



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued



Faculté de Technologie

Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Industries pétrochimiques

Spécialité : Génie Pétrochimique

Présenté par :

Mr Bouloussa Mohamed Taher

Mr Ferhat Ibrahim Elkhallil

Mr Fethiza Ali Lakhdar

Thème

Les paramètres et phénomène influents sur le bon fonctionnement des pompes d'huile chaude installées au niveau de champ Menzel Ledjmet East (MLE)

Soutenu le 13/06 /2022

Devant le Jury :

Dr Radjeb youssef

Président

Université d'El Oued.

Dr Bilel khaled

Examineur

Université d'El Oued.

Dr Belghit mohamed yazid

Rapporteur

Université d'El Oued.

Année universitaire 2021 - 2022

DÉDICACES 1

Je dédie ce modeste travail

à ma grand-mère GABGABE MABROUKA ; mon père FERHAT TAHER ; ma mère TOUMI MABROUKA pour leur endurance et leur sacrifices sans limite

à mes sœurs SOUMAIA , ROUMAÏSSA , KHAOULA , AICHA ,et mes frères IMAD, AHMED, en reconnaissance de leur affection toujours constante

à tous mes proches , mes amis , mes camarades de promotion.

IBRAHIM

DÉDICACES 2

Je dédie ce modeste travail

à mon père ,que dieu lui fasse miséricorde FETHIZA ALI MAAMAR ; ma mère MESOUDA DOGGA pour leur endurance et leur sacrifices sans limite

à mes sœurs SOUAD , RACHIDA , OUIDJDAN , SERIN ,et mes frères ABDELKIRIM , ALI ,MOHAMED , BELKACEM ,TEDJANI ,BILAL ,TAHER , en reconnaissance de leur affection toujours constante

à tous mes proches , mes amis , mes camarades de promotion.

LAKHDAR

DÉDICACES 3

Je dédie ce modeste travail

à mon père ,que dieu lui fasse miséricorde BOULOUSSA ABD EL HAKIM ; ma mère BIA NADJET pour leur endurance et leur sacrifices sans limite

à mes sœurs OUARDA, LOUDJINE ,RANA, LATRA ,et mon seul frère KHALED, en reconnaissance de leur affection toujours constante

à tous mes proches , mes amis , mes camarades de promotion.

TAHER

REMERCIEMENT

Avant tout , nous remercions **DIEU** tout puissant de nous avoir donné la force , le courage , la persistance et nous a permis d'accomplir ce modeste travail .Merci nous avoir éclairé le chemin de la réussite .

à notre encadrer de mémoire **Dr BELGHITE YAZID** , pour avoir accepté de nos encadrer , son aide et ses précieux conseils , il nous ont permis d'avancer plus loin dans nos recherches

Aux ingénieurs qui nous ont encadré au stage

ABD ELLAH BENALIA , AHMED SADADOU

Au Docteur **FERHAT TAHER** qui nous a aidé à ce modeste travail

sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction générale	
Chapitre I : Présentations & Description du champ MLE	
1. DESCRIPTION GENERALE DE L'INSTALLATION.....	3
1.1. Généralité	3
1.2. Vue d'ensemble de l'installation.....	3
1.3. CPF – Procédé.....	6
1.4. Structure du champ Menzel Ledjmet East (MLE).....	6
1.4.1. Unité de traitement du gaz	6
1.4.2. Unité du traitement de liquid.....	6
1.4.3. Utilities	6
2. description du procédé – CPF.....	7
2.1. Équipements de réception et slug-catcher.....	7
2.2. Prétraitement du gaz pour éliminer H ₂ S et Hg.....	8
2.3. Elimination du CO ₂	8
2.4. déshydratation du gaz.....	9
2.5. Conditionnement du gaz.....	10
2.6. Compression et le comptage du gaz à vendre.....	11
3. unité du traitement du liquide composent.....	12
3.1. Traitement & Stabilisation du liquide.....	12
3.2. Récupération et Traitement du GPL.....	13
3.3. Stockage du condensat & de Pompage.....	14
3.4. Stockage de l'huile & de Pompage	15
3.5. Stockage du GPL & Pompage.....	16
3.6. Et actuellement production de champ MLE est	17
4. Systèmes des utilités.....	17
4.1. huile chaude	17
4.2. injection des produits chimiques	19

4.3. réseaux de torche	20
4.4. Traitement des eau produit par les puit pétrolier.....	20
4.5. fuel gaz.....	21
4.6. L'eau potable	22
4.7.Drainage.....	23
4.7.1. drainage ouvert.....	23
4.7.2.Drainage fermé.....	23
4.8. Réseau d'air et d' azote.....	24
4.8.1.Réseau d'air	24
4.8.2.Réseau d'azote.....	25
<i>Chapitre II: Généralités sur les pompes hydraulique</i>	
1.1. Définition.....	26
1.2. Classification des pompes.....	27
1.2.1.les pompes volumétriques.....	28
1.2.1.1. pompes volumétriques rotatives.....	28
1.2.1.1.1.Pompes à palettes.....	29
1.2.1.1.1.1. Pompes à palettes libres.....	29
1.2.1.1.1.2. Pompes à palettes flexibles	30
1.2.1.1.2. Pompes à engrenages extérieurs.....	30
1.2.1.1.3. Pompes péristaltiques.....	31
1.2.1.1.4.Pompes à vis.....	31
1.2.1.1.5. Pompes à lobes.....	32
1.2.1.2. Pompes volumétriques alternatives.....	33
1.2.1.2.1. Pompes à pistons	34
1.2.1.2.2. Pompe à membranes	34
1.2.2. La pompe centrifuge.....	35
1.2.2.1. Définition.....	35
1.2.2.2. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge.....	35
1.2.2.3. Classification des pompes centrifuges.....	36
1.2.2.4. Principaux organes constituants d'une pompe centrifuge.....	39
1.2.2.4.1.Rôle de la roue.....	39
1.2.2.4.2.Rôle du diffuseur.....	41
1.2.2.4.2.1. Type de diffuseurs.....	42
1.2.2.4. 3. Rôle de la volute.....	42
1.2.2.5. Domaine d'application.....	43

1.2.2.6. Caractéristiques des pompes centrifuges.....	43
1.2.2.6.1. La vitesse spécifique.....	43
1.2.2.6.2. La vitesse de rotation.....	44
1.2.2.6.3. Le débit Q	44
1.2.2.6.4 .La hauteur H [m] produite par la pompe	44
1.2.2.6.5.La puissance utile est absorbée.....	44
1.2.2.6.6.Le rendement.....	45
1.2.2.6.7.La puissance.....	46
1.2.2.6.8.La hauteur théorique.....	46
1.2.2.7. Les facteurs de dysfonctionnement des pompes centrifuges.....	47
1.3.Choix d'une pompe	47
2.Le phénomène de cavitation.....	48
2.1. Définition.....	48
2.2.Causes de cavitation.....	48
2.3.Types de cavitation.....	49
2.3.1. Cavitation à bulle.....	49
2.3.2 . Cavitation a poche.....	50
2.3.3.Cavitation de tourbillon.....	51
2.3.3.1. Cavitation de tourbillon marginal.....	51
2.3. 3.2.Cavitation de tourbillon d'ogive.....	51
2.3.3.3.Cavitation du tourbillon de coque.....	52
2.3.4. La super cavitation.....	52
2.4.Les effets de la cavitation.....	52
2.4.1. Bruit.....	52
2.4.2. Pertes de performances.....	53
2.4.3. Vibrations.....	53
2.4.4. Érosion.....	53
2.5. Effet de la cavitation sur la roue des pompes centrifuges.....	53
2.5.1. Cavitation l'entrée de la roue (pompe centrifuge).....	53
2.5.2. Cavitation dans les parties situées à l'amont de la roué.....	54
2.5.3. Cavitation dans les diffuseurs.....	54
2.6. Utilisation de la cavitation.....	54
2.7. Paramètres de la cavitation.....	55
2.7.1. NPSH.....	55
2.7.1.1. NPSH <i>requis</i>	55

2.7.1.2. NPSH _{disp}	56
Chapitre III: Etude des performances de la pompe huile chaude installée aux champ "Menzel Ledjmet East"	
1.1. Définition de la Pompe de huile chaude PA-41-01.....	58
1.2. Caractéristique physiques et chimiques de fluide torada TC-32.....	59
1.3. Caractéristiques de la pompe huile chaude.....	59
2. Calcul hydraulique.....	60
2.1. But	60
2.2. Les données de départ	61
2.3. Vitesse spécifique NS.....	61
2. 4. Diamètre de l'arrête d'entrée ramené	62
2. 5. Calcul de rendement de la pompe huile chaude.....	62
2. 5.1. Rendement hydraulique (η_h).....	62
2. 5.2. Rendement volumétrique.....	63
2. 5.3. Rendement mécanique.....	63
2. 5.4. Rendement global.....	63
2. 6. Puissance consommée par la pompe.....	64
2. 7. La puissance du moteur (P _m).....	64
2. 8. Calcul préalable de l'arbre.....	64
2. 8.1. Diamètre de l'arbre (d _a).....	64
2.8.2. Diamètre moyen de la roue (d _m).....	65
2. 9. Détermination des paramètres à l'entrée de la roue.....	65
2. 9.1. Le débit qui traverse la roue (Q _c).....	65
2. 9.2. Diamètre maximal de l'arrête d'entrée.....	66
2.9.3. Diamètre moyen de l'arbre d'entrée D ₀	67
2. 9.4. Largeur de la fente à l'entrée (b ₁).....	67
2. 9.5. Angle d'aube (β_1) à l'entrée.....	67
2. 10. Calcul les paramètres de la sortie de la roue.....	68
2. 10.1. Charge théorique en tenant compte du nombre d'aube (H _t).....	68
2. 11. Calcul des vitesses relatives à l'entrée et à la sortie de la roue.....	69
Conclusion.....	71
Références bibliographiques.....	72
Annexes.....	74

Liste des figures

Figure	Titer	Page
Chapitre I : Présentations & Description du champ MLE		
Figure 01	Réseau de collecte de MLE	4
Figure 02	Diagramme générale de MLE + CAFC	5
Figure 03	Vue d'ensemble de la CPF (Modèle 3D)	5
Figure 04	Équipements de réception et slug-catcher .	7
Figure 05	élimination de mercure et H2S.	8
Figure 06	élimination du CO2	9
Figure 07	déshydratation du gaz	10
Figure 08	Conditionnement du gaz	11
Figure 09	Compression et le comptage du gaz à vendre	12
Figure 10	Traitement & Stabilisation du liquide	13
Figure 11	Stockage de condensat	15
Figure 12	stockage de l'huile	16
Figure 13	Schéma du Stockage du GPL	17
Figure 14	Schéma du huile chaude	19
Figure 15	Traitement des eau produit par les puit pétrolier	21
Figure 16	Schéma du L'eau potable	23
Figure 17	Schéma du Drainage fermé	24
Figure 18	Réseau d'air	25
Chapitre II : Generalites sur les pompe hydraulique		
Figure 01	Transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique	26
Figure 02	Symbole de la pompe hydraulique.	27
Figure 03	Fonctionnement de quelques pompes volumétriques rotatives	29
Figure 04	Pompes à palettes libres	29
Figure 05	Pompes à palettes flexibles	30
Figure 06	Pompes à engrenages extérieurs	31
Figure 07	Pompes péristaltiques	31
Figure 08	Pompes à vis	32
Figure 09	Pompes à lobes	32
Figure 10	Principe pompe à piston	34
Figure 11	Pompe à piston à double effet	34
Figure 12	Pompe à membranes	35
Figure 13	Roue à simple aspiration	36
Figure 14	Roue à double aspiration	37
Figure 15	Pompe centrifuge mon-étagée	37
Figure 16	Pompe centrifuge multi-étagée	38
Figure 17	Principaux éléments d'une pompe centrifuge	39
Figure 18	Triangle de vitesses dans une roué	40
Figure 19	Rôle de diffuseur	41
Figure 20	Rôle de la volute	42

Figure 21	cavitation à bulles suivie d'un nuage de cavitation	50
Figure22	cavitation a poche partielle	50
Figure 23	la cavitation de tourbillon marginal	51
Figure 24	Les conditions d'aspiration sont d'autant meilleur es que la différence entre les deux est grande	57
Chapitre III : Etude des performances de la pompe huile chaude installée aux champ Menzel Ledjmet East		
Figure 01	la Pompe de huile chaude PA-41-01	58

Liste des tableaux

Tableau	Titer	Page
Chapitre II : Generalites sur les pompe hydraulique		
Tableau 1	Classification des pompes	27
Chapitre III : Etude des performances de la pompe huile chaude installée aux champ Menzel Ledjmet East		
Tableau 01	Caracteristique physiques et chimiques de fluide torada TC-32	59
Tableau 02	Vitesse spécifique	61
Tableau 03	Récapitulatif	70

Liste des abréviations

FCP : First Calgary Petroleum

CPF : Central Processing Facility (Installation de traitement centrale)

MLE : Menzel Ledjmet East

CAFC : Central Area Field (complexe du champ zone centrale)

GOR : Gas Oil Ratio

KOD : Knock Out Drum

GPL : Gaz de pétrole Liquéfié

SH : Sonatrach

H₂S : Sulfure d'hydrogène

Hg : Mercure

CO₂ : Dioxyde de carbone

NPSH: Net Positive Suction Head (Charge nette absolue à aspiration)

NPSH_{req}: NPSH requise

NPSH_{dis}: NPSH disponible

HMT: Hauteur manométrique totale d'une pompe

Résumé

Résumé

Ce mémoire traite et étudie le sujet suivant: <<**Les paramètres et phénomène influents sur le bon fonctionnement des pompes d'huile chaude installées au niveau de champ Menzel Ledjmet East (MLE)** >> .

Le travail a commencé par une visite sur le terrain de Menzel Ledjmet East situé au Hassi Massoud . Où on a fait de connaissance sur la structure de l'entreprise et tout ce qui concerne les pompes et leurs types. On a donc recueilli des informations utiles et on a acquis de grandes expériences qui n'auraient pas été disponibles si l'étude s'était limitée à l'aspect théorique. Cette étude s'est concentrée en particulier sur le type de série de pompes connues sous le nom de pompe centrifuge à huile chaude(**PA-41-01**) qui sont utilisées dans le champ pétrolier .

On a également insisté sur l'importance de maintenir et de suivre la qualité de ces pompes, et l'étude s'est terminée par la réalisation de calculs liés au fonctionnement et à l'exploitation de ces pompes en termes de rendement , puissance et de la vitesse .

Mots clés : champ Menzel Ledjmet East(MLE) , la pompe centrifuge , PA-41-01

Abstract

This dissertation treats and studies the following subject: <<**The parameters and phenomena influencing the proper functioning of hot oil pumps installed at the Menzel Ledjmet East (MLE) field** >>.

The work began with a field visit to Menzel Ladjmat East located in Hassi Massoud. Where we learned about the structure of the company and all about pumps and their types. Useful information was thus collected and great experiences gained which would not have been available if the study had been limited to the theoretical aspect . This study has focused in particular on the type of pump series known as hot oil centrifugal pump (**PA-41-01**) which are used in the oil field.

The importance of maintaining and monitoring the quality of these pumps was also stressed, and the study ended with carrying out calculations related to the operation and exploitation of these pumps in terms of efficiency, power and speed.

Key words : Menzel Ledjmet East (MLE) field , the centrifugal pump , PA-41-01

ملخص

تعالج هذه الدراسة موضوع <<العوامل والظواهر المؤثرة على الأداء السليم لمضخة الطرد المركزي للزيت الساخن المثبتة في حقل منزل لجمات الشرق >> .

وقد بدأ العمل بزيارة ميدانية "لحقل منزل لجمات الشرق" الواقع بحاسي بركين . حيث تعرفنا على هيكل الشركة وكل ما يتعلق بالمضخات وأنواعها . فجمعنا معلومات مفيدة واكتسبنا خبرات جلية ما كان لتتوفر لو اقتصرنا الدراسة على الجانب النظري . وتركزت هذه الدراسة خصوصا على نوع سلسلة مضخات تعرف بمضخة الطرد المركزي للزيت الساخن (PA-41-01) التي تستخدم في مصانع الانتاج البترولي .

كما وقفنا على أهمية صيانة ومتابعة نوعية هذه المضخات ، وانتهت الدراسة بإجراء حسابات تتعلق بعمل وتشغيل هذه المضخات من حيث المردود ، القوة ، والسرعة .

الكلمات المفتاحية : حقل منزل لجمات الشرق ، مضخة الطرد المركزي ، PA-41-01

Introduction

générale

Introduction

L'industrie pétrochimique constitue aujourd'hui la plus importante dans la domaine industrielle mais cette industrie exige et a besoin des matériels dans l'usine, telle comme la pompe, donc on choisit dans notre thèse le thème suivant : <<**Les paramètres et phénomène influents sur le bon fonctionnement des pompes d'huile chaude installées au niveau de champ Menzel Ledjmet East (MLE)**>>. C'est un important Sujet c'est pourquoi : c'est pour que il réalise les buts suivants :

1. Réalise de complémentarité entre l'industrie mécanique et celle que le pétrochimique .
2. L' industrie pétrochimique , représente comme une importante source dans l'économie de pays aujourd'hui .
3. Nous portons ce étude pour approfondir nos connaissance sur la domaine de la production de la pétrochimie et sur ses moyens utilisées .
4. Pour savoir comment développer et améliorer les moyens de la production de l'industrie pétrolière .

Notre thèse comporte trois chapitre :

la première chapitre concerne: - le champ productif de Menzel-Ledjmet qui situe au Hassi-Berkine au loin de 220km de Hassi-Messaoud .

-La durée de vie de champ de production varie entre 25 et 35 ans .

-Le début De l' étude sur la projet à commencé en 2001 et l' ouverture de sa opération a commencé en 2009.

-La projet soumis parternellement entre SONATRACH , et société (ENI) italienne .

- Le but de ce champ c'est pour appuyer la puissance de Sonatrach dans la domaine de la production et l'exportation de gaz et la consommation local .

-Le cout de la réalisation est 2 milliard de dollars .

Le champ se compose de deux partie :

- Système processe comporte: le gaz , condensat , huile et GPL
- Système utilité comporté: l'air , nitrogène et l'eau .

Introduction générale

La deuxième chapitre est consacré à l'étude technologique des pompes. Ce dernier est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un liquide. Il existe plusieurs types des pompes chaque type de pompe correspondent une nature et un agencement particulier des pièces mobiles internes quel qu'en soit le type. Nous montrons également dans ce chapitre les types de moteurs et le fonctionnement de chaque moteur, en plus de l'efficacité et des avantages et inconvénients de chacun.

la troisième chapitre : destiné au calculs et l'analyse des résultats :

soit sur le rendement ou sur la puissance ou sur la vitesse..etc

et on fait de comparaison sur le travail de la pompe, l'étude porte le début de l'utilisation de la pompe , et l'opération de la pompe après des années .

Notre travail s'achève par une conclusion

Chapitre I :
Présentations &
Description du
Champ MLE

1.DESCRPTION GENERALE DE L'INSTALLATION

1.1. Généralité

Le champ de gaz Menzel Ledjmet East (MLE) est un projet commercial conjointement développé par Sonatrach et First Calgary Petroleum Ltd (FCP).

Le champ MLE se situe au sein du Ledjmet Block 405b dans bassin de Berkine à environ 220 km au sud-est de Hassi Messaoud.

Le concept développé se compose d'un système de collecte, d'une usine de traitement centrale CPF (Central Processing Facility), d'une infrastructure et de canalisations d'exportation du gaz à vendre, du GPL, du condensat et de l'huile.

Tous les équipements de MLE sont conçus pour pourvoir aux besoins à la fois de MLE et de CAFC GAS.

Les systèmes de stockage pour l'exportation et la plupart des services de l'équipement sont conçus aussi pour les futures installations de CAFC TAGI Oil. La centrale de traitement de l'huile (CAFC) sera construite à côté du MLE CPF dans le future.

La CPF de MLE et les installations d'impact correspondantes (par exemple l'installation de récupération du GNL) ont une capacité nominale de 300 MMSCFD du gaz à vendre (projet garanti 350 MMSCFD).

Le projet de MLE comprend en particulier: 24 puits de gaz. 6 Collecteurs de gaz.

Une installation de traitement centrale (CPF) qui comprend la compression du gaz à vendre, l'élimination du CO₂, l'extraction de GPL, la stabilisation de l'huile et du condensat, le stockage des produits et le système de pompage. [1]

1.2. Vue d'ensemble de l'installation

L'usine de traitement MLE collecte et traite les fluides extraits des puits de MLE et traite les fluides extraits des puits de CAFC dans le but de produire du gaz, de l'huile, du condensat et des produits du GPL.

Le MLE est composé de 24 puits, chaque puits se trouvant dans des sites distincts. L'usine de gaz MLE et CAFC comprend:

Les installations des puits

Les Collecteurs de gaz

La canalisations pour le transport du produit jusqu'à l'usine de traitement centrale(CPF)

Le CPF où le traitement est accompli.

Les canalisations d'exportation du produit.

Raccordement pour les écoulements de gaz riche et pauvre de CAFC.

Les dispositifs de la pipeline d'exportation comprend : les lanceurs du racleur, les vannes de sectionnement (en respectant les réglementations Algériennes) et les dispositifs de raccordement aux infrastructures existantes. [1]

La figure suivante illustre les équipements du site schématiquement

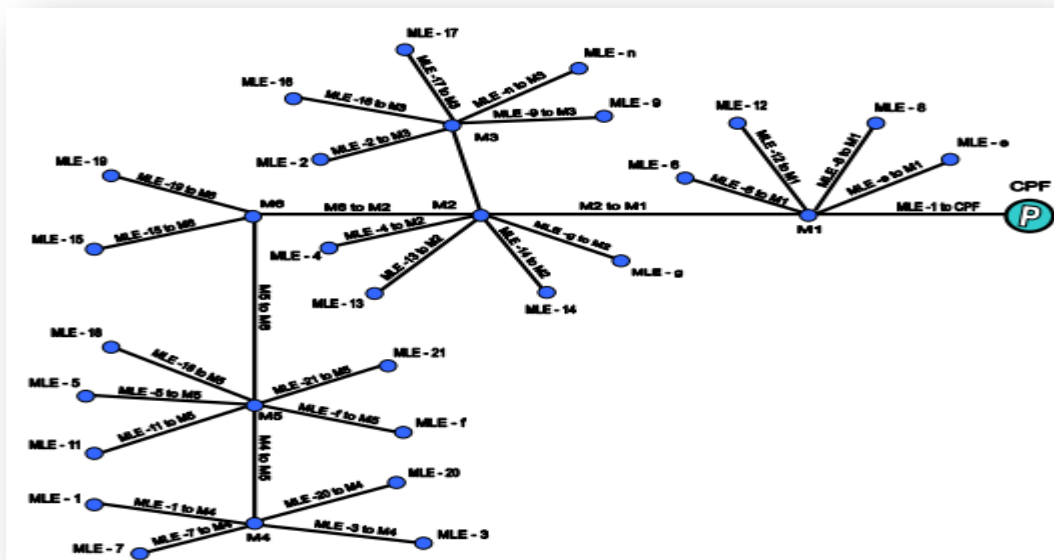


Figure 1. Réseau de collecte de MLE[1]

Les figures ci-dessous donnent un aperçu général du schéma fonctionnel de MLE + CAFC

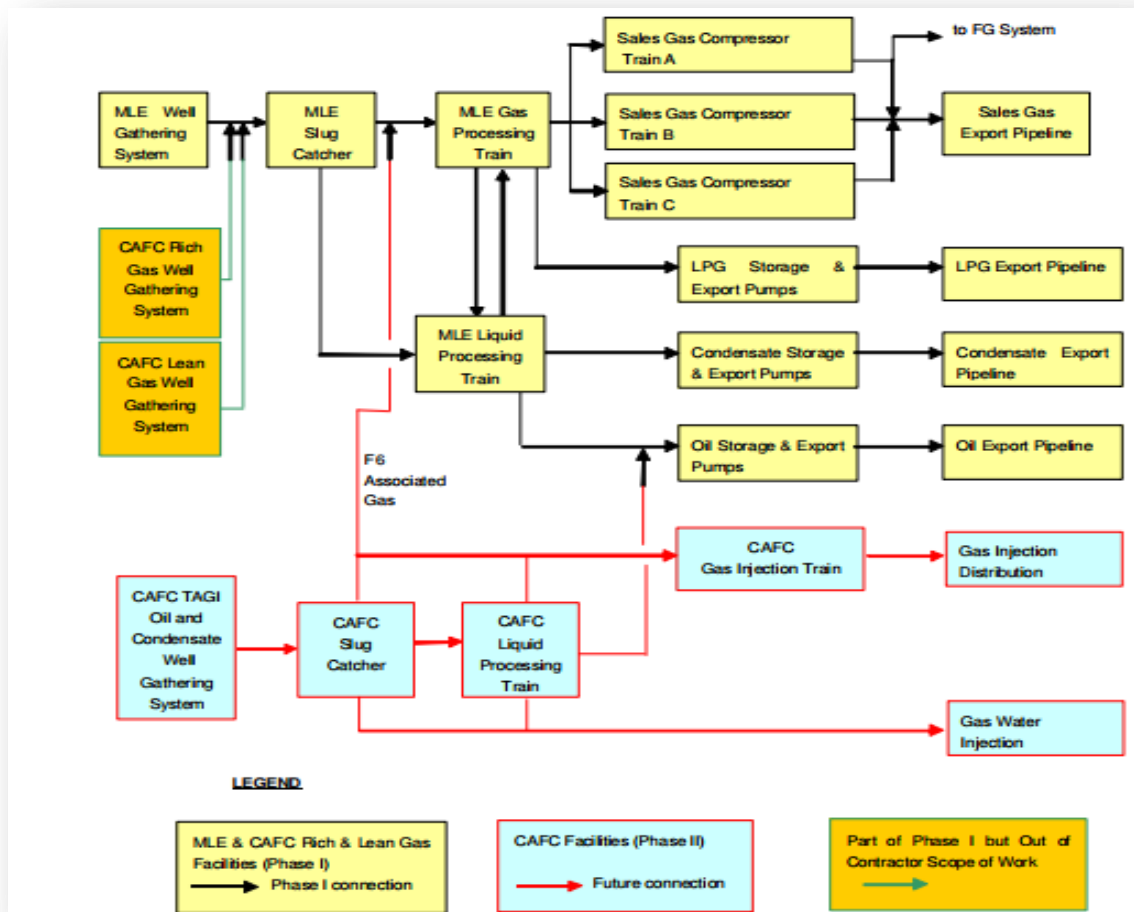


Figure 2 . Diagramme générale de MLE + CAFC [1]

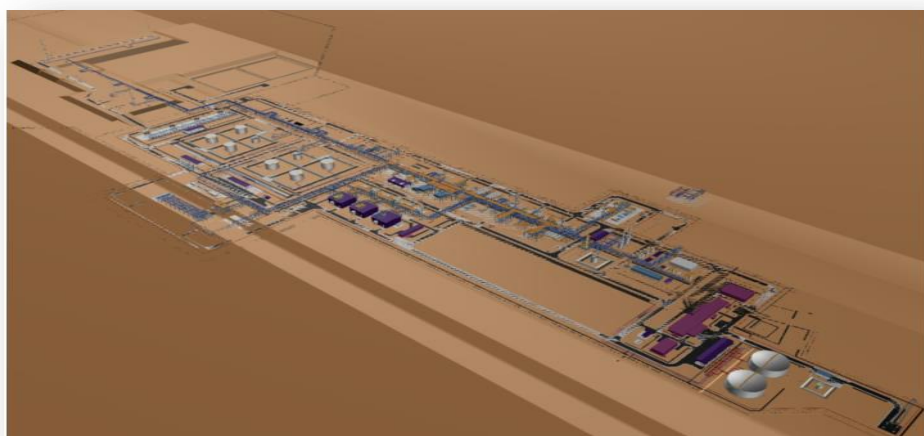


Figure 3. Vue d'ensemble de la CPF (Modèle 3D) [1]

1.3.CPF – Procédé :

Les installations de traitement de brut (CPF) permet de maintenir les spécifications suivantes :

- **Gaz à vendre** : pouvoir calorifique .
- **Condensat** : la pression de vapeur et de la densité .
- **Huile** : la pression de vapeur et de la densité .
- **GPL** : la densité et teneur en C5 et C2 . [1]

1.4.Structure du champ Menzel Ledjmet East (MLE) :

1.4.1.Unité de traitement du gas :

- Equipements de réception de la charge brut (slug-catcher).
- Equipements de prétraitement de gaz pour éliminer les impuretés H₂S, Hg et CO₂.
- Traitement du gaz (Déshydrations).
- Conditionnement du gaz (équipements de Refroidissement & Dew point).
- Compression & comptage du gaz à vendre.

1.4.2.Unité de traitement de liquide :

- Traitement & Stabilisation du liquide.
- Traitement & Récupération du GPL.
- Stockage du condensat & Système de pompage.
- Stockage de l'huile & Système de pompage.
- Stockage du GPL & Système de pompage.

1.4.3. Utilities :

- Huile chaude
- Injection des produits chimiques
- Réseau de torche
- Traitement des eaux produit par les puits pétroliers
- L'eau potable
- Fuel gaz
- Réseaux de drainage
- Réseaux d'air et d'azote. [1]

2. Description du procédé – CPF :

2.1.Équipements de réception et slug-catcher :

Le service de réception se compose du récepteur des pistons racleurs de la conduite principale d'arrivée et d'un Slug Catcher.

Le Slug Catcher est un séparateur de type "finger". Huit «fingers» 36" de 115 m de long inclinés ont été conçus pour traiter et séparer le gaz du liquide.

Les installations de MLE sont conçues pour traiter le fluide des puits à une température en dessous de 51°C. Si l'écoulement d'entrée à une température qui dépasse 51°C, le gaz séparé devra être refroidi dans l'aéro-réfrigérant du gaz d'entrée.

Si la température finale de la CPF est plus froide que la température ambiante, alors

l'aéroréfrigérant peut être by-passé. L'écoulement de gaz refroidi ou by-passé est envoyé au scrubber du gaz d'entrée. Tout liquide qui est produit par le refroidissement est séparé et acheminé vers le séparateur du condensat.

Le gaz provenant du scrubber est acheminé vers le système de prétraitement du gaz.

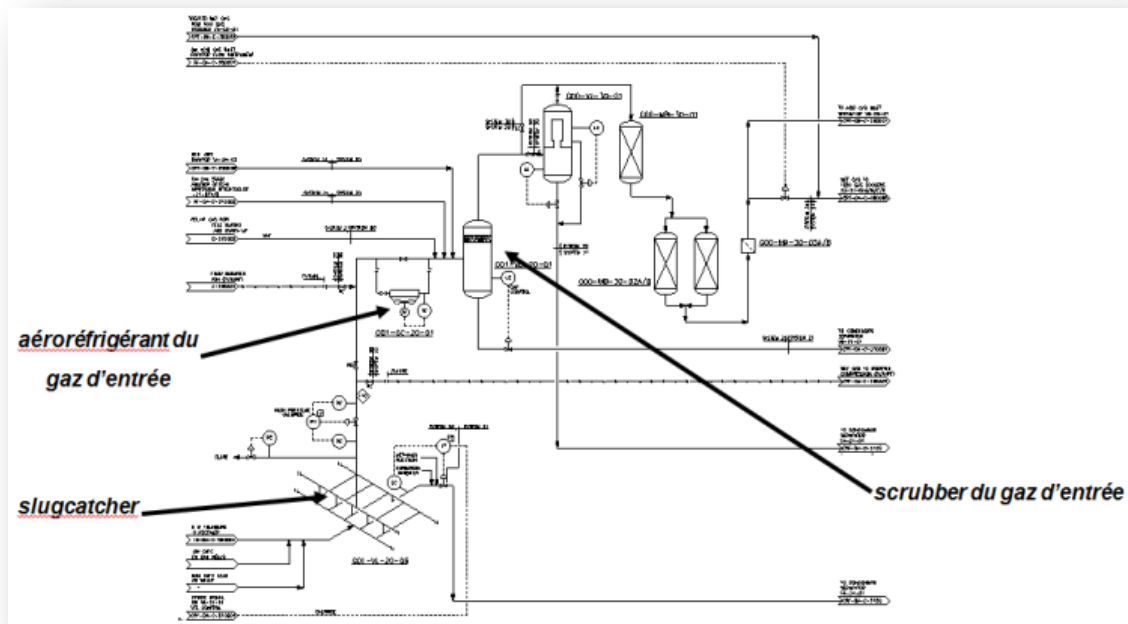


Figure 4. Équipements de réception et slug-catcher [2]

2.2. Prétraitement du gaz pour éliminer H₂S et Hg :

Le gaz provenant du Slug-catcher passe à travers le Filtre Coalesceur et Entrée des Lits de Rétention du H₂S & du Mercure.

le liquide séparé en bas du réservoir est réuni et envoyé au séparateur de condensat.

Dans l'écoulement de sortie du gaz le mercure est tout d'abord éliminé dans le lit de rétention du mercure, qui contient un lit de sulfure Zn/Cu.

Après le lit de rétention du mercure, le gaz passe à travers les lits d'élimination du H₂S, ceux-ci sont installés en service / réserve.

Tout en suivant les lits d'élimination du H₂S, le gaz passe à travers les filtres pour assurer qu'aucune particule réactant n'est entraînée par le gaz Sur la ligne de sortie des filtres après les lits d'élimination du Mercure et de l'H₂S, le flux de gaz est partagé par le 28-FIC-00006 afin d'alimenter le système d'élimination du CO₂ (pour respecter la spécifique en CO₂ nécessaire), alors que l'autre flux by-passe le Système d'amine et est envoyé au Système de déshydrations.

Le point de consigne du contrôleur de débit est fixé manuellement par le réglage du débit qui entre dans le système d'élimination du CO₂.



Figure 5. élimination de mercure et H₂S. [3]

2.3. Elimination du CO₂:

L'objectif de système d'élimination du CO₂ est de réduire à moins de 2% mol la concentration de CO₂ dans le gaz à vendre afin de respecter les spécifices normales du gaz à vendre.

Une partie du gaz d'alimentation sera acheminée vers le système d'élimination du CO₂ et

entre dans le séparateur d'entrée du gaz acide.

Le gaz est puis envoyé au fond de l'absorbeur du gaz acide où il entre en contact avec la solution aqueuse d'amine qui s'écoule vers le bas du haut de la colonne.

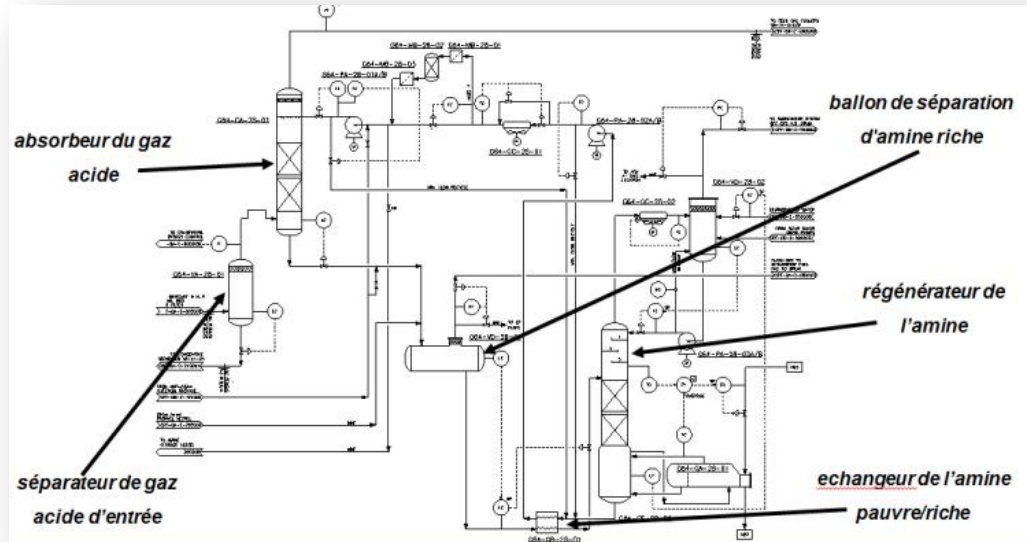


Figure 6. élimination du CO₂

L'amine enrichie, provenant du fond de l'absorbeur du gaz acide, va au ballon de séparation d'amine riche. L'amine riche provenant du fond du ballon de séparation de l'amine riche après avoir été partiellement chauffée dans l'échangeur d'amine pauvre/riche est acheminée au régénérateur de l'amine.

La chaleur nécessaire à la régénération est fournie par le rebouilleur du régénérateur de type kettle qui utilise l'huile chaude comme moyen de chauffage. [3]

2.4. Déshydratation du gaz :

Avant la déshydratation, le gaz est refroidi dans les refroidisseurs du gaz d'alimentation et puis envoyé au filtre coalesceur d'entrée des sécheurs pour éliminer l'eau chargée.

Le gaz d'entrée est refroidi à la température la plus basse possible sans s'approcher à la formation d'hydrate.

Le gaz est déshydraté par les tamis moléculaires.

Le gaz déshydraté dans le tamis moléculaires passe à travers les filtres de sortie des sécheurs pour s'assurer qu'aucune particule n'ait reporté dans le système de conditionnement du gaz.

Le gaz pour la régénération des lits de déshydratation est pris de l'écoulement du gaz séché et envoyé au compresseur du gaz de régénération.

L'écoulement du gaz vers les lits de déshydratation est chauffé par l'huile chaude à 235°C dans les échangeurs du gaz de régénération.

Le gaz qui laisse le lit de régénération et ensuite envoyé à l'Aéroréfrigérant du Gaz de Régénération.

Le gaz de régénération refroidi s'écoule vers le séparateur du gaz de régénération où l'eau condensée est évacuée et envoyé au système de traitement d'eau produite.

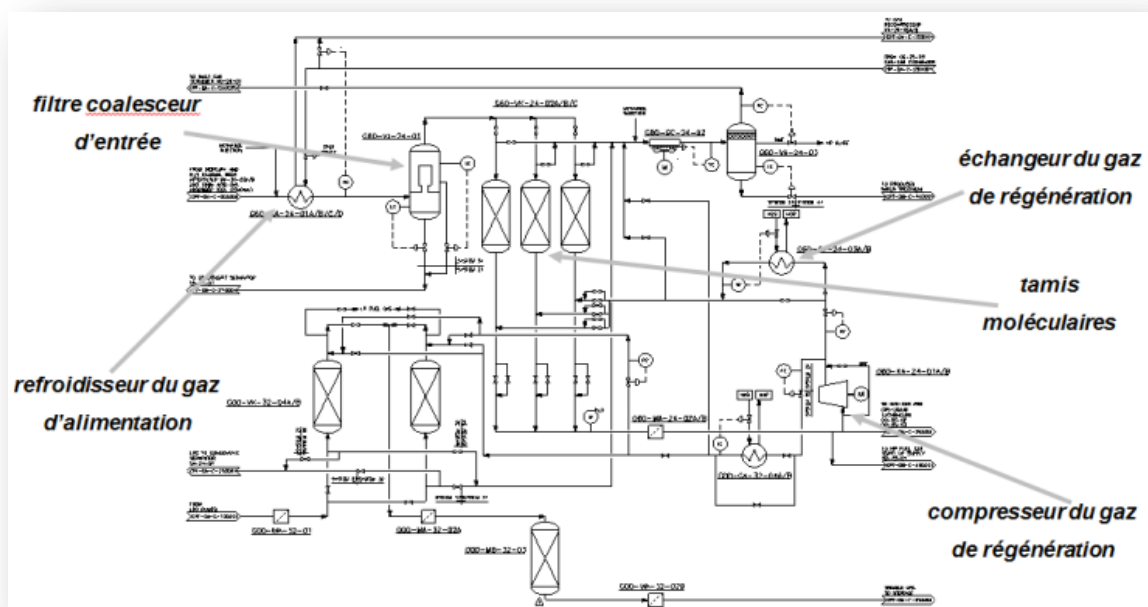


Figure 7. déshydratation du gaz [2]

2.5. Conditionnement du gaz :

Le gaz déshydraté est refroidi par la chaleur échangée avec le liquide du ballon de l'aspiration du turbo-expander dans l'échangeur gaz-liquide et par la chaleur échangée avec le gaz du ballon du refoulement de l'extenseur dans l'échangeur gaz-gaz.

Le gaz filtré des sécheurs est partagé par un contrôleur de rapport du débit de façon qu'une portion du gaz soit échangée avec le gaz froid dans l'échangeur gaz-gaz et le reste du gaz est échangé avec les liquides refroidis dans l'échangeur gaz-liquide.

Le gaz refroidi est acheminé vers le ballon de l'aspiration du turbo-expander.

Les liquides condensés sont utilisés pour rafraîchir une portion du gaz d'alimentation dans

l'échangeur gaz-liquide (come décrit ci-dessus) et sont enfin acheminés vers le dé-éthaniseur.

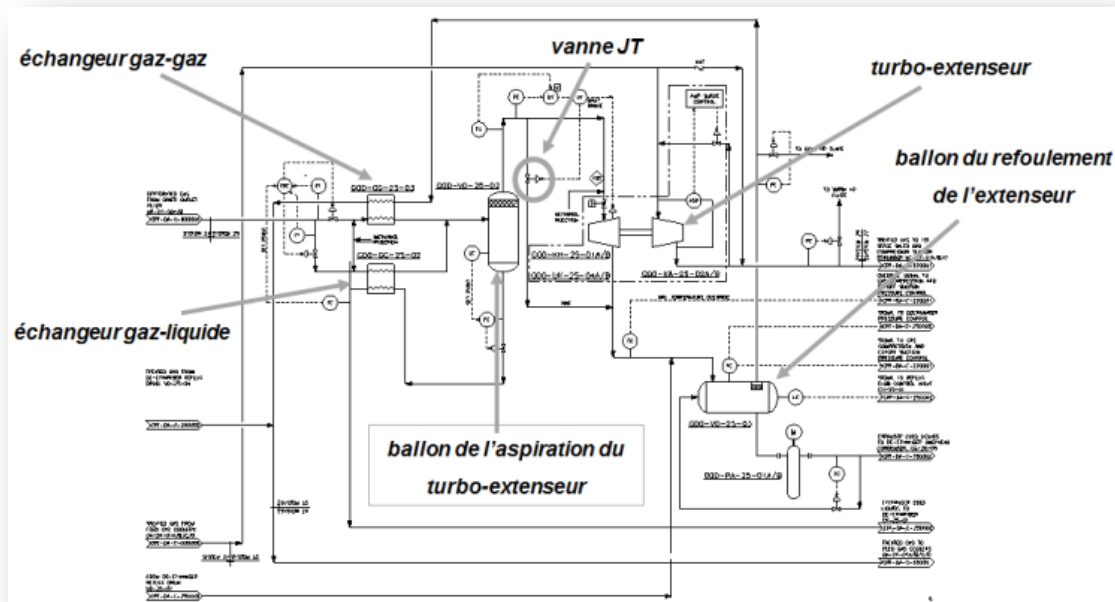


Figure 8. Conditionnement du gaz [2]

2.6. Compression et le comptage du gaz à vendre :

Le gaz conditionné en ava+1 du ré-compresseur doit être comprimé à la pression adéquate dans la canalisation d'exportation.

Il y a trois trains de compression du gaz: deux en service et un train en stand-by qui sera aligné manuellement comme aucun changement automatique a été prévu.

Le gaz passe d'abord à travers un scrubber d'aspiration du 1^o stade de compression.

Après l'épuration, le gaz est comprimé par le 1^o stade de compression du gaz à vendre et il est ensuite refroidi dans l'aftercooler du 1er stade de compression.

Ensuite le gaz passe au scrubber d'aspiration du 2^o stade de compression, au 2^o stade de compression du gaz et à l'aftercooler du 2^o stade de compression.

Les deux stades de compression du gaz à vendre sont pilotés sur un axe commun par une turbine de gaz. Chaque stade de compression est protégé contre le pompage à bas débit par un contrôle de anti-pompage et de recycle à chaque stade.

Le gaz provenant des compresseurs du gaz à vendre est compté dans le compteur fiscal du gaz à vendre, qui consiste de trois écoulements de la pression et de la température compensé par la vitesse de sortie.

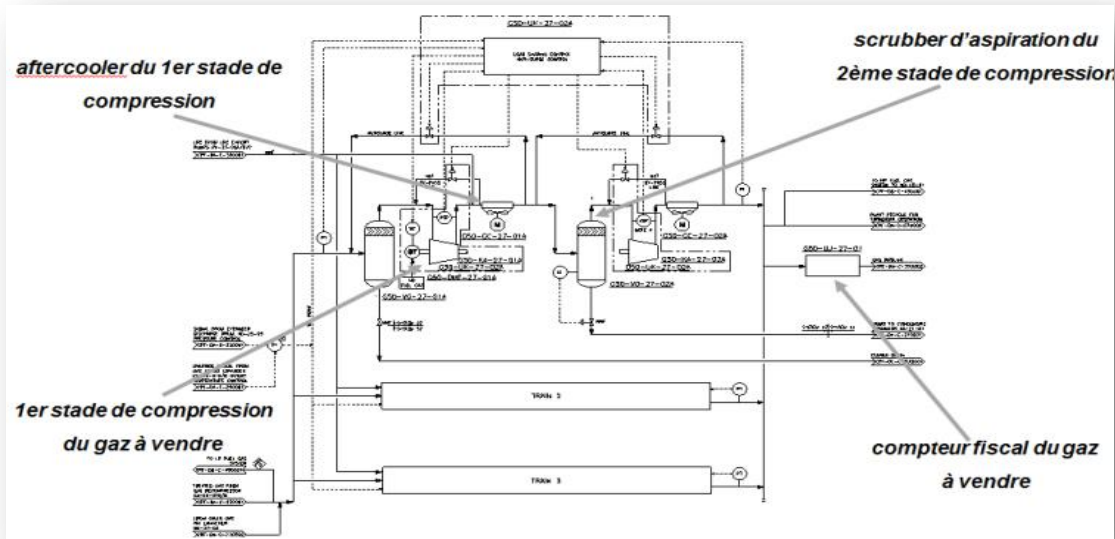


Figure 9. Compression et le comptage du gaz à vendre [2]

3. Unité du traitement du liquide composant :

3.1 Traitement & Stabilisation du liquide :

Le condensat est collecté dans un séparateur du condensat, il est séparé et acheminé au pré-filtre coalescent des condensats et puis au coalescent du condensat pour éliminer l'eau de l'écoulement du condensat.

Le condensat est divisé en deux écoulements d'alimentation du stabilisateur du condensat.

Un des écoulements alimente le plateau du sommet, l'autre est préchauffé et ensuite alimente le plateau 10, au milieu du stabilisateur.

Le préchauffage d'alimentation du stabilisateur est accompli dans les échangeurs de chaleur de l'alimentation du stabilisateur.

Le fond du stabilisateur est acheminé au dé-butaniseur.

L'écoulement du gaz de tête du Stabilisateur est acheminé au système de compression de l'off gaz où il est renvoyé au système de procédé du gaz.

L'off-gaz du stabilisateur de condensat est recyclé dans le système de traitement du gaz par les compresseurs de l'off-gaz.

Le gaz passe tout d'abord à travers le scrubber stabilisateur du compresseur.

Le gaz provenant du scrubber d'aspiration est ensuite comprimé dans le compresseur de l'off-gaz du stabilisateur.

Le compresseur de l'off-gaz est un compresseur à volume constant inverse à deux stades piloté par un moteur électrique à vitesse constante.

Le gaz comprimé en aval de chaque stade de compression est refroidi dans un aftercooler.

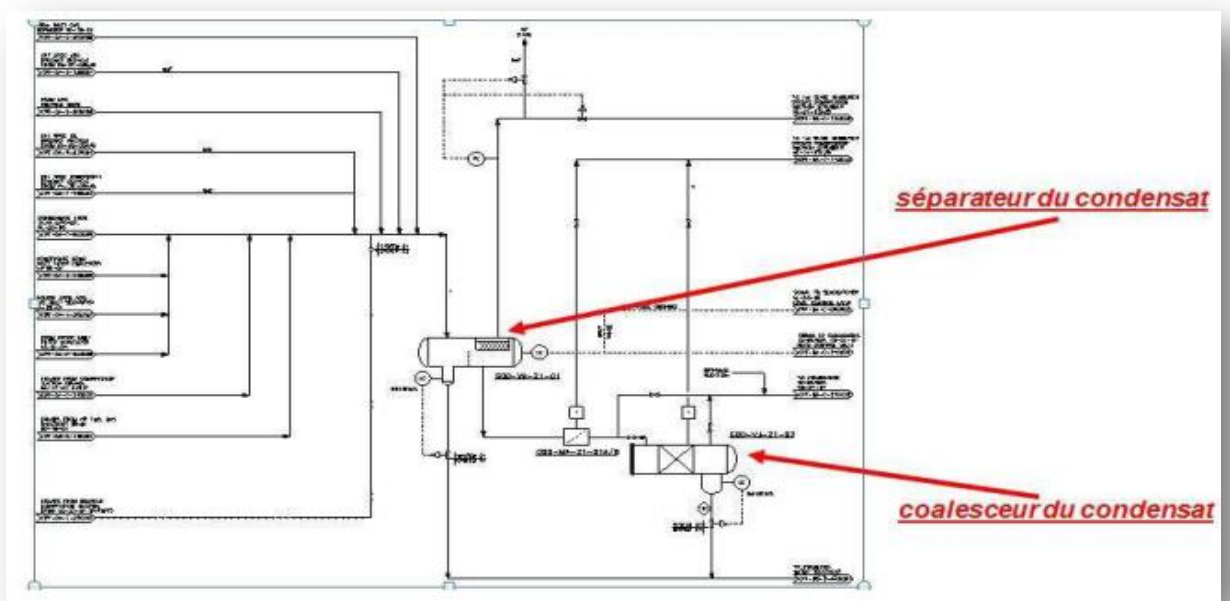


Figure 10. Traitement & Stabilisation du liquide [2]

3.2. Récupération et Traitement du GPL :

Le liquide (C3+) provenant du fond du stabilisateur du condensat alimente la débutaniseur (plateau 27) pour récupérer le GPL.

Le débutaniseur est également alimenté (plateau 8) avec le liquide de fond du déethaniseur, chauffé dans l'échangeur de chaleur d'alimentation du débutaniseur.

Un écoulement latéral est prévu pour envoyer les hydrocarbures légers (surtout C5 et C6) au produit huile afin de répandre la caractéristique du produit du condensat.

Le fond peut être divisé en deux flux, un est acheminé au système de récupération de condensats et l'autre est acheminé au système rundown du produit huile. [4]

3.3. Stockage du condensat & de Pompage

Le condensat est pompé par les pompes de condensats aux réservoirs de stockage du condensat.

Les deux réservoirs de stockage fonctionnent de la manière suivante:

- Un réservoir se remplit avec le condensat produit.
- Un réservoir est réglé pour les premières 8 heures et il est en phase d'exportation pour les heures suivantes.

Le condensat est exporté par les pompes d'exportation du condensat.

Deux étapes de pompage ont été adoptées: les pompes de surcompression et les pompes d'exportation du condensat.

Le condensat est exporté par un compteur fiscal du condensat et puis s'écoule à la conduite d'exportation.

Pendant le démarrage et les bouleversements de l'usine, le produit de condensation ne peut être produit selon des spécifications et donc un réservoir de stockage du condensat off spec est prévu pour permettre au produit off-spec d'être emmagasiné pour la reprise suivante.

Le stockage est fourni pour 18 heures de la production off-spec .

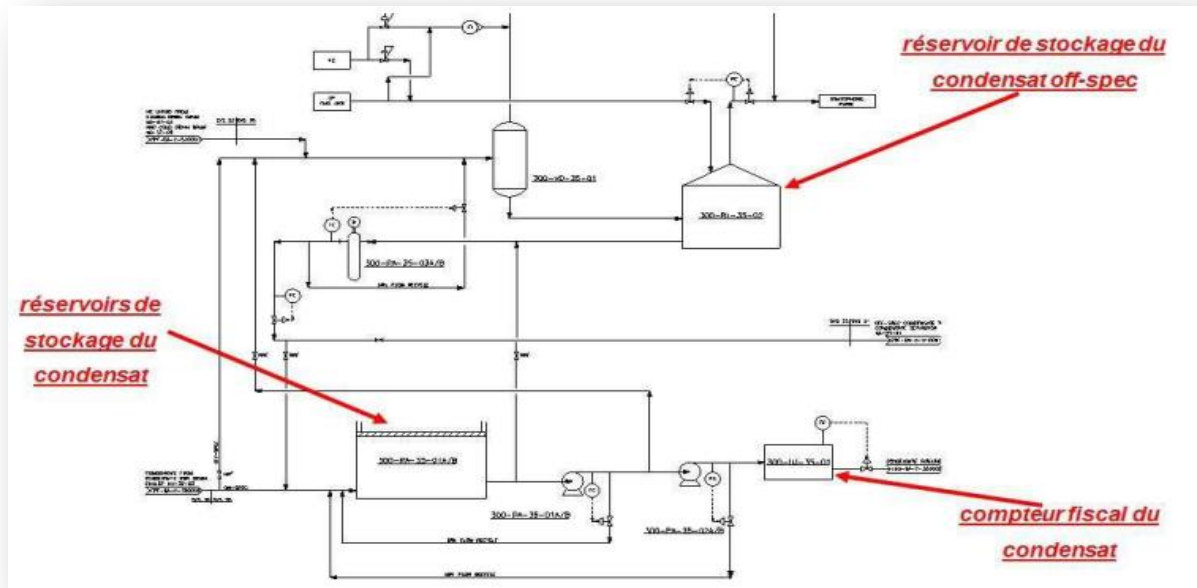


Figure 11. Stockage de condensat [2]

3.4. Stockage de l'huile & de Pompage :

produit est transféré aux réservoirs de stockage de l'huile. Chaque réservoir est dimensionné pour la production d'environ 12 heures.

Les quatre réservoirs de stockage fonctionnent de la manière suivante:

- Un réservoir est rempli avec l'huile produit
- Un réservoir est réglé
- Un réservoir est en phase d'exportation
- Un réservoir est vidé

Ce fonctionnement parcourt sur une base de deux jours. L'huile est exportée par les pompes d'exportation de l'huile.

Deux phases du pompage ont été prévues: les pompes de surcompression et les pompes d'exportation de l'huile.

L'huile est exportée par un compteur fiscal de l'huile et puis s'écoule à la conduite d'exportation.

Pendant le démarrage et les bouleversements de l'usine, l'huile ne peut être produite selon des spécifications et donc un réservoir de stockage de l'huile off-spec est prévu pour

permettre au produit off-spec d'être emmagasiné pour la reprise suivante.

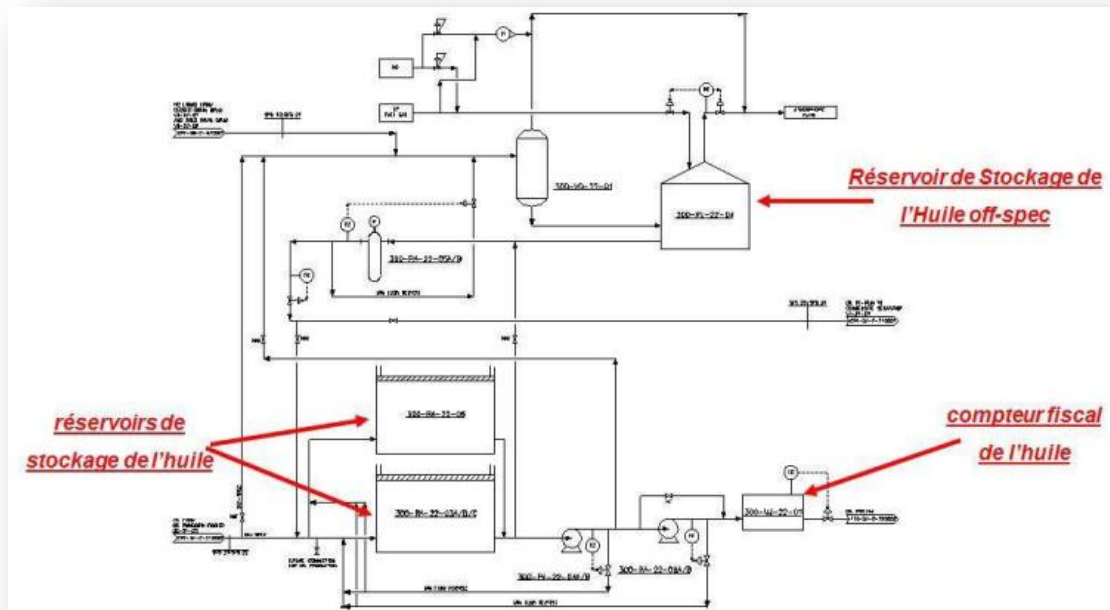


Figure 12. stockage de l'huile [2]

3.5. Stockage du GPL & Pompage :

Il y a 3 sphères de stockage du GPL, chaque dimensionnée pour 500 m³ de stockage.

Il n'y a pas le stockage planifié du GPL mais ces sphères se comportent comme un stockage tampon pour fournir la flexibilité du fonctionnement.

Le GPL est exporté par trois pompes d'exportation sans les pompes d'aspiration.

Le GPL est exporté par un compteur fiscal du GPL et puis s'écoule à la conduite d'exportation.

Au cas où la conduite d'exportation est hors service, le GPL est acheminé à la première étape des conduites de décharge des trois trains du compresseur du gaz à vendre.

Pendant le démarrage et le bouleversement de l'usine, le GPL ne peut pas être produit à la spécification et donc une sphère de stockage du GPL off-spec est fournie pour permettre au produit off-spec d'être emmagasiné pour la prochaine reprise.

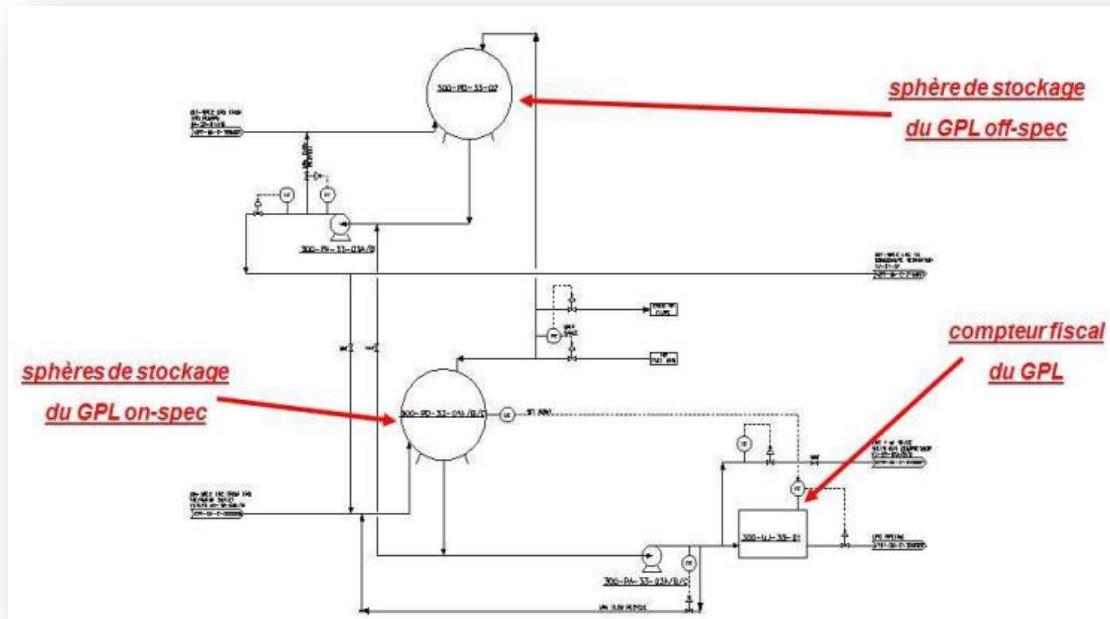


Figure 13. Schéma du Stockage du GPL[2]

3.6. Et actuellement production de champ MLE est :

- Gas 6,500,000 sm³/jour
- Huile 3000 barils/jour
- Condensate 4000 barils/jour
- GPL 14000 barils/jour

4. Systèmes des utilités :

4.1. Huile chaude :

Le chauffage du procédé et des utilités est fourni par un système unique de circulation d'huile chaude commun dans les installations de traitement.

Le fluide utilisé dans le système de chauffage doit être de bonne qualité en termes de transfert thermique et stable à des températures très élevées.

Au niveau de CPF-MLE, le fluide utilisé est une huile minérale pure (TORADATC 32).

L'huile est fournie sur les sites par des camions citernes et dépotée au réservoir de stockage d'huile chaude (VN-41-02), est maintenue à une pression entre 0,2 et 0,7 barg par la couverture d'azote.

Les pompes de circulation d'huile chaude (PA-41-01A/B/C/D),aspirent à partir du ballon d'expansion (VD-41-03)et refoule l'huile chaude à travers les échangeurs de chaleur et retourne au récipient d'expansion.

Une partie (10%) de l'huile chaude est également prélevée sous le contrôle de débit pour passera travers le filtre d'huile chaud(MA-41-01), pour éliminer toute particule pouvant s'accumuler dans le circuit d'huile chaude.

L'huile chaude est acheminée vers la surchauffeur en échappement des turbines de compression de gaz, à partir du refoulement des pompes de circulation, à une température d'environ182°C, sous le contrôle de débit réglé par le courant de gaz combustible .

L'huile chaude sortant de l'échangeur retourne vers le récipient d'expansion via le collecteur de retour d'huile chaude.

Le courant principal d'huile chaude passe dans les trois unités de récupération de chaleur perdue où la chaleur est extraite des gaz d'éjection des turbines de compresseur de gaz export (TK 01/02/03).

A ce stade, l'huile chaude est réchauffée à environ 260°C pour alimenter les réchauffeurs (fours) (FA-41-01/02) d'huile chaude allumés au fuel gaz.

Le flux d'huile chaude vers chaque four est contrôlé par des dispositifs de contrôle individuels pour atteindre une température des ortie d'huile chaude de 275°C,cette température est contrôlé par le système BMS(système de gestion des bruleurs).

L'huile chaude est acheminée, à travers un système de distribution en deux paliers selon les exigen ces diverses de service et de température des échangeurs pour fournir la chaleur nécessaire aux équipements suivants :

1) Premier palier :

1-a) Echangeurs de régénération (GA-24-03A/B) et (GA-32-04A/B)

1-b) Rebouilleur de la colonne de stabilisation (GA-21-01)

1-c) Rebouilleur du débutaniseur (GA-32-02)

2) Deuxième palier :

2-a) Rebouilleur du dé-éthaniseur (GA-25-04)

2-b) Rebouilleur du régénérateur de l'amine (GA-28-01)

Afin d'inhiber ou de dissoudre les hydrates pouvant se former périodiquement dans les lignes de gaz et les équipements froids, tels que les échangeurs de chaleur et les ballons.

Le Méthanol sera typiquement injecté dans les cas suivants :

- Lorsque la formation d'hydrate a déjà causé un blocage partiel, comme il est constaté par la chute de pression importante à travers certains éléments des équipements.
- Lorsqu'il est possible de prévoir qu'une action provoquera la formation d'hydrate, telle que la dépressurisation du Slug Catcher.

Le système d'injection du méthanol est composé de deux pompes de déchargement de méthanol (PB-42-01A/B), bac de stockage de méthanol, et un collecteur de distribution.

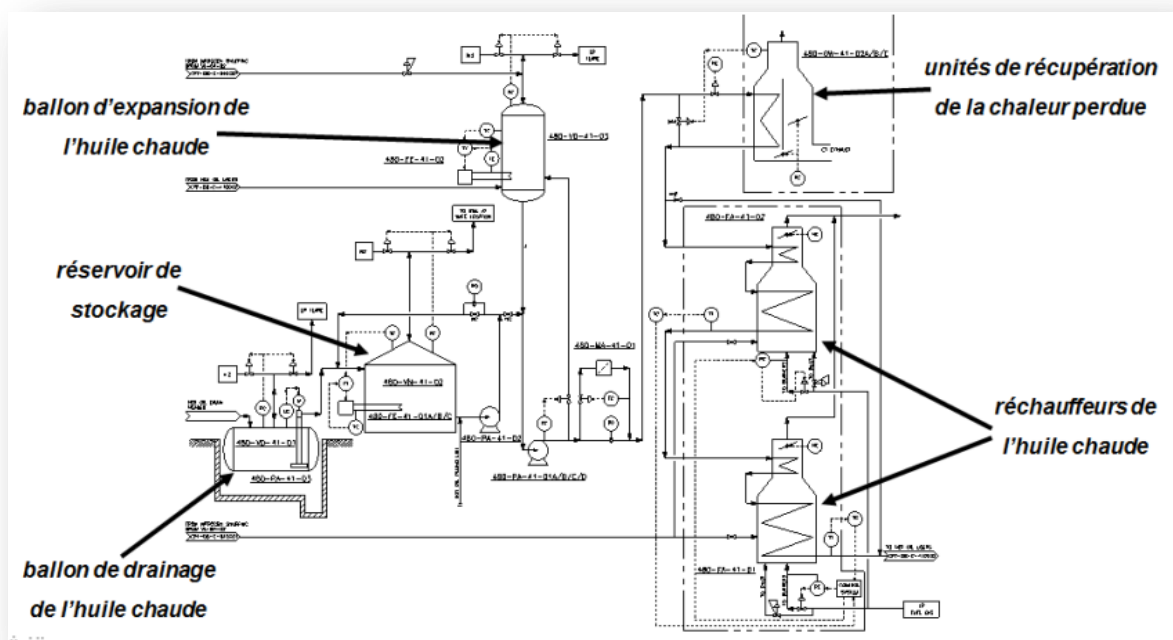


Figure 14. Schéma du huile chaude [2]

4.2. Injection des produits chimiques :

Le système d'injection de méthanol comprend un ballon de stockage, avec injection directe en utilisant les pompes d'injection de méthanol.

Le méthanol est chargé avec les pompes de déchargement du méthanol ou par des pompes portatives dans le ballon de stockage.

Le système d'injection de l'inhibiteur de corrosion comprend un ballon de stockage, avec une injection directe en utilisant les pompes d'injection de l'inhibiteur de corrosion.

L'inhibiteur de corrosion est chargé manuellement par l'opérateur dans le ballon de l'inhibiteur de corrosion.

Le système d'injection de l'anti mousse comprend un ballon de stockage, avec une injection directe en utilisant les pompes d'injection de l'anti mousse.

L'anti-mousse est chargé manuellement par l'opérateur dans le ballon de l'anti mousse.

L'injection du méthanol, de l'inhibiteur de corrosion et de l'anti mousse est une décision prise par l'opérateur et est une opération manuelle: les pompes d'injection sont démarrées/arrêtées manuellement et réglées au débit d'injection nécessaire. [4]

4.3. Réseaux de torche :

Le système de torche a quatre sous-systèmes:

- Torche chaude à haute pression (HP)
- Torche froide à haute pression (HP)
- Torche à basse pression (BP)
- Torche atmosphérique

La plupart des équipements sont connectés aux collecteurs de la torche froide HP et chaude HP. Les deux torches sont complètement séparées et équipées d'une cheminée.

Le système de torche à basse pression est dédié pour les équipements avec une pression de calcul inférieur à 14 barg et pour le système qui déchargent à une pression basse(1.5 barg maximum).

Le système de torche atmosphérique (ATM) est conçu pour opérer à une pression de 100 mbarg maximum. [4]

4.4. Traitement des eau produit par les puit pétrolier :

Toute l'eau produite durant le procédé, est envoyée au séparateur d'eau produite pour être traitée.

Le séparateur d'eau produite est directement raccordé à la torche BP sans contrôle de la pression puisque le ballon est censé fonctionner à une température et pression ambiante.

Les liquides hydrocarbures provenant du séparateur de l'eau produite sont acheminés par gravité au ballon de drainage fermé.

L'eau provenant du séparateur de l'eau produite est acheminée par gravité vers le séparateur API.

Le séparateur d'eau produite est surélevé pour assurer que la prévalence soit suffisante pour satisfaire les débits nécessaires vers le ballon du drainage fermé et le séparateur API.

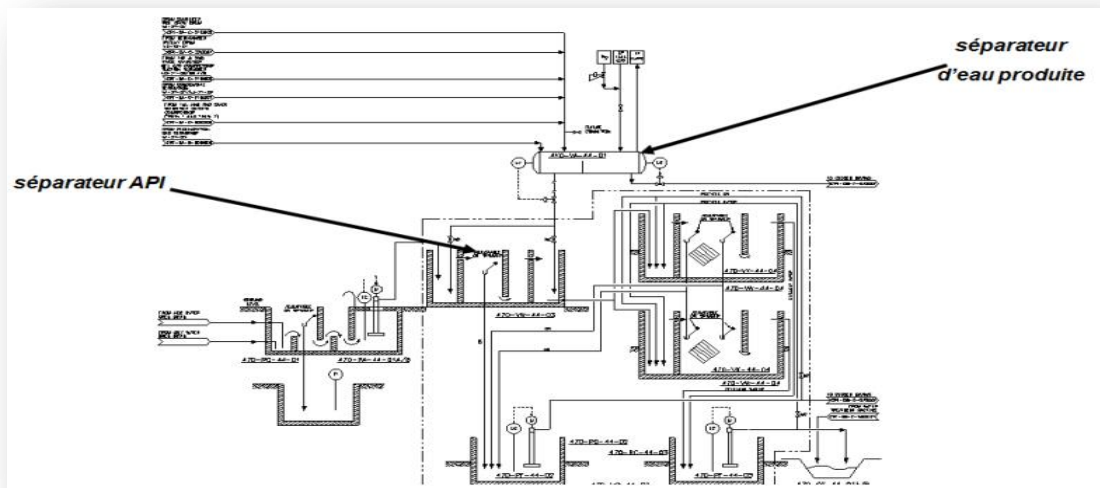


Figure 15. Traitement des eau produit par les puit pétrolier [2]

4.5. Fuel gaz :

Il y a deux systèmes de gaz combustible, un à haute pression (HP) environ 42 barg et un à basse pression (BP) à 7 barg.

Les utilisateurs du gaz combustible à HP sont:

- Turbines à Gaz des Compresseurs du Gaz à vendre.
- Gaz d'étanchéité pour le Turbo Extenseur / Ré-compresseur.
- Gaz de couverture pour les Sphères de Stockage du GPL.
- Gaz combustible BP.

Pour maintenir la pression dans le KOD du gaz combustible à HP, il est alimenté par des sources différentes en utilisant des contrôles de la pression.

Pour obtenir 30°C de surchauffe du gaz combustible, un pré-réchauffeur électrique du gaz combustible est utilisé.

Une partie du gaz est envoyé au KOD du gaz combustible à BP pour être distribué aux utilisateurs à basse pression . [4]

4.6. L'eau potable :

La circulation de l'eau pour les services de l'installation et l'eau d'incendie est prévue par les pompes d'eau des puits.

- Le débit total de l'eau brute passe dans les filtres de l'eau brute.
- L'eau est collectée dans le réservoir d'eau de source.

À partir du réservoir de l'eau brute, l'eau est pompée par les pompes d'eau brute au package de traitement de l'eau.

Le Package de Traitement de l'eau prévoit deux écoulements de qualité différente:

- Après une première étape de traitement, l'eau de qualité potable est produite, une partie de laquelle sert comme alimentation en aval des systèmes de l'eau potable, de l'eau de service et de l'eau d'incendie.

Le type de traitement de l'eau pour la première étape est un traitement d'osmose inverse.

- Une deuxième étape de traitement permet d'obtenir une eau déminéralisée à partir de l'eau de qualité potable.

Le traitement de l'eau pour la deuxième étape est obtenu par l'unité d'échange d'ions.

Les systèmes de l'eau potable, de l'eau de service et de l'eau déminéralisée sont conçus pour les exigences actuelles de MLE et pour les exigences futures de la CAFIC.

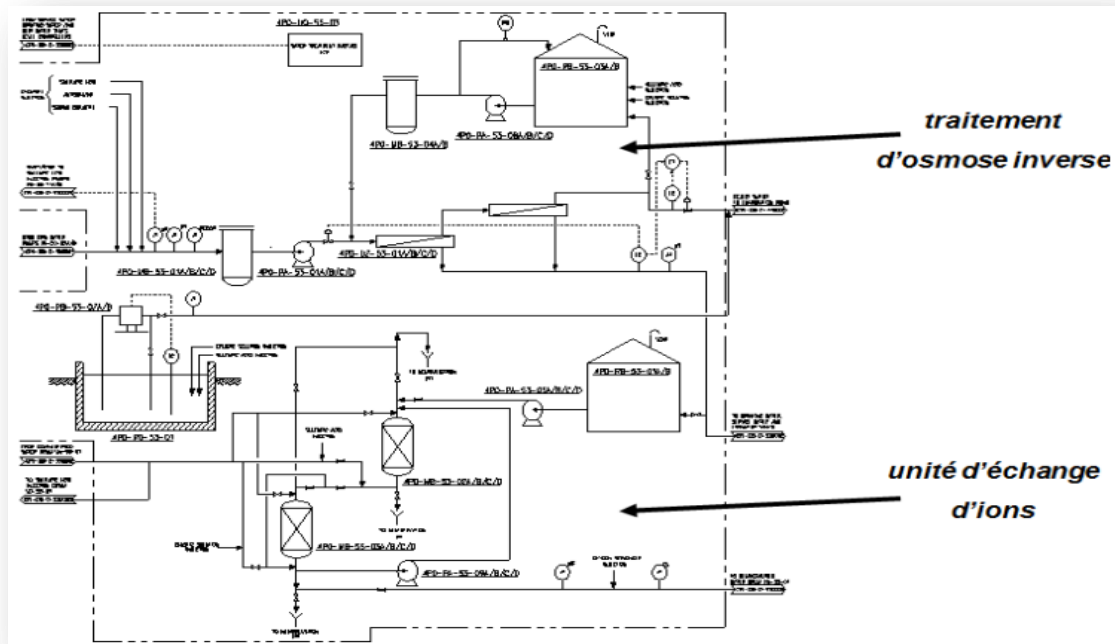


Figure 16. Schéma du L'eau potable [2]

4.7. Drainage:

4.7.1. Drainage ouvert :

Le système de drainage ouvert est constitué de deux collecteurs:

- Drainage Ouvert de l'Huile contaminée accidentellement (AOC)
- Drainage Ouvert de l'Eau Huileuse Le système AOC est conçu pour collecter les drainages provenant des réservoirs qui ne contiennent pas d'hydrocarbure et d'eau qu'est normalement pas contaminée par l'huile, en incluant l'eau de surface s'écoulant à partir de toutes les zones pavées de l'installation.

Le drainage ouvert de l'eau huileuse est prévu pour collecter les liquides qui sont généralement contaminés par l'huile, y compris les fluides les bacs d'égouttement et des répartiteurs.

4.7.2. Drainage fermé :

Le système de drainage fermé se compose de deux collecteurs principaux:

- Liquides chauds des hydrocarbures (collectés dans ballon de drainage fermé).
- Liquides froids des hydrocarbures (collectés dans ballon du drainage froid).



Figure 18. Réseau d`air [3]

4.8.2. Réseau d`azote :

L`écoulement d`alimentation (air) d`azote passe dans le Générateur d`Azote qui comprend 2 packages de génération d`azote à membrane. L`azote a besoin d`être généré avec une pureté de 98%. L`azote passe dans le ballon tampon d`azote, après il y a le système de distribution d`azote qui comprend un collecteur des utilisateurs essentiels et un collecteur des utilisateurs non-essentiels. Les utilisateurs essentiels d`azote se répartissent en trois catégories, utilisateurs continus (ex. étanchéités du compresseur), utilisateurs intermittents (ex. couverture du réservoir) et utilisateurs de support (ex. systèmes de torche).

Un écoulement d`azote est extrait de la sortie du package de génération d`azote et il est comprimé à 40 barg pour être envoyé aux réchauffeurs de l`huile chaude si nécessaire. La retenue (hold-up) du gaz comprimé est stockée dans le ballon de l`azote d`étouffement. [3]

Chapitre II :
Généralités sur les
pompes
hydraulique

Généralités sur les pompes hydraulique

1.1. Définition :

Les pompes sont des appareils qui servent à aspirer, refouler et comprimer les liquides et elles permettent de transformer l'énergie mécanique de rotation (ou de translation) en énergie hydraulique. En pratique, il s'agit souvent d'augmenter la pression du fluide [5]

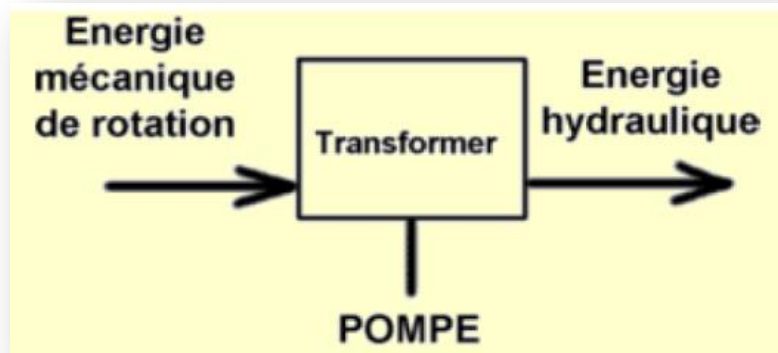


Figure 1. Transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique. [5]

Une pompe hydraulique est une machine destinée à accroître l'énergie d'un liquide en vue de provoquer son élévation de pression et son déplacement dans un circuit. Son rôle se limite à aspirer l'huile de réservoir et de la refouler. La pompe fournit un débit. Elle est donc un générateur de débit.

Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie que lui est communiqué par la force Centrifuge.

Une pompe se caractérise par :

- son débit.
- sa cylindrée.
- son rendement.
- Son sens de rotation.
- Sa vitesse de rotation.

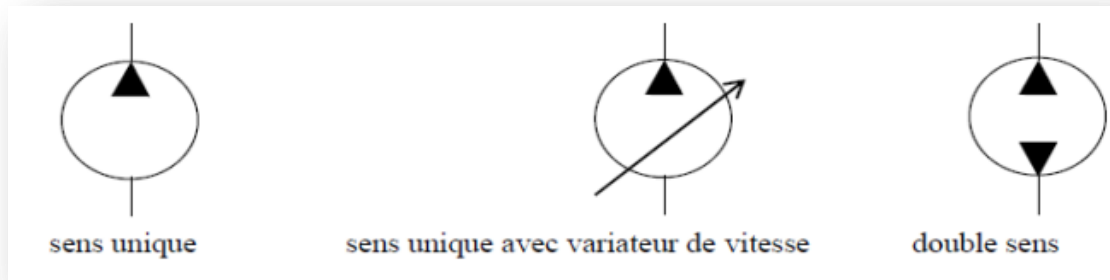


Figure 2. Symbole de la pompe hydraulique.

1.2. Classification des pompes :

Elles peuvent se classer en deux grandes catégories : [6]

les pompes volumétriques

les pompes centrifuges

Tableau 1. Classification des pompes

Catégories	Type	Structure
Centrifuge	Mono étage	- à volute - à diffuseur - vertical
	Multi etages	- héléco -centrifuge - axiale
Volumétrique	Rotatives	- à engrenages - à vis - à palettes
	Alternative	- à piston - à membrane

1.2.1.La pompe volumétrique:

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel déplace un élément mobile en translation ou en rotation rigoureusement ajusté.

L'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide. [7]

Leur fonctionnement repose sur l'exécution d'un mouvement cyclique.

Un volume V de fluide emprisonné dans un espace donné (le récipient de départ) est contraint à se déplacer de l'entrée vers la sortie de la pompe par un système mécanique.

Ce volume prélevé dans la conduite d'aspiration engendre une dépression qui fait avancer le fluide vers la pompe par aspiration.

Cet effet confère aux pompes volumétriques d'être auto-amorçant.

Dans le cas des liquides, la pression d'aspiration ne doit pas s'abaisser en-dessous de la pression de vapeur saturante sous peine de voir le liquide entrer en ébullition.

On obtient un débit théorique moyen proportionnel à la vitesse de rotation ou de translation.

Les pompes volumétriques sont caractérisées par une grande diversité d'emploi et une grande variété de réalisations technologiques.

On se limitera ici, à la présentation de quelques types à cette grande famille de machines tournantes :

- Les pompes volumétriques rotatives.
- Les pompes volumétriques alternatives.

1.2.1.1. pompes volumétriques rotatives:

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement. Les principaux types de pompes volumétriques sont les suivants : à palettes, engrenages, lobes, vis,...etc.

La figure ci-après, nous illustre la façon dont quelques pompes volumétrique rotatives fonctionnent :

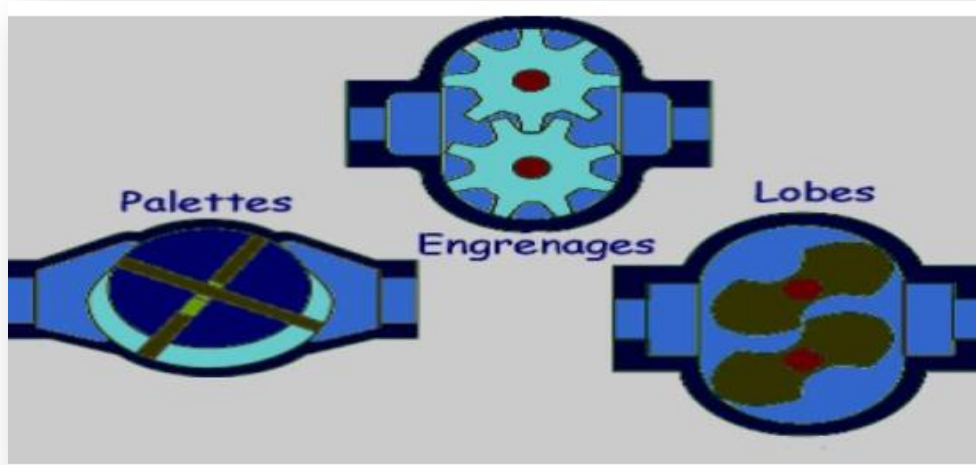


Figure 3. Fonctionnement de quelques pompes volumétriques rotatives. [8]

1.2.1.1.1. Pompes à palettes :

1.2.1.1.1.1 . Pompes à palettes libres:

Un corps cylindrique fixe communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du corps. Le rotor est muni de 2 à 8 fentes diamétralement opposées deux à deux, dans lesquelles glissent des palettes que des ressorts appuient sur la paroi capacités comprises entre les cylindres et les palettes en créant ainsi une aspiration du liquide d'un côté et un refoulement de l'autre (figure 4)

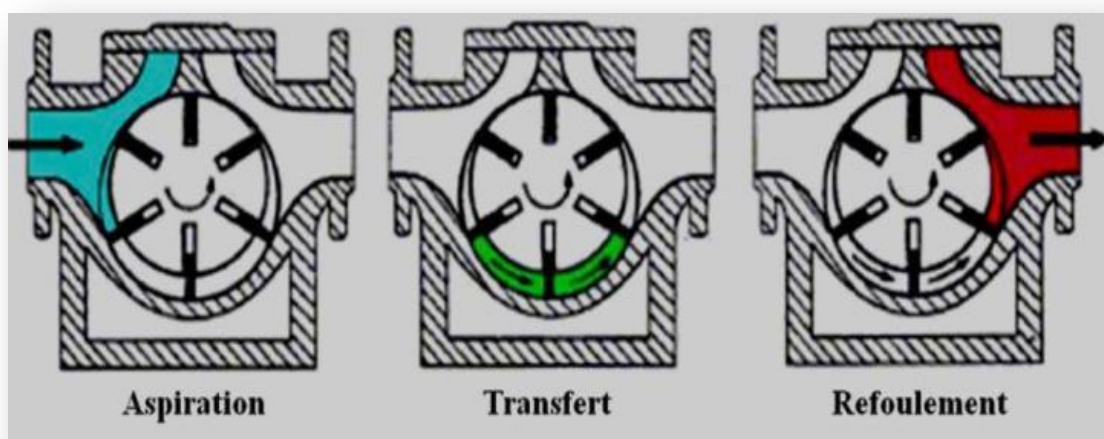


Figure 4. Pompes à palettes libres. [7]

1.2.1.1.2. Pompes à palettes flexibles :

L'ensemble rotor-palettes est en élastomère.

Il entraîne le liquide jusqu'au refoulement où les palettes sont fléchies par la plaque de compression et permettent l'expulsion du liquide.

Comme toutes les pompes à palettes, ces pompes n'entraînent ni brassage, ni laminage, ni émulsion du produit.

Elles peuvent également pomper des particules solides. Les caractéristiques, débit, vitesse, pression sont sensiblement identiques aux précédentes. [9]

Dans la figure suivante, nous avons les différentes étapes de transfert du liquide à l'intérieur des pompes à palettes flexibles :



Figure 5. Pompes à palettes flexibles[7]

1.2.1.1.2. Pompes à engrenages extérieurs:

Ce type de pompe comporte un grand nombre de variantes qui diffèrent entre elles soit par la disposition, soit par la forme des engrenages. Dans tous les cas, le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement (figure 6).

Les pompes à engrenages peuvent avoir une denture droite, hélicoïdale, ou encore à chevrons. Cette dernière solution présente l'avantage de rendre le mouvement plus uniforme. Ces pompes peuvent tourner vite (2000 à 3000 tr/min), elles sont relativement silencieuses et permettent d'atteindre des pressions moyennes au refoulement de l'ordre de 20 à 50 bars. [7]

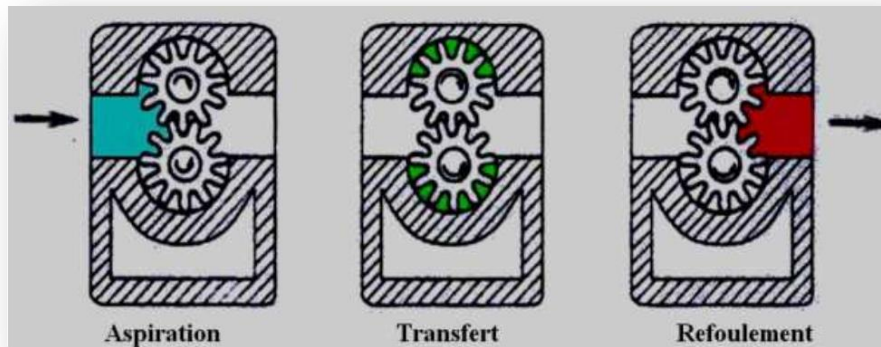


Figure 6. Pompes à engrenages extérieurs.

1.2.1.1.3. Pompes péristaltiques :

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

Elles permettent de pomper des liquides très abrasifs et chargés à un débit pouvant aller à 50 m³ / h. La pression au refoulement est de 15 bars. La hauteur manométrique maximale est de 160m. elles sont utilisées pour les produits chimiques et alimentaires

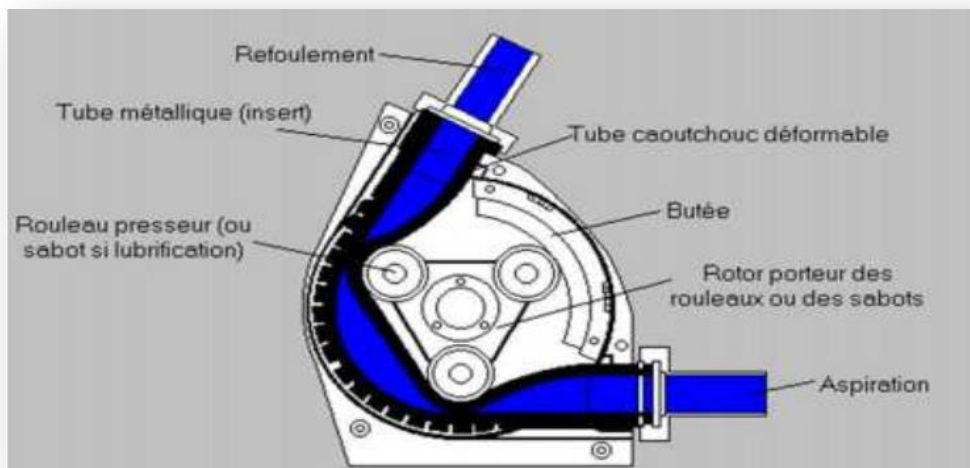


Figure 7. Pompes péristaltiques. [8]

1.2.1.1.4. Pompes à vis :

Elles sont formées de deux ou trois vis suivant les modèles. Dans le cas d'une pompe à trois vis, la vis centrale seule est motrice, les deux autres sont entraînées par la première.

Dans le cas d'une pompe à deux vis, celles-ci sont souvent toutes deux entraînées par un jeu de pignons extérieurs.

Ces pompes peuvent tourner vite (3 000 tr/min).

Elles sont silencieuses et permettent d'atteindre des pressions assez élevées (100 bar). Par contre, elles n'admettent pas de particules solides.

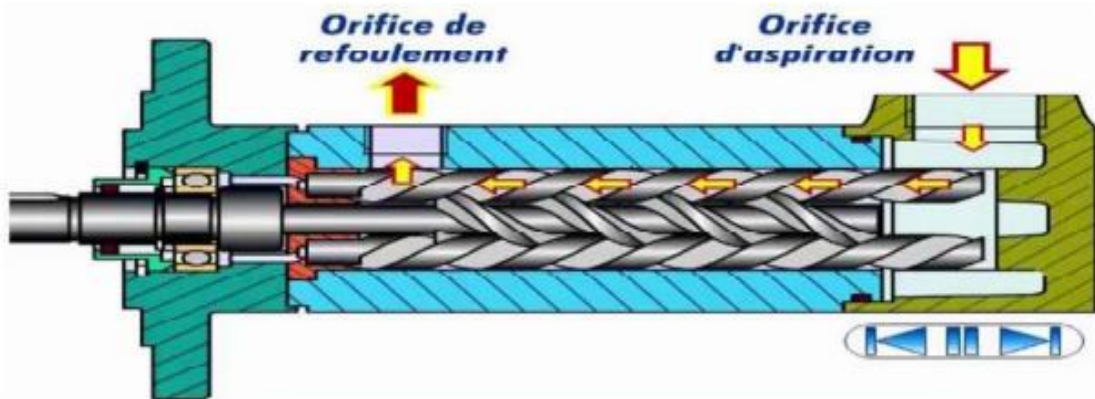


Figure8. Pompes à vis [10]

1.2.1.1.5. Pompes à lobes :

Le principe reste le même que celui d'une pompe à engrenages externes classique à ceci près que les dents ont une forme bien spécifique et qu'il n'y a que deux ou trois dents (lobes) par engrenage. Les rotors ne sont jamais en contact et, pour ce faire, sont entraînés par des engrenages externes.

De ce fait, le pouvoir d'aspiration reste faible. [8]



Figure 9. Pompes à lobes.

1.2.1.2. Pompes volumétriques alternatives :

Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Ses principaux types sont les suivants :

- A piston.
- A membrane. [7]

1.2.1.2.1. Pompes à pistons :

Ces machines ont un fonctionnement alternatif et nécessitent un jeu de soupapes ou de clapets pour obtenir tantôt l'aspiration du fluide, tantôt le refoulement. Elles peuvent être à simple effet et, dans ce cas, le piston n'a qu'une seule phase active (premier temps : aspiration, deuxième temps : refoulement) sur les deux que comporte le cycle.

Elles peuvent être à double effet et, dans ce cas, le piston est actif dans les deux phases, celles-ci étant à la fois phase d'aspiration et phase de refoulement. Cela permet un débit deux fois plus important et une régularité plus grande dans le débit. On peut également associer plusieurs pompes à simple ou à double effet en les calant de manière à ce que leurs mouvements respectifs s'accordent harmonieusement. On arrive dans ce cas à augmenter nettement le débit et surtout sa régularité. Ces pompes ont généralement un fort pouvoir d'aspiration, et surtout permettent d'obtenir des pressions élevées. Les pompes à piston sont robustes et ont de bons rendements au-dessus d'une certaine taille.

Elles peuvent être utilisées comme pompes doseuses, on les trouve d'ailleurs assez souvent avec des pistons à course réglables. L'étanchéité de ce type de pompes ne leur permet pas de travailler avec des fluides possédant des particules solides.

Les figures suivantes illustrent les deux phases respectivement des pompes à piston à simple effet et double effet.

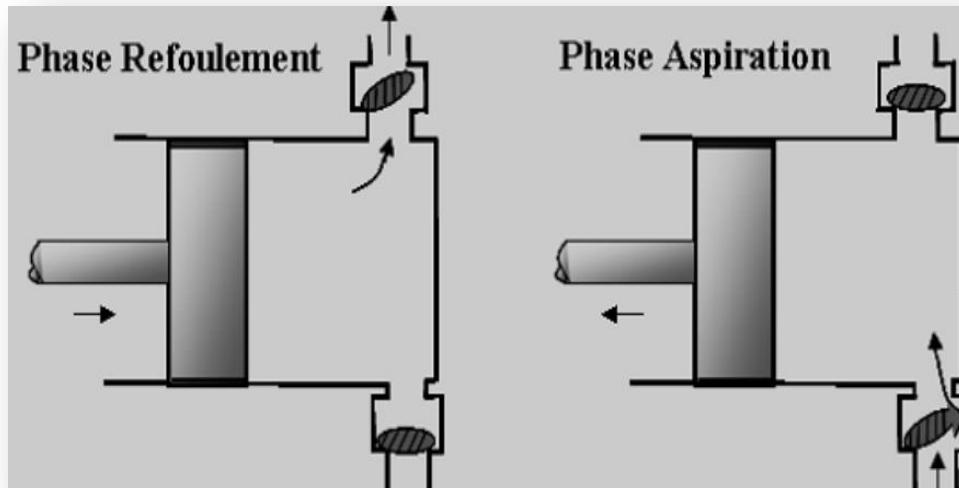


Figure 10. Principe pompe à piston. [8]

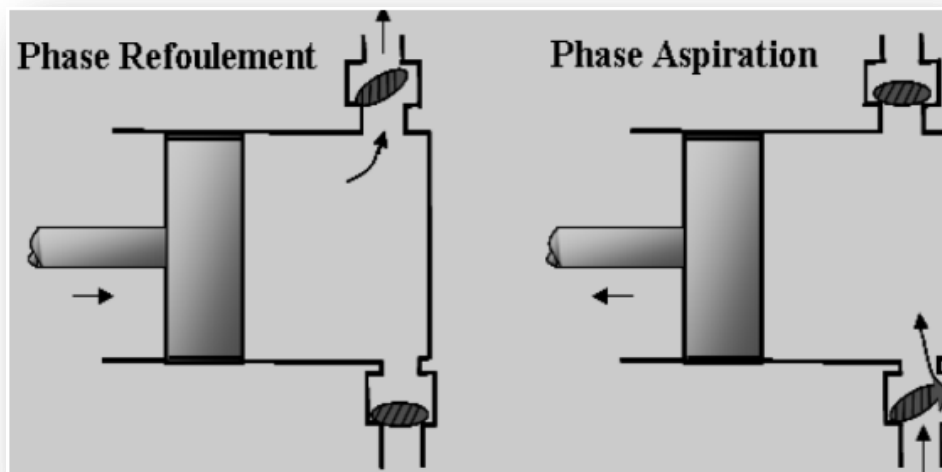


Figure 11. Pompe à piston à double effet [8]

1.2.1.2.2. Pompe à membranes:

Le déplacement du piston est remplacé par les déformations alternatives d'une membrane en matériau élastique (caoutchouc, élastomère, Néoprène, Viton, etc.).

Ces déformations produisent les phases d'aspiration et de refoulement que l'on retrouve dans toute pompe alternative.

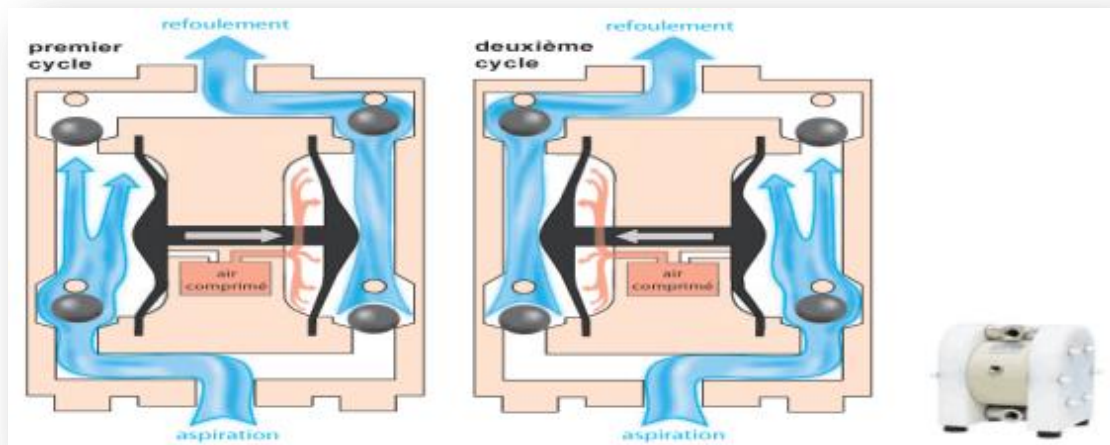


Figure 12. Pompe à membranes .[10]

Actuellement, les pompes à membranes sont constituées de deux membranes, ce qui permet d'avoir des pompes à double effet. Elles ont l'avantage de pouvoir pomper à peu près n'importe quel liquide : chargé, abrasif, acide, visqueux ou non. Cependant, elles ne conviennent que pour des débits moyens de l'ordre de 80 m³ /h, pour des températures inférieures à 150° et des viscosités faibles.

1.2.2. La pompe centrifuge :

1.2.2.1. Définition :

Une pompe centrifuge est un système ouvert, en quelque sort un trou ou encore un conduit, dans lequel est mis en place un champ de forces centrifuge. Elle n'est pas basée sur le transport du fluide dans un godet ou sur la variation dans le temps d'un volume d'emprisonnement, le fluide n'est plus poussé par une paroi matérielle, mais mis en mouvement et équilibré par un champ de forces. Cela est une notion très simple, « que nous allons le voir dans ce qui suit », elle est basée sur d'autres principes. La pompe centrifuge fonctionne et s'utilise selon d'autres lois, qui sont l'objet de l'ensemble des paragraphes qui vont suivre, Nous avons traité l'essentiel, cependant certains domaines restreints ou certains aspects particuliers n'ont pas été abordés.[11]

1.2.2.2. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

On peut décomposer le fonctionnement en trois étapes :

- **L'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.

- **L'accélération**

Le rotor transforme l'énergie mécanique appliquée à l'arbre de la machine en énergie cinétique. A la sortie du rotor, le fluide se trouve projeté dans la volute dont le but est de collecter le fluide et de le ramener dans la section de sortie.

- **Le refoulement :**

Dans l'élargissement en sortie, qui se comporte comme un divergent, le liquide perd de la vitesse au profit de l'accroissement de pression : l'énergie cinétique est convertie en énergie de pression au niveau de diffuseur [9]

1.2.2.3. Classification des pompes centrifuges

On classe les pompes centrifuges d'après le principe de fonctionnement. [9]

a) Disposition de l'axe

- les pompes à axe horizontale
- les pompes à axe vertical (pompes immergées)

b) la forme de la roue

- simple aspiration

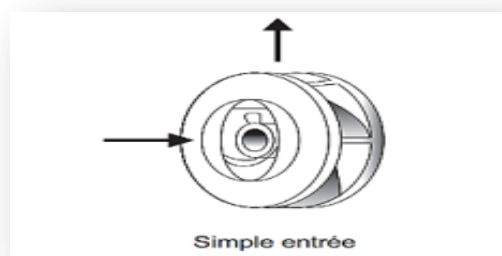


Figure 13. Roue à simple aspiration

- double aspiration

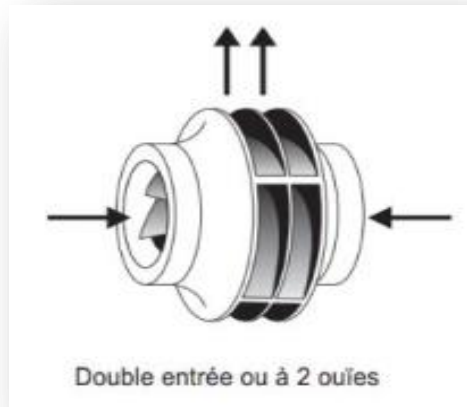


Figure 14. Roue à double aspiration

c) nombres des roue

Le nombre des roues correspondant au nombre d'étages

- monocellulaire ou mon-étagée (figure15)

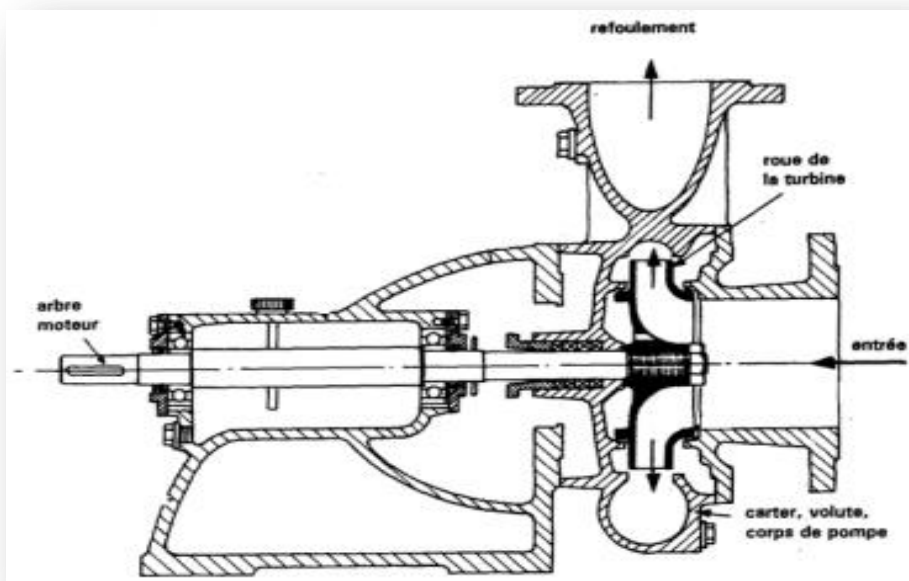


Figure 15. Pompe centrifuge mon-étagée

- multicellulaire ou multi-étages (figure16)

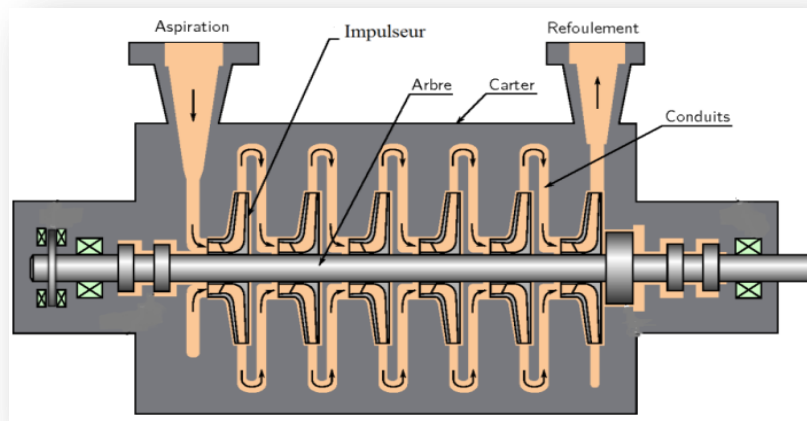


Figure 16. Pompe centrifuge multi-étagée

d) La pression engendrée

- Faible pression
- Forte pression

e) Moyen d'accouplement

- Par chaîne
- Par engrenage
- Par bride
- Par courroie

f) Moyen d'entraînement

- Par moteur électrique
- Par moteur diesel ou essence
- Par turbine à vapeur ou à gaz

g) Type du récupérateur

- Volute
- Diffuseur

h) Usage

- Pompe à usage normale
- Pompe à boue
- Pompe à acide
- Pompe à mazout et essence [9]

1.2.2.4. Principaux organes constituant d'une pompe centrifuge:

Les principaux éléments constituant la pompe centrifuge sont (figure17)

- Le distributeur (tube d'aspiration)
- La roue (R) garnie d'aubes
- Le diffuseur garni ou non d'aubes fixes
- La volute (V) comportant l'ouïe d'aspiration

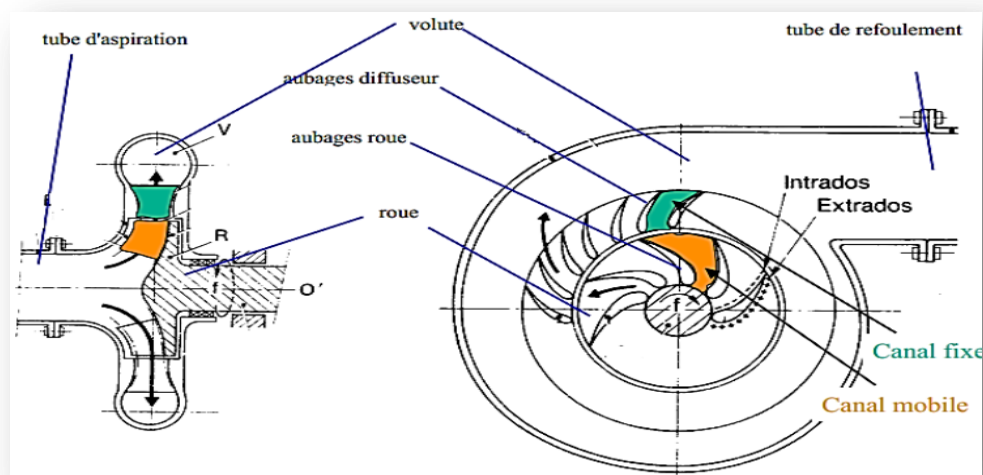


Figure 17. Principaux éléments d'une pompe centrifuge[10]

1.2.2.4.1. Rôle de la roue :

Considérons 1 m³ de liquide en point *M1* à l'entrée de la roue (figure 18). Il est à la pression *P1*.

En outre il est animé de deux vitesses :

- La vitesse d'entraînement :

$$U1 = W1 \times R1$$

- La vitesse relative :

$$W_1 = \frac{\text{Débit}}{\text{section normale à } w_1} = \frac{Q}{2 \times \pi \times b_1 \times \sin \alpha_1}$$

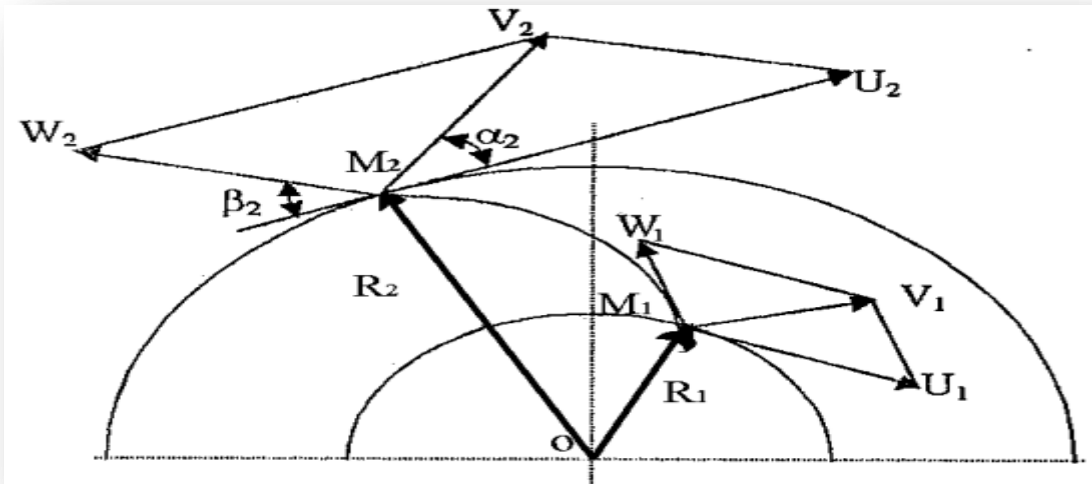


Figure 18: Triangle de vitesses dans une roué

La vitesse V1 est la résultante de U1 et W1, le m³ liquide en M1 dispose donc de deux énergies :

- a- Une énergie de pression P1.
- b- b- une énergie cinétique $\rho V1^2$.

Considérons le m³ de liquide présentent en M1 à la sortie de la roue(figure18). Il est à la pression P2.

En outre, il est animé de deux vitesses :

- La vitesse d'entraînement

$$U2 = W2 \times R2$$

- La vitesse relative :

$$W_2 = \frac{Q}{2 \times \pi \times b_2 \times \sin \alpha_2}$$

La vitesse absolue V_2 est la résultante de U_2 et W_2 . Le m^3 liquide en M_2 dispose donc de deux énergies de pression P_2 et l'énergie cinétique ρV_2^2 .

1.2.2.4.2. Rôle du diffuseur :

Pour éviter les pertes de charges exagérées dans les tuyauteries, on limite la vitesse de circulation du fluide à une valeur voisine de 2 m/s. Mais comme la vitesse absolue à la sortie de la roue (au point M_2) est de l'ordre de 50 m/s (figure 19) on doit prévoir un diffuseur réduisant progressivement la vitesse pour permettre la récupération de l'énergie cinétique. [12]

La chute de vitesse crée une élévation de la pression donnée par la relation de BERNOULLI.

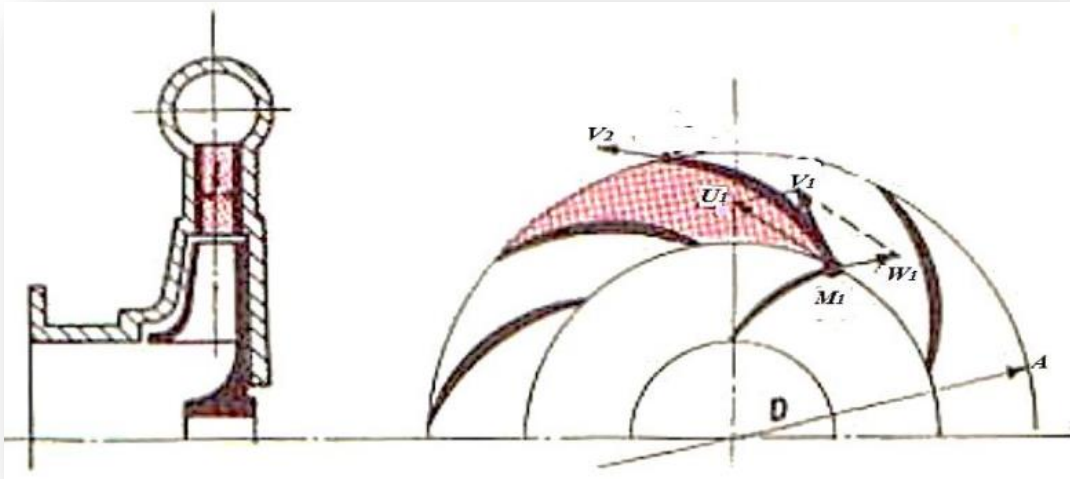


Figure 19. Rôle de diffuseur

$$\Delta P = \frac{\rho}{2} (V_2^2 - V_3^2)$$

V_2 : La vitesse absolue à la sortie de la roue au point M_2

V_3 : La vitesse absolue à la sortie du diffuseur

$$V_3 = \frac{Q}{S \times \cos \alpha_3}$$

S : étant la section de sortie du diffuseur, c'est à dire la surface latérale du cylindre extérieur du diffuseur ($\pi D_3 b_3$) et α_3 l'angle formé par le rayon. Alors, le rôle du diffuseur est donc d'augmenter la pression statique en faisant tomber la vitesse du fluide.[12]

1.2.2.4.2.1. Type de diffuseurs :

a- Diffuseur à ailettes directrices composé de deux flasques munis d'ailettes ce genre de diffuseur se rencontre peu sur les pompes monocellulaires mais bien sur les pompes multicellulaires.

b- Diffuseur lisse (sans ailettes). Les ailettes ne sont pas toujours nécessaires car une particule liquide quittant la roue avec une vitesse de direction V s'incurve automatiquement suivant une spirale.

D'où l'emploi de diffuseurs lisses moins couteux qui se rencontrent sur certaines pompes monocellulaires.[12]

1.2.2.4. 3. Rôle de la volute :

La volute est le collecteur du liquide venant du diffuseur. Puisque la vitesse du fluide reste constante dans la volute la section de celle-ci variera en progression arithmétique

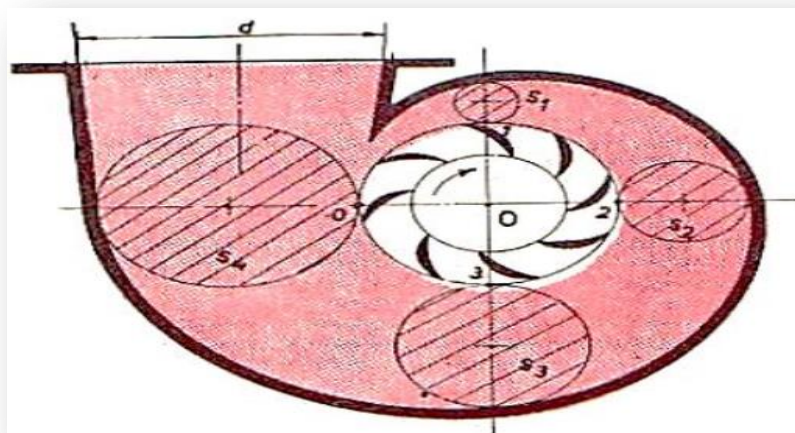


Figure 20. Rôle de la volute .

La section S_1 recueille les liquides des aubes de 0 à 1.

La section S_2 recueille les liquides des aubes de 0 à 2 d'où $S_2 = 2 S_1$.

Ainsi de suite jusque S_4 qui recueille la totalité des liquides. Le diamètre d est déterminé en vue d'être raccordé sur une tuyauterie normalisée. .[12]

Remarque : Absence de diffuseur.

Certaines pompes (bon marché) n'ont pas de diffuseur mais présentent alors une volute à vitesse variable ou en colimaçon dans laquelle s'opère à la fois le recueillement et la chute de vitesse du liquide.

1.2.2.5. Domaine d'application:

Les pompes centrifuges sont les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût. Néanmoins, il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas, comme :

- Utilisation de liquides visqueux, la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.
- Utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires tel que le lait).
- Utilisation comme pompe doseuse; la nécessité de réaliser des dosages précis

instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.

Ces types d'application nécessitent l'utilisation de pompes volumétriques.

Par contre à la plupart des pompes volumétriques, les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides.

1.2.2.6. Caractéristiques des pompes centrifuges :

Les critères les plus importants sont : [13]

1.2.2.6.1 La vitesse spécifique[tr/min]:

La vitesse spécifique « N_s » est une expression pour toutes les pompes semblables fonctionnant en similitude mécanique, elle s'exprime généralement en tour par minute (tr/min) avec Q en(m^3 /s) et H en (m).

La vitesse spécifique d'une pompe est donc la vitesse à laquelle tournerait la pompe semblable qui, en régime de fonctionnement homologue, débiterait $1m^3 /s$ à $1m$.

La puissance recueille serait donc 1000Kgm/s, soit environ 10Kw. La relation qui exprimée la vitesse spécifique est :

$$N_s = 3.65.n. \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

La vitesse spécifique nous permet de :

faire la classification hydraulique des pompes comparer les différents types des roues d'étudier des grandes pompes, en utilisant les modèles réduits le choix de la pompe la plus adapte pour la condition bien déterminée.

1.2.2.6.2. La vitesse de rotation [tr/min] :

c'est le nombre de tours qu'effectue la pompe par unité de temps.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} [rd/sec]$$

$$n = \frac{\omega 60}{2\pi}$$

1.2.2.6.3. Le débit Q[m³/s] :

c'est le volume qu'une pompe peut ou doit fournir par unités de temps.

1.2.2.6.4 .La hauteur H [m] produite par la pompe :

cette hauteur est la différence entre la hauteur totale du liquide au refoulement (HR) et la hauteur totale à l'aspiration (HR)

1.2.2.6.5.La puissance utile est absorbée :

la puissance disponible au niveau de l'arbre d'entraînement de la roue de la pompe est la puissance absorbée Pa de cette pompe. La puissance transmise au fluide est appelée puissance hydraulique utile Le rapport de la puissance utile Pu et la puissance absorbée Pa est le rendement global de la pompe.

1.2.2.6.6.Le rendement :

Le rendement de la pompe c'est le rapport entre la puissance hydraulique (reçue par le liquide) et la puissance mécanique fournie à la pompe. Ce rendement varie en fonction du débit. Il est représenté par une courbe fournie par le constructeur de la pompe puissance sur l'arbre connaissant la puissance hydraulique.

Le meilleur rendement de la pompe détermine le débit nominal pour lequel correspondent la hauteur nominale et la puissance nominale.

Les rendements maximaux sont de l'ordre de :

- 70 % pour les pompes procédant à 3000 tr/min
- 80 % pour les pompes procédant à 1500 tr/min
- 80 % pour les pompes de forte puissance
- 50 à 60 % pour les petites pompes.

- **Rendement volumétrique :**

$$\eta_v = \frac{1}{\left[1 + 0.68(Ns)^{-\frac{2}{3}}\right]}$$

- **Rendement mécanique**

$$\eta_{mec} = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{820}{N_s^2}\right)\right]}$$

- **Rendement hydraulique :**

$$\eta_h = 1 - \left[\frac{0.42}{(\log D_{r1} - 0.172)^2}\right]$$

- **Rendement global :**

il est égal aux produits des rendements partiels cités précédemment:

$$\eta_g = \eta_{fi} \cdot \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_{méc}$$

1.2.2.6.7. La puissance :

La puissance sur l'arbre est une caractéristique de la pompe permettant de déterminer le moteur d'entraînement pour un débit, cette puissance se calcule à partir de la connaissance des données de la puissance, du rendement globale.

$$P_{abs} = P_{util} / \eta_g$$

D'autre part :

La puissance est proportionnelle à la densité du liquide véhiculé. Le constructeur trace éventuellement.

La courbe de puissance pour de l'eau ($d = 1$) et la calcule pour une autre valeur. La puissance sur l'arbre est pour les pompes centrifuges pratiquement toujours croissantes avec le débit.

Lorsque le débit est nul c'est-à-dire lorsque la vanne de refoulement est fermée, la puissance est comprise entre 40 et 60 % de la puissance nominale.

1.2.2.6.8. La hauteur théorique :

On appelle hauteur théorique h_t la hauteur de fluide qui serait fournie par la pompe s'il n'y avait pas de pertes hydrauliques ou si le rendement hydraulique η_h était égal à

1. La hauteur utile h fournie par la pompe n'est qu'une fonction de cette valeur.

$$h = h_t \cdot \eta_h \quad \longrightarrow \quad h_t = h / \eta_h$$

On remarque que la hauteur théorique représente aussi l'énergie absorbée par la roue par unité de masse du fluide ou la puissance par unité de débit. .[13]

1.2.2.7. Les facteurs de dysfonctionnement des pompes centrifuges :

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

- Surcharge
- Mauvais graissage
- Fluide inadapté
- Fonctionnement à vide
- Mauvais alignement
- Fuite
- Corps étranger
- Contraintes des tuyauteries
- Cavitation [12]

1.3.Choix d'une pompe:

Une pompe centrifuge doit être choisie selon les caractéristiques réelles de l'installation dans laquelle on doit l'installer.

Les données nécessaires pour un dimensionnement correct sont les suivantes: .[14]

a)Débit Q :

Quantité de liquide débitée par la pompe dans l'unité de temps, normalement exprimée en m³/h

b) Hauteur manométrique totale Hmt :

C'est la somme de la hauteur géométrique dans les niveaux du liquide et les pertes de charge causées par de frottements intérieurs qui se forment au passage du liquide dans les tuyaux, dans la pompe et les accessoires hydrauliques.

L'expression à l'identifier est la suivante :

$$H_{mt} = H_g + \Delta p_c \text{ m colonne de liquide}$$

H_g = hauteur géométrique à l'aspiration / H_{ga} + hauteur géométrique au refoulement (H_{gp})

Δp_c = somme des pertes de charge dans l'installation calculée selon les éléments suivants :

Diamètre, Longueur et matériel composant les tuyaux d'aspiration et de refoulement.

Quantité et type des coudes dans la tuyauterie et accessoires hydrauliques comme clapet de pied avec crépine, vannes, clapet de non-retour, filtres éventuels. Nature du liquide (si différent de l'eau), température, viscosité et densité.

Il faut faire attention à la hauteur manométrique en aspiration $H_{ga} + \Delta p_{casp}$, qui doit être comparée avec la capacité d'aspiration de la pompe.

Cette capacité d'aspiration ou NPSHr est définie comme hauteur de charge nette absolue demandée à l'aspiration, laquelle valeur est fournie par une courbe en fonction du débit.

2. Le phénomène de cavitation:

2.1. Définition :

La cavitation est la vaporisation du liquide contenu dans la pompe quand il est soumis à une pression inférieure à la tension de vapeur correspondant à sa température.

Ce phénomène se produit à l'orifice d'aspiration de la pompe.

Des bulles apparaissent dans les zones où la pression est la plus faible (entrée des aubes de roue des pompes centrifuge) : elles sont transportées dans les zones de pressions plus fortes où se produit leur recondensation.

Des implosions se produisent alors à des fréquences élevées et créent des surpressions locales très élevées jusqu'à des centaines de bars (dans le cas de fluide inflammable comme le pétrole, condensat, essence,....etc).

La cavitation est un phénomène à éviter absolument, car il entraîne de graves conséquences: [15]

2.2. Causes de cavitation:

Les principales causes à l'origine de l'apparition de la cavitation sont :

- La dépression due à une survitesse locale de l'écoulement provoquée par des réductions géométriques.
- Les fluctuations turbulentes de la pression, le cisaillement élevé et les vortex provoquées par des instabilités de l'écoulement.
- La rugosité de parois et la présence de germes de cavitation. [15]

2.3. Types de cavitation :

On peut différencier plusieurs types de régimes de cavitation. Elle prend divers formes, suivant la forme de paroi et les propriétés physiques du fluide véhiculé.

En ce qui concerne les hélices et l'impulseur de pompe on identifie plusieurs formes de cavitation : la cavitation à bulles, la cavitation à poche, la cavitation de tourbillon marginal, la cavitation de tourbillon d'ogive et la cavitation du tourbillon de coque.

2.3.1. Cavitation à bulle :

Les bulles ont pour origines des germes de cavitation contenus dans le fluide. Ces germes contiennent de la cavitation sont des microbulles et il n'y a pas de milieu liquide qui n'en la teneur en germes (le nombre de germes de cavitation par unité de volume fluide) caractérise la qualité de l'eau. Quand un germe de cavitation se déplace avec le fluide dans la zone de dépression à l'extrados de la pale, se déplace avec le fluide dans la zone de dépression à l'extrados de la pale, elle grossit et devient une bulle clairement visible.

La bulle grossit jusqu'à ce qu'elle atteigne la zone de décompression. La rapidité du passage provoque une implosion de la bulle. L'implosion a pour première conséquence d'émettre une onde acoustique.

Le bruit rayonné par la cavitation à bulles est très important et si la population de bulles n'est pas trop importante, le phénomène est facilement identifiable à l'oreille.

Le phénomène est également assez violent pour que l'implosion arrache de la matière à la surface de la pale. Les implosions de bulles viennent donc grêler la surface de la pale. Cette érosion de la surface a de multiples conséquences néfastes pour le bon fonctionnement et la longévité de l'hélice. La pale est d'avantage exposée à la corrosion. La rugosité de l'état de surface en résultant vient bien sur augmenter le frottement ce qui se traduit par une baisse de rendement. On note une perte de performance. En effet, les bulles viennent affecter la distribution de pression car la pression dans et à la surface des bulles avoisinent la pression de vapeur saturante. Un exemple de la cavitation à bulles sur une hélice est présenté à la (figure 21) [16].

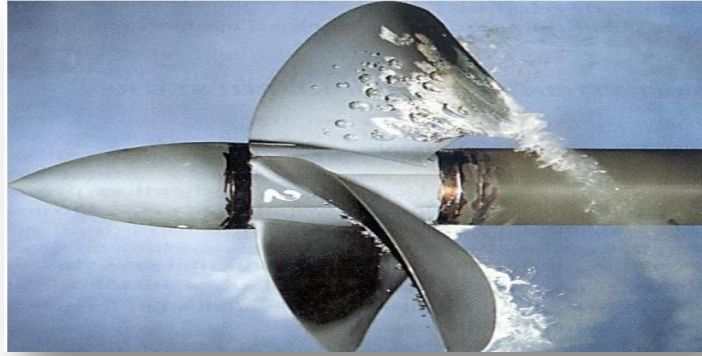


Figure 21. cavitation à bulles suivie d'un nuage de cavitation

2.3.2 . Cavitation a poche :

La cavitation à poche (figure22) est moins bruyante et moins destructive que la cavitation à bulles (pas d'implosion). Un des effets néfastes de la cavitation à poche est la perte de performances du propulseur. De plus, la cavitation a poche peut être à l'origine de problèmes de vibration dont les conséquences peuvent aller jusqu'à l'endommagement de la structure. Ces vibrations peuvent avoir plusieurs causes comme la fluctuation temporelle des efforts sur les pales due au fait que la pale peut très bien ne caviter que lorsqu'elle est en position haute ou la pression ambiante p_{amb} est moins élevée ou être due au fait que la poche de cavitation est très instable.

Dans les deux cas, les fréquences sont bien sûr très différentes [16].

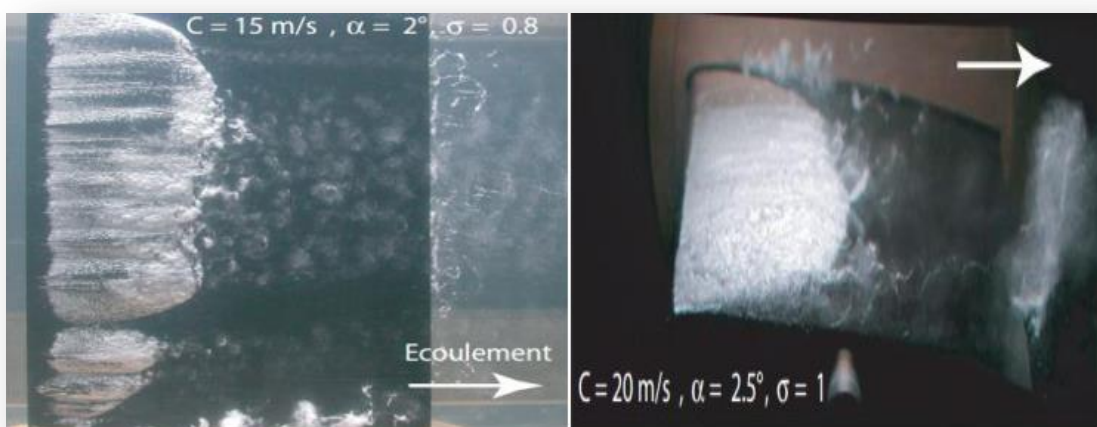


Figure 22 cavitation a poche partielle

2.3.3. Cavitation de tourbillon :

2.3.3.1. Cavitation de tourbillon marginal:

La cavitation de tourbillon marginal est le type de cavitation qui apparait généralement en premier. Le tourbillon marginal existe à cause de la portance développée sur la pale . Ce tourbillon s'explique assez facilement. Reprenons le cas d'une aile portante. Les pressions sous l'aile, soit à l'intrados (pressure Side), sont généralement supérieures à la pression de référence alors qu'au- dessus de l'aile, à l'extrados (suction side), elles sont inférieures à la pression ambiante.

L'écoulement ne pouvant s'effectuer au travers de l'aile, les deux écoulements intrados et extrados se rejoignent au bord de fuite. C'est ce qui se passe tout le long de l'envergure. Mais à l'extrémité, le fluide peut contourner l'aile de l'intrados vers l'extrados. L'écoulement s'enroule et forme le tourbillon marginal dans l'eau, la dépression au cœur du tourbillon peut être assez importante pour que la cavitation apparaisse. De plus, on peut voir la trajectoire des pales d'hélice en observant la cavitation de tourbillon marginal (Figure. 23) [16].

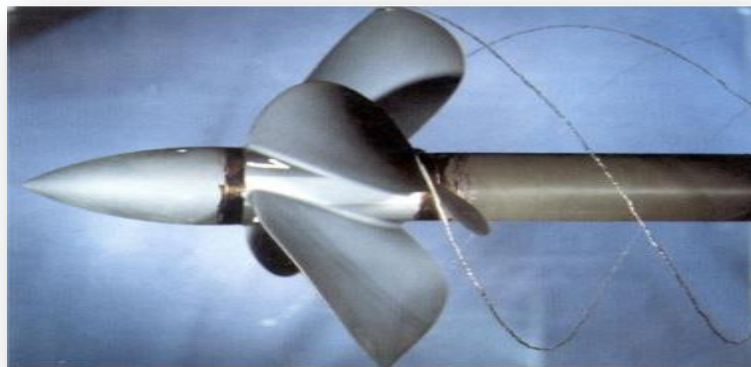


Figure 23. la cavitation de tourbillon marginal

2.3. 3.2.Cavitation de tourbillon d'ogive :

Le tourbillon d'ogive est le fruit de conjonction en rotation du tourbillon en emplanture de chaque pale. Le tourbillon d'emplanture est dû au fait que deux couches limites d'épaisseurs différentes, celle de la ligne d'arbre et celle de la pale, se côtoient avec un angle vif (90°). L'intersection des efforts de cisaillement cause l'enroulement de l'écoulement et la formation d'un tourbillon. Vient se combiner aux tourbillons des autres pales en extrémités de l'ogive qui peut alors cavités si la dépression est importante. Une

des manier de limiter les risque d'apparition et de développement de ce type de cavitation est de relier les pales au moyan par un congé de raccordement [16].

2.3.3.3.Cavitation du tourbillon de coque:

Ce type de cavitation est moins souvent observé mais s'il se manifeste il s'avérer très dérangeant. Le tourbillon de coque prend son origine au sommet de l'hélice et va interagir avec la couche limite développée sur la voute de la coque. Le mécanisme n'a pas étudié en détail mais on est que le tourbillon ne se développe que si la couche limite de la voute est relativement proche de l'hélice. La dépression au sommet de l'hélice peut aspirer la couche limite si elle est assez proche.

Le sens du tourbillon est alors probablement aléatoire mais une fois enclenché il se stabilise [16].

2.3.4.La super cavitation:

Ce phénomène se rencontre dans la cavitation par poche lorsque la poche de cavitation s'étend au delà du bord de fuite.

On évite ainsi l'érosion rapide puisque la portion arrière de la poche, très active au point de vue érosion, se trouve reportée en dehors du profil.

2.4.Les effets de la cavitation :

La cavitation essentiellement a des conséquences négatives et restrictives sur le fonctionnement des installations hydrauliques.

La cavitation se manifeste par différents effets dont les implications sont plus ou moins dommageables selon son intensité ou selon la préoccupation de l'utilisateur.

2.4.1. Bruit :

La premier manifestation d'une pompe qui cavite est le bruit, qui révèle la présence de microbulle 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, lorsque une pompe cavité de manier importante, on enregistre un bruit caractéristique de crépitements et claquement quelquefois assimilé au bruit d'agrégats dans une bétonnière ou de concasseur. Pour des machines de grand taille ou très vite, le bruit aérien généré par

la cavitation peut être gênant pour l'utilisateur ou l'environnement .cependant, la part du bruit qui incombe directement à la cavitation ne représente qu'une faible partie du bruit rayonné par les pompes [17].

2.4.2. Pertes de performances :

Pour des poches de vapeur encore plus développées, les pompes subissent des chutes de leurs performances (hauteur total d'élévation, rendement, puissance) qui les rend inutilisables; ce phénomène est souvent décrit comme la chute de caractéristique ou improprement comme le $NPSH_{req}$ de la pompe [17].

2.4.3. Vibrations :

Lorsque les poches de vapeur à l'entrée de la pompe atteignent une dimension importante vis-à-vis de la taille de la pompe, du niveau de pression ou du $NPSH_{disp}$ à l'entrée de la roue, une augmentation de niveau vibratoire due à la cavitation peut se rencontrer. Parfois, on peut également avoir des interactions entre la pompe en régime de la cavitation et le circuit sur laquelle elle débite [17].

2.4.4. Érosion:

L'érosion de cavitation se caractérise par un aspect rugueux de la surface attaquée.

Elle est en fait le résultat d'un martèlement répété provoqué par des ondes de chocs issus de l'implosion de cavités de vapeur. Cette charge répétée du matériau va provoquer des microfissures, qui, lorsqu'elles se seront complètement développées, vont être responsable d'un arrachement de matière [17] .

2.5. Effet de la cavitation sur la roue des pompes centrifuges:

2.5.1. Cavitation l'entrée de la roue (pompe centrifuge):

On observe des cavitations de la fuite marginale provenant de la bague d'étanchéité d'aspiration de la pompe. Cette cavitation peut être à l'origine de bruit, mais elle est rarement érosive, car ces cavités implosent dans la zone de basse pression à l'entrée de la pompe. Une autre manifestation de la cavitation s'observe sur le débit dans la zone de l'arrondi du flasque intérieur de la roue, juste avant l'entrée dans le canal

inter-aube.

Comme précédemment, cette cavitation ne présente pas généralement de conséquence fâcheuse pour la roue .[17]

2.5.2. Cavitation dans les parties situées à l'amont de la roue :

Dans les zones de fonctionnement a débit réduit [au-dessous de $0,7 (BP)Q$], des écoulements de recirculation provenant de la roue remontent à l'amont.

Pour des valeurs de NPSH très basses, on peut parfois observer des collapsés de ces cavités qui engendrent toujours bruits et vibration. Dans certains cas, des érosions par cavitation se produisent sur les composants amont de la pompe .[17]

2.5.3. Cavitation dans les diffuseurs :

Cette cavitation s'observe principalement lorsque la pompe fonctionne au-dessus du débit d'adaptation des canaux du diffuseur. montre le type de cavitation que l'on peut rencontrer dans cette configuration.

Comme les pompes à diffuseur sont utilisées dans les canaux des diffuseurs, alors alimentées par un fluide avec une forte incidence et collapse des poches de cavitation, provoquent des érosions souvent très fortes et rapides.

Ces cavitation sont encore aggravées dans les cas où le constructeur est amené à utiliser le diffuseur comme un organe de réglage de la courbe hauteur/débit, en désadaptant vers les faible débits, pour respecter des formes particuliers de fonctionnement de la pompe rendent nécessaires .[17]

2.6. Utilisation de la cavitation :

La cavitation trouve des applications dans certains procédés industriels qui nécessitent la concentration d'énergie sur de petits domaines afin de produire localement des pics de pression élevés. La cavitation est ainsi utilisée sur plusieurs applications :

- Limitation de débit de liquide
- Générateur de microbulles
- Catalyseur de réaction chimique
- Nettoyage des surfaces par ultrasons ou par jets cavitants

- Dégazage des liquides
- Création de jets d'encre

Notons aussi que la super cavitation est utilisée en marine (hélices marines, pompes de fusée, petites turbines) [18].

2.7. Paramètres de la cavitation :

2.7.1 NPSH :

Le *NPSH* (charge totale nette à l'aspiration), est défini par la différence entre la pression disponible à l'entrée de la pompe et la pression de vapeur du liquide.

il est important de garder en mémoire que la pression de vapeur est différente en fonction des liquides et qu'elle varie en fonction de la température et de la pression atmosphérique.

Il est indispensable de calculer toutes les pertes par friction, les pertes d'entrée et sortie et les pertes du processus générées dans les canalisations pour définir la pression d'aspiration disponible à la pompe.

Malheureusement, quand la pompe est installée nous subissons la pression nette disponible à la pompe.

$$NPSH = H_a - \frac{p_v}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_a^2}{2g} + Z_a - \frac{p_v}{\rho g}$$

Avec : p_v pression de vapeur du liquide, p_a pression d'aspiration de la pompe, H_a hauteur d'aspiration, v_a vitesse, Z_a altitude, g accélération due à la pesanteur et ρ masse volumique.

Dans l'étude des systèmes avec pompe, on définit deux types de NPSH

- *NPSHrequis*
- *NPSHdisp*

2.7.1.1. *NPSHrequis* :

Le *NPSHrequis* dépend seulement des caractéristiques de la pompe et non de celle de l'installation.

Il est variable pour chaque pompe en fonction du débit et de vitesse de rotation.

De plus il est toujours positif. $NPSH_{requis}$ est indépendant de la nature du fluide transféré.

Les valeurs de NPSH mentionnées sur la courbe des caractéristiques de chaque pompe résultent de mesures effectuées avec de l'eau froide.

Ces valeurs ont été obtenues sur un banc d'essai spécialement conçu pour mesurer le NPSH et peuvent être vérifiées à tout moment.

$NPSH_{requis}$ donne une indication sur la possibilité d'aspiration de la pompe en un point précis de la courbe.[19]

2.7.1.2. $NPSH_{disp}$:

Est spécifiquement au site en question et est déterminée par le dimensionnement du système.

Il est important de noter que la pression disponible à l'entrée de la pompe est ce que reste après soustraction de toutes les pertes décrites plus haut.[20]

$$NPSH_{disp} = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} - \frac{p_v}{\rho g} \quad (Z_a = 0 \text{ coté d'aspiration})$$

En pratique, pour qu'une pompe fonctionne sans cavitation, il faut vérifier que le $NPSH_{disp}$ est supérieure du $NPSH_{req}$.

Alors :

$NPSH_{disp} > NPSH_{req} \quad \rightarrow \quad$ Sans cavitation

$NPSH_{disp} < NPSH_{req} \quad \rightarrow \quad$ avec cavitation

Une pompe fonctionne dans des conditions d'aspiration d'autant meilleures que la différence $NPSH_{disp} - NPSH_{req}$ est grande .

On estime nécessaire de se réserver une marge de sécurité de 0,5 m et donc d'avoir :
 $NPSH_{disp} > NPSH_{req} + 0,5$

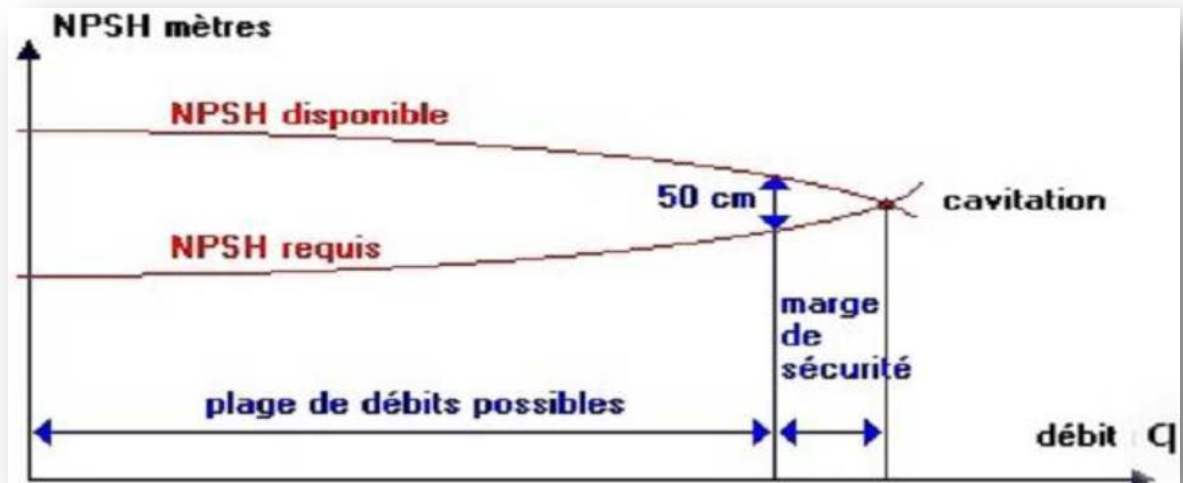


Figure 24. Les conditions d'aspiration sont d'autant meilleures que la différence entre les deux est grande

Chapitre III :
Etude des performances
de la pompe huile chaude
installée aux champ
(MLE)

Etude des performances de la pompe huile chaude installée aux champ "Menzel Ledjmet East"

1.1. Définition de la Pompe de huile chaude PA-41-01 :

C'est une pompe qui assurée la circulation d'huile chaude de ballon d'expansion vers les fours et les rebouiller (échangeur de chaleur) de champ Menzel ledjmet east (figure 1).



Figure 1. la Pompe de huile chaude PA-41-01

-nom : cylnde union

-type :DB21 10.12.430A1

1STAGE

1.2. Caractéristique physiques et chimiques de fluide torada TC-32:

Tableau 1. Caractéristique physiques et chimiques de fluide torada TC-32: [21]

Pression de vapeur (mm Hg)	<0,1 mbar				ASRMD 323
PH	Non déterminé (e)				
Densité 15/4	0.865				ASTMD 129
Solubilité dans l'eau					
Volatilité	Non connu (e)				
Densité de vapeur	>0.000				
Taux d'évaporation	Non déterminé (e)				
Odeur	Douce				
Apparence	Liquide de couleur JAUNE PALE				
Viscosité	A 40°C	32	Cst	ASTMD 445	
	A 100°C	5.25	Cst	ASTMD 445	
Seuil olfactif	Non connu (e)				
Point d'Auto Inflammabilité	360 °C. typique				
Point d'ébullition	Deg. C. typique				
Point de fusion	Non déterminé (e)				
Masse moléculaire	Non déterminé (e)				

1.3. Caractéristiques de la pompe huile chaude: [22]

Conditions de fonctions

Débit normal	1800 m ³ /h
Pression d' aspiration	3.82 barg
Pression refoulement	14.62 barg

Température d'aspiration	T =240 °C
Température refoulement	T =260 °C
Puissance hydraulique de la pompe	569 kw
La hauteur manométrique	H =178 m.

Matériaux

Arbre	A434Gr4140
-------	------------

Performance

La vitesse de rotation :	n = 2980 tr / min.
Diamètre de la turbine	408mm
Puissance nominale	793kw
Région de exploitation préférée	950 et 1630 m ³ /h
Région de exploitation autorisée	610 et 1695 m ³ /h
Tête max @ turbine nominale	219m
Puissance max @ roué nominale	850kw

Conduction de moteur

La puissance du moteur	Pm=950kw
La vitesse de rotation :	n = 2976 tr / min

2. Calcul hydraulique :**2.1. But:**

Pour construire n'importe quelle pompe centrifuge, on commence par les calculs des dimensions principales de l'impulseur. Comme étant la pièce principale de la pompe sur laquelle repose les performances de débit et de charge. [23], [24]

Ce calcul ayant pour but de vérifier de l'impulseur à partir des données d'exploitation réelles.

2.2. Les données de départ:

D'après la fiche technique de la pompe

Le débit : $Q = 1600 \text{ m}^3 / \text{h} = 0.444 \text{ m}^3 / \text{s}$

La hauteur manométrique: $H = 178 \text{ m}$.

La vitesse de rotation : $n = 2980 \text{ tr} / \text{min}$.

La masse volumétrique : $\rho = 850 \text{ kg} / \text{m}^3$.

Température de brut : $T = 240 \text{ }^\circ\text{C}$

2.3. 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 :

$$N_s = 3.65.n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

n : vitesse de rotation [tr / min] .

Q : débit [m^3 / s].

H : Hauteur manométrique [m] .

Tableau 2. Vitesse spécifique. [24]

N_s	Type de pompe
$N_s < 80 \text{ tr} / \text{min}$	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

$$NS = 3.65 \times n \frac{\sqrt{(0.444)}}{178^{\frac{3}{4}}}$$

$$NS = 148.8 \text{ tr/mm}$$

Notre pompe étudiée fait partie des pompes centrifuges huile chaude à moyenne vitesse.

2. 4. Diamètre de l'arrête d'entrée ramené:

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

$$D_{r1} = K_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}$$

K_0 : coefficient d'aspiration, $K_0 = \{3.6 \text{ à } 5\}$, pour notre cas prenons la condition de bonne aspiration $K_0 = 4.5$

$$D_{r1} = 4.5 \times \sqrt[3]{\left(\frac{0.444}{2980}\right)}$$

$$D_{r1} = 0.238 \text{ m} = 238 \text{ mm}$$

$$D_{r1} = 238 \text{ mm}$$

2. 5. Calcul de rendement de la pompe huile chaude:

2. 5.1. Rendement hydraulique:

Le rendement hydraulique caractérise la perte de charge créées dans l'impulseur et qui s'exprime par l'expression suivante : [24]

$$\eta_h = 1 - \frac{0.42}{[\log(D_r) - 0.172]^2}$$

$$\eta_h = 1 - \frac{0.42}{[\log(238) - 0.172]^2} = 0.91$$

$$\eta_h = 91\%$$

2. 5.2. Rendement volumétrique:

Les rendements volumétriques sont dus à l'existence des fuites à l'extérieur de la pompe, à travers les jeux entre le rotor et le corps de la pompe. On propose la formule suivante pour le calcul du rendement volumétrique :

$$\eta_v = \frac{1}{1 + 0.68(Ns)^{\frac{-2}{3}}}$$

$$\eta_v = \frac{1}{1 + 0.68(148.8)^{\frac{-2}{3}}} = 0.98$$

$$\eta_v = 98\%$$

2. 5.3. Rendement mécanique:

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 :

$$\eta_m = \frac{1}{1 + \left(\frac{820}{(\eta_s)^2}\right)}$$

$$\eta_m = \frac{1}{1 + \left(\frac{820}{(148.8)^2}\right)} = 0.96$$

$$\eta_m = 96\%$$

2. 5.4. Rendement global:

Il caractérise le rendement total de la pompe, il est calculé par la formule suivante :

$$\eta_g = \eta_h \cdot \eta_m \cdot \eta_v = 0.91 \cdot 0.98 \cdot 0.96 = 0.86$$

$$\eta_g = 86\%$$

2. 6. Puissance consommée par la pompe:

C'est la somme de la puissance utile et les pertes de puissance. [24]

$$P_{ab} = \frac{P_{utile}}{\eta_g} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_v \cdot H}{\eta_g}$$

$$p_{ab} = \frac{856 \times 9,81 \times 0,444 \times 178}{0.86}$$

$$p_{ab} = 780398 \text{ w} = 780,398 \text{ kw}$$

$$p_{ab} = 780,398 \text{ kw}$$

2. 7. La puissance du moteur (Pm):

La puissance du moteur est prise avec un coefficient de réserve Kr, qui tient compte de la puissance consommée par la pompe Pab, on prend :

$$K_r = 1.25 \text{ pour } P_{ab} < 20 \text{ KW.}$$

$$K_r = 1.2 \text{ pour } 20 < P_{ab} < 50 \text{ KW}$$

$$K_r = 1.1 \text{ pour } P_{ab} > 300 \text{ KW.}$$

$$P_m = k_r \times P_{ab} :::$$

$$P_m = 1.1 \times 780398$$

$$P_m = 858437 \text{ W} = 858.437 \text{ kW}$$

$$P_m = 858.437 \text{ kW}$$

2. 8. Calcul préalable de l'arbre:**2. 8.1. Diamètre de l'arbre (da):**

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

$$d_a = \left(\frac{M_t}{0.2 \cdot [\tau]} \right)^{1/3}$$

M_t : couple de rotation en [N.m]

$[\tau]$: Contrainte admissible des torsions en [N.m²], choisi selon les recommandations des résistances des matériaux.

Calcul de couple de rotation (M_t):

$$M_t = \left(\frac{P_m}{\omega} \right)$$

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

$$\omega = \frac{3.14 \times 2980}{30} = 312.06 \text{ rad /s:}$$

$$M_t = \frac{858437}{312.06} = 2750.87 \text{ N.m}$$

R_e : la limite d'élasticité de l'acier constructif de l'arbre (shaft A 434Gr.4140),

$$R_e = 850 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$[\tau] = R_e/n$$

n : étant le coefficient de sécurité (en prend $n = 4$)

$$\tau = \frac{850}{4} = 212.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2:$$

$$d_a = \left(\frac{2750.87}{0.2 \times 212.5 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

$$d_a = 40 \text{ mm}$$

2.8.2. Diamètre moyen de la roue (d_m):

En le calcul d'après la formule suivante :

$$d_m = (1,2 \pm 1,25)d_a$$

$$d_m = 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ mm} = 0.05 \text{ m}$$

$$d_m = 0.05 \text{ m}$$

2. 9. Détermination des paramètres à l'entrée de la roue:

2. 9.1. Le débit qui traverse la roue (Q_c):

Le but de ce calcul est de déterminer le débit qui circule dans la pompe, en tenant compte des fuites à l'intérieur de la pompe. [24]

$$Q_c = \frac{Q_v}{\eta_v} = \frac{1600}{0.98} = 0.453 \frac{m^3}{s} = 1632.65 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_c = 1632.65 \frac{m^3}{h}$$

2. 9.2. Diamètre maximal de l'arrête d'entrée:

L'objectif de ce calcul consiste à déterminer le diamètre maximal de l'arrête d'entrée, afin de déterminer la section de l'anneau de la roue, que d_m est connu

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot V_0} + d_m^2} \text{ [m]}$$

V_0 : Vitesse absolue de l'entrée.

$$V_0 = (0.06 \pm 0.08) \cdot \sqrt[3]{Q_c n^2}$$

$$V_0 = 0.06 (0.453 \times (2980)^2)^{\frac{1}{3}} = 9.54$$

$$V_0 = 0.08 (0.453 \times (2980)^2)^{\frac{1}{3}} = 12.72$$

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{4 \times 0.453}{3.14 \times 9.54} + 0.05^2\right)} = 0.250m = 250mm$$

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{4 \times 0.453}{3.14 \times 12.72} + 0.05^2\right)} = 0.218m = 218mm$$

Le diamètre moyen sera :

$$d_1 = \frac{d_1 + d_1}{2} = \frac{0.250 + 0.218}{2} = 0.234m = 234mm$$

$$d_1 = 234mm$$

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

$$V_0 = \frac{4Q_c}{\pi(D_1^2 - D_m^2)}$$

$$V_0 = \frac{4 \times 0.453}{3.14 \times (0.234^2 - 0.05^2)} = 11.04 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V_0 = 11.04 \text{ m/s}}$$

2.9.3. Diamètre moyen de l'arbre d'entrée D0:

C'est un diamètre point moyen de l'extrémité d'entrée de l'aube. On prend en general:

$$D_0 = (0,7 \pm 0,9) \cdot D_1$$

$$d'_0 = 0.7 \times 0.234 = 0.163 \text{ m}$$

$$d''_0 = 0.9 \times 0.234 = 0.210 \text{ m}$$

$$D_0 = \frac{d'_0 + d''_0}{2} = \frac{0.163 + 0.210}{2} = 0.187 \text{ m} = 187 \text{ mm}$$

$$\mathbf{D_0 = 187 \text{ mm}}$$

2. 9.4. Largeur de la fente à l'entrée (b1):

On calcul la largeur de la fente à l'entrée de la roue **b1**, sans tenir compte de l'épaisseur de l'aube.

$$b_1 = \frac{Q_c}{\pi \cdot D_0 \cdot V_{1m}}$$

V1m : Composante méridienne de la vitesse absolue sans tenir compte de l'épaisseur de l'aube, pour notre cas $V_{1m} = V_0 = 11.04 \text{ m/s}$

$$b_1 = \frac{0.453}{3.14 \times 0.187 \times 11.04} = 0.0698 \text{ m} = 69.8 \text{ mm}$$

$$\mathbf{b_1 = 69.8 \text{ mm}}$$

2.9.5. Angle d'aube (β_1) à l'entrée:

A cause de l'épaisseur des aubes, la section du courant du liquide à l'entrée diminue, donc la vitesse du liquide augmente. [24]

K1 est le coefficient de rétrécissement du courant qui tient compte cette augmentation.

$$\text{Donc : } V_{1m} = K_1 \cdot V_0 \quad K_1 = (1.1 \text{ à } 1.15) \text{ on prend } K_1 = 1.15$$

$$V_{1m} = k_1 \cdot V_0$$

$$V_{1m} = 1,15 \cdot 11,04 = 12,698 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V_{1m} = 12,698 \text{ m/s}}$$

L'angle d'entrée de la circonférentielle ou à l'entrée du rotor sur les aubages β_{1-0} est:

$$\text{tg } \beta_{1-0} = \frac{V_{1m}}{U_1}$$

U_1 : la vitesse tangentielle l'entrée de la roue.

$$U_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \frac{D_0}{2}$$

$$U_1 = \frac{3.14 \times 2980}{30} \times \frac{0.187}{2} = 29.219 \text{ m/s}$$

$$U_1 = 29.219 \text{ m/s}$$

$$\text{tg } \beta_{1-0} = \frac{12.698}{29.219} = 0.434$$

$$\beta_{1-0} = 23.48^\circ$$

l'angle d'aube à l'entrée : $\beta_1 = \beta_{1-0} + \delta$

δ : l'angle d'attaque pour le calcul en prend $\delta = (3^\circ \pm 8^\circ)$

$$\beta_1 = 23.48 + 5 = 28.48^\circ$$

$$\beta_1 = 28.48^\circ$$

2. 10. Calcul les paramètres de la sortie de la roue:

2. 10.1. Charge théorique en tenant compte du nombre d'aube (Ht):

$$H_t = \frac{H}{\eta_h}$$

$$H_t = \frac{178}{0.91} = 195.604 \text{ m}$$

$$H_t = 195.604 \text{ m}$$

2. 11. Calcul des vitesses relatives à l'entrée et à la sortie de la roue:

D'après triangle de vitesse

$$\cos\beta_1 = \frac{U_1}{W_1} \longrightarrow W_1 = \frac{U_1}{\cos\beta_1}$$

$$W_1 = \frac{29.219}{\cos 28.48} = 33.241 \text{ m/s}$$

$$W_1 = 33.241 \text{ m/s}$$

$$\frac{1}{2g} w_2^2 = 0,2(H_t - H_m)$$

$$W_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot 0,2(H_t - H_m)}$$

$$W_2 = \sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.2 \times (195.604 - 178))}$$

$$W_2 = 8.311 \text{ m/s.}$$

Tableau 3. récapitulatif

Paramètre	Valeurs
η_s	148.8 tr/mn
D_{r1}	238 mm
η_h	91%
η_v	98%
η_m	96%
η_g	86%
p_{ab}	780,398kw
p_m	858.437W
ω	312.06 rad /s
M_t	2750.87N. m
d_{ar}	40mm
d_m	50mm
Q_c	$1632.65 \frac{m^3}{h}$
D_1	234mm
V_0	11.04m / s
D_0	187mm
b_1	69.8 mm
V_{1m}	11.04m / s
U_1	29.219m/s
β_1	28.48°
H_{thz}	195.604m
W_1	33.241 m/s
W_2	8.31m/s

Conclusion

Conclusion

Cette étude a nous permet de tirer les résultats suivants :

- L'étude sur le champ par la visite du champ Menzel Ledjmet East (MLE) a Hassi Berkine approfondi nos connaissances théoriques .
- L'étude s'est concentrée sur la pompe , il y'a plusieurs types de pompe mais la pompe étudiée est la pompe centrifuge de huile chaude (**PA-41-01**).
- La pompe centrifuge est la plus utilisée dans le domaine industriels, elle est menacée de pannes occasionnées surtout par le phénomène de cavitation .
- Aussi les réparations successives de la pompe affaiblissent son travail et son fonctionnement dans le temps .

Nous avons présenté des solutions pour que la pompe ne souffre pas d'un manque de performance et parmi ces solutions :

- Utiliser un inhibiteur contre la corrosion
- Faire des contrôles périodiques
- Connaître les caractéristiques des fluides transportés par la pompe parce que le fluide réagit avec le fer de la pompe et l'expose à la corrosion
- Réduire la distance entre chaque pompe et l'autre

Et enfin , nous renouvelons nos remerciements au professeur encadrant et à tous ceux qui nous ont aidés.

Références bibliographiques

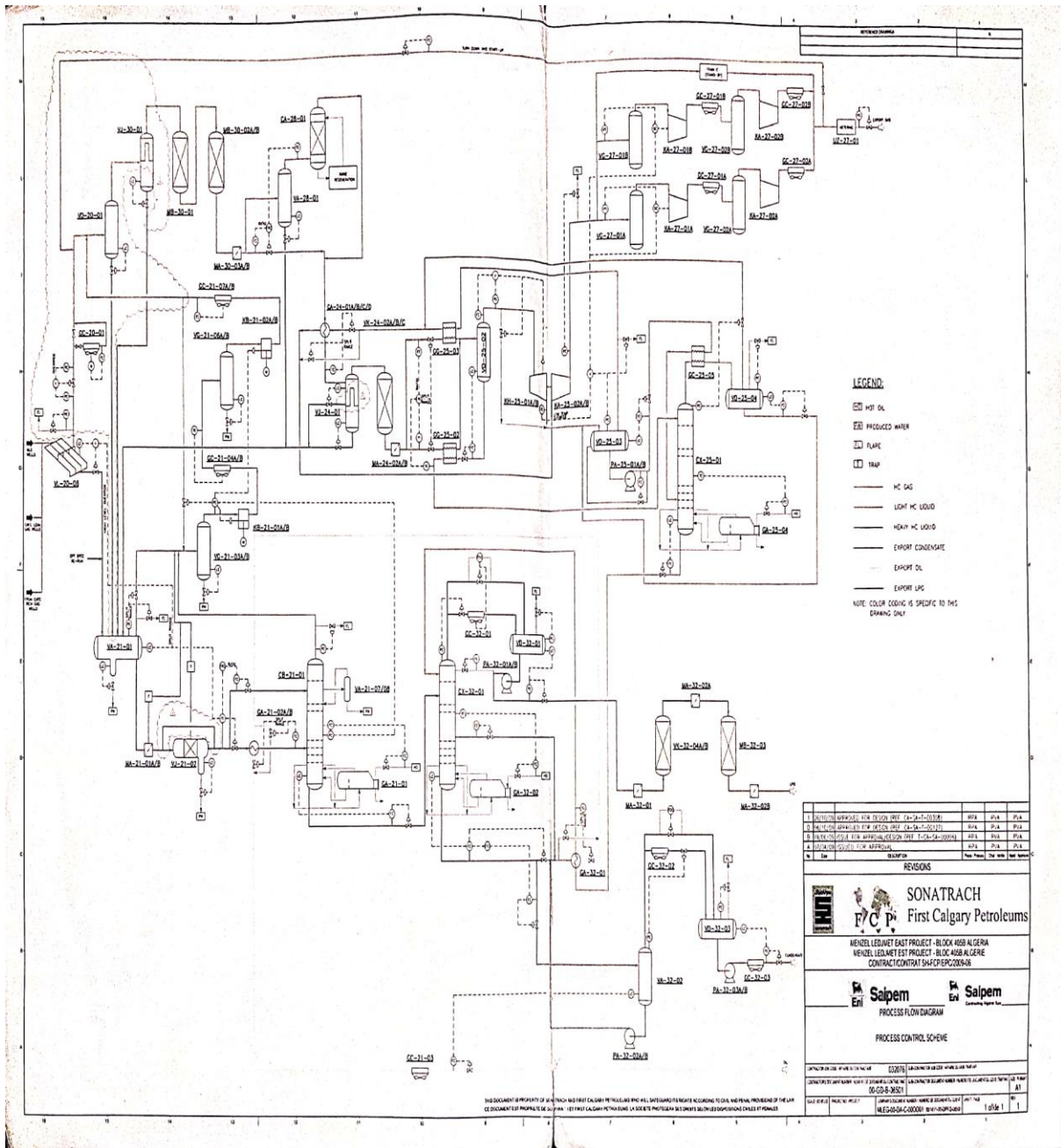
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Projet Menzel Ledjmet East (Mle) loc405B , Algerie Ct-SH-FCP/EPC/2009-06
- [2] GABSI TAREK Recuperation du GPL (Rapport de stage) Mai 2017
- [3] BERGANE SADDAM , production traitement d'huile en fonctions du GOR des effluents de puits au niveau du champ MLE (Rapport de stage)Mars2018
- [4] NEKBIL BELKHIR , ET GHOBNI MOHAMED ALI , Déshydratation du gaz naturel champ MLE(Rapport de stage) , Mai 2017
- [5] « Pompes Volumétriques », ENPSSPM Formation industrie-IFP Training, Juillet 2005.
- [6] MASSINISSA DJERROUD « Identification numérique des paramètres d'amélioration des performances d'une pompe centrifuge: roue, roue-volute et roue-diffuseur » mémoire présenté à l'université du QUEBEC A CHICOUTIMI comme exigence partielle de la maîtrise en ingénierie JUIN 2011.
- [7] BERNARD DE CHARGERRE et Robert REY,« Pompes volumétrique pour liquides ». Techniques d'ingénieur, Juillet 2009.
- [8] « Les Pompes », TOTAL Manuel de Formation : EXP-PR-EQ070 Révision 0.1, Dernière Révision : Mai 2007.
- [9] BASCAL BIGOT , ‘‘ cours : Les pompes ’’, 2000
- [10] AMINE BELAID, Etude et CONCEPTION D'une POMPE CENTRIFUGE, mémoire de master en génie mécanique, option conception mécanique et productique, université Mohammed Khidher de Biskra 2017.
- [11] JEAN POULAIN , (pompes rotodynamique), Ed. Techniques Ingénieur, 1992.
- [12] Mr AHMED SAYAH et Mr HAKIM YAHIAOUI« Séminaire Pompes centrifuges 2014» IAP. Boumerdas
- [13] Mr. HADJADJ-AOUL MOHAMED et Mr. KEBIR MOHAMED DJEJEBBAR . « Etat des lieux de la station de pompage pour alimentation des pipe-lines région HAOUOUD BERKAOUI (HASSI MESSAOUD) Mémoire Pour l'obtention d'un diplôme De Master en GTER »,2016.

- [14] Calpeda « comment choisir une pompe centrifuge » Fichier PDF.
- [15] BELARCHAOUI MOSTAFA Etude hydrolique de la pompe DVMX 6*8*11 Université Mohamed Boudiaf M'sila Faculté de technologie , 2015/2016
- [16] thèse doctorant développement d'un modèle de cavitation a poche sur hydrofoils et hélice en régime transitoires. Implémentation sur codes potentiels et validation expérimentale.
- [17] cours pompes centrifuge, hélico-centrifuges et axiales : cavitation présentée par Jean François Lapray ingénieur de l'école supérieure d'hydraulique université de Grenoble, 2012
- [18] YVES LECOFFRE, la cavitation traqueuse de bulles, durand-28600 luisant paris 1994
- [19] FANTAZI BAHY ELDDINE ET HARKAT IBN SINA , etude de la cavitation dans les pompes centrifuge university msilla 2016 -2017
- [20] FEDSM, Fluids Engineering Division Summer Meeting, Virtual conference, Online, San Francisco, USA, 2020.
- [21] Fiche Technique NAFTAL , Route des dunes BP73 , cherage Algerie , October 2012
- [22] Mechanical DATA CHEET- HOT OIL pumps , Project Menzel Ledjmet East (Mle) September2010
- [23] SCHMIDT JURGEN, Mécanique des fluides 1988.
- [24] DANIEL THIN, Les pompes et leurs application, 1964 France.

Annexes

Schéma descriptif de l'usine au champ Menzel Ledjmet East (MLE)





FICHE TECHNIQUE

*Essais de performances des
huiles TOR-ADA TC 32*

CARACTERISTIQUE PHYSICO-CHEMIQUES	NORME	UNITE	RESULTAT			
			GARANTIE		TYPIQUE	
			MINIMUM	MAXIMUM		
COULEUR	D 1500					
DENSITE A 15/4° C	D 1298				0.865	
VISCOSITE	A 40 °C	D 445	CST			32
	A 100° C					CST
INDICE DE VISCOSITE	D 2270		93	96		
VISCOSITE 15°C		Cp				28,76
CHALEUR SPECIFIQUE		Kcal/kg.C°				0,442
POINT D'ECLAIR	VC	°C				200
	VO	°C				
POINT D'ECOULEMENT	D 97	°C				-12
T.B.N	D2896	Mg/Koh/g				
CHALEUR SPECIFIQUE	à 0°C		Kcal/Kg/°C			0.434
	à 20°C					0.451
	à 320°C					0.712

865
(kg/m³)







SPECIFICATIONS

- CLASSIFICATION ISO VG 32

Route des dunes BP73, Chéraga Alger

Octobre 2012

Mechanical DATA CHEET- HOT OIL pump

 		SONATRACH First Calgary Petroleum		COMPANY'S DOC. NO. MLEG-480-FA-MR-41PA03 001411-11-DMGA-30706	
 		 		JOB No. 032076	DOC. NO. 11-MA-E-30706
DATA SHEET HOT OIL PUMPS				DATE 24-Sep-10	REV. I SHEET 1 OF 11

Prep'd	N. Di Cintio
Chk'd	G. Manni
App'd	L. DeSantis

SONATRACH
 First Calgary Petroleum

MENZEL LEDJMET EAST PROJECT
BLOCK 405B, ALGERIA
CONTRACT SH-FCP/EPC/2009-06

MECHANICAL DATA SHEET - HOT OIL PUMPS

ITEM NO: 480-PA-41-01 A/B/C/D

FEED Doc. No. J8328A-M-DS-13546

P.O. No. 20026-51140P-0-SBI - CLYDEUNION

Rev.	Date	Page	Description	Prep'd	Chk'd	App'd
A	27July2009	ALL	Issue for Comments	P. Menchise	L. Bacchetti	L. DeSantis
B	20Aug2009	2,3,4,5,6,7	Approved for Design (ref. CA-SA-T-00181)	P. Menchise	L. Bacchetti	L. DeSantis
C	13Nov2009	2,3,4,7,8	Approved for Design (ref. CA-SA-T-00290)	N. Di Cintio	G. Manni	L. DeSantis
0	19Jan2010	11	Approved for Construction (ref. CA-SA-T-00471)	N. Di Cintio	G. Manni	L. DeSantis
1	24Sept2010	11	Approved for Construction (Ref. CA-SA-T-00795)	N. Di Cintio	G. Manni	L. DeSantis

This document is property of Sonatrach and First Calgary Petroleum who will safeguard its rights according to civil and penal provisions of the law.
 Data file: MLEG-480-FA-MR-41PA03-1

Photo de la pompe huile chaude PA - 41- 01

Figure A) face avant



Figure B) face latérale

