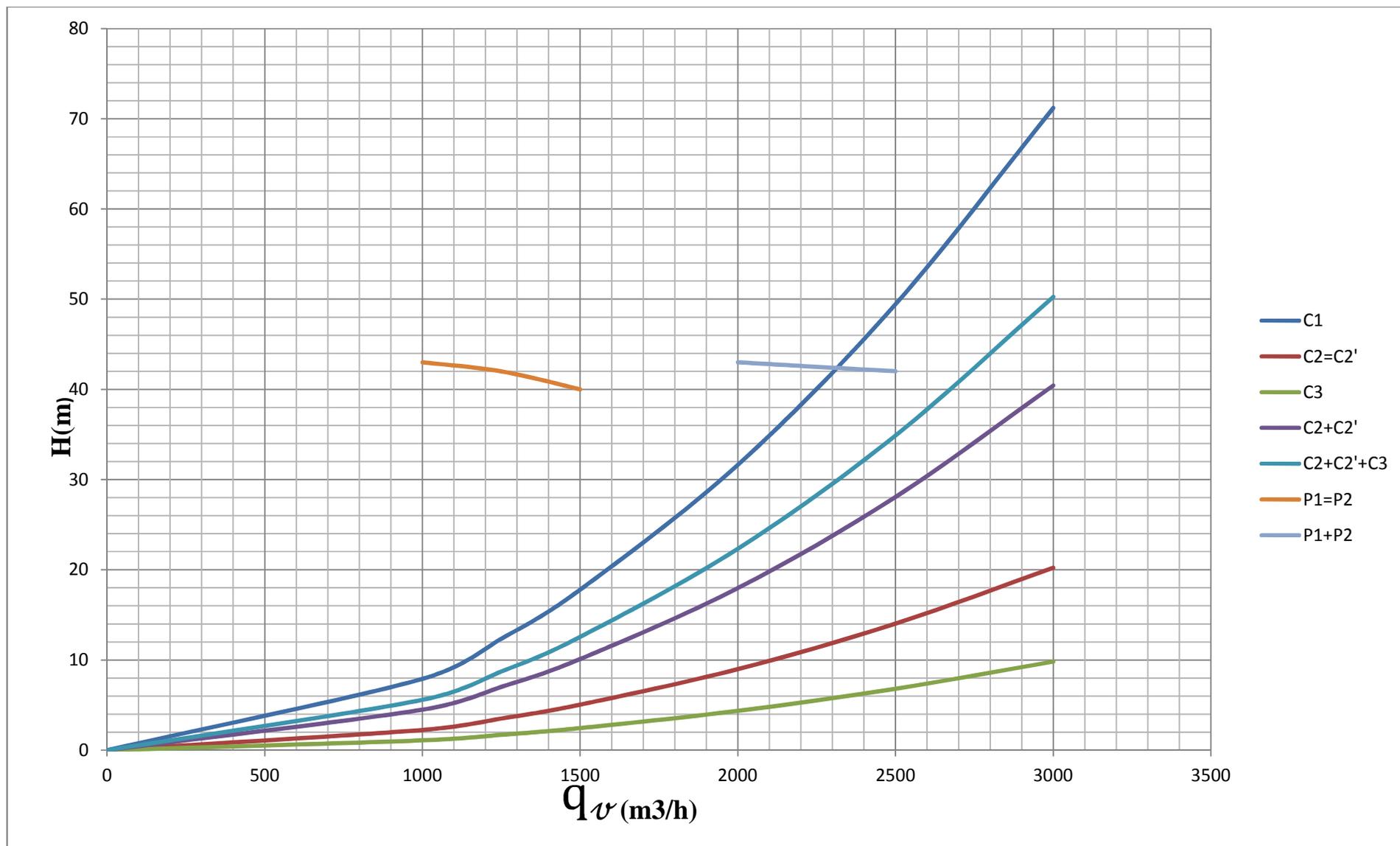


Figure IV. 5 : courbe de caractéristique des conduites avec deux pompes

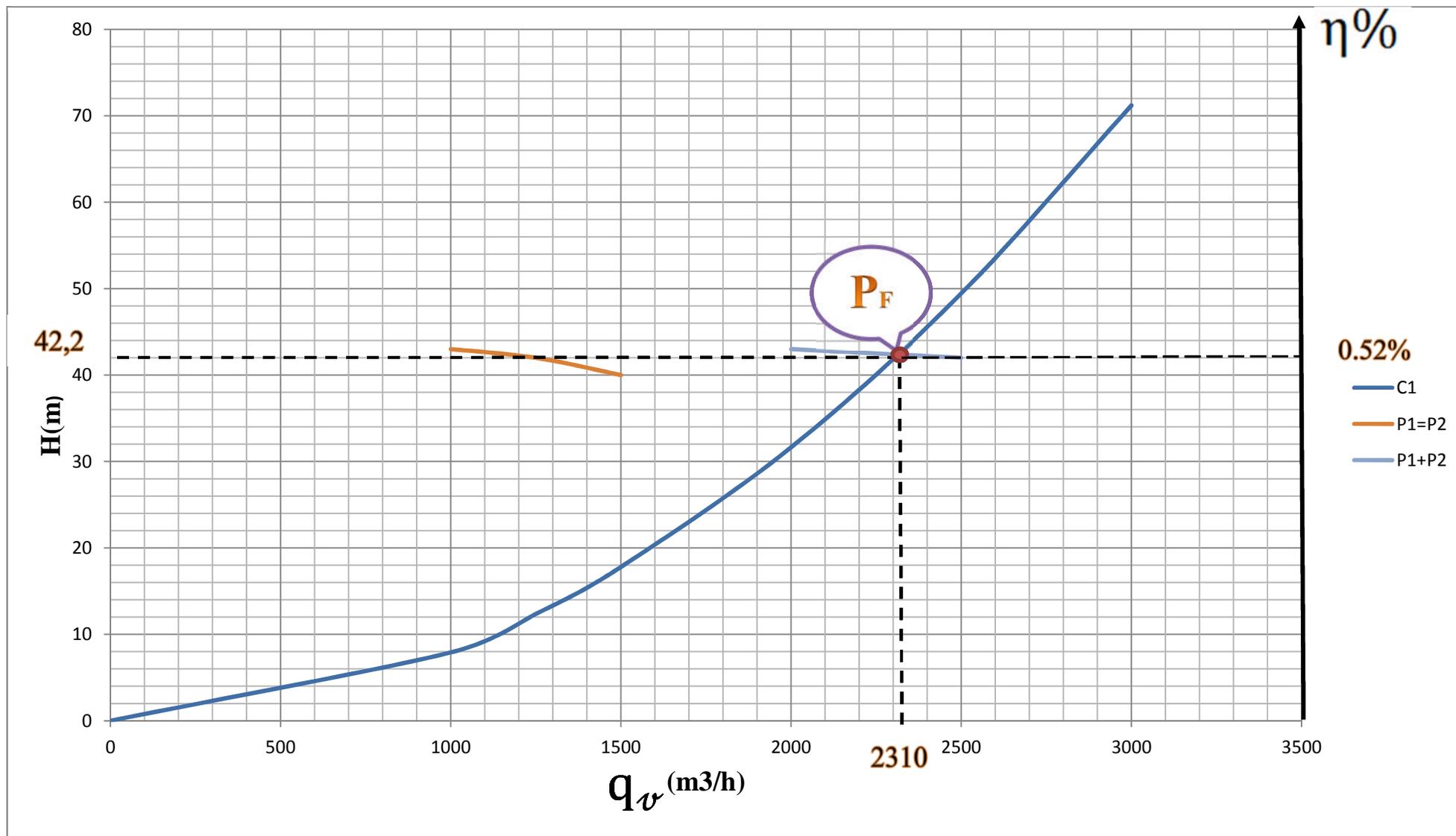


Figure IV.06 : courbe de point fonction des caractéristiques de conduites avec deux pompes marchent

Conclusion générale

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 vérification des anomalies et des problèmes pour enfin proposer éventuellement des solutions aux problèmes qui résident dans le changement des pompes et les conduites.

Dans les calculs on a considéré 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.

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 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 d'eau mer.

WEBOGRAPHIE

- [6] http://www.wilo.be/fileadmin/be/Downloads/pdfs_documentaties/Informatiebrochures/Principes_fondamentaux_de_la_technologie_des_pompes.pdf Principes des pompes Wilo 03/2005
- [7] http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=4604
The sewage pumping handbook **manuel** May 2009 ; 119 pages. Ed. Grundfos - Saint Quentin Fallavier
- [8] <http://f.holst.pagesperso-orange.fr/polycopies/CH05.pdf>
- [9] <http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/PHYS/Term/Mecaflu/Poly-mecaflu.htm> les auteurs : Jacques CARBONNET Michel ROQUES mél : michel.roques@laposte.net
- [10] <http://tpmattitude.fr/methodes.html>.
- [11] <http://www.econologie.info/share/partager3/1316772563esXgEb.pdf>

ANNEXES

Désignation du matériel	Nature de entretien	jour	Semaines	Mois	Ans	5 ans	200 heures	500 heures	3000 heures
Tuyauterie et siphons	vérification de l'état du revêtement			✘	✘				
Installation de vide	renouvellement de la graisse des roulements							✘	
	vérification de l'état du revêtement								
	vérification du fonctionnement		✘						
Filtre									
Motoréducteur	vidange d'huile						✘	✘	
	vérification du niveau d huile			✘					
Paliers, glissières, vis de réglage des paliers	graissage et vérification			✘					
panneaux, joints la Leroux, galets, goupilles et écrous	vérification			✘					
Détecteur de perte de charge	vérification micro-contacts			✘					
	Vérification de l'état des flotteurs et leur câble ,nettoyage et graissage du différentiel			✘					
Filtre	vérification générale du filtre				✘				
Anode	Rechange					✘			
groupe électropompe									
tété de transmission	vérification du niveau d'huile	✘							
	vérification presse-étoupe	✘							
Accouplement Citroën	remplacer la graisse								✘
Robinetterie									
Robinets	Surveillance presse-étoupe et garniture			✘					
	Surveillance générale et peinture				✘				
	Démontage général et graissage					✘			
Vanne	Surveillance presse-étoupes et garnitures			✘	✘				

	Surveillance général et graissage de la vise de commande								
Purgeur	contrôle de l'orifice d'échappement d'air			6 mois					
	Peinture éventuelle				✘				
	démontage général, nettoyage					✘			
clapet	démontage général, nettoyage, graissage et peinture éventuelle				✘				
vanne papillon	Lubrification de la motorisation, brossage des tirants et graissage peinture				✘				
Appareillage électrique	Vérification de l'isolement des câbles et moteur								
	Vérifier les fusible et leur calibre					✘			
	Contrôle de redresseurs				✘	✘			
	Control systématique des contacts				✘				

Tableau : l'entretien de station de pompage

