

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 8 Mai 1945 – Guelma  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrotechnique et Automatique

Réf ...../2020



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER Académique**

**Domaine:** Sciences et Technologie

**Filière:** Electromécanique

**Spécialité :** Electromécanique

**Par :** SERHANE Imane et GABLI Djamilia

**Thème**

### Calculs hydraulique et vérification de la pompe centrifuge 502-P-001A

Soutenu publiquement, le 04. /10. /2020, devant le jury composé de :

M/OUALD LAHOUCINE Cherif	Professeur	Univ. Guelma	Président
M/ DJEBALA Abderrazek	Professeur	Univ. Guelma	Examineur
M/ FRIHI Djamel	MCA	Univ. Guelma	Examineur
Mm/ FRIQUI Nadia	MCB	Univ. Guelma	Encadreur

Année Universitaire : 2019/2020

# *Remerciements*

En premier lieu, nous tenons à remercier **ALLAH**, le tout puissant de nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à **Dr.FRIOUI Nadia** pour avoir acceptée de nous encadrer, son aide et ses encouragements au cours de ce travail.

Nos remerciements s'adressent, également, aux membres du jury, d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer le travail.

Le grand remerciement vient aussi aux enseignants, aux responsables et aux personnels du département de génie Electrotechnique et Automatique, qui ont déployé des efforts inlassables tout au long de notre parcours universitaire.

Les remerciements doivent aussi aux ingénieurs du complexe Topping, qui nous ont suivi, et de leur disponibilité à nous donner les informations utiles.

Nous remercions enfin tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réussite de ce travail et qui n'ont pas pu être cités ici.

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail réalisé grâce à Dieu le  
tout puissant :*

*A mes très chers parents qui m'ont aidé et m'ont  
encouragé durant toutes mes études*

*A mes frère **Haythem**, **Abde erraouf** et **Amir***

*A mes amis qui étaient toujours là pour me conseiller,  
me soutenir, m'encourager et prier pour moi*

*A mon marie **Ilyes** qui c'était un soutien pour  
moi tout le temps*

*A ma belle-famille*

*A tous ce que j'aime.*

**Imane**

# *Dédicace*

*Pour ma mère, à mon père*

*Pour tous mes frères*

*Pour ma sœur Chahra zed*

*Pour tous ceux qui étaient prêts à  
nous enseigner*

*Pour tous les amis*

*Je dédie ce travail*

**Djamila**

# **Sommaire**

## Sommaire

Introduction général	01
----------------------	----

### **CHAPITRE I : Présentation de la raffinerie de Skikda (RA2K)**

I 1. Présentation générale du complexe Topping (RA2K)	02
I.2. Implantation et activités du complexe Topping (RA2K)	02
I.3. Historique du complexe Topping (RA2K)	04
I.4. Organisation structurale du complexe Topping (RA2K)	05
I.5. Description de différentes unités	06
I.5.1. Unité de Distillation atmosphérique du condensat (Unité 100)	07
I.5.2. Unité de traitement de kérosène (Unité 200)	16
I.5.3. Unité de stockage et de transfert (Unité 300)	18
I.5.4. Unité de torche (Unité 400)	20
I.5.5. Unité utilités (Unité 500)	20
a. Traitement des eaux usées (unité 501)	20
b. Système de l'eau de refroidissement (unité 502)	20
c. Réseaux d'alimentation et de drainage d'eau (unité 503)	21
d. Systèmes de lutte contre l'incendie (unité 504)	21

### **CHAPITRE II : généralité sur les pompes centrifuges**

II.1. Introduction	23
II.2. Histoire des pompes	23
II.3. Définition d'une pompe centrifuge	24
-Les pompes monocellulaires	24
-Les pompes multicellulaires	25
II.4. Constitution d'une pompe centrifuge	26
II.4.1. Les composants hydrauliques	26
II.4.2. Les composants mécaniques	27
II.5. Classification des pompes centrifuges	28
A) : Selon la trajectoire du fluide (trajectoire de l'écoulement)	28
B) : Selon le nombre d'étages	29
C) : Selon la disposition de l'axe de la pompe	29

II.6 Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge	30
II.7 . Triangle de vitesse	31
II.7.1. Cinématique de l'écoulement	31
II.8. Courbe caractéristique d'une pompe	32
II.8.1. Courbe ( Hauteur – rendement ) - Débit	32
II.8.2.Courbe Puissance – Débit	33
II.8.3.Characteristique NPSH debit	34
II.9. Point de fonctionnement d'une pompe centrifuge	35
II.10. Couplage d'une pompe centrifuge	36
II.10.1. Couplage parallèle	36
II.10.2. Couplage série	38
II.11. Similitude des pompes centrifuges	38
II.11.1. Coefficients de Râteau	38
II.11.2. La vitesse spécifique	40
II.12. Conclusion	41
<b>CHAPITRE III : Diagnostic des défaillances de la pompe 502-P-001A</b>	
III.1. Introduction	42
III.2. Les facteurs de dysfonctionnement	42
III .3. Présentation de la pompe 502-P-001A	43
III.4. Caractéristique technique de la pompe	44
III.5. Maintenance de la pompe 502- PM -001A	45
III.5.1. Révision complète d'une pompe	45
III.5.2. Procédures de démontage	46
III.6. Les facteurs de dysfonctionnement de la pompe 502-P-001A	46
III.7. Les solutions Pour le phénomène de corrosion	48
III .8. La méthode préventive de la pompe 502-P-001A	49
III .9. Le phénomène de cavitation	51
III .10. Les signes et l'effet de cavitation	51
-Bruï de cavitation	52
-Vibration de cavitation	52
-Érosion de cavitation	52
III .11. Les types de cavitation	53
III .11.1. Cavitation à bulles séparées	54

III .11.2. Cavitation à poches	54
III .11.3. Cavitation à lames	55
III.11.4. Cavitation de vortex	56
III.11.5. Cavitation de mélange	56
III .12. Le NPSH	57
III.12.1. NPSH requis	58
III .13. Les solutions pour éviter la cavitation	59
III .14. Conclusion	60
<b>CHAPITRE IV : Calculs de la pompe 502-P-001A</b>	
IV .1. Introduction	61
IV.2. Calcul hydraulique	61
IV.2.1. Vitesse spécifique $N_s$	61
IV .2.2. Diamètre de l'arrête d'entrée ramené	62
IV.3. Calcul de rendement de la pompe	62
IV.3.1. Rendement hydraulique ( $\eta_h$ )	62
IV.3.2. Rendement volumétrique ( $\eta_v$ )	63
IV.3.3. Rendement mécanique ( $\eta_m$ )	63
IV.3.4. Rendement global ( $\eta_g$ )	63
IV.4. Calcul des puissances	63
IV.4.1. La puissance consommée par la pompe ( $P_{ab}$ )	63
IV.4.2. La puissance du moteur ( $P_m$ )	64
IV.5. Calcul des diamètres l'arbre et du moyeu	64
IV.5.1. Diamètre de l'arbre	64
IV.5.2. Calcul de couple de rotation ( $M_t$ )	64
IV.5.3. Calcul de la contrainte admissible ( $\tau$ )	65
IV.5.4. Diamètre moyen de la roue ( $D_m$ )	65
IV.6. Détermination des paramètres à l'entrée de la roue	65
IV.6.1 Le débit qui traverse la roue ( $Q_c$ )	65
IV.6.2 Diamètre maximal de l'arrête d'entrée	66
IV.6.3 Diamètre moyen de l'arrête d'entrée ( $D_0$ )	67
IV.6.4 Largeur de la fente à l'entrée ( $b_1$ ) de la roue	67
IV.6.5 Angle d'aube ( $\beta_1$ ) à l'entré	68

IV.7. Détermination des paramètres du rotor à la sortie de la roue	69
IV.7.1. Vitesse circonférentielle à la sortie du rotor ( $U_2$ )	69
IV.7.2 Diamètre extérieur de la roue ( $D_2$ )	70
IV.7.3 Angle de l'aube à la sortie de la roue $\beta_2$	70
IV.8. Calcul des vitesses relatives à l'entrée et à la sortie de la roue	70
IV.9. Conclusion	71
Conclusion générale	72

# Liste de figures

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Situation du complexe Topping	03
<b>Figure I.2:</b> Organisation structurale du complexe Topping	06
<b>Figure I.3:</b> Schéma synoptique du complexe Topping	07
<b>Figure I.4:</b> Trains de préchauffage de brut (condensat)	08
<b>Figure I.5:</b> Section de préfractionnement	09
<b>Figure I.6:</b> Section atmosphérique	10
<b>Figure I.7:</b> Système sous vide	11
<b>Figure I.8:</b> Section de stabilisation des essences	13
<b>Figure I.9:</b> Section de dépropaniseur	15
<b>Figure I.10:</b> Section de séchage du butane	16
<b>Figure I.11:</b> Schéma de l'unité de purification et traitement du kérosène (U200)	17
<b>Figure I.12:</b> Stockage et transfert des différents produits finis	19
<b>Figure II.1:</b> Pompe centrifuge	24
<b>Figure II.2:</b> pompes monocellulaires	25
<b>Figure II.3:</b> pompe multicellulaire	26
<b>Figure II.4:</b> Constitution d'une pompe centrifuge	27
<b>Figure II.5:</b> Les composants mécanique d'une pompe centrifuge	28
<b>Figure II.6:</b> Représentation des domaines respectifs des trois types de pompes centrifuges	29
<b>Figure II.7:</b> Type de roue pour les pompes centrifuges	30
<b>Figure II.8:</b> Triangle des vitesses absolues et relatives	32
<b>Figure II.9 :</b> Courbe caractéristique Hauteur – Débit	33

<b>Figure II.10:</b> Courbe caractéristique Puissance – Débit	34
<b>Figure II.11 :</b> Courbe caractéristique NPSH	35
<b>Figure II.12:</b> Courbe de système et courbe de la pompe	36
<b>Figure II.13 :</b> Effet de la vanne de régulation sur le point de fonctionnement	36
<b>Figure II.14 :</b> Schémas d'un couplage des deux pompes en parallèle	37
<b>Figure II.15 :</b> association en parallèles	37
<b>Figure II.16 :</b> Association en série	38
<b>Figure II.17 :</b> Caractéristiques d'une pompe fonctionnant à vitesses N1 et N2	40
<b>Figure III.1:</b> Pompe centrifuge 502-PM- 001A	41
<b>Figure III.2:</b> Dégradation au niveau du corps d'une pompe 502-P-001A	47
<b>Figure III.3:</b> corrosion de la roue d'une pompe 502-P-001A	47
<b>Figure III.4:</b> érosion de l'arbre d'une pompe 502-P-001A	47
<b>Figure III.5:</b> dommage d'un roulement	48
<b>Figure III.6:</b> brossage au niveau de l'impulseur de la pompe 502-P-001A	48
<b>Figure III.7:</b> Application d'une peinture anti corrosion	49
<b>Figure III.8:</b> Application de peinture de finition à base d'époxy couleur RAL6028- vert pin	49
<b>Figure III.9:</b> détérioration des pièces mécanique soumises à une exposition prolongée de la cavitation	53
<b>Figure III.10:</b> érosion par cavitation d'une roue d'une pompe centrifuges	53
<b>Figure III.11:</b> Cavitation à bulles séparées	54
<b>Figure III.12:</b> Cavitation à poches sur un engin sous-marin	54
<b>Figure III.13:</b> cavitation à poches sur un entrefer de roue	55

<b>Figure III.14:</b> Cavitation à lames sur une pale d'hélice	55
<b>Figure III.15:</b> Cavitation d'extrémités de pale d'hélice	56
<b>Figure III.16:</b> Cavitation de mélange en aval d'une vanne papillon	56
<b>Figure III.17:</b> Influence du diamètre de la roue sur le NPSHr	59
<b>Figure IV.1:</b> Triangle de vitesse à l'entrée de la roue	68
<b>Figure IV.2:</b> Triangle de vitesse à la sortie de la roue	69
 <b>Liste des tableaux</b>	
<b>Tableau I.1:</b> Les trois cas de marche du complexe Topping	02
<b>Tableau III.1:</b> Caractéristiques techniques des pompes 502-P-001A/B/C/D	45
<b>Tableau IV.1:</b> Classification des pompes à partir de la vitesse spécifique	61

## **Liste des tableaux**

**Tableau I.1** : Les trois cas de marche du complexe Topping

**Tableau III.1**: Caractéristiques techniques des pompes 502-P-001A/B/C/D

**Tableau IV.1**: Classification des pompes à partir de la vitesse spécifique

## Nomenclature

<b><i>Symbole</i></b>	<b><i>Désignation</i></b>	<b><i>Unité</i></b>
$Q_{th}$	débit théorique	$[m^3/s]$
$D_2$	Diamètre extérieur de la roue	$[m]$
$D$	diamètre de la roue	$[m]$
$N$	nombre de tours	$[-]$
$R$	rayon de la roue	$[m]$
$P_1$	pression absolue qui s'exerce sur la surface libre du liquide à l'aspiration.	$[bar]$
$P_V$	pression absolue correspondent à la tension de vapeur du liquide et à la température de pompage.	$[bar]$
$Z_1$	distance verticale entre la surface libre du liquide et l'axe de la pompe.	$[m]$
$\Delta H_{asp}$	pertes de charges dans la conduite d'aspiration	$[m]$
$P_b$	Pression absolue	$[bar]$
$Q$	Le débit	$[m^3/s]$
$H$	La hauteur de refoulement	$[m]$
$n$	La vitesse de rotation	$[tr/min]$
$\rho$	La masse volumétrique.	$[kg/m^3]$
$P_{ab}$	Puissance consommée.	$[W]$
$K_0$	coefficient d'aspiration	$[-]$
$M_t$	couple de rotation.	$[N \cdot m]$
$\tau$	Contrainte admissible des torsions.	$[N/m^2]$
$Re$	Limite minimale apparente d'élasticité.	$[N/m^2]$
$N$	Coefficient de rétrécissement de l'aube à la sortie.	$[-]$
$V_0$	Vitesse absolue de l'entrée.	$[m/s]$
$V_{1m}$	Composante méridienne de la vitesse absolue.	$[m/s]$
$\delta$	l'angle d'attaque.	$[^\circ]$
$K_2$	Coefficient de rétrécissement de l'aube.	$[-]$
$K_1$	Coefficient de rétrécissement de l'aube à la sortie.	$[-]$
$N_s$	Vitesse spécifique	$[tr/mn]$
$D_{r1}$	Diamètre de l'arrête d'entrée ramené	$[m]$
$\eta_h$	Rendement hydraulique	$[\%]$
$\eta_v$	Rendement volumétrique	$[\%]$
$\eta_m$	Rendement mécanique	$[\%]$
$\eta_g$	Rendement global	$[\%]$

$D_a$	Diamètre de l'arbre	[m]
$D_m$	Diamètre moyen de la roue	[m]
$D_0$	Diamètre moyen de l'arrête d'entrée	[m]
$b_1$	Largeur de la fente à l'entrée	[m]
$w_1, w_2$	vitesses relatives à l'entrée et à la sortie de la roue.	[m/s]
$\beta_2$	L'angle d'aube à la sortie de la roue.	[°]
$\beta_1$	Angle d'aube à l'entrée	[°]
$U$	Vitesse circonférentielle à la sortie du rotor	[m/s]

# **Introduction Générale**

## **Introduction générale**

---

### **Introduction générale**

Les pompes centrifuges sont aux cœurs des installations industrielles plus particulièrement les installations hydrauliques. Le rôle important que possède est de transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Lorsque l'on doit faire le choix d'une pompe pour une installation, il est nécessaire de la dimensionner en utilisant les notions de hauteur manométrique totale (HMT), puissance et rendement de la pompe.

Afin d'approfondir nos connaissances dans les applications des pompes centrifuges, nous avons effectué un stage au niveau de l'état de Skikda, et en particulier au complexe topping de la raffinerie RA2K dans l'enceinte de la zone industrielle de Skikda, pour découvrir le côté industriel des pompes centrifuges.

Le complexe contient de nombreux équipements principalement les pompes centrifuges qui présentent plusieurs pannes et dysfonctionnement nécessitant des interventions rapides pour maintenir la production en continue.

Au début, l'objectif de l'étude était sur le phénomène d'affûtage pour différent angles de sortie. Cette opération d'affûtage se fait l'élément principal de la pompe qui est l'impulseur. L'affûtage permet d'améliorer les caractéristiques de la pompe 502-P-001, mais suite à l'apparition du coronavirus, nous étions obligées de quitter l'unité, à cause des mesures de sécurité prise au niveau du complexe.

A cet effet nous avons gardé l'idée qui porte sur l'étude des paramètres utilisés pour la conception de la roue, en effectuons un calcul hydraulique pour vérifier les dimensions de l'impulseur. Sur cette base de donnée manquantes, le présent travail sera organisé comme suit

Dans le premier chapitre, on présente un bref historique et une description générale du complexe Topping de la raffinerie de Skikda (RA2K).

Ensuite, le deuxième chapitre, étude générale sur les pompes centrifuges, le troisième chapitre nous allons présenter un diagnostic des défaillances de la pompe centrifuge 502-P-001A et la méthode préventive de sa, puis le phénomène de cavitation et comment l'éviter.

Le dernier chapitre, présente les différents calculs de la pompe centrifuge 502-P-001A, à savoir, la pression nominale, le débit volumétrique et la hauteur manométrique, pour aboutir au point de fonctionnement.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale.

**Chapitre I**  
**Présentation de la raffinerie**  
**Skikda RA2K**

### I.1. Présentation générale du complexe Topping (RA2K)

China Petroleum Engineering and Construction Corporation (CPECC), en qualité de contractant EPC pour SONATRACH, est chargé de la réalisation du projet de Topping de Condensat de 5 million de tonnes par an au niveau de la zone industrielle de Skikda (Algérie).

Ce projet envisage la réalisation d'une nouvelle raffinerie pour le traitement du condensat issu des champs pétroliers algériens en vue de produire le Butane, le Naphta, le Kérosène, le Gasoil léger et le Gasoil lourd. En outre, des facilités seront installées pour le stockage, le traitement et le transfert du condensat et de ces produits.

Le complexe fonctionne selon trois (03) cas de marche définis ci-après :

**Cas A** : Production maximale de Naphta et production maximale Gasoil (cas de base).

**Cas B** : Production maximale Kérosène Jet A1.

**Cas C** : Production maximale de Naphta et production minimale de Gasoil.

Produits	Mode d'exploitation		
	Production Max de Naphta et Max de Gasoil Léger (Cas A) <sup>1</sup>	Production Max de Jet A1 (Cas B)	Production Max de Naphta et Min de Gasoil Leger (Cas C)
Butane	111.9	111.9	111.9
Naphta	4038.1	3470.1	4038.1
Jet A1	-	992.5	425.6
Gasoil Léger	724.9	299.9	299.9
Gasoil Lourd	115.2	115.2	115.2
Pertes	9.9	10.4	9.3
Total	5000	5000	5000

**Tableau I.1 : Les trois cas de marche du complexe Topping**

<sup>1</sup> Les chiffres sont donnés en 1000 Tonnes Métriques par an

## I.2. Implantation et activités du complexe Topping (RA2K)

Le complexe Topping de Condensat RA2K est situé dans l'enceinte de la zone industrielle de Skikda, à l'Est de la ville de Skikda, en dehors du tissu urbain, dans le périmètre de l'ancien aéroport.

Les principaux sites industriels localisés dans les environs sont :

- ✚ Le complexe de liquéfaction du gaz naturel (GL1K) au nord.
- ✚ Le complexe des matières plastiques (CP1K) au nord-est.
- ✚ POLYMED au nord-est.
- ✚ La raffinerie de pétrole (RA1K) à l'Est.
- ✚ Le terminal de stockage du pétrole brut et du condensat (RTE) au sud.

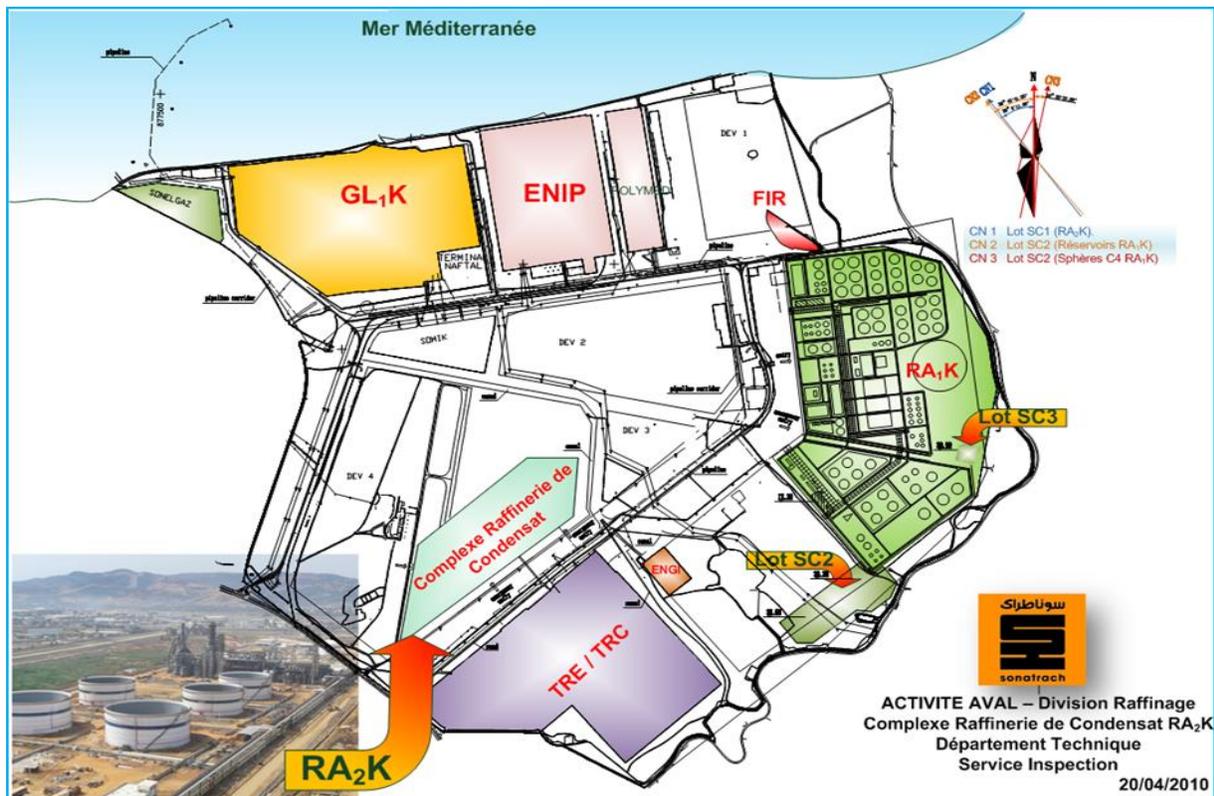


Figure I.1 : Situation du complexe Topping

Le complexe de raffinage de Skikda (baptisé RA2K) a pour mission de transformer le condensat provenant des champs pétroliers algériens en vue de produire du Naphta, Gasoil léger, Gasoil lourd, Kérosène et Butane.

### **I.3. Historique du complexe Topping (RA2K)**

Sonatrach avait projeté de réaliser l'usine de Topping condensat en partenariat et avait lancé deux appels d'offre, le premier pour la recherche d'un partenaire et le second pour la réalisation de l'usine. Sur les deux sociétés qui avaient soumis des offres techniques, à savoir CNPC (Chine) et ITOCHU (Japon), seule la compagnie chinoise s'était présente pour l'offre commerciale de l'appel d'offre « recherche d'un partenaire ». Pour le second appel d'offre concernant la réalisation, plusieurs sociétés s'étaient manifestées. Finalement deux compagnies ont été sélectionnées à l'issue de cette phase : CNPC et SAIPEM.

China National Petroleum Corporation (CNPC) a décroché le contrat pour la réalisation de la raffinerie de Topping de condensat de Skikda pour un montant d'environ 390 millions de dollars. CNPC a devancé SAIPEM (France) qui a proposé environ 460 millions de dollars. Le projet est divisé en deux lots : une usine d'une capacité de 5 millions de tonnes par an de condensat et des installations pour augmenter les capacités de stockage des produits raffinés.

Le butane qui sera produit sera écoulé dans la région Est du pays. Les gasoils léger et lourd seront soit exportés, soit utilisés pour améliorer la qualité du gasoil produit actuellement. Le naphta et le kérosène seront exportés.

Cette nouvelle raffinerie a pour objectif de mettre à la disposition de Sonatrach un outil de flexibilité pour assurer une meilleure valorisation du condensat et améliorer la qualité des distillats de la raffinerie de Skikda.

Avec cette raffinerie l'Algérie va diminuer ses importations en essence et gasoil, puisqu'en 2009 la facture de la consommation nationale en essence et en diesel a été particulièrement salée pour Sonatrach. En effet, la société nationale a importé pour 1,4 milliard de dollars de produits raffinés que NAFTAL a distribué durant l'année écoulée.

Constructeur : China National Petroleum Corporation (CNPC)

**C'est le 10 Mai 2005**, à la suite d'un appel d'offre CNPC a décroché le contrat pour la réalisation de la raffinerie de Topping de condensat de Skikda pour un montant d'environ 390 millions de dollars.

- **Le 01 Décembre 2005:** Entrée en vigueur du contrat.

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| - Le <b>20 Mai 2009:</b>      | Admission du GN et démarrage des fours.  |
| - Le <b>02 juin 2009:</b>     | Admission de la charge condensat de RTE. |
| - Le <b>25 juillet 2009:</b>  | Démarrage des unités Process.            |
| - Le <b>06 Novembre 2009:</b> | Tests de Performance.                    |
| - Le <b>14 Janvier 2010:</b>  | Réception Provisoire.                    |

#### **I.4. Organisation structurale du complexe Topping (RA2K)**

L'organisation du complexe Topping est représentée dans l'organigramme suivant :

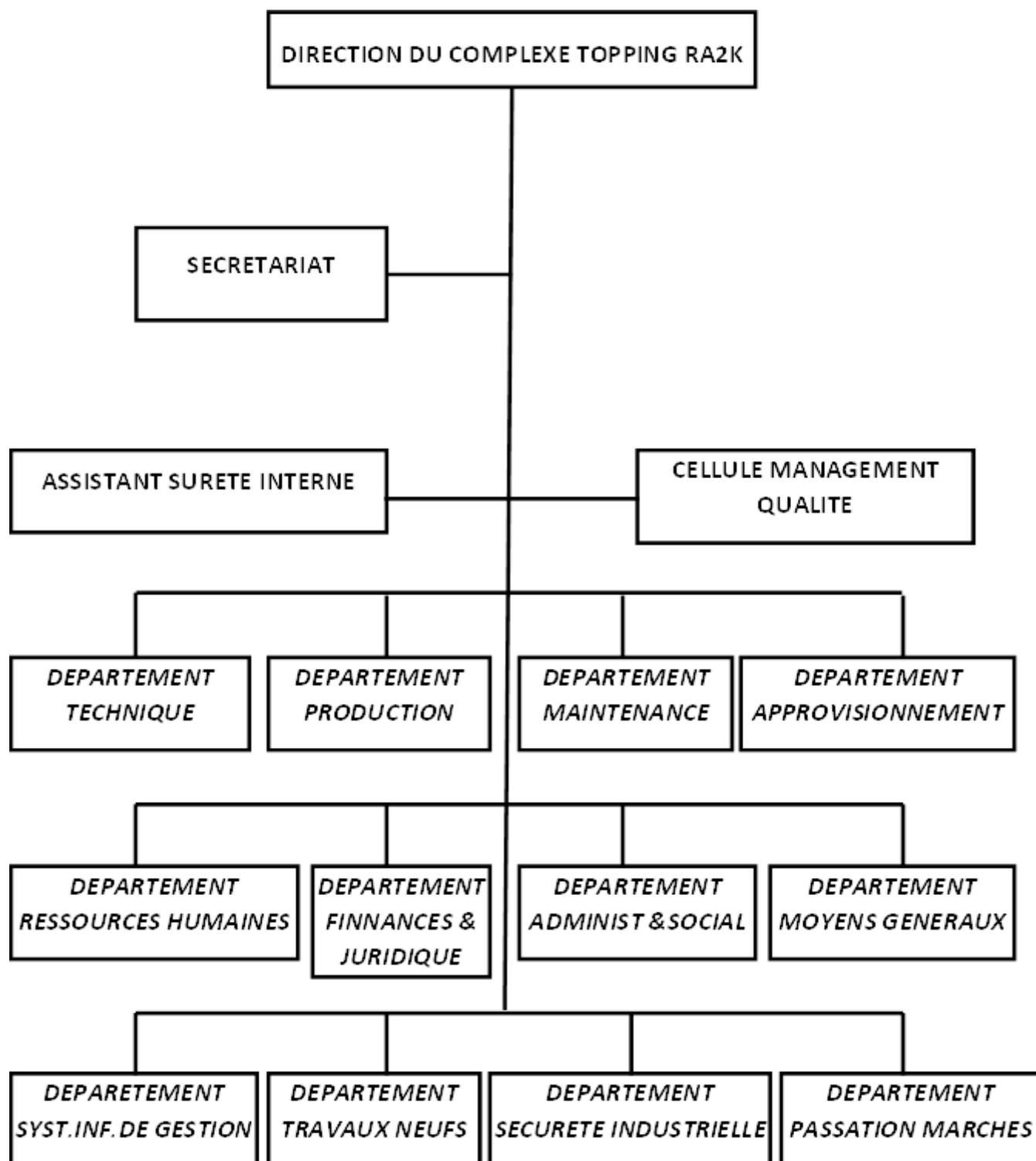


Figure I.2 : Organisation structurale du complexe Topping

### I.5. Description de différentes unités

Le complexe est constitué principalement de :

- Une Unité de distillation atmosphérique de Condensât.
- Une Unité de stabilisation de Naphta.
- Une Unité de séchage de Butane.
- Une Unité de purification et de traitement de Kérosène.
- Des installations de stockage de Condensât.
- Des installations de stockages intermédiaires et de transfert des Produits Finis.
- Des installations de production et de distribution des Utilités.

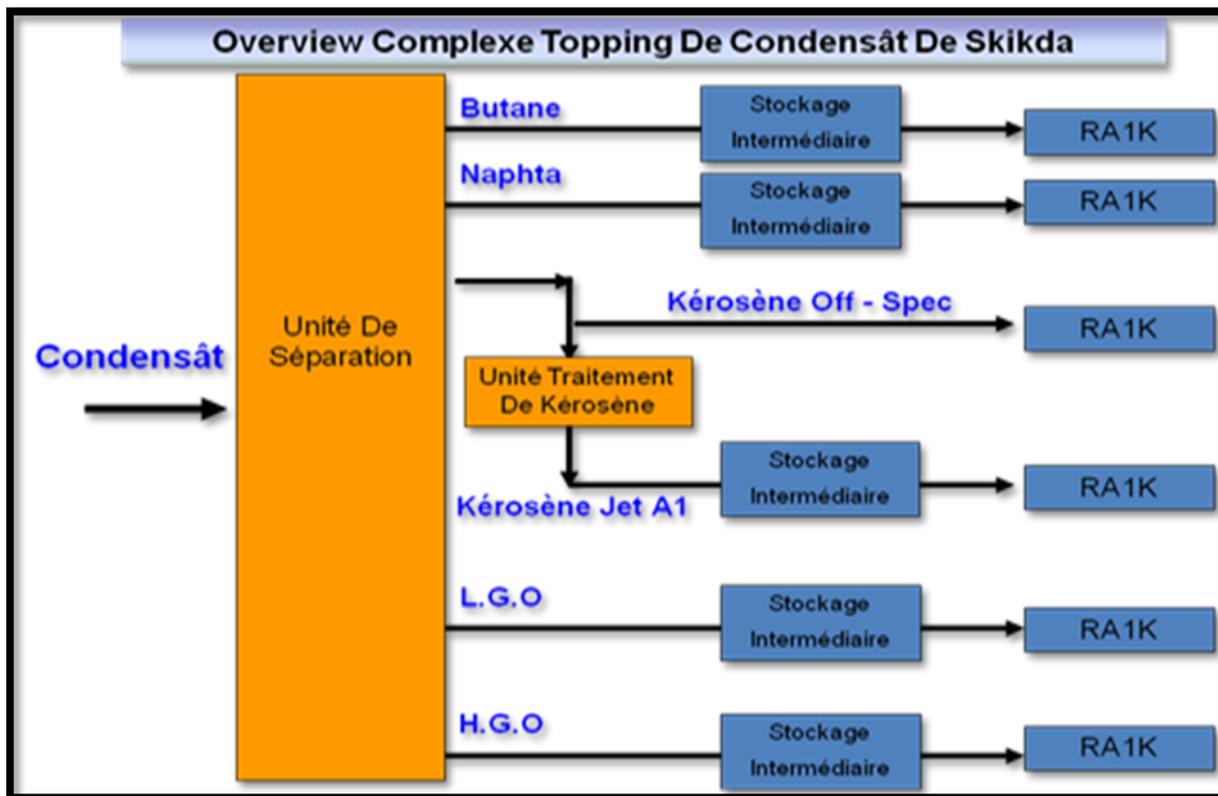


Figure I.3 : Schéma synoptique du complexe Topping

### I.5.1. Unité de Distillation atmosphérique du condensat (Unité 100)

L'unité est conçue pour une capacité de traitement de cinq million de tonnes par an de condensat de différente provenance pendant une période continue de 330 jours par an.

Les principales installations qui constituent cette unité sont :

- Colonne de préfractionnement 100-T-101
- Colonne de distillation atmosphérique: 100-T-103
- Colonne de distillation sous vide: 100-T-401
- Colonne de stabilisation des essences: 100-T-201
- Fours: 100-F-101, 100-F-102, 100-F-103,
- Echangeurs: 100-E-101 à 100-E-108 (au nombre 20)
- Système d'injection pour traitement chimique : amine, agent inhibiteur, eau

Cette unité fonctionne comme suit :

**Étape 1 : Préchauffage du produit brut ou de charge (condensat)**

La transmission de chaleur se fait par échangeurs. Le condensat à basse température 30°C est préchauffé par 8 niveaux d'échangeurs de chaleur. Le procédé d'échange thermique peut être effectué sous forme de deux voies en parallèle pour permettre le traitement de charge à 50% ou 100%

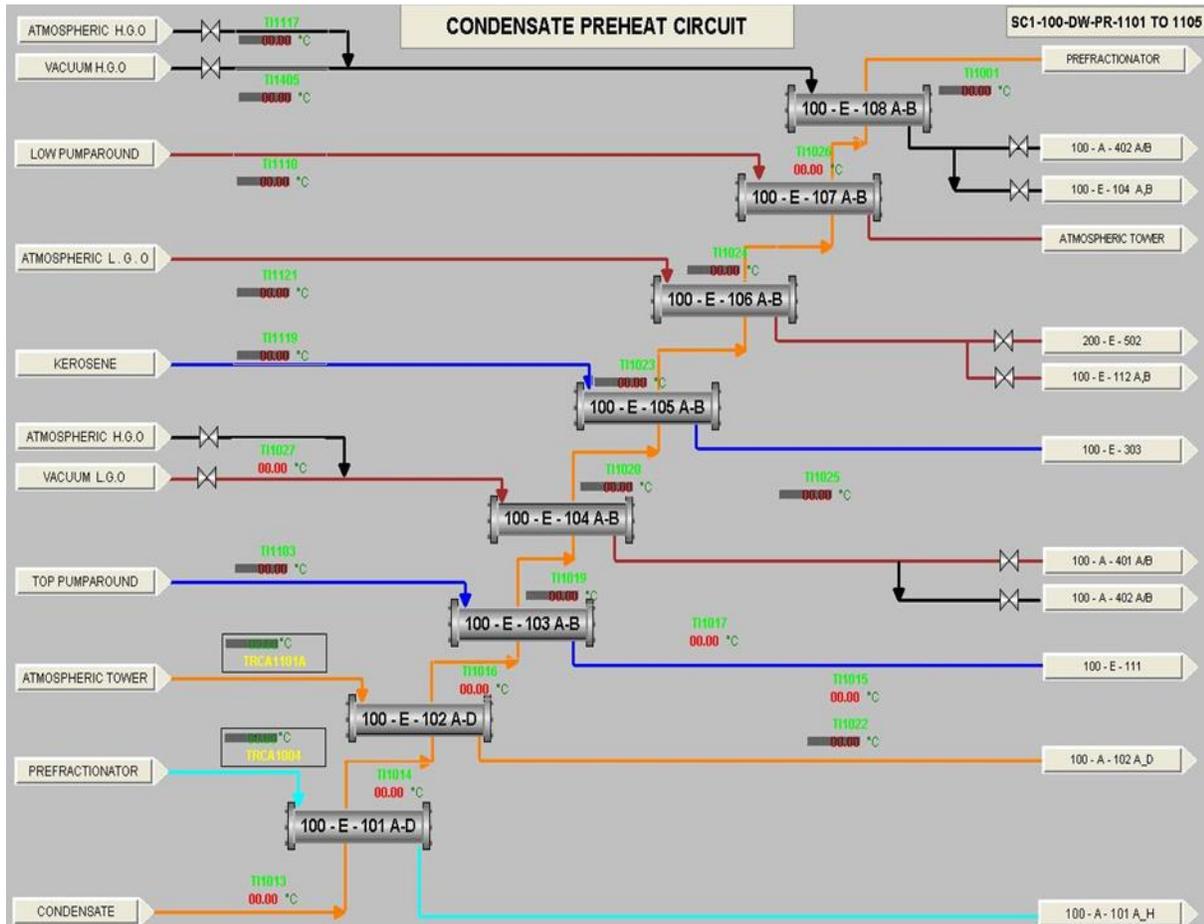
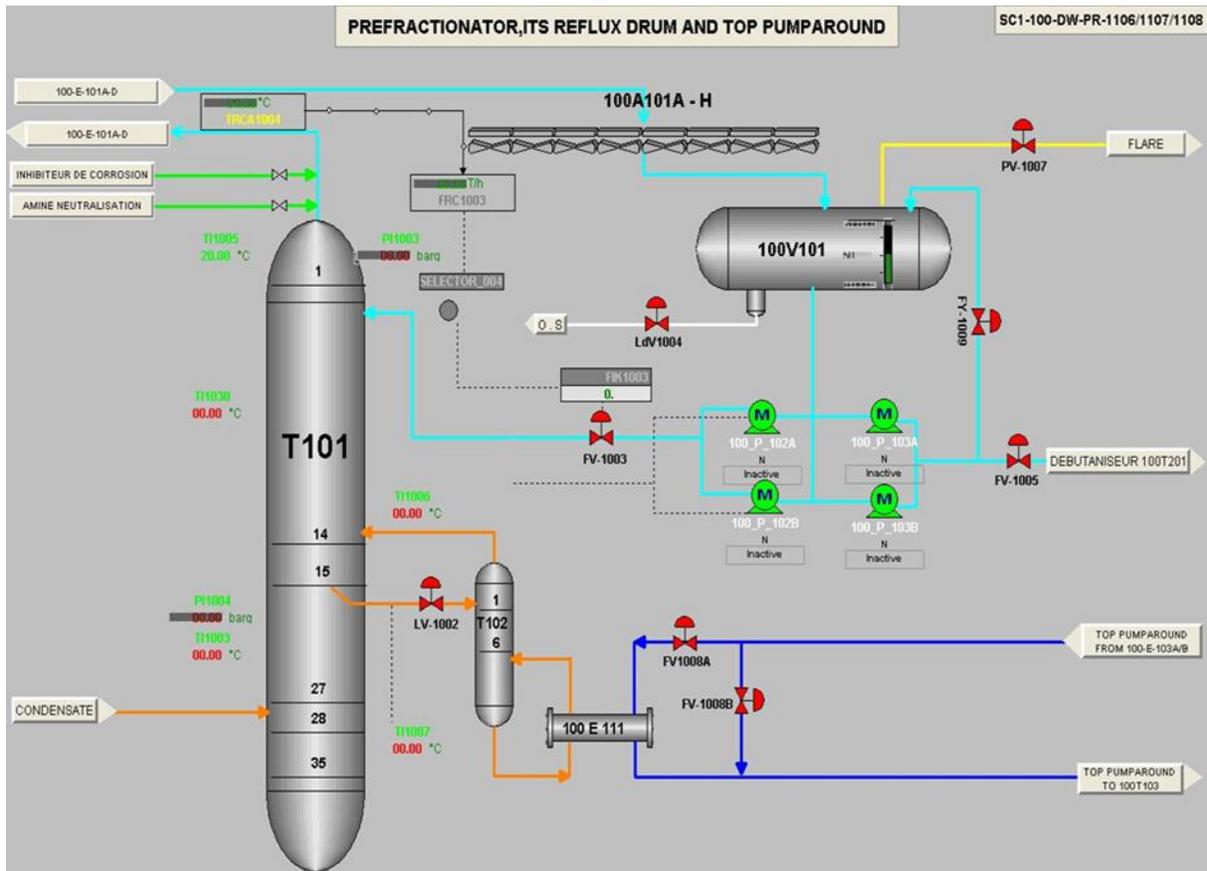


Figure I.4 :Trains de préchauffage de brut (condensat)

**Etape 2 - Préfractionnement**

La colonne 100-T-101 a pour rôle de préfractionner le Condensat en trois coupes:

- Coupe de tête (Gaz + Naphta)
- Coupe de Naphta stable ou pure
- Coupe de fond



La colonne est conçue avec un ensemble de 35 plateaux de contactage liquide vapeur. La colonne reçoit le Condensat partiellement vaporisé au plateau 28.

Figure I.5 : Section de préfractionnement

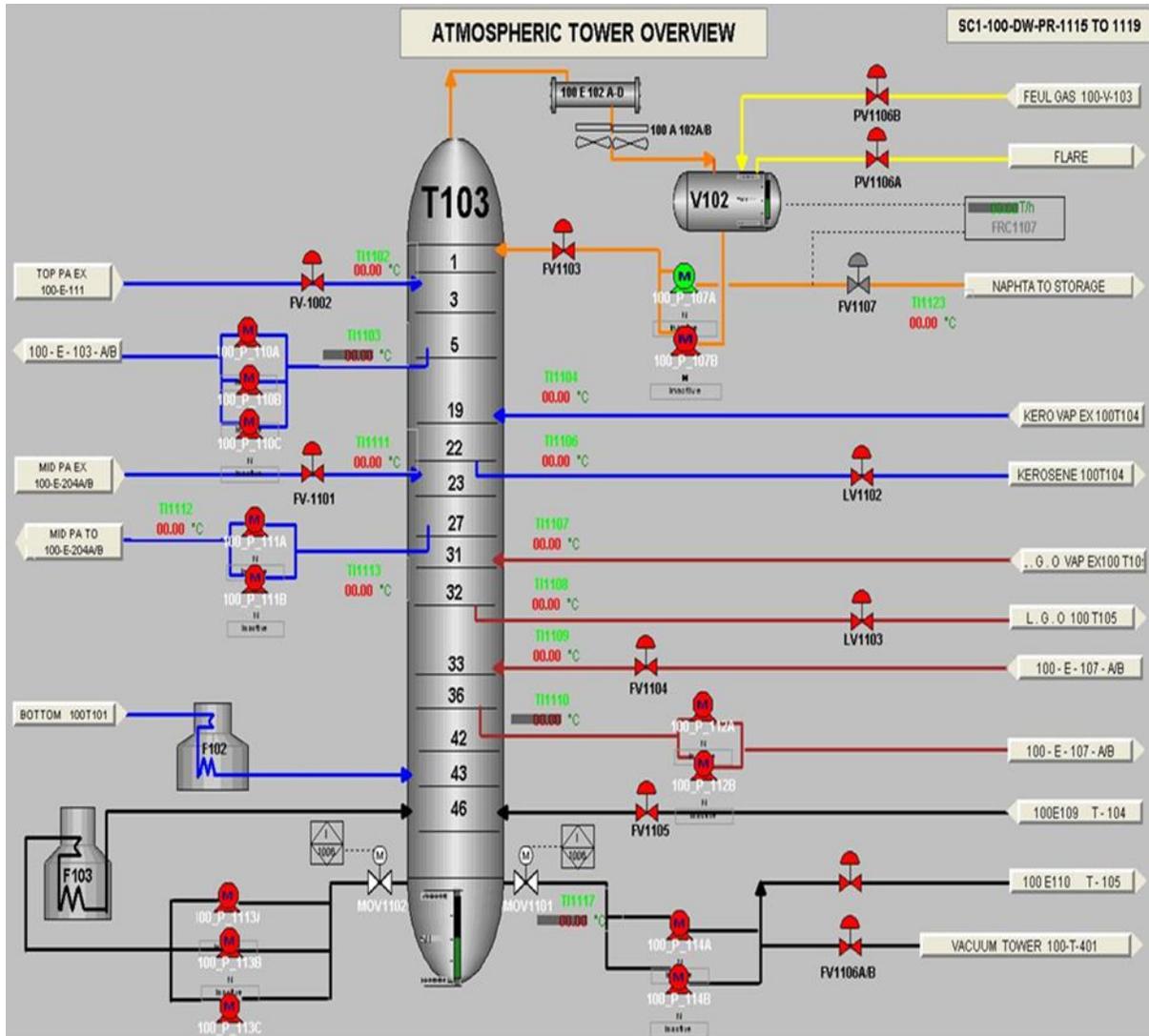
**Etape 3 – Distillation atmosphérique**

La colonne 100-T-103 a pour rôle de préfractionner la coupe de fond de colonne 100-T-101 en quatre coupes:

Coupe de tête Naphta

Coupe de Kérosène

Coupe de Gasoil léger



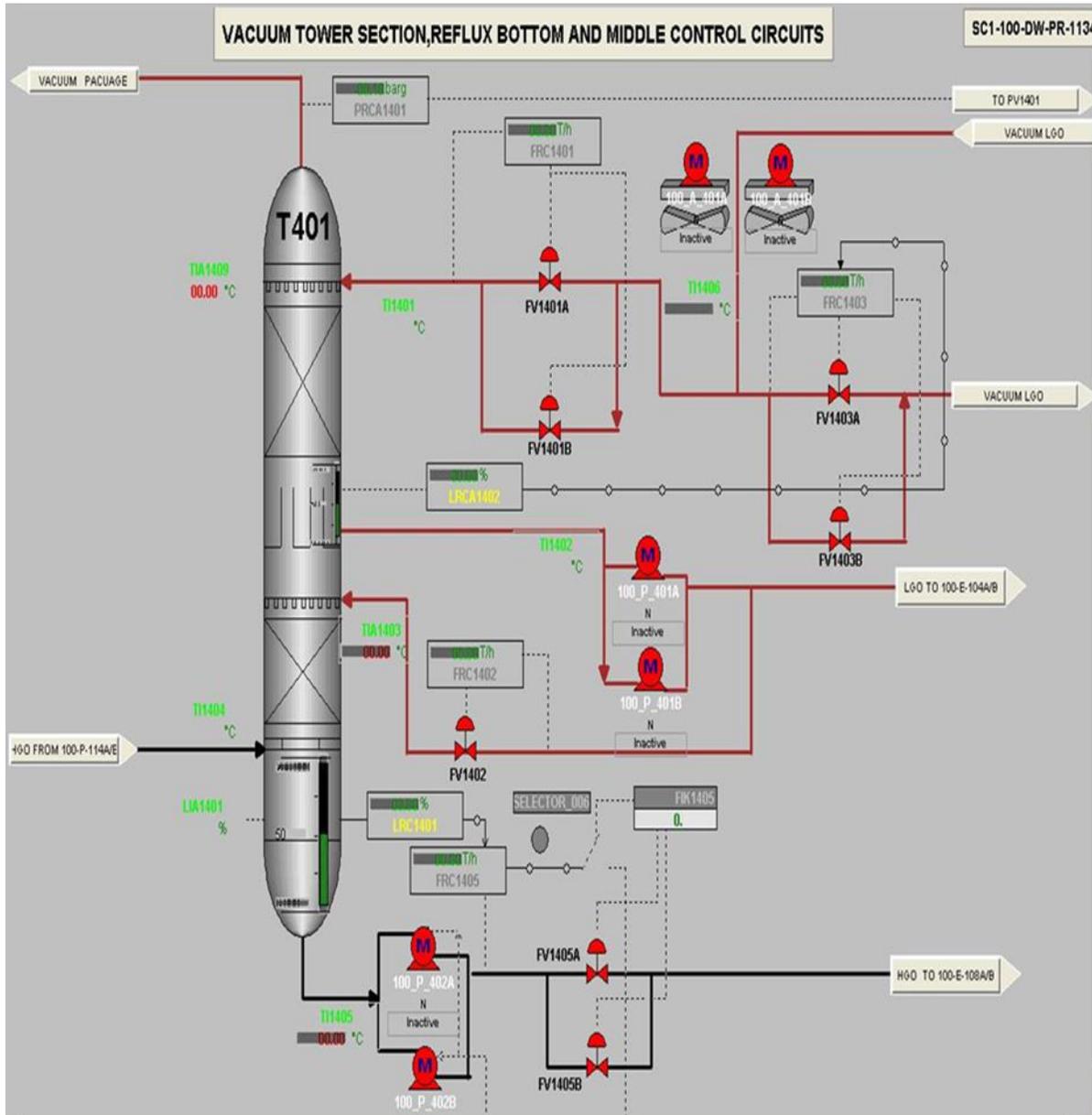
Coupe de fond

La colonne est conçue avec ensemble de 48 plateaux de contactage liquide vapeur. Elle a deux soutirages latéraux et trois reflux circulants, La colonne reçoit la charge au plateau 41.

**Figure I.6 : Section atmosphérique**

**Etape 4 – Distillation sous vide**

La colonne sous vide 100-T-401 reçoit le fond de colonne 100-T-103. Elle a pour rôle de récupérer le compassant de Gasoil léger non fractionné pendant la distillation atmosphérique.



Le fractionnement est effectué au moyen de 2 zones de garnissages assurant le contactage liquide-vapeur et séparé en deux coupes :

- Coupe de Gasoil léger
- Coupe de fond – Gasoil lourd

Le sous vide dans la colonne est créé par un package sous vide (100-PKG-401).

Figure I.7 : Système sous vide

**Etape 5**– Stabilisation des essences

Cette étape est assurée par la colonne 100-T-201 (Débutaniseur ou Colonne de stabilisation) qui produit deux coupes :

- En tête, la coupe Gaz de Pétrole Liquéfiés
- En fond, la coupe essence dite “stabilisée”

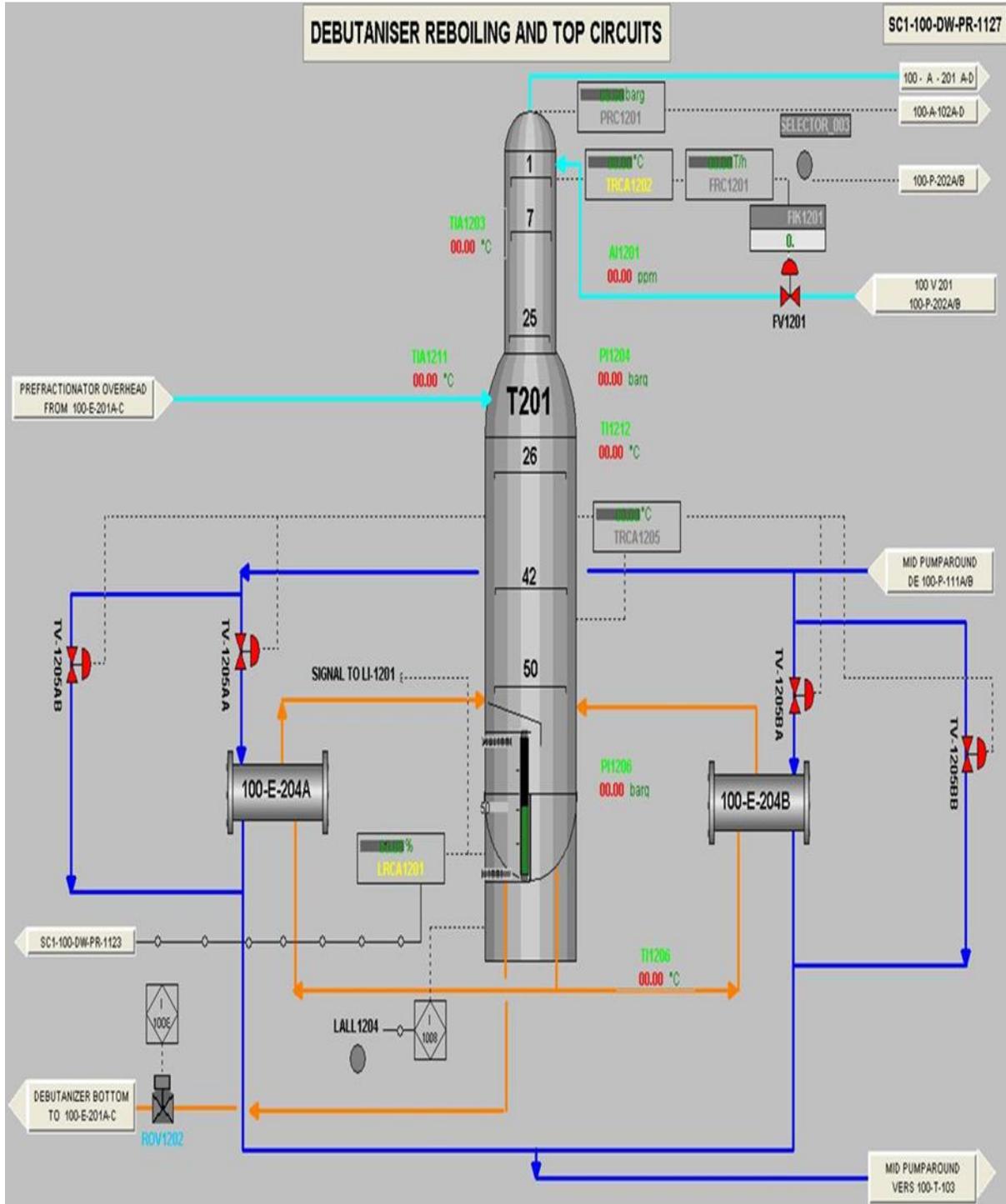


Figure I.8 : Section de stabilisation des essences

**Etape 6 - Dépropaniseur**

La coupe gaz en tête de la colonne 100-T-201 est ensuite fractionnée dans le dépropaniseur. Cette étape permet d'obtenir en tête une coupe Propane et en fond une coupe Butane.

La coupe Butane ensuite transféré dans l'unité ou package 100-PKG-301 pour séchage, et envoyé comme produit fini vers les sphères de stockage.

La coupe Propane est récupérée comme combustible des fours.

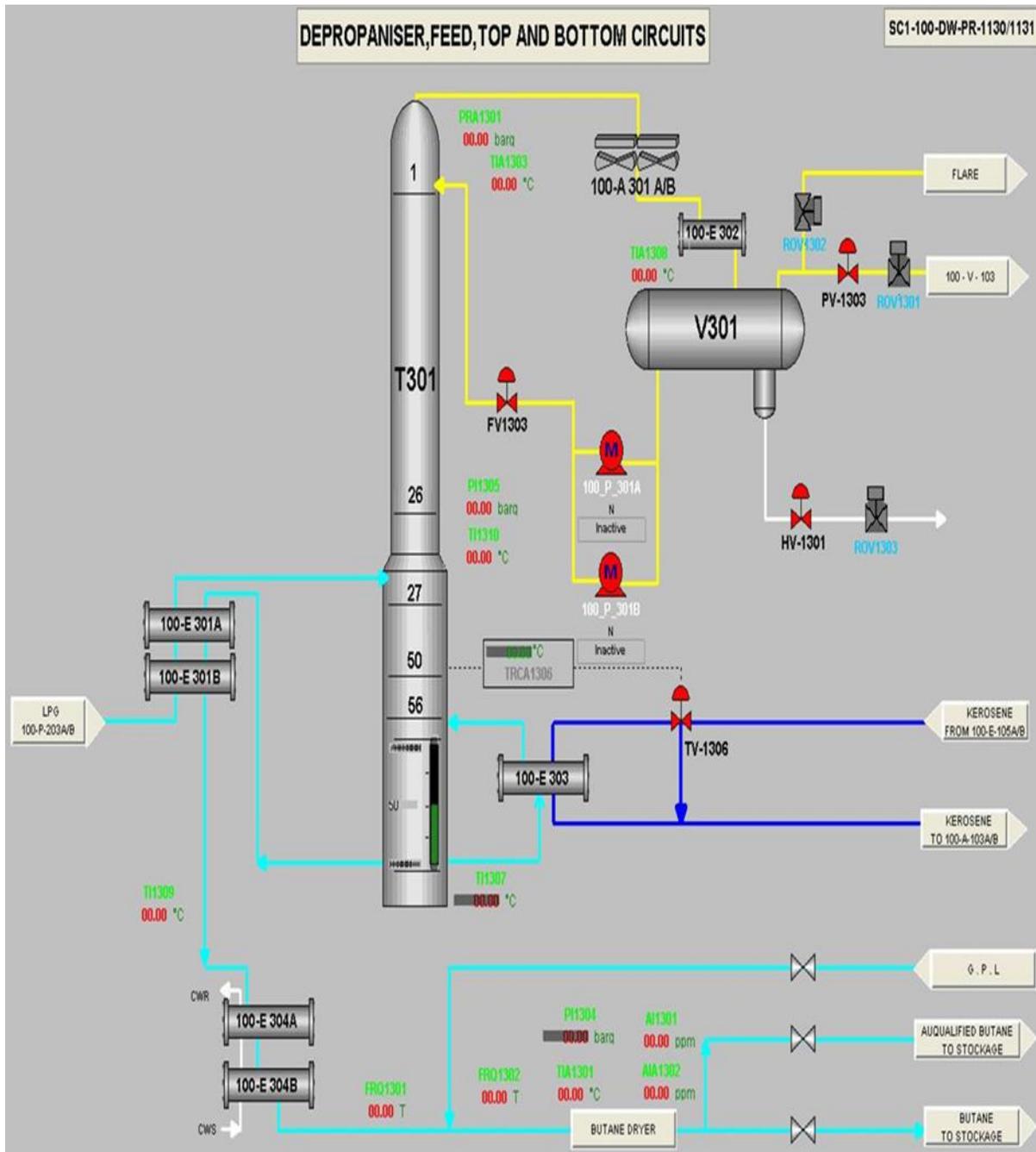


Figure I.9 : Section de dépropaniseur

**Etape 7 – Unité de séchage de Butane 100-PKG-301**

Le système de séchage de butane contient deux colonnes de séchage à tamis moléculaire, une utilisée pour le séchage et l'autre pour la régénération.

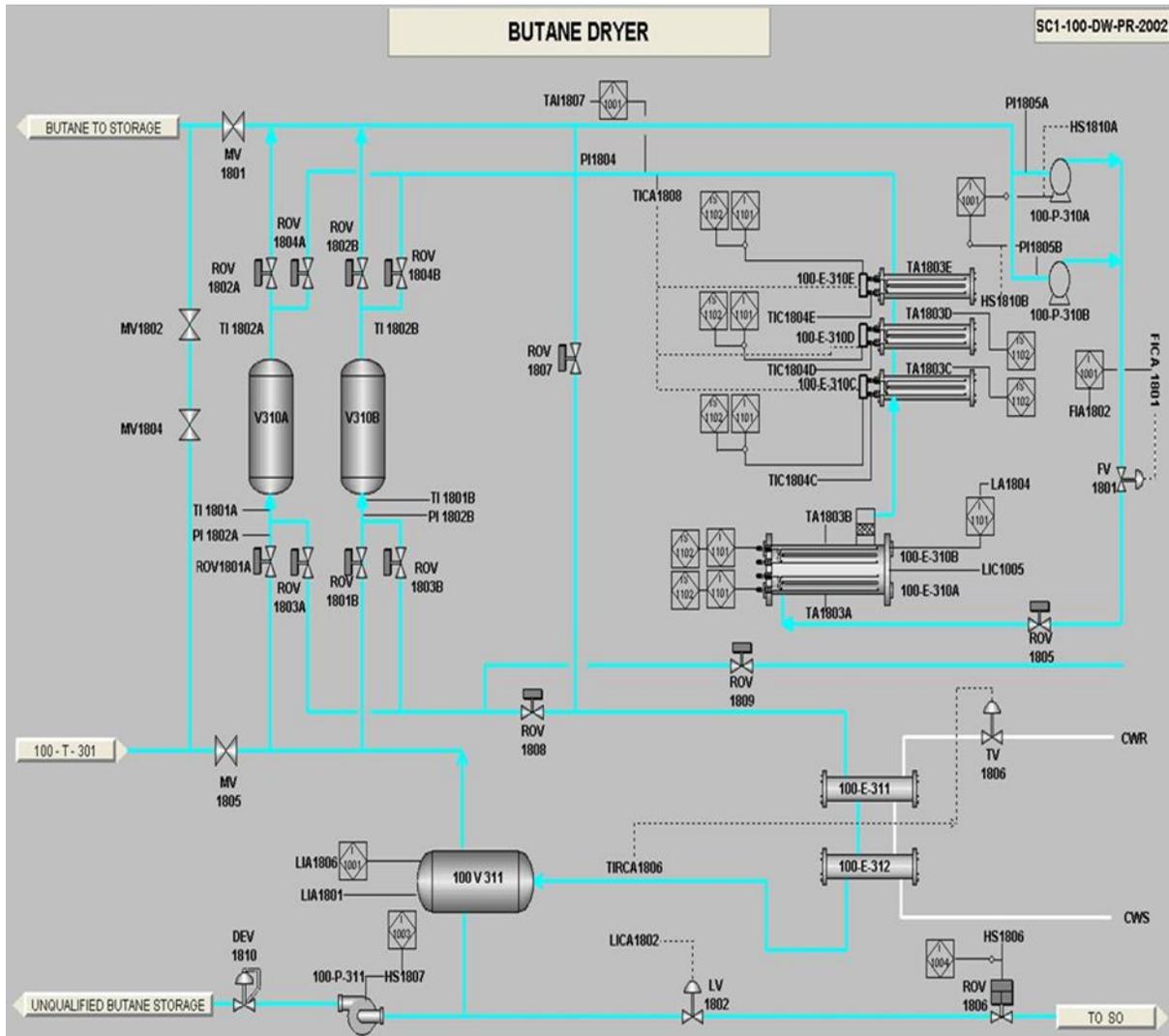


Figure I.10 : Section de séchage du butane

**Etape 8 – Système d’injection pour traitement chimique**

Le système d’injection est utilisé seulement sur la tête de la colonne de préfractionnement.

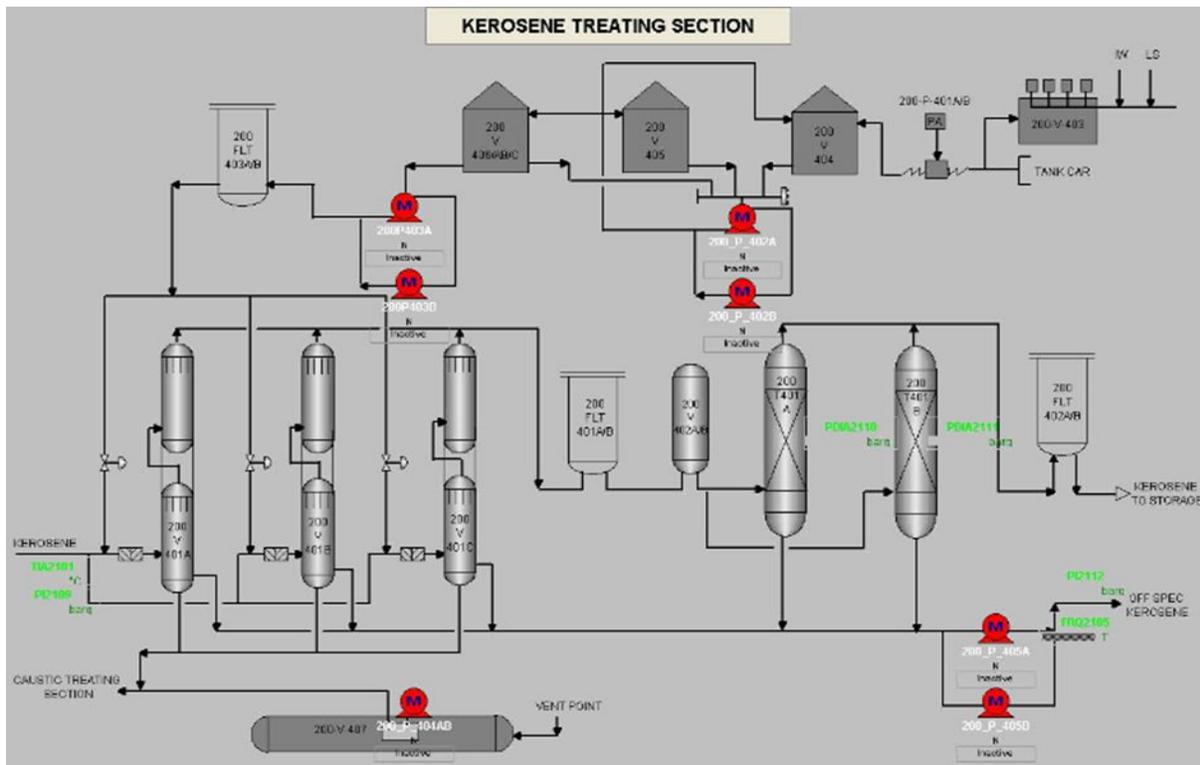
- Injection d’amine
- Injection d’inhibiteur
- Injection d’eau

**I.5.2. Unité de traitement de kérosène (Unité 200)**

Cette unité de traitement de kérosène est destinée à la purification du kérosène produit par la colonne de distillation atmosphérique T-103. Sa mise en service dépendra des caractéristiques de kérosène. Elle ne peut être démarrée qu'après la mise en service de l'unité 100 au cas où le kérosène nécessiterait des traitements.

Cette unité consiste en trois parties:

- Traitement de Kérosène



- Traitement de résidus caustique
- Préparation et stockage soude caustique / acide, ainsi le transfert

Figure I.11 : Schéma de l'unité de purification et traitement du kérosène (U200)

### Étape 1 – Traitement de Kérosène

Le but de ce traitement est pour éliminer l'acidité, l'eau et l'impureté du Kérosène. Les principaux équipements sont :

Précipitateur électrostatique

Filtres

Coalesceur

Clay Tower (colonne d'argile)

### **Étape 2 – Préparation de la soude caustique**

Cette étape est pour la dissolution et la préparation de soude caustique NaOH qui a une concentration de 3%, ensuite envoyer au niveau traitement de Kérosène.

### **Étape 3 – Traitement des résidus de sel**

Procédé de traitement :

Éliminer l'odeur par l'oxydation

Éliminer le sel caustique par l'acidification en injectant l'acide

Neutraliser effluent par l'injection de soude caustique fraîche 10%

### **Étape 4 – Produit et effluents**

Produit: kérosène, envoie au stockage.

Effluents :

- Résidus neutralisés envoie au système de traitement des eaux usées.

Gaz résiduaire de 200-V-503 évacue dans l'atmosphère à un endroit de sécurité sous le contrôle de pression.

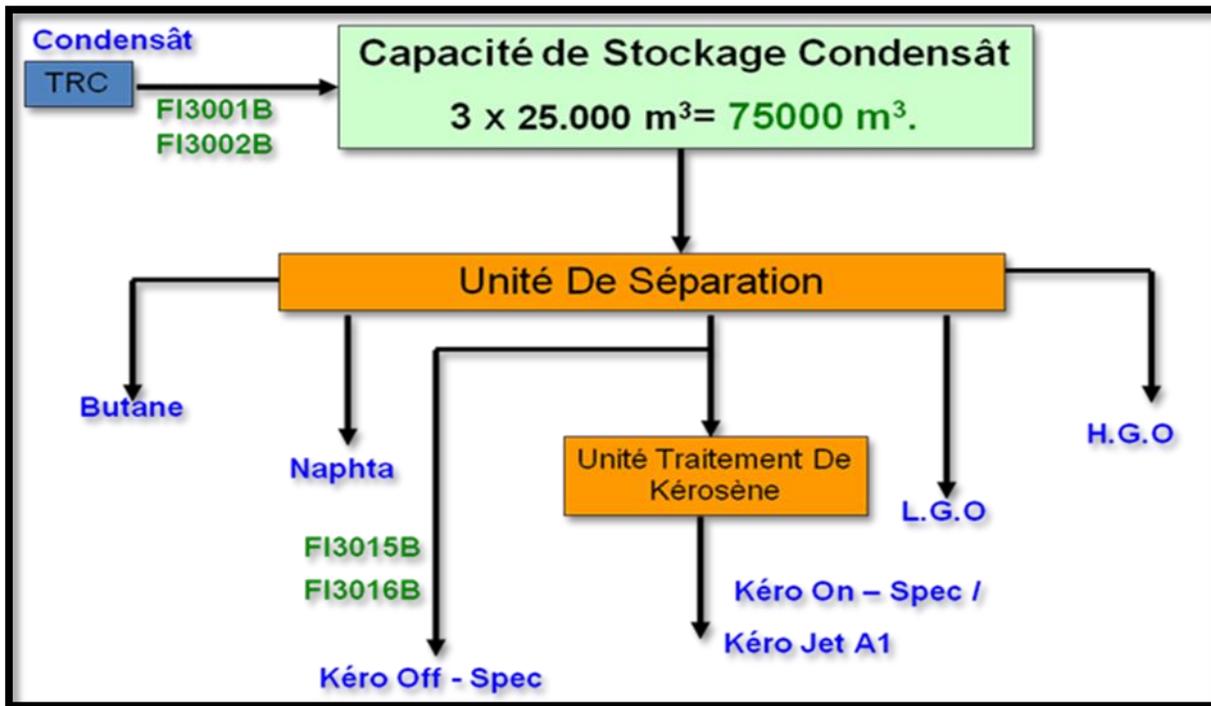
- Gaz résiduaire de 200-V-505 évacue la même façon
- Kérosène hors spécification sera récupéré par le réseau slop oil.

### **I.5.3. Unité de stockage et de transfert (Unité 300)**

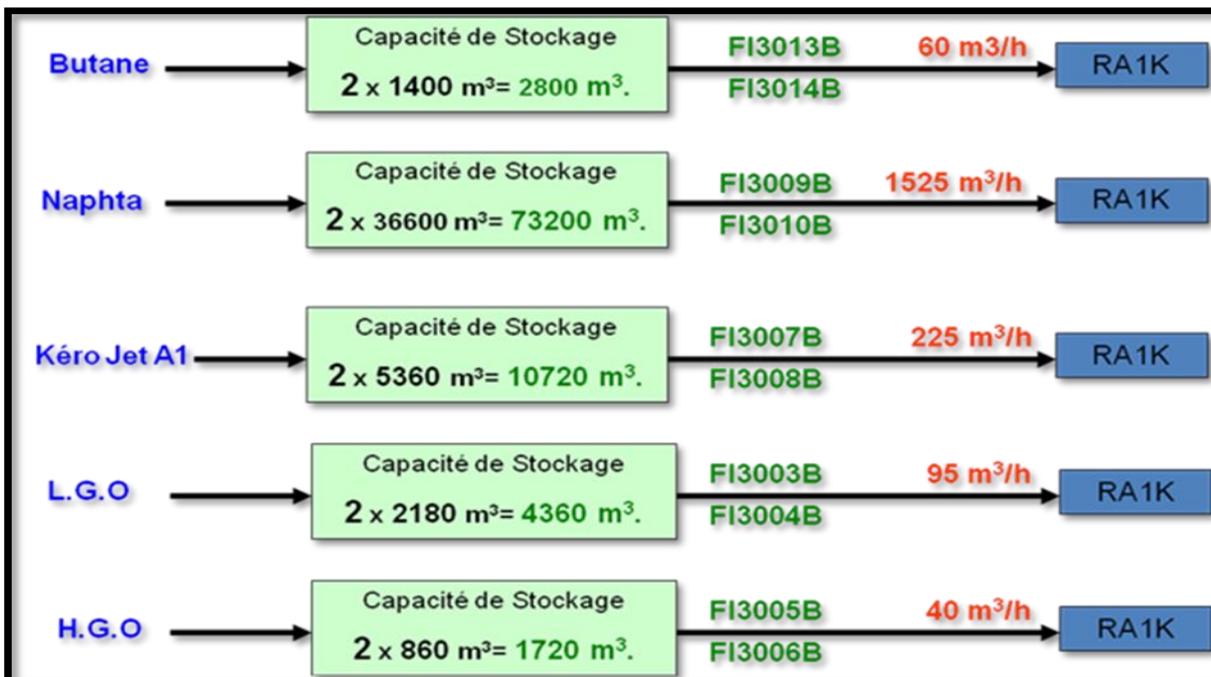
L'unité 300 est située au sein de l'usine Topping condensat. Elle assume la réception, le stockage et l'alimentation de produit de charge (Condensat) pour l'unité de production, ainsi que la réception, le stockage et le transfert de tous les produits finis.

Cette unité de stockage est composée de onze bacs et trois sphères.

Le condensat sera livré à l'usine à partir du Terminal TRC (transport par canalisation). Les trois réservoirs de capacité de 25000 m<sup>3</sup> assurent une autonomie de trois jours environ de stockage.



Les autres produits finis seront stockés dans des bacs de stockage intermédiaire correspondant à une autonomie d'exportation de quatre jours environ. Ces produits finis seront transférés vers des installations de stockage correspondantes au niveau de la Raffinerie RA1K.



**Figure I.12 : Stockage et transfert des différents produits finis**

**I.5.4. Unité de torche (Unité 400) :** L'unité a pour rôle d'éliminer sans risque toute perturbation sur les unités de traitement/stockage par des évacuations d'urgence. Le système de torche sans fumées par injection de vapeur est équipé d'un collecteur de torche, de ballon de séparation, de garde hydraulique et d'une colonne montante de torche d'une hauteur d'environ 120 mètres.

La capacité de la torche est de 528, 8 t/h.

Les sources de ce système sont des dégazages :

- du réseau gaz naturel avec une ligne de 8".
- des sphères de stockage de butane avec une ligne de 10".
- des unités de production avec une ligne collectrice de 40".

**I.5.5. Unité utilités (Unité 500)**

L'unité 500 comporte les annexes de l'usine :

- 501 : unité de traitement des eaux usées
- 502 : unité d'alimentation en eau de refroidissement
- 503 : unité d'alimentation et de drainage d'eau potable
- 504 : unité du réseau anti-incendie
- 505 : unité d'alimentation d'air comprimé

**A. Traitement des eaux usées (unité 501)**

L'installation du traitement des eaux usées est un système de protection de l'environnement auxiliaire de l'usine Topping de Condensat.

La capacité de traitement des eaux usées est de 60m<sup>3</sup>/h.

La provenance des eaux usées sont :

- unité 100
- unité 200
- zone de stockage (unité 300)
- eaux usées de la maintenance et du personnel

**B. Système de l'eau de refroidissement (unité 502)**

C. Ce système a pour rôle d'assurer le traitement et le conditionnement des eaux de refroidissement pour des unités de production.

Il est en circuit semi-ouvert. Le refroidissement est assuré par l'évaporation et la convection au contact de l'air.

Les paramètres du circuit d'eau :

- température d'eau froide (aller) : 35 °C
- pression d'aller : 0,5 MPa
- température de l'eau chaude (retour): 42 °C
- pression de retour : 0,2 MPa
- débit de la filtration dérivée : 50 m<sup>3</sup>/h

#### **D. Réseaux d'alimentation et de drainage d'eau (unité 503)**

L'eau industrielle de l'usine est livrée à partir du réseau de distribution d'eau de la zone industrielle de Skikda pour :

- l'appoint du système du réseau de lutte contre l'incendie
- la maintenance et l'exploitation
- les besoins de consommation domestique du personnel

Un système de traitement d'eau potable équipe l'usine. Il a une capacité de traitement de 7,5 m<sup>3</sup>/h.

#### **C. Systèmes de lutte contre l'incendie (unité 504)**

L'usine est équipée des moyens mobiles et fixes de lutte contre l'incendie ainsi que des systèmes de détection des fuites, de feu, de fumée et de gaz.

Des moyens fixes comprennent notamment:

- Un réseau maillé d'eau d'incendie composé de:
  - Réservoir d'eau anti-incendie (504-TK-101)
    - Pompes électriques (504-P-101A/ B)
    - Pompes diesel (504-P-101C/D)
    - Pompes Jockey (maintien de pression du réseau (504-P-102A/B)
    - Bouches d'incendie.

- Systèmes d'arrosage des bacs de stockage des systèmes de mousse.

# **Chapitre II**

## **Généralités sur les pompes centrifuges**

## II.1. Introduction

Les pompes sont des éléments essentiels dans la vie et le confort des êtres humains. Les pompes déplacent les fluides qu'ils soient chauds ou froids, propres ou sales. Elles effectuent cette opération de manière extrêmement efficace et préservent l'environnement.

Il y a deux grandes familles de pompes : les pompes volumétriques et les pompes centrifuges. Dans ce chapitre nous allons présenter les caractéristiques et le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge.

## II.2. Historique des pompes

L'idée même de la pompe centrifuge est difficile à dater. On a pu créditer Denis Papin d'en avoir fabriqué une des premières au XVII<sup>e</sup> siècle<sup>1</sup>, mais des machines similaires bien plus anciennes ont été décrites. En 1735, M. Le Demour invente une pompe basée sur ce principe pour être utilisée dans les jardins du roi.

Cependant ces inventions demeurent sans lendemain, et il faut attendre la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle pour voir apparaître ce type de machine autrement que par des prototypes.

La seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle voit le démarrage de l'utilisation des pompes centrifuges (Angleterre - Allemagne). Plusieurs modèles sont présentés à la grande exposition universelle de Londres en 1851. Cependant l'utilisation des pompes alternatives restera la règle dans l'industrie du XIX<sup>e</sup> siècle.

L'essor de la machine centrifuge accompagne celui de l'utilisation des moteurs électriques auxquels elle est particulièrement adaptée, puisqu'elle ne requiert aucune pièce intermédiaire de transformation du mouvement : La pompe centrifuge est un enfant du XX<sup>e</sup> siècle.

Dès 1902, la maison Sulzer Frères avait donné, à la suite d'un appel d'offres, une solution pratique dans l'installation d'accumulation de Ruppoldingen en Suisse, qui forme un établissement complémentaire des usines électriques situées au fil de l'Aar, dans le Canton d'Argovie<sup>2</sup>. La pompe rejetait de l'eau la nuit dans un bassin situé 325 mètres en amont, pour produire 850 kW supplémentaire le jour<sup>3</sup>. La même technique est utilisée dans l'usine suisse de Porrenluy en 1910<sup>4</sup>.

La société d'Auguste Râteau, fondée en 1903, met en œuvre au Barrage de la Girotte une pompe qui vient compléter celle de Sulzer Frères installée en 1921 ou 1922. Cette pompe centrifuge remonte l'eau descendant du premier barrage de la Girotte en l'acheminant via une conduite forcée vers une roue à aube alimentée par l'usine électrique en aval du barrage. Classiquement la rotation aspire axialement l'eau dans la pompe et l'accélère radialement pour la refouler 500 mètres plus haut dans la retenue.

En 1925, l'installation de pompage-turbinage de Belleville, juste sous le lac, la première en France, permet d'afficher une puissance de 20 MW en période de pointe, en remontant dans le lac, 520 mètres plus haut, 450 litres par seconde<sup>5</sup> [2].

### II.3. Définition d'une pompe centrifuge

Pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide par la conversion de l'énergie cinétique de rotation à l'énergie hydrodynamique de l'écoulement de fluide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée impulseur (souvent nommée improprement turbine). C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement [3].



**Figure II.1 :** Pompe centrifuge

Les pompes centrifuges peuvent être classées en deux sortes : [4]

- Les pompes monocellulaires : donc une seule cellule (une roue à aube + diffuseur)

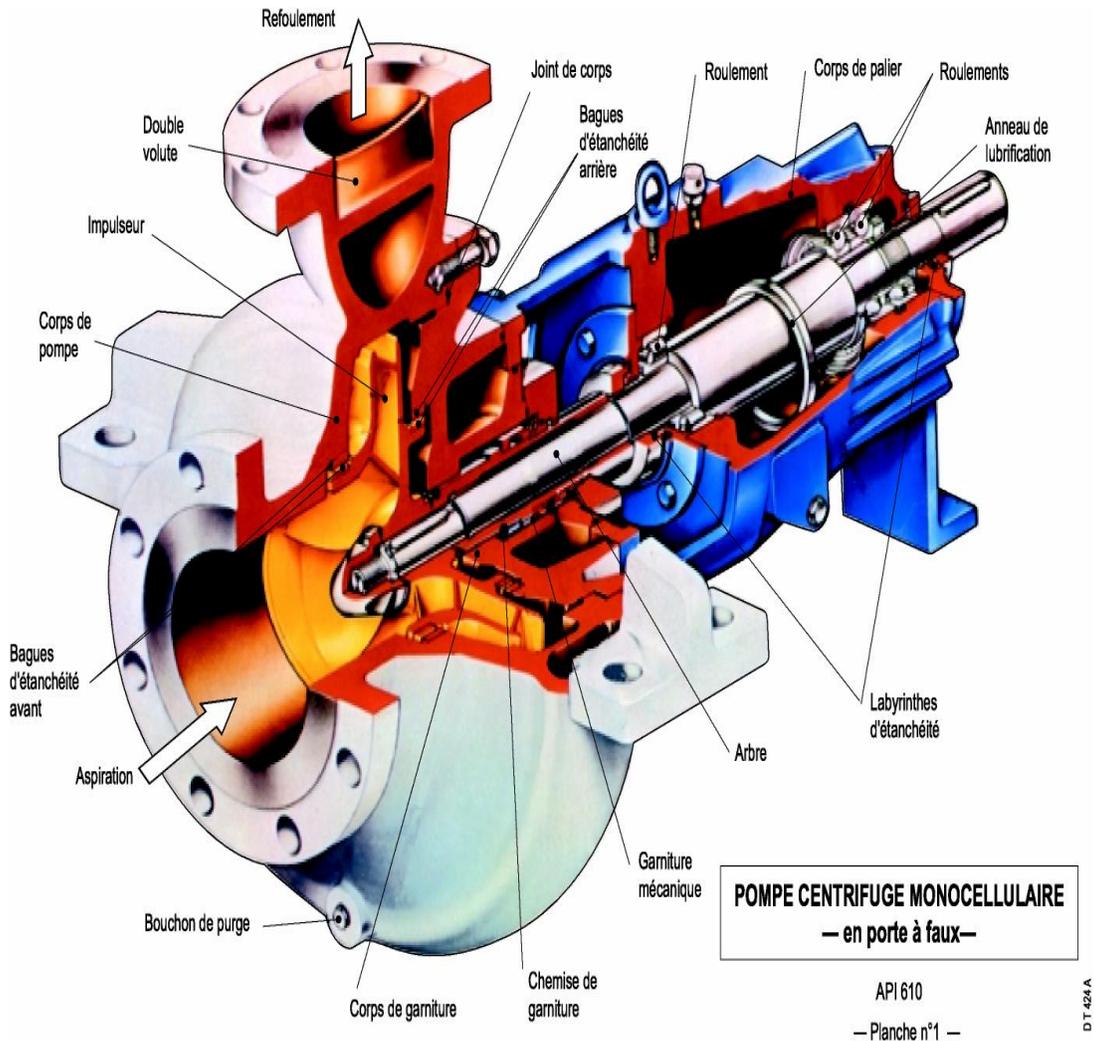
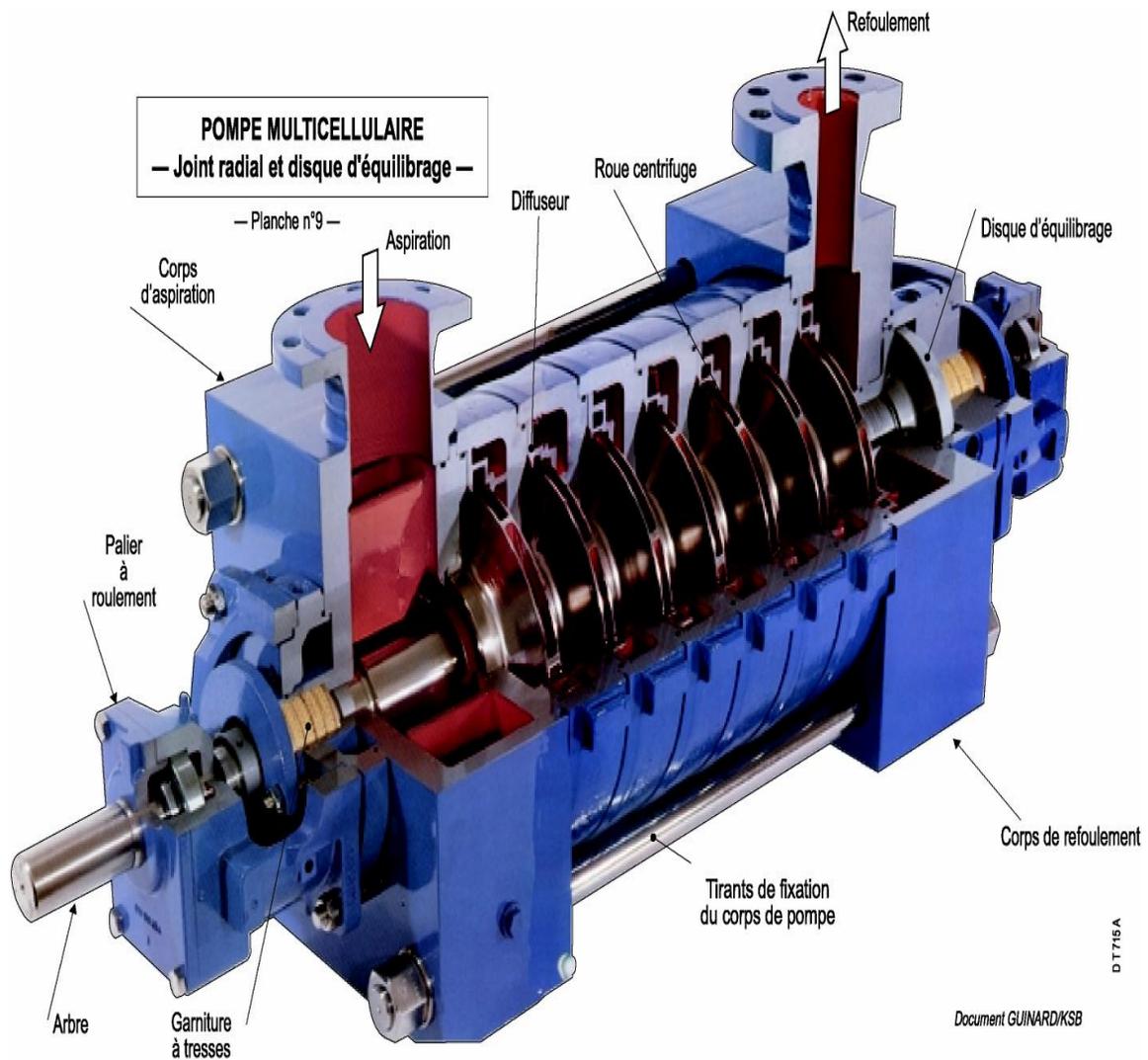


Figure II.2 : pompes monocellulaires

–**Les pompes multicellulaires** : Le collecteur de la première cellule conduit l'eau dans la roue de la seconde et ainsi de suite. Lorsque l'eau arrive dans la seconde roue, elle arrive avec la pression revue de la première, elle reprend en conservant cette pression une nouvelle vitesse, de nouveau transformée en pression au contact des diffuseurs et ainsi de suite [4].



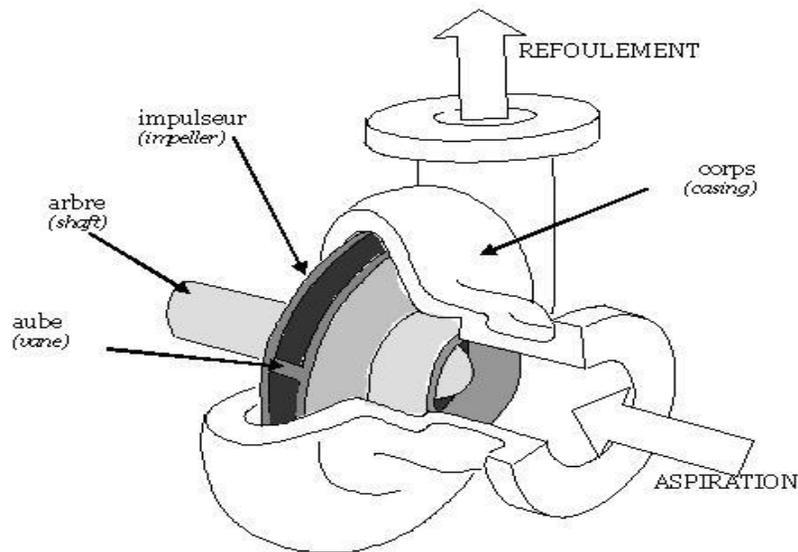
**Figure II.3 :** pompe multicellulaire

## II.4. Constitution d'une pompe centrifuge

### II.4.1. Les composants hydrauliques

Une pompe centrifuge est composée d'un rotor (roue à aubes) qui tourne à l'intérieur d'une partie fixe appelée volute ou bache spirale. Le principe de base de fonctionnement d'une pompe centrifuge résulte de la mise en rotation du fluide en lui communiquant de l'énergie sous forme de pression en se servant de la force centrifuge créée par la roue de la pompe. Chaque organe de la pompe a un rôle bien défini :

- **Roue à aubes** : Tourne autour de son axe à grande vitesse. L'eau qui pénètre axialement par l'ouïe est rejetée vers la périphérie de la roue par la force centrifuge. L'éjection de l'eau crée une légère dépression à l'ouïe qui permet à l'eau de l'extérieur d'entrer dans la pompe (aspiration).
- **Volute** : La volute a pour rôle de :
  - Canalise l'eau vers la sortie de la pompe.
  - Réduit les turbulences.
  - Réduit la vitesse de l'eau, ce phénomène se produit par augmentation de la section de la veine liquide.
- **Le diffuseur** : Quand il existe, il a un rôle complémentaire à la volute :
  - Réduire les turbulences.
  - Transformer en pression une partie de la grande vitesse de fluide acquise lors de son passage à travers la roue. [5]



**FigureII.4** : Constitution d'une pompe centrifuge

#### II.4.2. Les composants mécaniques : Ils comprennent les éléments suivants : [6]

- **L'arbre** a pour fonction de porter l'impulseur, d'assurer son centrage dynamique et de transmettre la puissance.

- **Palier a roulement** à un rôle double :
  - D'une part, assurer le centrage de l'arbre (fonction palier radial).
  - D'autre part, équilibrer les efforts axiaux qui s'exercent sur l'équipage mobile (fonction butée). Le graissage est réalisé *à la graisse* ou *à l'huile*.
  
- **Un système d'étanchéité** vers l'extérieur a pour fonction d'empêcher une fuite externe ou, tout au moins, d'en limiter l'importance. L'étanchéité externe peut être assurée par un système de tresses avec presse-étoupe ou une par une garniture mécanique [6].

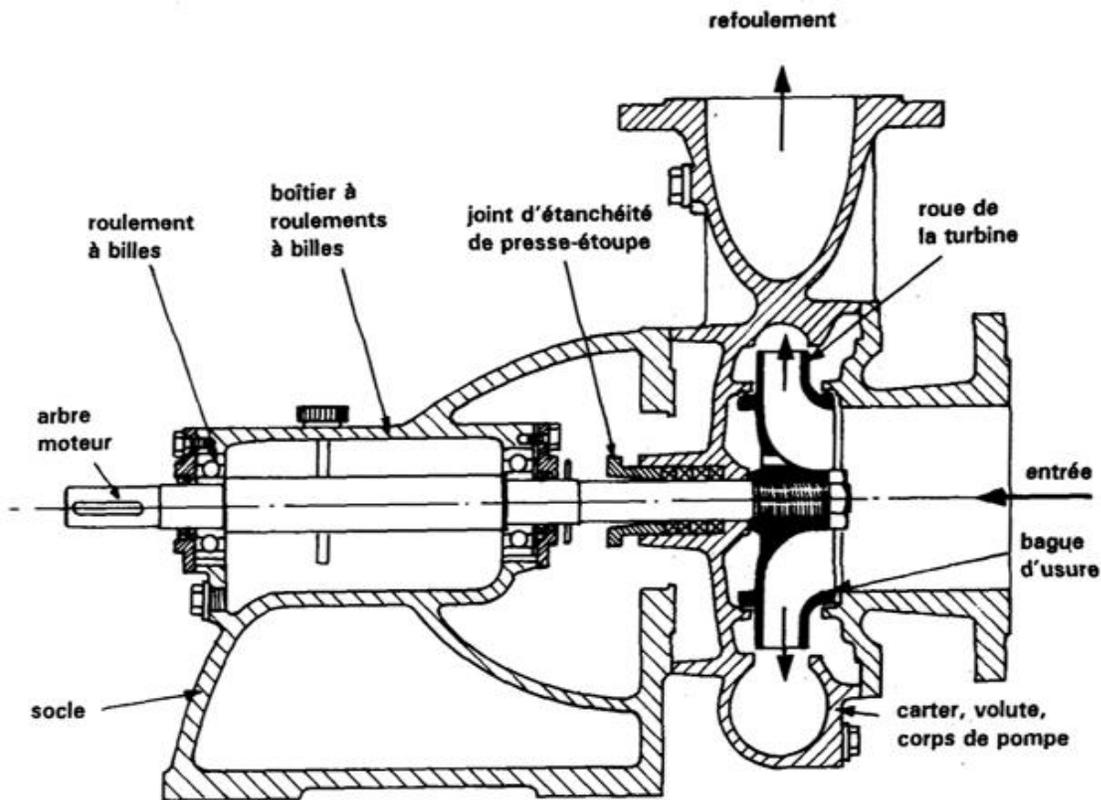


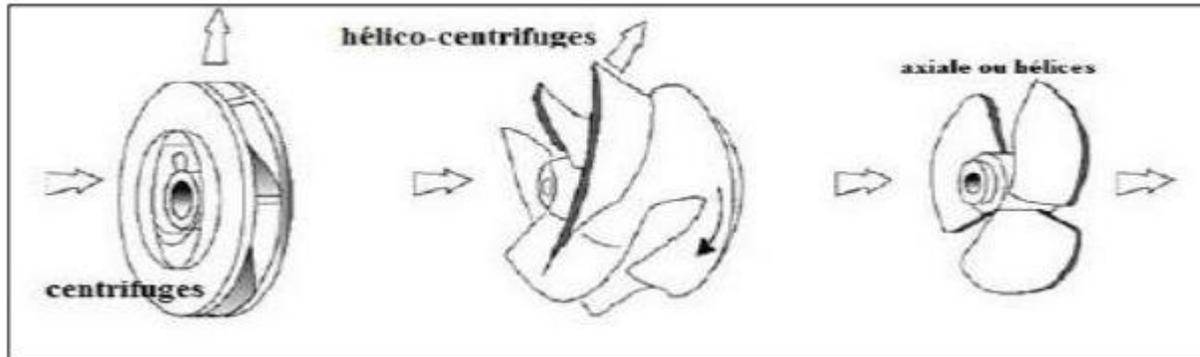
Figure II.5 : Les composants mécanique d'une pompe centrifuge

## II.5. Classification des pompes centrifuges

Dans la famille roto dynamiques, on classe les pompes : [7]

**A) : Selon la trajectoire du fluide (trajectoire de l'écoulement)**

- Les pompes centrifuges (à écoulement radial).
- Les pompes hélico-centrifuges (à écoulement diagonal).
- Les pompes axiales ou à hélices (à écoulement axiales).



**Figure II.6 :** Représentation des domaines respectifs des trois types de pompes centrifuges.

**B) : Selon le nombre d'étages**

- Monocellulaire : avec une seule roue (impulseur) sur l'arbre.
- Multicellulaire : avec plusieurs (impulseur) sur l'arbre disposé en série

**C) : Selon la disposition de l'axe de la pompe**

- Pompe vertical.
- Pompe horizontal.

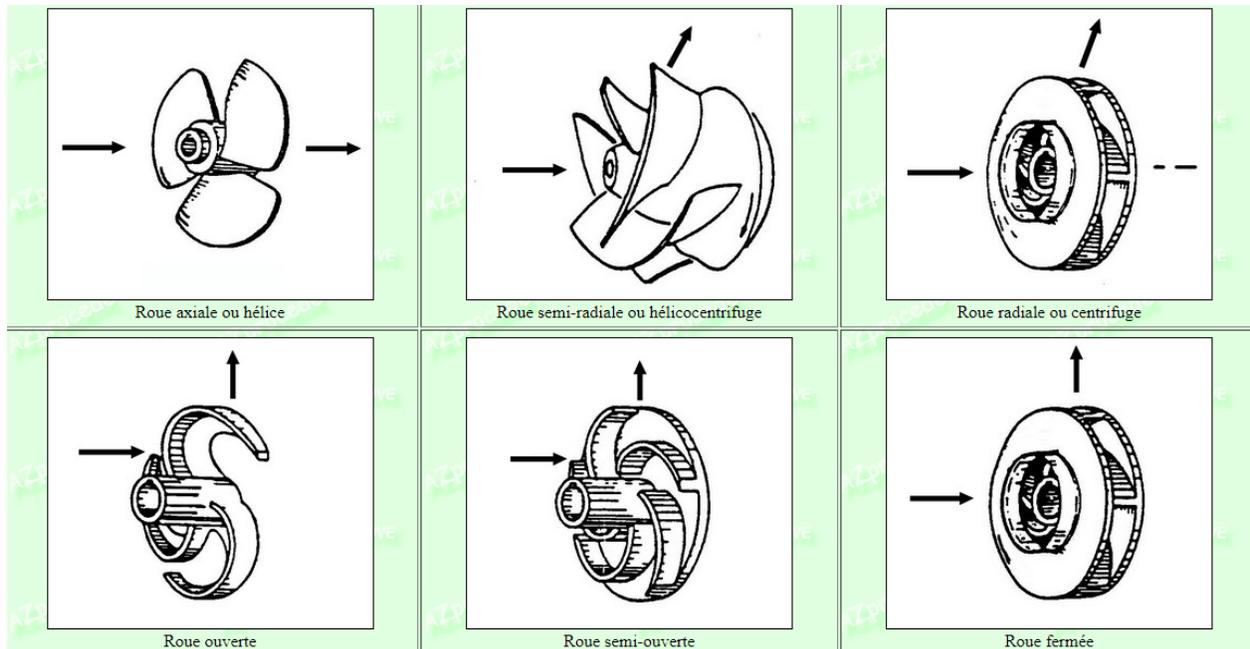


Figure II.7 : Type de roue pour les pompes centrifuges

## II.6. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

On peut décomposer le fonctionnement en trois étapes :

### ➤ Aspiration

Le liquide est aspiré au centre du rotor par une ouverture appelée distributeur dont le rôle est de conduire le fluide depuis la conduite d'aspiration jusqu'à la section d'entrée du rotor. La pompe étant amorcée c'est à dire pleine de liquide la vitesse du fluide qui entre dans la roue augmente et par conséquent la pression dans l'ouïe diminue et engendre ainsi une aspiration et maintient l'amorçage.

### ➤ Accélération

La rotation augmente la vitesse du fluide tandis que la force centrifuge qui le comprime sur la périphérie augmente sa pression. Les aubes sont le plus souvent incurvées et inclinées vers l'arrière par rapport au sens de rotation mais ce n'est pas une obligation.

### ➤ Refoulement

Dans l'élargissement en sorte qui se comporte comme un divergeant le liquide perd de la vitesse

Au profit de l'accroissement de pression : l'énergie cinétique est convertie en énergie de pression [8].

## II.7. Triangle de vitesse

### II.7.1. Cinématique de l'écoulement

L'écoulement entre les aubes de la pompe peut s'exprimer en vitesses absolues dans un repère lié aux parties fixes de la machine ou en vitesses relatives dans un repère lié aux parties tournantes de la machine (axe impulseur) ; la relation entre ces vitesses est simplement :

$$\vec{V} = \vec{U} + \vec{W}$$

Où  $v$  est la vitesse absolue et  $u$  la vitesse d'entraînement correspondant au mouvement du repère tournant  $w$  est alors la vitesse relative par rapport aux parties tournantes sachant d'un mouvement de rotation pure. La vitesse d'entraînement est tangentielle dans le sens de rotation et vaut  $\|u\| = \omega R$  ou  $R$  est la distance de la particule considérée par rapport à l'axe de rotation et  $\omega$  la vitesse angulaire de rotation.

Ces vitesses étant dans un même plan on peut les visualiser à l'aide d'un triangle des vitesses la projection sur  $u$  fait apparaître les vitesses tangentielles ou orthoradiales ( $V_u, W_u$ ) et méridiennes (radiales) ( $\vec{V}_m = \vec{W}_m$ ).

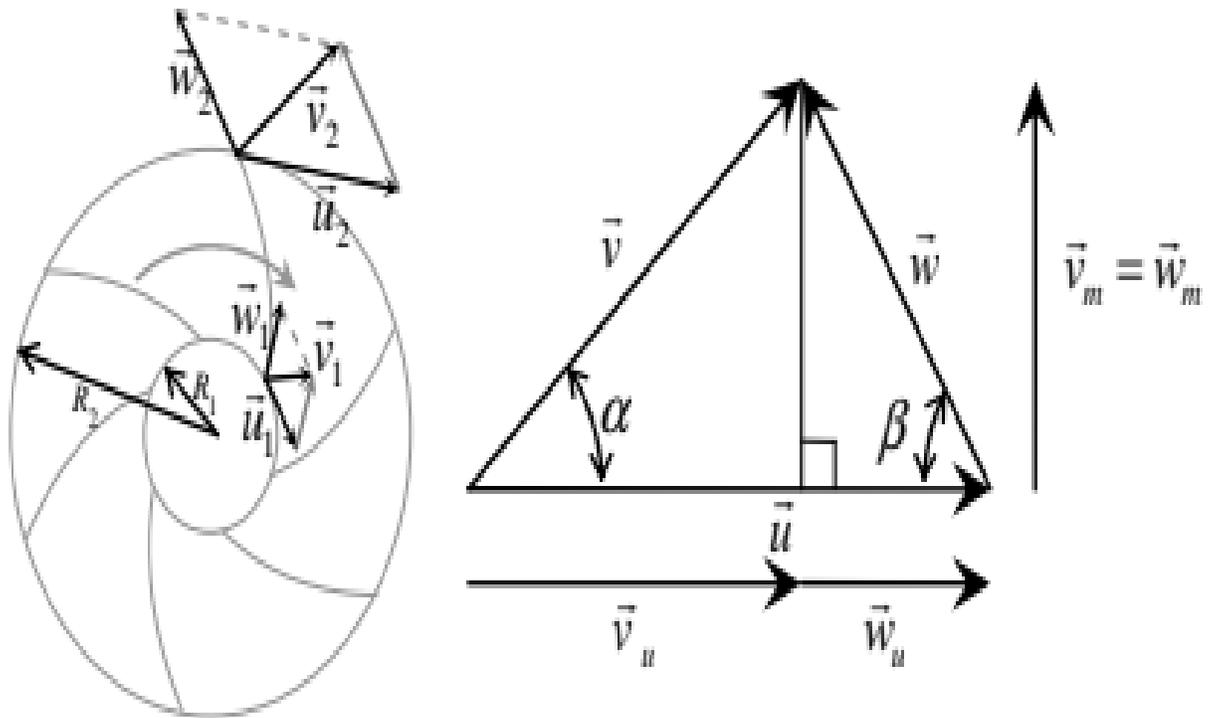


Figure II.8 : Triangle des vitesses absolues et relatives

On notera que  $\alpha$  et  $\beta$  sont respectivement les angles qui font les vitesses absolues et relatives avec la vitesse d'entraînement [8].

## II.8. Courbe caractéristique d'une pompe

### II.8.1. Courbe ( Hauteur – rendement ) - Débit

La courbe caractéristique d'une pompe est l'interaction de deux variables qui décrivent le comportement :

Hauteur manométrique : l'énergie par unité de masse que la pompe peut fournir au fluide

Débit : la quantité de fluide qui traverse une section dans un certain laps de temps [9].

La hauteur manométrique développée par une pompe centrifuge diminue généralement en fonction du débit pompé. Cette courbe se présente sous la forme montrée à la figure II.9

Le rendement  $\eta$  d'une pompe se calcule comme le rapport entre la puissance hydraulique fournie et la puissance absorbée par la pompe :

$$\eta = (\text{puissance hydraulique fournie}) / (\text{puissance absorbée})$$

La courbe de rendement d'une pompe se présente généralement telle que montrée sur la même figure II.9 [10].

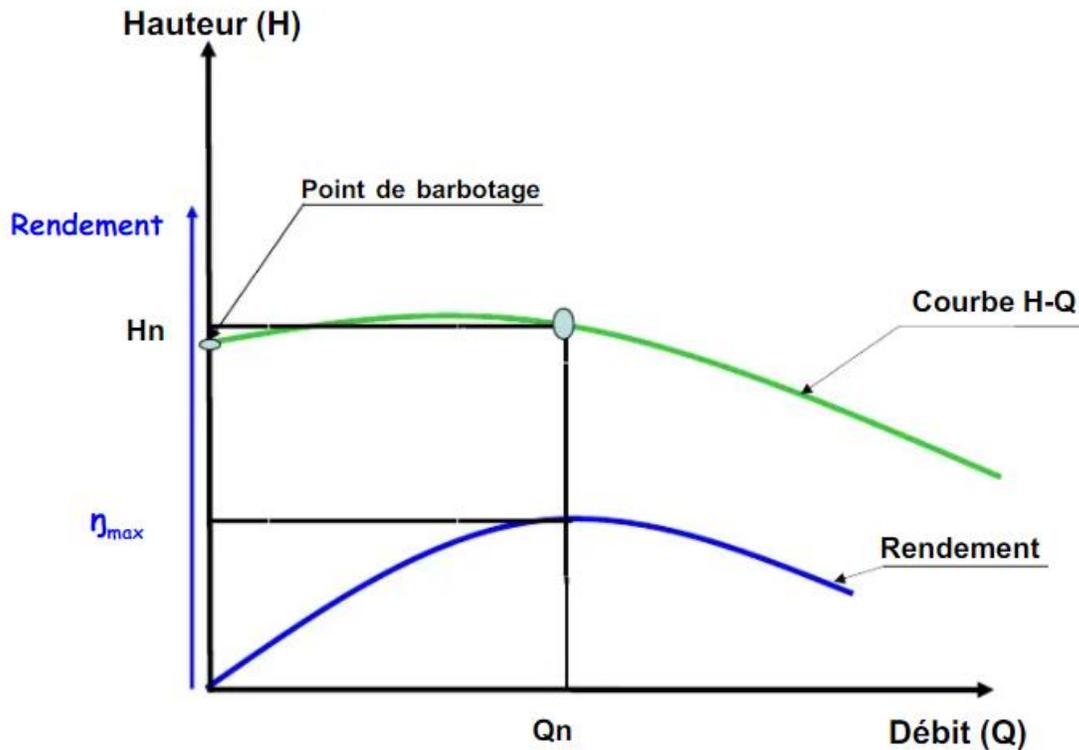


Figure II.9 : Courbe caractéristique Hauteur – Débit [11].

- Les pompes à haute pression ou à fort débit peuvent fournir des rendements aussi importants que 90%. Les pompes à basse pression ou à faible débit peuvent produire un rendement aussi médiocre que 40% [10].

### II.8.2. Courbe Puissance – Débit

Elle représente la puissance électrique employée en fonction du débit

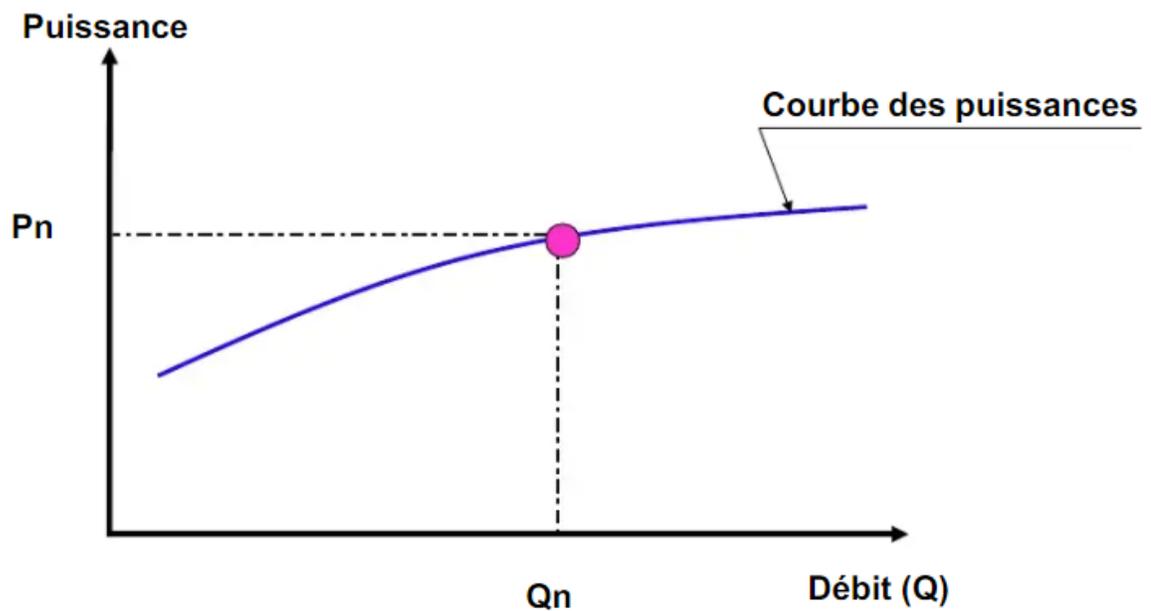


Figure II.10: Courbe caractéristique Puissance – Débit [11].

### II.8.3. Caractéristique NPSH débit

En hydraulique, **NPSH** est un sigle pour net positive suction head. En un point d'un circuit hydraulique, la valeur **NPSH** mesure la différence entre la pression absolue totale du liquide en ce point et sa pression de vapeur saturante[12].

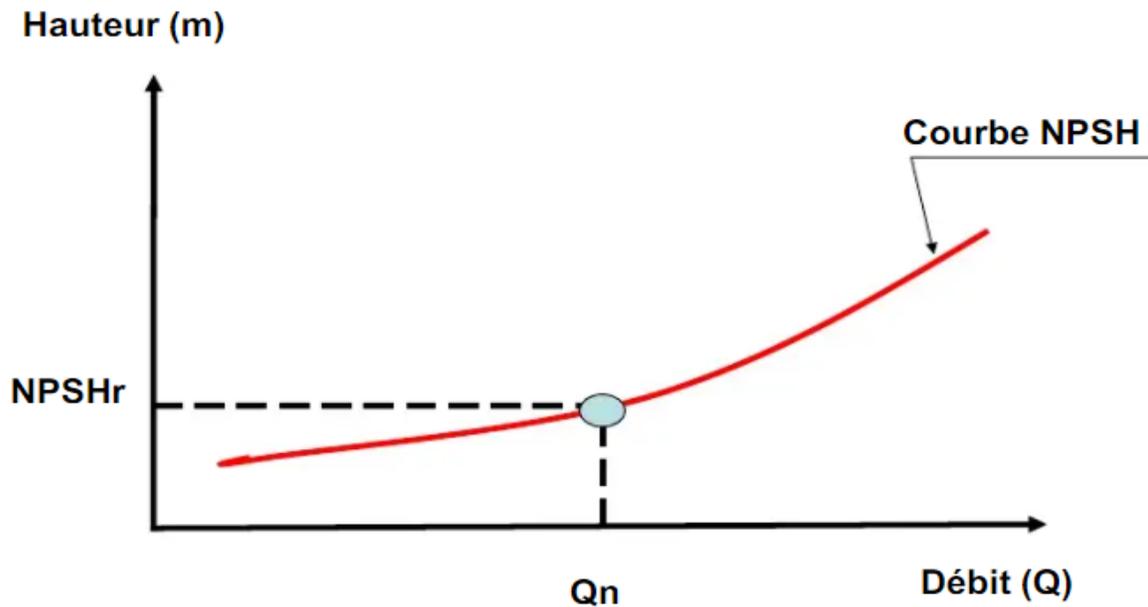


Figure II.11 : Courbe caractéristique NPSH [11].

### II.9. Point de fonctionnement d'une pompe centrifuge

La (figure II.13) indique une courbe de pompe à vitesse constante pour un diamètre d'impulseur donné, ainsi que la courbe caractéristique de notre système. Le point d'intersection de la courbe de la pompe et de la courbe du système correspond au point de fonctionnement (figure II.12). La pompe fonctionne habituellement selon une gamme de débits variables et parfois même selon une gamme de hauteurs statiques variables. Pour satisfaire toutes ces conditions, on doit faire correspondre la courbe du système avec la courbe d'une pompe à vitesse constante en utilisant une vanne de régulation (figure II.13). Les points correspondant à chaque fonctionnement particulier définissent un champ de fonctionnement sur la courbe de la pompe [13].

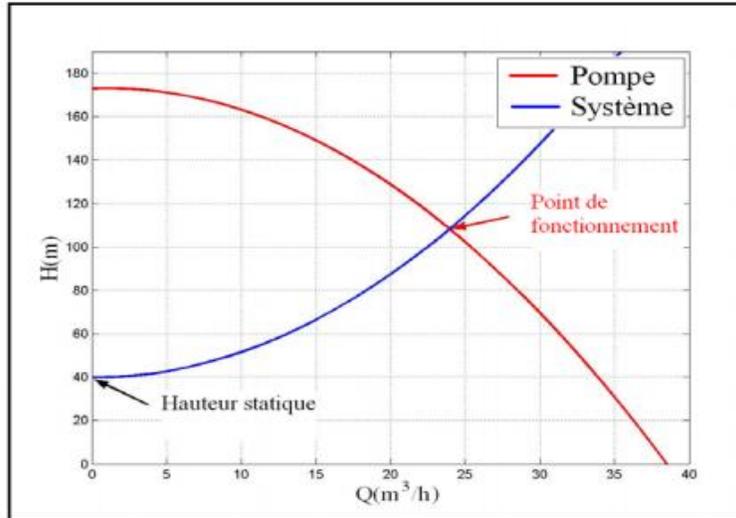


Figure II.12 : Courbe de système et courbe de la pompe

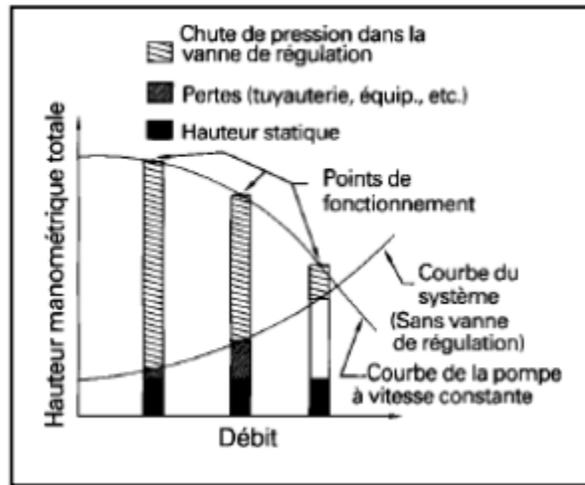


Figure II.13 : Effet de la vanne de régulation sur le point de fonctionnement

## II.10. Couplage d'une pompe centrifuge

### II.10.1. Couplage parallèle

Chaque pompe est équipée de sa propre tuyauterie de refoulement. Le débit de collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe. La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe.

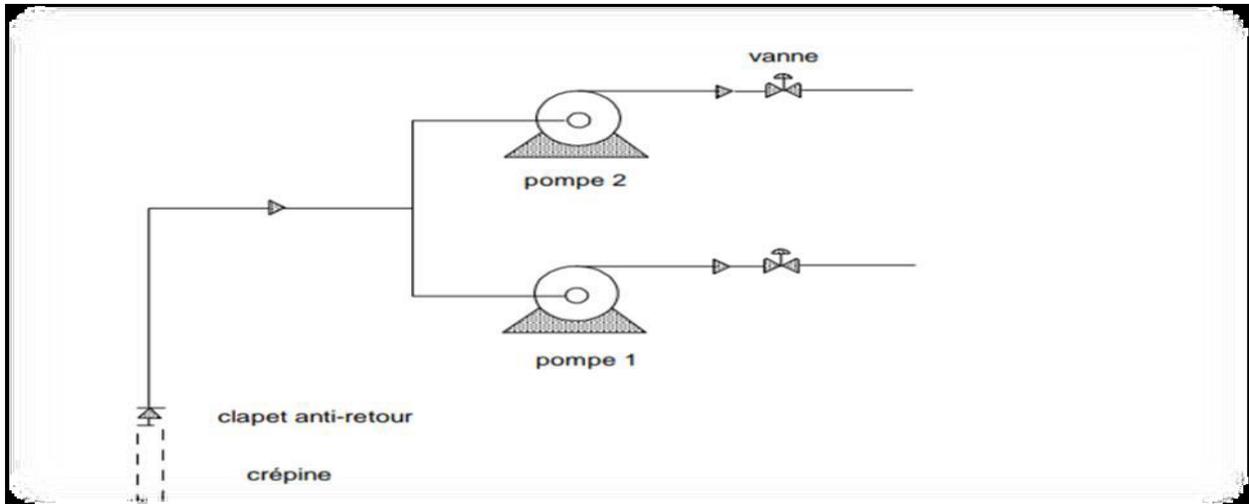


Figure II.14 : Schémas d'un couplage des deux pompes en parallèle.

Pour la même  $H_{mt}$  on fait la somme des  $Qv$  [14].

$$H_{mt} = H_{mt_1} = H_{mt_2}$$

$$Qv = Qv_1 + Qv_2$$

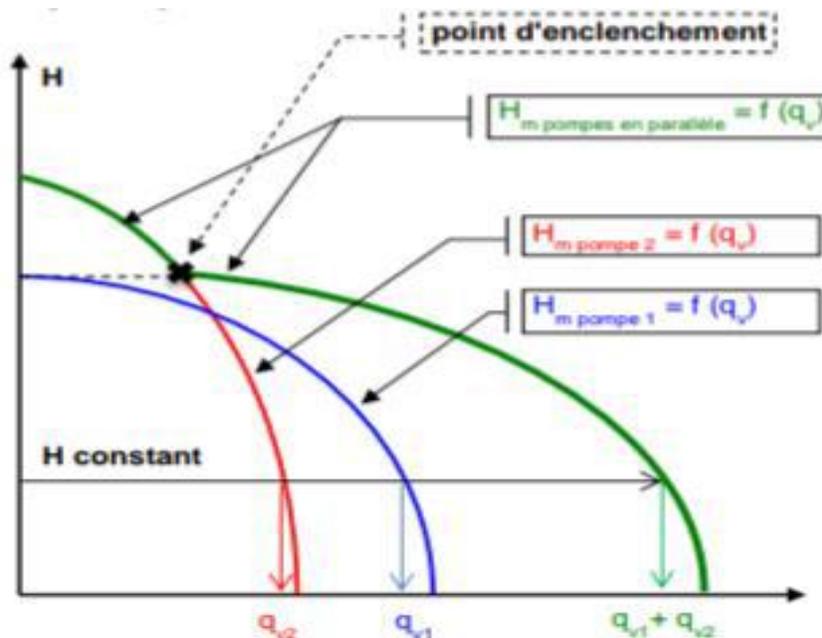


Figure II.15 : association en paralles

### II.10.2. Couplage série

Soient deux pompes de caractéristiques  $Hm_1 = f(Q)$  et  $Hm_2 = f(Q)$ .

La caractéristique de celles-ci en fonctionnement s'obtiendra en suivant les deux conditions suivantes :

- Le débit circulant dans les deux pompes est identique ( $Qv = Qv_1 = Qv_2$ )
- La hauteur manométrique totale est la somme hauteurs manométriques de chaque

Pompe ( $Hmtotale = Hm_1 + Hm_2$ ) [14].

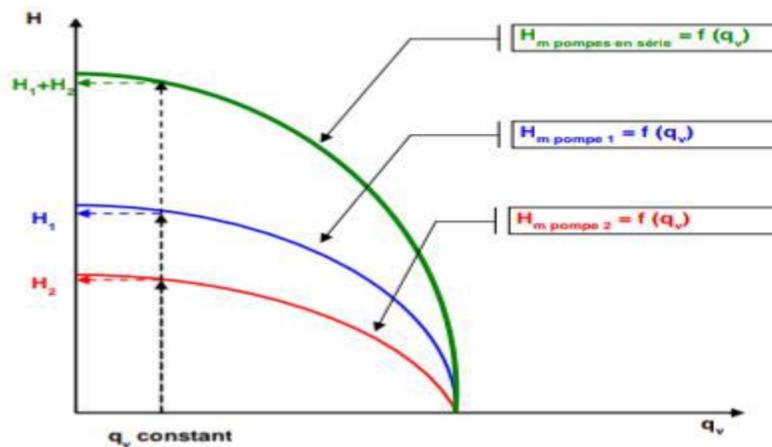


Figure II.16 : Association en série

## II-11. Similitude des pompes centrifuges

### II.11.1. Coefficients de Râteau

Les coefficients de Râteau sont des nombres sans dimension qui caractérisent une machine Hydraulique. Ils se construisent à partir des caractéristiques géométrique et mécanique de la Machine. Pour une pompe donnée, la caractéristique tracée à l'aide des coefficients de Râteau Est toujours là même quel que soit la vitesse de rotation et le fluide.

Coefficient de débit

$$\delta = \frac{Q_v}{\omega R^3}$$

Coefficient manométrique :  $\mu = \frac{gH_{mt}}{\omega^2 R^2}$

Coefficient de puissance :  $\tau = \delta\mu = \frac{P_h}{\rho \omega^3 R^5}$

Rendement :  $\eta = \frac{P_u}{P_a}$

Avec :

$Q$  débit de la pompe (m<sup>3</sup>/s)

$\omega$  vitesse de rotation de la roue (rad/s)

$R$  rayon de la roue (m)

$g$  gravité (m/s<sup>2</sup>)

$\rho$  masse volumique (Kg/m<sup>3</sup>)

$P_u$  puissance utile (W)

$P_a$  puissance absorbée (W)

Coefficients de Râteau permettent de prédire le comportement d'une pompe (les caractéristiques) à partir des caractéristiques d'une pompe de la même famille et fonctionnant à un régime différent.

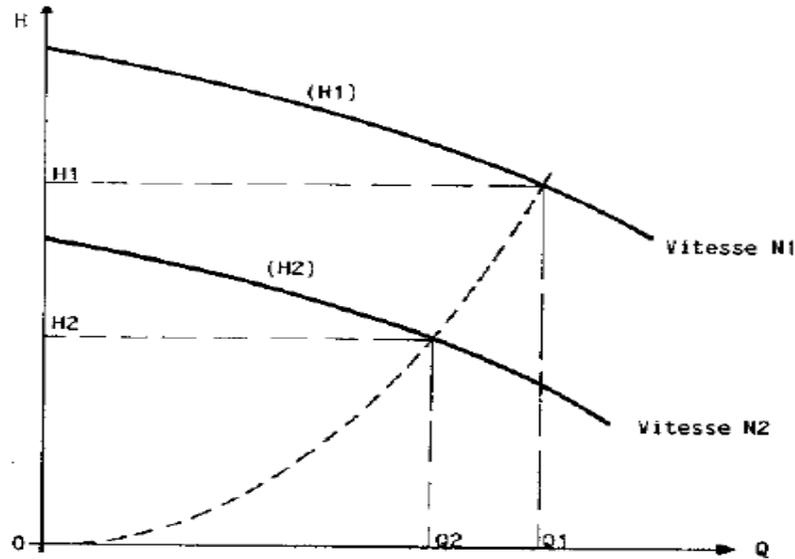
Soit deux pompes 1 et 2 conçues sur le même modèle mais de dimensions différentes. A partir Des caractéristiques de 1, celles de 2 sont données par :

$$\delta_1 = \delta_2 Q_2 = Q_1 \frac{\omega_2}{\omega_1} * \frac{R_2^3}{R_1^3}$$

$$\mu_1 = \mu_2 H_2 = H_1 \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} * \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

$$\tau_1 = \tau_2 P_2 = P_1 \frac{\omega_2^3}{\omega_1^3} * \frac{R_2^5}{R_1^5}$$

Ainsi pour une pompe donnée ( $R_1=R_2$ ), à partir d'une caractéristique et à une vitesse donnée, On peut tracer la caractéristique de cette même pompe à n'importe quelle vitesse de rotation (Figure 18). On considère en première approximation que le rendement n'est pas affecté



**Figure II.17 :** Caractéristiques d'une pompe fonctionnant à vitesses N1 et N2

Il est notable que pour un rayon de roue donné,

- Le débit  $Q$  augmente avec  $\omega$
- La hauteur manométrique  $H$  augmente avec  $\omega^2$
- La puissance  $P$  augmente avec  $\omega^3$
- Le rendement reste lui identique.

Les coefficients de Râteau sont utiles pour déterminer des similitudes entre les pompes. En effet à partir d'une caractéristique donnée, on sera capable de déterminer le fonctionnement de la pompe pour d'autres vitesses de roue, d'autres fluides ou d'autres dimensions de roue [15].

### II.11.2. La vitesse spécifique

La vitesse spécifique notée  $N_s$  s'exprime à partir du coefficient de hauteur manométrique et du coefficient de débit en éliminant le rayon entre les relations.

$$N_s = \left( \frac{\delta^2}{\mu^3} \right)^{1/4} = \frac{\omega Q^{1/4}}{(gH)^{3/4}}$$

Le débit  $Q$  étant pris au meilleur point de rendement. Pour un débit donné, les machines hydrauliques à faibles vitesses spécifiques seront adaptées pour fournir, ou recevoir dans le cas d'une turbine, une forte différence de hauteur manométrique (Turbine Pelton – Pompes

centrifuges). Les vitesses spécifiques élevées seront caractéristiques des pompes axiales, des ventilateurs et des turbines Kaplan [15].

### **II.12. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présentées une description générale sur les pompe centrifuge et la classification dans les domaine idustriel.

les caractéristique d'une pompe centrifuge et le point de fonctionnemnt sont également présentés.

# **Chapitre III**

## **Diagnostic des défaillances de la pompe 502-P-001A**

### III.1. Introduction

Les pompes centrifuges étant l'un des types de pompe les plus utilisés au monde nous allons présenter dans ce chapitre les principaux modes des facteurs de dysfonctionnement rencontrés dans les pompes centrifuges et plus précisément les facteurs de dysfonctionnement d'une pompe 502-P-001A.

En général, les pannes de la pompe entraînent des modifications de fonctionnement qui réduisent l'efficacité ou peuvent entraîner une panne de la pompe.

### III.2. Les facteurs de dysfonctionnement

La rupture du fonctionnement d'une pompe peut être causée par plusieurs facteurs ; à savoir :

- **Surcharge** : Une pompe est choisie d'après certaines conditions spécifiques telles que débits, pression, vitesse... qu'elle peut fonctionner de temps à autre en surcharge. mais si on oublie que ce service devrait être rendu occasionnellement, et qu'on la fait tourner 24 heures par jour sous ce régime, on obtient une rupture de l'arbre ou des paliers grillés.
- **Mauvais graissage** : Si on fait tourner une pompe avec des paliers sans graisse, on finit par un arrêt brutal ; dans ce cas, on s'aperçoit souvent de l'absence de graisseur sur la pompe ou sur la pompe concernée n'est pas inscrite dans le plan de graissage. Le fiabiliste doit veiller à la présence des graisseurs le cas échéant ou les retirer dans le cas des roulements graissés à vie.
- **Fluide inadapté** : Si on modifie le critère de pompage en changeant la nature du fluide à véhiculer ou en augmentant la température, les matériaux peuvent ne pas être adaptés ; la pompe risque d'être détruite.
- **Fonctionnement à vide** : En cas d'absence de contrôle de démarrage, la vanne de refoulement étant fermée, ainsi que la vanne de by-pass, la pompe peut fonctionner à vide ; le débit est nul, toute la puissance fournie se transforme en chaleur. Et puisque le liquide ne circule pas, la chaleur produite ne peut être évacuée. Dans ce cas la roue et la garniture seront endommagées.
- **Mauvais alignement** : La pompe et le moteur ne sont pas exactement en face par le défaut de l'accouplement, défaut de fixation ou de fondation. Les paliers et l'arbre seront soumis à des vibrations et finiront par se casser.

- **Fuite** : Le liquide fuit. Si le liquide est acide, les pièces métalliques extérieures qui sont différentes de la partie hydraulique seront attaquées et rongées. Une fuite abondante provient de l'usure de la garniture ou d'un défaut de tresse.
- **Corps étranger** : Des particules solides peuvent s'introduire dans le liquide s'il n'y a pas de crépine d'aspiration ou de protection à l'entrée. Elles peuvent détruire les pièces hydrauliques.
- **Contraintes des tuyauteries** : Si les brides des tuyauteries d'aspiration et de refoulement ne sont pas en face de celles de la pompe et si le montage se fait en forçant sur les tuyauteries, une traction anormale s'exerce sur la pompe. Cette traction peut causer des déformations externe et interne de la pompe et un frottement de la roue sur le corps de la pompe. Cela entraînera le blocage de la pompe, l'usinage du corps de la pompe ou la brisure des tubulures d'aspiration et de refoulement.
- **Cavitation** : Lorsque l'on aspire un liquide dans un conduit on crée une dépression, si cette baisse de pression fait descendre la pression du liquide au-dessous de sa pression de vapeur saturante, le liquide se met en ébullition. (Production de vapeur), on appelle ce phénomène la cavitation. Ce phénomène s'accompagne souvent par de bruits violents et de vibrations importantes. Les effets de la cavitation sont nombreux selon le produit (température, tension de vapeur, densité) et le type de pompe (caractéristiques de fonctionnement et matériaux constitutifs) [16].

### III .3. Présentation de la pompe 502-P-001A

La pompe 502-P-001A est une pompe centrifuge horizontale entraînée par un moteur électrique, elle tourne à une vitesse de rotation de 1460 (tr/min), fournissant un débit 550 (m<sup>3</sup>/h), elle assure le transport de l'eau de la tour de refroidissement vers les unités de processe avec une pression de 5.89 bars.

Parmi les documents qu'on a récupéré de l'entreprise, les organes constituant notre équipement nous montrent la complexité des constituants de la pompe prouvant qu'il faut d'une part maîtriser son fonctionnement, pour d'éventuelles diagnostics et interventions du point de vue maintenance, et d'autre part porter des améliorations pour une bonne disponibilité.



Figure III.1: Pompe centrifuge 502-P- 001A

#### III.4. Caractéristique technique de la pompe

<b>Designation complete</b>	Pompe d'alimentation en eau de refroidissement		
<b>Constructeur</b>	FLOWSERVE	Type	ERP Horizontal, End Suction
<b>Reference équipement</b>	502-P-001A/B/C/D		
<b>Liquide pompé</b>	L'eau		
<b>Température liquide pompé</b>	25° C		
<b>Débit</b>	Normal	550 m <sup>3</sup> /h	
	Minimal	88,10 m <sup>3</sup> /h	
<b>Pression d'aspiration</b>	4.89 bar		
<b>Pression de refoulement</b>	5.89 bar		
<b>Hauteur manométrique totale</b>	50 m		

<b>NPSH requise (eau)</b>	3.9 m	
<b>Vitesse de rotation</b>	1460 tr/min	
<b>Puissance</b>	95.8 KW	
<b>Rendement</b>	83.4 %	
<b>Connexions</b>	Aspiration	10" ANSI 300RF
	Refoulement	8" ANSI 300RF
<b>Etanchéités</b>	Garniture mécanique double	
<b>Accouplement</b>	Accouplement flexible à lamelles	
<b>Disposition de roue</b>	<b>Entre palier</b>	
<b>Type de palier</b>	Palier radial : un roulement à bille réf. NU 313 BECBJ	
	Palier de butée : deux roulements à bille à contact oblique réf. 7313 BECBJ	
<b>Poids</b>	410 Kg	

**Tableau III.1:** Caractéristiques techniques des pompes 502-P-001A/B/C/D [17]

### III.5. Maintenance de la pompe 502- P -001A

Ces pompes ont été conçues pour simplifier l'entretien et pour rendre le service facile.

La maintenance préventive et les révisions avant des troubles graves se produisant permettront de réduire les coûts d'exploitation.

La section suivante décrit les différentes étapes nécessaires à l'enlèvement et le remplacement de toutes les pièces. Si une révision est nécessaire, suivez attentivement les instructions spécifiques.

#### III.5.1. Révision complète d'une pompe

La fréquence d'une révision complète dépend des heures de fonctionnement de la pompe, la sévérité des conditions et l'entretien de la pompe en fonction.

Il n'est pas nécessaire d'ouvrir la pompe pour l'inspection à moins qu'il y ait d'évidence définie que la capacité a tombé excessivement ou à moins qu'il y ait indication d'ennui à l'intérieur de la pompe ou dans les paliers.

Avant d'effectuer le démontage, l'entretien et / ou de l'inspection de l'appareil, les étapes suivantes doivent être prises et mises en garde respectées.

- Étiqueter les commandes de conducteur en position de "off".
- Isolement de la pompe : Avant d'essayer de démonter la pompe, la pompe doit être isolée dans le système, en fermant les vannes de système d'aspiration et d'évacuation, être vidangée de liquide et refroidir.
- Vidanger l'huile de lubrification.

### III.5.2. Procédures de démontage

Le soin doit être pris dans l'opération de démantèlement pour empêcher des dommages aux pièces internes de la pompe, disposez toutes les pièces dans le même ordre dans lequel elles sont enlevées pour plus de commodité au remontage.

Protéger toutes les surfaces usinées contre le contact métal sur métal et la corrosion.

- Couper, verrouiller et marquer les disjoncteurs du moteur.
- Coupez, isolez et marquez tous les instruments et les équipements de surveillance.
- Fermez la vanne d'aspiration de la pompe. Si la soupape de décharge n'a pas déjà été fermée cela doit être fait avant le démontage.
- Retirer la protection de l'accouplement de la pompe qui est boulonné à la plaque de base.
- Retirer l'entretoise d'accouplement de la pompe.
- Videz le corps de pompe. Ceci peut être effectué par la première ouverture de la purge d'air situé dans la partie supérieure de l'enveloppe, puis en ouvrant les drains situés au fond du boîtier.
- Égoutter les boîtiers de roulement de l'huile en enlevant les bouchons de purge situés au fond de chaque logement de palier. Retirez l'indicateur de niveau d'huile.
- Débrancher et enlever la conduite d'arrosage de joint et laisser égoutter.
- Enlever l'équipement de surveillance de pompe, les services auxiliaires ou n'importe quelle autre équipement qui peut interférer le démantèlement sécuritaire de la pompe.
- Desserrer la vis écrou de serrage de fixation et retirer l'écrou.
- Déposer le moyeu d'accouplement de la pompe, à l'aide d'un extracteur. Retirez la clé de couplage [18].

### III.6. Les facteurs de dysfonctionnement de la pompe 502-P-001A

- Dégradation de la protection passive (peinture) localisée au niveau de plusieurs endroits.



**Figure III.2 :** Dégradation au niveau du corps d'une pompe 502-P-001A

- Présence de corrosion sur les différents endroits dégradés.



**Figure III.3 :** corrosion de la roue d'une pompe 502-P-001A

➤ Erosion au niveau de l'arbre



**Figure III.4 :** érosion de l'arbre d'une pompe 502-P-001A

➤ Les roulements sont endommagés



**Figure III .5 :** dommage d'un roulement

- Oxydation des tirants et tiges des boulons.

### III.7. Les solutions Pour le phénomène de corrosion

- Nettoyage des impuretés (corps gras, dépôt d'oxyde de fer...etc.) du corps et socle.
- Grattage suivi par un brossage efficace au niveau des endroits dégradés.



**Figure III.6 :** brossage au niveau de l'impulseur de la pompe 502-P-001A.

- Retouche par peinture anti-corrosion (application de deux couches).



**Figure III.7 :** Application d'une peinture anti corrosion.

- Retouche par peinture de finition à base d'époxy couleur RAL 6028 -vert pin- (application de deux couches).



**Figure III.8 :** Application de peinture de finition à base d'époxy couleur RAL6028- vert pin.

### III .8. La méthode préventive de la pompe 502-P-001A

La maintenance préventive est effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien.

1 - dépose le cache accouplement et désaccoupler la motopompe.

- 2 - contrôler et relever le lignage et la distance entre bout de manchons.
- 3 – vidanger le carter d’huile.
- 4 – Déposer et transporter l’ensemble pompe de l’unité à l’atelier.
- 5 –Extraire le manchon d’accouplement cote pompe.
- 6 –Démonter et déposer le corps diffuseur de la pompe et extraire le rouet.
- 7 – Démonter la boite a presse étoupe en pièce le bouchon reniflard le godet d’huile et le voyant d’huile.
- 8 –démonter les deux flasques avant et arrière du support palier porte roulements.
- 9 – retirer l’ensemble rotor de son logement du support palier.
- 10 – démonter et extraire les roulements de l’arbre.
- 11 – Nettoyer toutes les pièces eu dissolvant et à la tôle émeri.
- 12 – Contrôler l’état physique de toutes les pièces et l’état physique des membranes de l’élément élastique (contrôle visuel)
- 13 – Sablage et penture du corps diffuseur et du support palier.
- 14 –Contrôler le faux rond de l’arbre sur (tolérance de 0.05 mm maxi)
- 15 – Contrôler l’ajustement des roulements entre les diamètres des portes de l’arbre et les diamètres intérieurs des roulements (serrage 0.01 A0.02 mm maxi)
- 16 - Contrôler l’ajustement du manchon d’accouplement du manchon d’accouplement avec l’arbre (serrage de 00.1 à 0.03 mm).
- Contrôler le jeu entre les bagues d’usure du corps et les bagues de l’impulseur (0.40 à 0.45 mm).
- 18 – Déterminer les pièces défectueuses pour le remplacer.
- 19 – emmancher et fixer les roulements sur l’arbre.

20 – Remettre en place l'ensemble mobile et remonter les deux flasques avec réglage du jeu axial (tolérance 0.10 à 0.25 mm).

21 – Remonter le couver du corps de pompe et de la boite a presse-étoupe avec le support palier.

22 – Remonter l'ensemble support avec le sor7/9pq diffuseur.

23 –Emmancher le manchon d'accouplement cote pompe.

24–Transporter l'ensemble pompe de l'atelier a l'unité et la remettre en place sur site.

25 –Remplir l'huile du cartier et régler le régulateur de niveau (voyant a 50%)

Qualité d'huile : FODDA 100. Quantité d'huile : 1.42 litre.

26 –Refaire et relever le lignage. (Tolérance : concentricité 0.10 *mm* au diamètre et 0.05*mm* le parallélisme)

27-Accoupler la motopompe et remettre en place le cache en respectant le daba  $180 \pm 1$  *mm*

### **III .9. Le phénomène de cavitation**

Mécaniquement, on peut définir la cavitation par la rupture du milieu continu de liquide sous l'effet de contraintes excessives. Physiquement, La cavitation est la vaporisation d'un fluide soumis à une pression inférieure à sa pression de vapeur. Ce phénomène se manifeste par la formation au sein de l'écoulement, de bulles, de poches, de tourbillons ou de torches de vapeur. Dans notre étude on s'intéresse à la cavitation par bulles. En d'autre terme, C'est la formation de bulles de vapeur au sein d'un milieu liquidien initialement homogène lors d'une baisse brutale de la pression, à température constante. Exemple : Aspiration de liquide dans une seringue [19].

### **III .10. Les signes et l'effet de cavitation**

Le phénomène de cavitation perturbé profondément le fonctionnement des pompes. Ces effets marquent à la fois, sur les caractéristiques de fonctionnement, sur la tenue mécanique et sur la tenue physico-chimique.

Du point de vue mécanique, ils sont essentiellement liés à larè condensation qui se produit lorsque la pression remonte. Cependant, larè condensation de ses cavités de vapeur est une

implosion brutale conduisant à la création locale des jets liquides (qui peut atteindre des dizaines de mètre par seconde). Ces implosions sont associées une érosion, un bruit et vibrations.

Tous ces effets sont généralement nocifs et destructeurs et font que la cavitation doit absolument être évitée.

- **Bruit de cavitation**

La première manifestation d'une pompe qui cavité est le bruit, qui révèle la présence de micro bulles dans l'écoulement.

Ce bruit hydraulique généré par la cavitation excite ensuite les parois de la pompe et des tuyauteries proches de celle-ci.

Les tuyauteries, à leur tour, rayonnent ce bruit dans le milieu aérien ambiant. De cette façon, lorsqu'une pompe cavité de manière importante, on enregistre un bruit caractéristique de crépitements et claquements quelquefois assimilé au bruit d'*agrégats dans une bétonnière* ou de *concasseur*.

Pour des machines de grande taille ou tournant très vite, le bruit aérien généré par la cavitation peut être gênant pour l'utilisateur ou l'environnement

- **Vibration de cavitation**

Lorsque les poches de vapeur à l'entrée de la pompe atteignent une dimension importante vis-à-vis de la taille de la pompe, une augmentation du niveau vibratoire due à la cavitation peut se rencontrer.

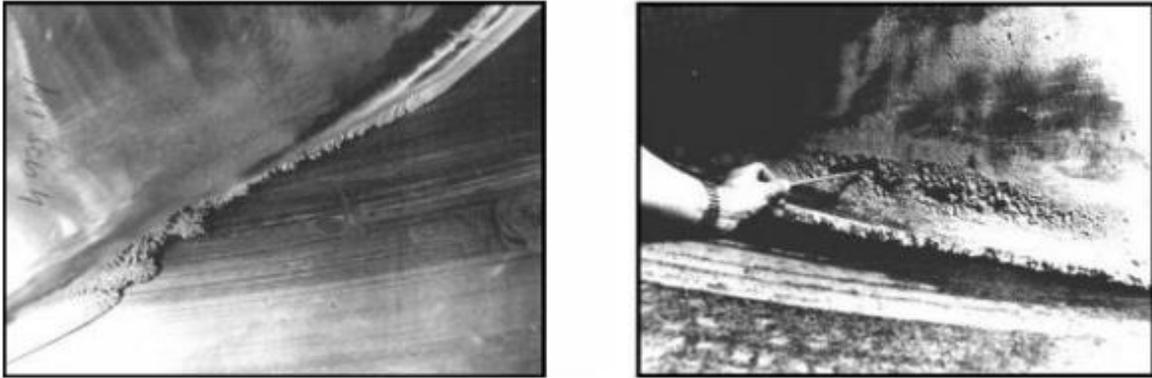
Lorsque les poches de vapeur à l'entrée de la pompe atteignent une dimension importante vis-à-vis de la taille de la pompe, une augmentation du niveau vibratoire due à la cavitation peut se rencontrer.

- **Érosion de cavitation**

Lorsque certaine condition de fonctionnement de la pompe sont réunies comme par exemple :

- Marche a régime partiel
- Pompage a très grande hauteur H supérieur à 100
- Pression de service de l'aspiration faible
- Nature de liquide véhiculé et du matériau constitué de la roue

Les implosions répétées des poches de cavitation qui se produisent près des parois métalliques , altèrent progressivement la structure cristalline dans le cas des alliages métalliques ou les matériaux d'autres nature ( plastiques et peuvent détruire très rapidement les aubes de la roue : c'est le phénomène d'érosion par cavitation ( figure III-2).mais avant d'en arriver à ce cas extrême ,qui doit bien entendu être évité, la cavitation peut avoir d'autres conséquences néfastes pour le bon fonctionnement des groupe de pompage [20].



**Figure III.9 :** détérioration des pièces mécanique soumises à une exposition prolongée de la cavitation



**Figure III.10:** érosion par cavitation d'une roue d'une pompe centrifuges

### III .11. Les types de cavitation

On peut caractériser les différents types de cavitation par l'allure physique du phénomène.

**III .11.1. Cavitation à bulles séparées :** Ce type de cavitation se produit plutôt sur des profils à faible incidence ; les structures ont l'allure de bulles de vapeur isolées plus ou moins sphériques qui apparaissent de façon aléatoire au sein du liquide. Afin que ces bulles puissent se créer, il est nécessaire qu'il existe, au sein du liquide ou sur la paroi, des germes (précisément des microbulles d'air) à partir desquels les bulles grossissent.



**Figure III.11:** Cavitation à bulles séparées

**III .11.2. Cavitation à poches :** Dans ce type de cavitation, la phase vapeur constitue une cavité unique, attachée au profil sur lequel elle se développe. Elle prend naissance à partir d'un décollement sur le profil ou sur un obstacle. A l'arrière de cette poche, se détachent des structures instationnaires, convergés par l'écoulement et qui collapsent en aval. Ci-après, quelques exemples de poches de cavitation



**Figure III.12 :** Cavitation à poches sur un engin sous-marin



**Figure III.13** : cavitation à poches sur un entrefer de roue

**III .11.3. Cavitation à lames** : On peut la désigner comme un cas particulier de la cavitation par poches. Elle concerne des structures minces et stables semblables à des lames brillantes qui s'accrochent sur une arête comme par exemple le bord d'attaque d'un profil. Ce type de cavitation se produit généralement lorsque l'incidence d'un profil est trop forte et génère une dépression trop importante.



**Figure III.14** : Cavitation à lames sur une pale d'hélice

**III.11.4. Cavitation de vortex :** Un vortex (ou tourbillon) se crée par exemple aux extrémités de pales d'hélices ou de pompes. Ils peuvent aussi se créer en aval d'obstacles situés dans l'écoulement. La cavitation qui se produit alors au cœur de ce tourbillon qui est une zone à forte dépression est appelée cavitation de vortex :



**Figure III.15 :** Cavitation d'extrémités de pale d'hélice

**III.11.5. Cavitation de mélange :** Cette cavitation apparaît typiquement dans des couches de cisaillement entre un jet noyé et un liquide. C'est le cas des écoulements au travers d'orifices ou de vannes et aussi celui de jets propulsifs. C'est aussi le cas des écoulements en aval obstacles [21].



**Figure III.16 :** Cavitation de mélange en aval d'une vanne papillon

### III .12. Le NPSH

NPSH (Net Positive Section Head) se traduit en français par « hauteur nette à l'aspiration (NHA). Le NPSH est égal à la différence entre la pression absolue totale à l'entrée de la pompe et la tension de vapeur du liquide.

$$NPSH = h_{asp} - h_v$$

Soit une pompe centrifuge dont l'axe (supposé horizontal) est une hauteur  $H_a$  au-dessus du plan à l'aspiration. Soit  $P_a$  la pression absolue à l'entrée de la roue au point A et  $V_a$  la vitesse en ce même point. Étant la perte de charge totale entre les points C et A d'un filet liquide partant de la surface libre à l'aspiration en C et passant en A.

En appliquant le théorème de Bernoulli au mouvement du liquide entre ces deux points, il vient que [21] :

$$h_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + J_A = \frac{P_m}{\rho g}$$

$P_a$ : Pression atmosphérique

**Définition du NPSH** : C'est la pression totale en [m] de colonne liquide pompée déterminée à la bride d'aspiration de la pompe, moins la  $P_v$  du liquide à la température de fonctionnement

Mathématiquement :

$$NPSH = H_a - \frac{P_v}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a - \frac{P_v}{\rho g}$$

$P_v$ : Pression de vapeur du liquide.

$P_a$ : Pression d'aspiration de la pompe.

$H_a$ : Hauteur  
 $V_a$ : vitesse  
 $Z_a$ : Altitude

} côte aspiration

$g$ : accélération due à la pesanteur

Dans l'étude des systèmes avec pompe, on définit deux types de NPSH. Le NPSHd (disponible), Le NPSHr (requis) [21].

### III.12.1. NPSH requis

Le NPSHr est une caractéristique de la pompe et n'a aucun rapport avec le système. Toutes les pompes ont un NPSHr différent et les valeurs peuvent être obtenues auprès des constructeurs. Le NPSHr est défini comme la pression d'aspiration minimum requise à l'entrée de la pompe. Cette valeur ne doit pas être prise pour suffisante pour garantir que la cavitation n'apparaîtra pas parce qu'elle est mesurée au moment où la cavitation apparaît. Le niveau de cavitation est mesuré comme étant le point auquel l'aspiration chute de 3%, c'est pour cela qu'il faut s'assurer que le NPSHd est plus grand que le NPSHr en prévoyant une marge [22].

Donc :

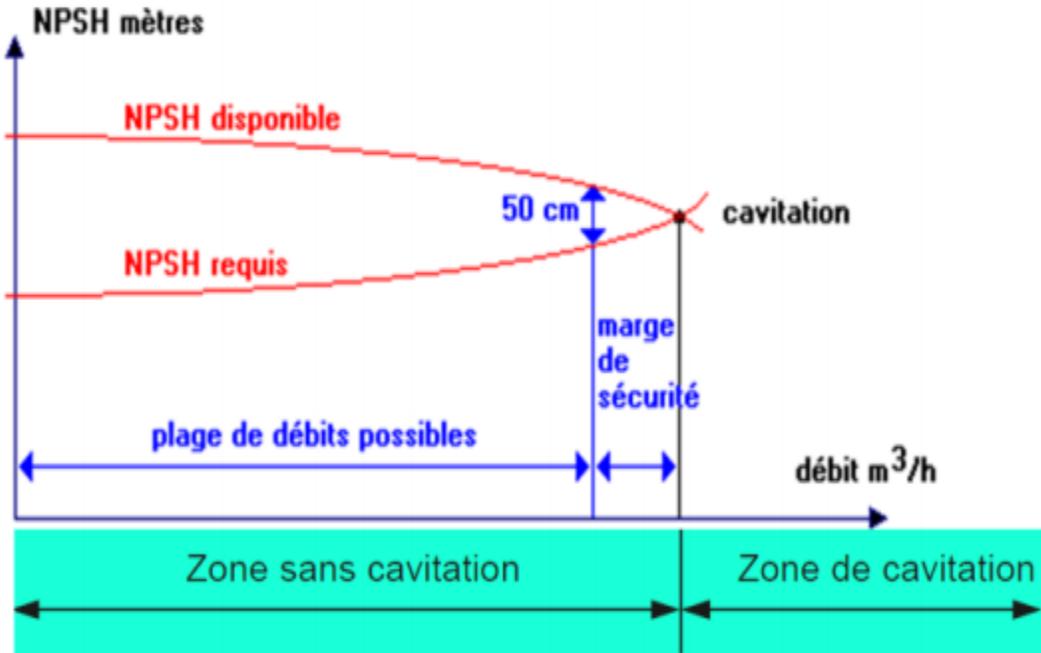
$\text{NPSH disponible} > \text{NPSH requis} \rightarrow$  sans cavitation.

$\text{NPSH disponible} \leq \text{NPSH requis} \rightarrow$  avec cavitation.

On estime nécessaire de se réserver une marge de sécurité de 0,5 m et donc d'avoir :

$$\text{NPSHd} > \text{NPSHr} + 0,5$$

(NPSH)d : c'est une donnée fournie par l'installateur de la pompe Le (NPSH)r : c'est une donnée fournie par le constructeur.



**Figure III.17:** Variation du NPSH requis et NPSH disponible avec le débit circulé par la pompe

### III .13. Les solutions pour éviter la cavitation

Les moyens d'éviter ou de réduire la cavitation sont :

- 1) La connaissance des caractéristiques de cavitation des pompes est la condition préalable la plus importante de l'étude de n'importe quel problème de cavitation.
- 2) La deuxième condition en importance est la connaissance des conditions d'aspiration de la station de pompage au moment où le choix des pompes est effectué.
- 3) Une augmentation des dimensions de la conduite d'aspiration, une réduction de sa longueur, l'élimination des courbes, l'utilisation d'une bonne tulipe d'aspiration - en d'autres termes la réduction des pertes à l'aspiration - amélioration des conditions d'aspiration d'une pompe vis-à-vis de la cavitation.
- 4) un bon tracé hydraulique de l'alimentation de la roue et des conduits d'aspiration de section largement dimensionnée pour pouvoir obtenir les meilleures caractéristiques

De cavitation d'une pompe.

5) on doit utiliser, les matériaux spéciaux afin de réduire l'érosion de cavitation.

6) la réduction du bruit et les vibrations provoquées par la cavitation en introduisant de Petites quantités d'air à l'aspiration de la pompe.

7) La vitesse dans la roue ainsi la hauteur d'élévation par roue doit être faible pour

Obtenir la charge d'aspiration minimale [23].

### **III.14. Conclusion**

La pompe centrifuge est confrontée à de nombreux défaillance, il doit donc y avoir une maintenance préventive en continu. Nous avons étudié dans ce chapitre un ensemble des facteurs de dysfonctionnement d'une pompe centrifuge 502P-001A et de solutions pour éviter le phénomène de cavitation.

**Chapitre IV**  
**Calculs de la pompe**  
**502-P-001A**

### IV .1. Introduction

L'affûtage des aubes est l'une des opérations réalisées sur les impulseurs afin d'améliorer les performances des pompes centrifuges. Elle consiste à modifier l'angle de sortie de la roue. Généralement l'affûtage est destiné à modifier l'allure de la caractéristique de la pompe H-Q, et aussi d'augmenter le rendement, cela est possible pour une épaisseur inférieure à 2mm, alors que pour une épaisseur supérieure à 3 mm, il s'agit d'un l'affûtage de calibrage, afin d'obtenir un angle de sortie différent de l'angle obtenue par fonderie.

Pour bien visualiser l'influence de l'angle de sortie  $\beta_2$ , sur les performances de la pompe, des essais expérimentaux ont été réalisés par sur une pompe centrifuge radiale monocellulaire type AC32/125. Les observations faites sur l'affûtage des aubes ont démontré une amélioration de la hauteur de la pompe et de son rendement.

Dans ce qui suit, nous allons appliquer les formules théoriques concernant le dimensionnement des pompes.

### IV.2. Calcul hydraulique

#### Les données de départ

- Débit volumétrique  $Q = 550 \text{ m}^3 / \text{h}$
- Hauteur manométrique  $H = 50\text{m}$
- Vitesse de rotation  $n = 1460 \text{ tr} / \text{min}$
- P aspirations=**1bar**
- P refoulement=**5,89bar**

#### IV.2.1. Vitesse spécifique $N_s$

Le calcul de cette vitesse, nous permet de classer la pompe dans la catégorie des vitesses, il est donné par la relation de similitude suivante :

$$N_s = 3,65 \cdot n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad \text{(IV.1)}$$

**n**: vitesse de rotation [tr/min].

**Q** : débit [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

**H** : Hauteur de refoulement[m].

$$N_s = 3,65 \cdot 1460 \frac{\sqrt{550/3600}}{50^{3/4}} = 110,77 \text{ [tr/min]}$$

$$N_s = 110,77 \text{ [tr/min]}$$

Ns	Types de pompe
Ns < 80 tr / min	pompes centrifuges à vitesses faibles
80 à 150 tr / min	pompes centrifuges à vitesses moyennes
150 à 300 tr / min	pompe centrifuges à vitesses rapides
300 à 600 tr / min	pompes hélico-centrifuges
600 à 1200 tr / min	pompes axiales

**Tableau IV.1:** Classification des pompes à partir de la vitesse spécifique

D'après la classification des pompes centrifuge, notre pompe centrifuge à vitesse moyennes.

#### IV .2.2. Diamètre de l'arrête d'entrée ramené

Ce diamètre est en fonction de débit et de la vitesse de rotation tel que :

$$D_{r1} = k_0 \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \quad (\text{IV.2})$$

$k_0$ : coefficient d'aspiration,  $K_0 = \{3.6 \text{ à } 5\}$ , pour notre cas prenons la condition de bonne aspiration

$k_0 = 4$ .

$$D_{r1} = 4,3 \sqrt[3]{\frac{550/3600}{1460}} = 0,202\text{m} \quad D_{r1} = 202\text{mm}$$

#### IV.3. Calcul de rendement de la pompe

##### IV.3.1. Rendement hydraulique ( $\eta_h$ )

Le rendement hydraulique caractérise la perte de charge créées dans l'impulseur et qui s'exprime par l'expression suivante :

$$\eta_h = 1 - \left[ \frac{0,42}{\log D_{r1}} - 0,172 \right]^2 \quad (\text{IV.3})$$

$$\eta_h = 1 - \left[ \frac{0,42}{\log 0,202} - 0,172 \right]^2$$

$$\eta_h = 0,9 \quad \eta_h = 90\%$$

Le rendement hydraulique des pompes centrifuges varie entre 0.7 à 0.9.

Donc 10% de la hauteur de la charge théorique de la pompe est disparue par frottement de liquide durant son passage de l'aspiration jusqu'au refoulement.  $\eta$ .

**IV.3.2. Rendement volumétrique ( $\eta_v$ )**

Le rendement volumétrique est la quantité réelle du fluide circulant dans la pompe. Il est donné par la formule suivante :

$$\eta_v = 1 - \left[ 1 + 0,68 + N_s^{-2/3} \right] \quad (\text{IV.4})$$

$$\eta_v = 1 - \left[ 1 + 0,68 + 110,77^{-2/3} \right]$$

$$\eta_v = 0,72 \text{ ou } \eta_v = 72 \%$$

**IV.3.3. Rendement mécanique ( $\eta_m$ )**

Les pertes mécaniques sont des pertes d'énergie dues au frottement mécanique dans les garnitures mécaniques, paliers à butées. On les calcule de la manière suivante :

$$\eta_m = \frac{1}{1 + (820/N_s^2)} \quad (\text{IV.5})$$

$$\eta_m = \frac{1}{1 + (820/110,77^2)}$$

$$\eta_m = 0,93 \quad \eta_m = 93\%$$

**IV.3.4. Rendement global ( $\eta_g$ )**

$$\eta_g = \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m \quad (\text{IV.6})$$

$$\eta_g = 0,90 \cdot 0,72 \cdot 0,93$$

$$\eta_g = 0,6, \quad \eta_g = 60\%$$

**IV.4. Calcul des puissances****IV.4.1. La puissance consommée par la pompe ( $P_{ab}$ )**

C'est la puissance nécessaire pour assurer la charge totale de la pompe, Elle est déterminée comme suit :

$$P_{ab} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q_v}{\eta_g} \quad (\text{IV.7})$$

$$P_{ab} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 1,50 \cdot (550/3600)}{0,60}$$

$$P_{ab} = 124832,25 \text{ W},$$

$$P_{ab} = 124,832 \text{ KW}$$

**IV.4.2. La puissance du moteur ( $P_m$ )**

La puissance du moteur est prise avec un coefficient de réserve  $K_r$ , qui tient compte de la puissance consommée par la pompe  $P_{ab}$ , on prend

$$K_r = 1,15$$

$$P_m = K_r \cdot P_{ab} \quad (IV.8)$$

$$P_m = 1,15 \cdot 124,83225 \text{ kW} = 143557,08 \text{ W} \quad P_m = 143,557 \text{ kW}$$

**IV.5. Calcul des diamètres l'arbre et du moyeu****IV.5.1. Diamètre de l'arbre**

On détermine le diamètre de l'arbre approximativement en se basant sur les calculs de résistance

$$d_a = \left( \frac{M_t}{0,2[\tau]} \right)^{1/3} \quad (IV.9)$$

$M_t$  : couple de rotation en [N.m]

$[\tau]$  : Contrainte admissible des torsions en [N.m<sup>2</sup>], choisi selon les recommandations des résistances des matériaux.

**IV.5.2. Calcul de couple de rotation ( $M_t$ )**

$$M_t = \frac{P_m}{\omega} \quad (IV.10)$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (IV.11)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot 1460}{30}$$

$$\omega = 152,81 \text{ rad/s}$$

$$M_t = \frac{P_m}{\omega}$$

$$M_t = \frac{143557,08}{152,81}$$

$$M_t = 939,44 \text{ N.m}$$

**IV.5.3. Calcul de la contrainte admissible ( $\tau$ )**

La nuance de l'acier de l'arbre est A322-4140 qui nous donne d'après la norme (ISO) sa limite d'élasticité  $Re=205 \cdot 10^6$

$$[\tau] = Re/n \text{ N/m}^2 \quad (\text{IV.12})$$

On prend  $n=4$

$$\tau = \frac{205 \cdot 10^6}{4}$$

$$\tau = 51,25 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$d_a = \left( \frac{939,44}{0,2 \cdot 51,25 \cdot 10^6} \right)^{1/3}$$

$$d_a = 0,0450 \text{ m} , \quad d_a = 45 \text{ mm}$$

#### IV.5.4. Diamètre moyen de la roue ( $D_m$ )

En le calcul d'après la formule suivante

$$D_m = (1,2 \text{ à } 1,25) d_a \quad (\text{IV.13})$$

$$D_m = 1,25 \cdot 0,045 \quad D_m = 0,056 \text{ m}$$

$$D_m = 56 \text{ mm}$$

#### IV.6. Détermination des paramètres à l'entrée de la roue

##### IV.6.1 Le débit qui traverse la roue ( $Q_c$ )

$$Q_c = \frac{Q}{\eta_v} \quad (\text{IV.14})$$

$$Q_c = \frac{550/360}{0,72}$$

$$Q_c = 0,21219 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le calcul du débit qui circule dans la pompe, nous permet de montrer qu'il est légèrement supérieur au débit volumétrique, donc on a une bonne étanchéité.

##### IV.6.2 Diamètre maximal de l'arrête d'entrée

$$d_1 = \sqrt{\frac{4Q_c}{\pi \cdot v_0} + dm^2} [m] \quad (\text{IV.15})$$

$V'_0$ : Vitesse absolue de l'entrée.

$$V'_0 = (0.06 \text{ à } 0.08) \cdot \sqrt[3]{Q_c n^2} \quad (\text{IV.16})$$

$$V'_0 = 0,06(0,21129 \cdot 1460^2)^{1/3}$$

$$V'_0 = 4,605 \text{ m/s}$$

$$V''_0 = 0,08(0,21129 \cdot 1460^2)^{1/3}$$

$$V''_0 = 6,140 \text{ m/s}$$

Donc :

$$d'_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,21219}{3,14 \cdot 4,605} + (0,056)^2} [m]$$

$$d'_1 = 0,2486 \text{ m}$$

$$d''_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,21219}{3,14 \cdot 6,140} + (0,056)^2} [m]$$

$$d''_1 = 0,2171 \text{ m}$$

Le diamètre moyen sera :

$$D_1 = \frac{(d'_1 + d''_1)}{2} \quad (\text{IV.17})$$

$$D_1 = \frac{0,2458 + 0,2139}{2}$$

$$D_1 = 0,23285 \text{ m}$$

D'où la vitesse absolue à l'entrée de la roue

$$v_0 = \frac{4Q_c}{\pi(D_1^2 - D_m^2)} \quad (\text{IV.18})$$

$$v_0 = \frac{4 \cdot 0,21219}{3,14(0,2328^2 - 0,056^2)}$$

$$v_0 = 5,29 \text{ m/s}$$

#### IV.6.3 Diamètre moyen de l'arrête d'entrée ( $D_0$ )

$$D_0 = (0,7 \text{ à } 0,9) \cdot D_1 \quad (\text{IV.19})$$

$$D'_0 = 0,7 \cdot D_1$$

$$D'_0 = 0,7 \cdot 0,2328, \quad D'_0 = 0,16296 \text{ m}$$

$$D''_0 = 0,9 \cdot D_1$$

$$D''_0 = 0,9 \cdot 0,2328, \quad D''_0 = 0,2095 \text{ m}$$

$$D_0 = \frac{D'_0 + D''_0}{2} \quad (\text{IV.20})$$

$$D_0 = \frac{0,16296 + 0,2095}{2}$$

$$D_0 = 0,186 \text{ m}, \quad D_0 = 186 \text{ mm}$$

#### IV.6.4 Largeur de la fente à l'entrée ( $b_1$ ) de la roue

On calcul la largeur de la fente à l'entrée de la roue  $b_1$ , sans tenir compte de l'épaisseur de l'aube.

$$b_1 = \frac{Q_s}{\pi(D_0 \cdot v'_{1m})} \quad (\text{IV.21})$$

$V'_{1m}$  : Composante méridienne de la vitesse absolue sans tenir compte de l'épaisseur de l'aube, pour notre cas  $V'_{1m} = V_0 = 5,29 \text{ m/s}$

$$V'_{1m} = 5,29 \text{ m/s}$$

$$b_1 = \frac{0,21219}{3,14 \cdot 0,186 \cdot 5,29}$$

$$b_1 = 0,0686 \text{ m}, \quad b_1 = 68 \text{ mm}.$$

#### IV.6.5 Angle d'aube ( $\beta_1$ ) à l'entrée

A cause de l'épaisseur des aubes, la section du courant du liquide à l'entrée des aubes diminue, donc la vitesse du liquide augmente, et pour tenir compte de cette augmentation, la vitesse absolue l'entrée est multipliée par un coefficient  $K_1$  tel que : ( $K_1 = 1,1 \text{ à } 1,5$ ) on prend  $K_1 = 1,5$ .

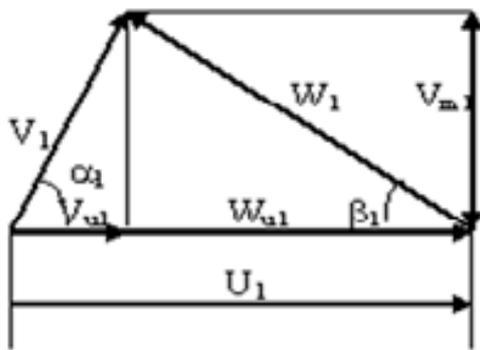
$K_1$ : Coefficient de rétrécissement

$V_{1m}$  : vitesse absolue de liquide à l'entrée de la roue

$$V_{1m} = K_0 \cdot V_0 \tag{IV.22}$$

$$V_{1m} = 1,15 \cdot 5,29$$

$$V_{1m} = 6,083 \text{ m/s}$$



A l'entrée de la roue

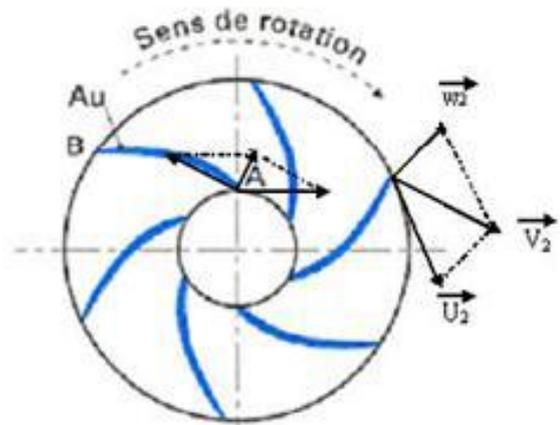


Figure IV.1 : triangle de vitesse à l'entrée de la roue

$$\tan\beta_{1,0} = V_{1m}/U_1 \tag{IV.23}$$

$$U_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \frac{D_0}{2} \tag{IV.24}$$

$$U_1 = \frac{\pi \cdot 1460 \cdot 0,186}{60}, \quad U_1 = 14,21 \text{ m/s}$$

Donc

$$\tan\beta_{1,0} = V_{1m}/U_1$$

$$\tan\beta_{1,0} = \frac{6,083}{14,21}, \quad \tan\beta_{1,0} = 0,42$$

$$\text{donc } \beta_{1,0} = 23,17^\circ$$

$$\text{l'angle d'aube à l'entrée : } \beta_1 = \beta_{1,0} + \delta \tag{IV.25}$$

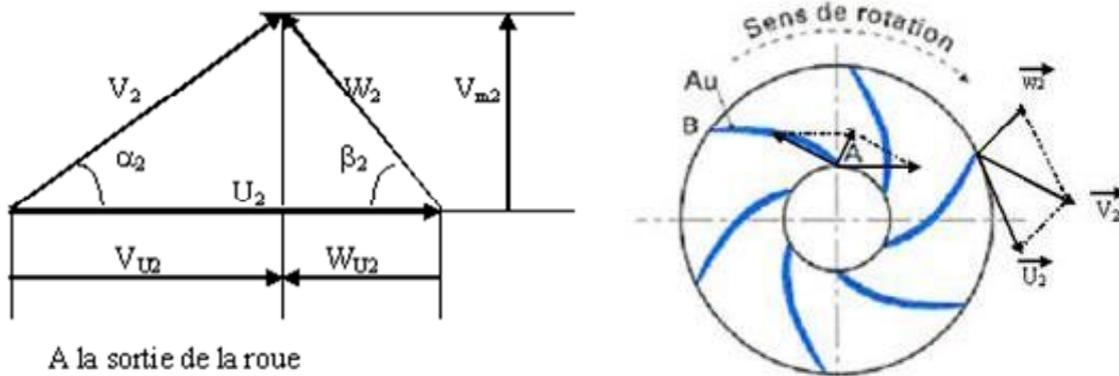
$\delta$  : l'angle d'attaque pour le calcul en prend  $\delta = (3^\circ \text{ à } 8^\circ)$

$$\beta_1 = 23,17 + 5,83$$

$$\beta_1 = 29^\circ$$

Cette valeur est bonne, car l'analyse du fonctionnement des pompes a montré que le rendement hydraulique est maximal pour  $\beta_1$  compris entre  $(25^\circ \div 30^\circ)$ .

**IV.7. Détermination des paramètres du rotor à la sortie de la roue**



**Figure IV.2 :** Triangle de vitesse a la sortie de la roue

$$H_t = \frac{H}{\eta_v} \tag{IV.26}$$

$$H_t = \frac{50}{0,72}, \quad H_t = 69,44 \text{ m}$$

**IV.7.1. Vitesse circonférentielle à la sortie du rotor (U2)**

On peut déterminer la vitesse circonférentielle U2 en prenant l'approximation de la formule Suivant :

$$U_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_t} \tag{IV.27}$$

$$U_1 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 69,44}$$

$$U_1 = 36,91 \text{ m/s}$$

**IV.7.2Diamètre extérieur de la roue (D2)**

$$D_2 = \frac{2 \cdot U_2}{\omega} \tag{IV.28}$$

$$D_2 = \frac{2 \cdot 36,91}{152,81}, \quad D_2 = 0,483 \text{ m}$$

$$D_2 = 483 \text{ mm}$$

IV.7.3 Angle de l'aube à la sortie de la roue  $\beta_2$ 

On la formule suivante pour le calcul l'angle  $\beta_2$

$$\sin \beta_2 = \frac{\sin \beta_1 \cdot k_1 \cdot v'_{2m} \cdot \omega_1}{k_2 \cdot v'_{1m} \cdot \omega_2} \quad (\text{IV.29})$$

$V'_{1m} = V_0$  : pour angle d'entrée radiale  $\alpha = 90^\circ$

$$V'_{2m} = 0,8 \cdot V'_{1m} \quad (\text{IV.30})$$

$$V'_{2m} = 0,8 \cdot 5,29$$

$$V'_{2m} = 4,232 \text{ m/s}$$

$k_1 = 1.15$  : Coefficient de rétrécissement de l'aube.

$k_2 = 1.1$  : Coefficient de rétrécissement de l'aube à la sortie.

$\omega_1, \omega_2$ : Le rapporte vitesses relatives à l'entrée et à la sortie de la roue, pour minimiser les pertes on prend :  $\omega_1 / \omega_2 = 1,1$

$$\sin \beta_2 = \frac{\sin 29 \cdot 1,15 \cdot 4,232 \cdot 1,1}{1,1 \cdot 5,29}$$

$$\sin \beta_2 = 0,44 \quad \beta_2 = 26,10^\circ$$

## IV.8. Calcul des vitesses relatives à l'entrée et à la sortie de la roue

D'après triangle de vitesse

$$\cos \beta_1 = \frac{u_1}{\omega_1} \quad (\text{IV.31})$$

$$\omega_1 = \frac{U_1}{\cos \beta_1}, \quad \omega_1 = \frac{14,21}{\cos 29}$$

$$\omega_1 = 16,24 \text{ m/s}$$

$$\frac{1}{2g} \omega_2^2 = 0,2(H_t - H_m) \quad (\text{IV.32})$$

$$\omega_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot 0,2(H_t - H_m)}$$

$$\omega_2 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,2(69,44 - 50)}$$

$$\omega_2 = 8,73 \text{ m/s}$$

**IV.9. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons calculé les paramètres géométriques de la pompe 502-P-001A.

Ces paramètres ont une influence sur la hauteur et le rendement de la pompe. Et le but de ce calcul est de vérifier l'impulsuer à partir des données de fonctionnement réelles.

Nous avons utilisé ces formules pour vérifier les meilleures valeurs pour chaque paramètre. La forme de l'impulseur est décrite à partir des triangles des vitesses, la longueur, les angles de sortie et d'entrée de l'aube.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Nous avons bénéficié d'un stage dans le complexe de Topping de la raffinerie Sonatrach Skikda RA2k. Notre attention a été attirée par les pompes centrifuges, qui sont considérées comme l'un des types de pompes les plus utilisées dans les industries du monde entier, du fait qu'ils ont de meilleures performances.

L'étude a été portée sur le type de pompe 502-P-001A qui joue un rôle très important dans l'unité topping. Elle assure le transport de l'eau de la tour de refroidissement vers les unités de process. Un calcul hydraulique a été réalisé sur cette pompe.

L'objectif du travail était d'analyser l'affûtage pour différents angles de sortie afin d'optimiser la meilleure valeur qui permet d'améliorer les caractéristiques de la pompe notamment la hauteur manométrique et le rendement, sans avoir recours à l'achat de la pompe qui coûte cher.

Vue les mesures de sécurité prise à cause du Covid19, nous n'avons pas pu terminer le relevé des données nécessaires au dimensionnement de l'impulseur. Alors la partie concernant le calcul s'est limité à recalculer les paramètres qui influencent le bon fonctionnement de la pompe.

Dans ce mémoire nous avons fait un calcul hydraulique pour déterminer les caractéristiques dimensionnelles de l'élément principal de la pompe qui est la roue, à partir des paramètres de fonctionnement prélevés sur le site. Ces valeurs ont été substituées dans les équations de calcul du triangle de vitesse. Ces paramètres de conception et d'opération, tels que le diamètre, la largeur des aubes, les angles des aubes l'épaisseur des aubes de l'impulseur et du diffuseur doivent être déterminé avec précision et de façon optimal.

En plus nous avons décrit les principaux facteurs de dysfonctionnement de cette pompe qui est principalement la corrosion. Nous avons eu la chance d'assister à quelques opérations de révision générale de cette pompe dans le cadre de la maintenance préventive. Ces opérations sont effectuées dans l'atelier de maintenance de l'unité par l'équipe interne. Elles concernent la détection des pannes dues à la corrosion. Le démontage et montage complet de la pompe, entre temps le changement des pièces défectueuses (les roulements).

# **Bibliographie**

### Bibliographie

- [1] Loubna Firdaous, Krasimir Dimitrov, Peggy Vauchel, ‘‘ transfert de chaleur par conduction ‘‘, cour, université de Lile, Juillet 2015.
- [2] Historique de pompe : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Pompe\\_centrifuge#Histoire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pompe_centrifuge#Histoire)
- [3] Définition d’une pompe centrifuge : <https://www.thermal-engineering.org/fr/quest-ce-quune-pompe-centrifuge-definition/>
- [4] BOUAZIZA ,Houd, ‘‘ une étude et amélioration par la méthode FMD d'un élément clé de l'industrie’ ’mémoire de master, université de Skikda, Juin 2015.
- [5] BENMOUSSA.Y, ‘‘ théorie de fonctionnement des pompes centrifuges ’’ cour, université de Bechar.
- [6] les composants mécaniques : <https://fr.scribd.com/document/475035517/chap-3-pompe-centrifuge>
- [7] MOUMENE Salah Eddin, ‘‘ Etude et Maintenance des pompes centrifuges industrielles ’’ mémoire de master, université de Annaba, Juin 2019.
- [8] Mr.Bourezgue Abderezzak, ‘‘Commande des machines hydraulique ’’ cour, université de Guelma ,2019.
- [9] Caractéristique Hateur – Débit : <https://www.debem.com/fr/courbe-caracteristique-de-la-pompe-centrifuge/>
- [10] Bennis ,Saad, ‘‘ Les pompes’’ cours, université d’université international de Casablanca, 2/28/2015.
- [11] les courbes caractéristiques : [https://www.academia.edu/32766739/HYDRAULIQUE\\_DES\\_POMPES\\_CENTRIFUGES?auto=downld](https://www.academia.edu/32766739/HYDRAULIQUE_DES_POMPES_CENTRIFUGES?auto=downld)
- [12] Caractéristique NPSH – Débit : <https://fr.wikipedia.org/wiki/NPSH#:~:text=En%20hydraulique%2C%20NPSH%20est%20un,sa%20pression%20de%20vapeur%20saturante.>
- [13] MERZOUG Hocine, ‘‘ Contribution à l’amélioration de l’efficacité énergétique des pompes centrifuges ’’ mémoire de magister, université de Annaba,2006
- [14] LIMAM Mansouria, BENHAMMAMI Nadia, ‘‘ étude de comparaison énergétique d’un groupement de pompes à fluide incompressible : en série et en parallèles ’’ université de Mostaghanem,2019.
- [15] Similitude : <https://www.econologie.com/fichiers/partager3/1316772563esXgEb.pdf>
- [16] ZIDI Sayah, MAZOUZI Med Lassaad, ‘‘ Etude de défaillance d’une pompe à eau centrifuge de type GUINARD HP ’’ mémoire de master, université d’Ouargla,2016.
- [17] documentation de constructeur des pompes ‘‘ 502-P-001A/B/C/D’’, Sonatrac Skikda.

## Bibliographie

---

- [18] MEGULATNI Mohamed, ‘‘ étude et analyse des problèmes d’étanchéité des pompes centrifuges 100-PM-113A/B/C ‘’, mémoire de fin d’étude, Projet professionnel de fin de formation, Ecole de Boumerdes, Avril 2017.
- [19] DJAMA Hadjer, ‘‘ Modélisation mathématique de la cavitation ‘’, mémoire de master, école supérieur d’hydraulique, sept 2017.
- [20] Type de cavitation : [https://www.encyclopedie-energie.org/wp-content/uploads/2018/09/art099\\_Perret-Rene\\_Cavitation-introduction.pdf](https://www.encyclopedie-energie.org/wp-content/uploads/2018/09/art099_Perret-Rene_Cavitation-introduction.pdf)
- [21] KESSAL A.Seif Eddine, ‘‘ L’impact de La Cavitation sur la Disponibilité de la Pompe 104J ‘’, mémoire de master ; université de Annaba, 2016.
- [22] NPSHr : [http://www.sasravey.fr/media/Services/LA\\_CAVITATION.pdf](http://www.sasravey.fr/media/Services/LA_CAVITATION.pdf)
- [23] MEFTAH Ali, ‘‘ Etude de la cavitation d’une pompe centrifuge ‘’, mémoire master, université de Blida, 2014.

### Résumé

من أجل استكمال تدريبنا وتحسين معرفتنا المكتسبة على المستوى الجامعي مع الواقع الصناعي للوحدات الإنتاجية في هذه المذكرة، قمنا بإجراء حساب هيدروليكي لتحديد خصائص الأبعاد للعنصر الرئيسي للمضخة وهو الدافع لمضخة الطرد المركزي من معلمات التشغيل المأخوذة من الموقع. تم استبدال هذه القيم في المعادلات لحساب مثلث السرعة. يجب تحديد معلمات التصميم والتشغيل، مثل القطر، وعرض الشفرة، وزوايا الشفرة، والمكروه وسمك شفرة الناشر، بدقة وبشكل أمثل.

Afin de compléter notre formation et améliorer nos connaissances acquises au niveau de l'université avec la réalité industrielle des unités de production.

Dans ce mémoire nous avons fait un calcul hydraulique pour déterminer les caractéristiques dimensionnelles de l'élément principal de la pompe qui est la roue de la pompe centrifuge, à partir des paramètres de fonctionnement prélevés sur le site. Ces valeurs ont été substituées dans les équations de calcul du triangle de vitesse. Ces paramètres de conception et d'opération, tels que le diamètre, la largeur des aubes, les angles des aubes l'épaisseur des aubes de l'impulseur et du diffuseur doivent être déterminé avec précision et de façon optimal

In order to complete our training and improve our knowledge acquired at the university level with the industrial reality of production units.

In this thesis we did a hydraulic calculation to determine the dimensional characteristics of the main element of the pump which is the impeller of the centrifugal pump ,from the operating parameters taken from the site. These values have been substituted in the equations for calculating the speed triangle. These design and operating parameters, such as diameter, blade width, blade angles, impeller and diffuser blade thickness, must be determined accurately and optimally.

### Mots clés

Pompe centrifuge.